

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**USO DO ÓLEO DE SOJA, ÓLEO ÁCIDO, LECITINA E GLICERINA DE SOJA  
NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: VALOR ENERGÉTICO DA  
DIETA, DESEMPENHO E QUALIDADE DA CARNE.**

JAIME ERNESTO PEÑA MARTÍNEZ  
M.Sc./UFRGS  
Zootecnista/ Universidade Nacional de Colômbia

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em  
Zootecnia  
Área de Concentração Nutrição Animal

Porto Alegre, RS, Brasil  
Fevereiro 2012

## CIP - Catalogação na Publicação

Martínez, Jaime Ernesto Peña

Uso do óleo de soja, óleo ácido, lecitina e glicerina de soja na alimentação de frangos de corte: valor energético da dieta, desempenho e qualidade da carne. / Jaime Ernesto Peña Martínez. -- 2012.

157 f.

Orientador: Sergio Luiz Vieira.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Óleo ácido de soja. 2. Subprodutos. 3. Frangos de corte. 4. Glicerol. I. Vieira, Sergio Luiz, orient. II. Título.

JAIME ERNESTO PEÑA MARTINEZ  
Zootecnista e  
Mestre em Zootecnia

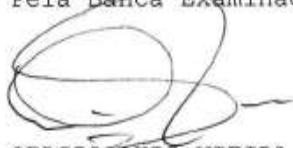
## TESE

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### DOUTOR EM ZOOTECNIA

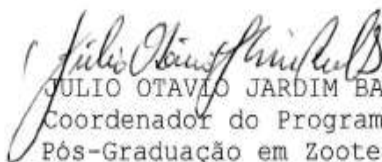
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 29.02.2012  
Pela Banca Examinadora



SERGIO LUIZ VIEIRA  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador

Homologado em: 30.10.2012  
Por



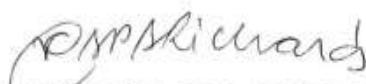
JULIO OTAVIO JARDIM BARCELLOS  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia



ALEXANDRE DE MELLO KESSLER  
UFRGS



LIRIS KINDLEIN  
PPG Veterinária/UFRGS



NELLA SILVA DOS SANTOS RICHARDS  
UFSM



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela saúde, proteção e por iluminar sempre o meu caminho.

Ao governo Brasileiro e à CAPES pela bolsa de Doutorado concedida.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino gratuito e de qualidade.

A minha esposa Maria, por tudo que tem significado nesta longa caminhada, por estar sempre presente em todos os momentos, pela sua companhia, dedicação, amizade, paciência e amor.

Aos meus pais Mario Peña e Teresa Martínez pela educação, compreensão, amor e apoio incondicional.

Aos meus irmãos e sobrinhos pela torcida.

Ao orientador Professor Sergio Luiz Vieira pelos ensinamentos e orientação.

Ao Professor Alexandre Kessler pelo apoio na determinação das energias dos ingredientes.

À Professora Liris Kindlein pela sua colaboração nas análises físico-químicas e sensoriais das carnes.

À secretária do PPG em Zootecnia Ione Borcelli pela amizade hospitalidade e sincera ajuda.

Aos colegas de doutorado, mestrado e bolsistas de iniciação científica do aviário Josemar, Diogo, Rafael, Dimitri, Franciele, André, Daniel M., Daniel A., Fúlvio, Natacha, Henrique, Rafael C., pela amizade e ajuda nas muitas horas de trabalho.

Ao pessoal do laboratório de nutrição animal (Monica e Andressa) pela amizade e colaboração.

Aos funcionários Miguel e Lauro pela força física, amizade e colaboração constante.

À empresa Sulina pela parceria e suporte na condução dos experimentos.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

# USO DO ÓLEO DE SOJA, ÓLEO ÁCIDO, LECITINA E GLICERINA DE SOJA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: VALOR ENERGÉTICO DA DIETA, DESEMPENHO E QUALIDADE DA CARNE <sup>1</sup>

Autor: Jaime Peña

Orientador: Sergio Luiz Vieira

## RESUMO

A presente tese foi realizada com objetivo de avaliar a utilização dos subprodutos do processamento do óleo de soja (OS) (óleo ácido de soja -OAS, lecitina - LEC) e do biodiesel (glicerol - GLI) na alimentação de frangos de corte. Foram conduzidos dois experimentos utilizando dietas a base de milho e farelo de soja. No primeiro experimento foi determinada a Energia Metabolizável Aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) dos subprodutos OAS, LEC e GLI assim como sua mistura nas proporções (MIS - 85% OAS, 5% LEC, 10% GLI) em 260 frangos de corte de 26 a 28 dias de idade através do método de coleta total de excretas. As médias dos valores de EMAn foram 7,951, 6,579, 3,979 e 8,101 kcal/kg para o OAS, LEC, GLI e MIS, respectivamente. Com estes resultados foi calculada a Energia Metabolizável (EM) das rações utilizadas no segundo experimento em que foram utilizados 1.750 frangos de corte de um dia de idade, distribuídos em 10 tratamentos com um programa de alimentação de quatro fases. Cinco tratamentos foram formulados com os ingredientes óleo degomado de soja (ODS), OAS, LEC, GLI e MIS com níveis fixos de inclusão de 2% (1 a 21 dias) e 4% (22 a 40 dias) enquanto que 4 tratamentos tiveram inclusões de OAS, LEC, GLI e MIS em dietas contendo ODS com a finalidade de alcançar os níveis de EMA do grupo controle. Aos 40 dias de idade, seis aves por repetição foram abatidas e determinados os rendimentos de carcaça e cortes comerciais. Foram coletadas amostras de carne de peito desossado e sobrecoxas para posteriores análises físico-químicas e sensoriais. Os animais consumindo dietas com ODS, demais subprodutos e sua mistura com níveis fixos de energia apresentaram diminuição no ganho de peso de 7 a 21 dias, aumento no consumo de alimento e conversão alimentar similar de 1 a 39 dias quando comparados com o grupo Controle. As misturas de ODS+subprodutos e sua mistura apresentaram desempenho zootécnico similar ao grupo Controle. As diferentes fontes de energia afetaram os rendimentos de carcaça, porém, não foram reportadas diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) para gordura abdominal e cortes comerciais. Através da análise sensorial, não foram detectados efeitos dos subprodutos do OS nos atributos sensoriais (cor, odor, sabor, textura e aparência geral) da carne de frango. Não foram detectadas diferenças ( $p \geq 0,05$ ) nas características físico-químicas avaliadas (pH, cor, força de cisalhamento), somente foram observadas menores valores para perdas de peso por cocção ( $p \leq 0,05$ ) nas carnes dos tratamentos Controle, OS, GLI, e nas misturas OS+OAS e OS+GLI.

---

<sup>1</sup>Tese de Doutorado em Zootecnia – Nutrição Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (143 p.) Fevereiro, 2012

## USE OF SOYBEAN OIL, ACIDULATED SOAP STOCK, LECITHIN AND SOYBEAN GLYCERIN IN BROILERS FEEDS: ENERGY VALUES OF DIETS, PERFORMANCE AND MEAT QUALITY<sup>2</sup>

Author: Jaime Peña

Adviser: Sergio Luiz Vieira

### Abstract

This thesis was carried out to evaluate the utilization of soybean oil (SO) (acidulated soap stock - ASS, lecithin - LEC) and biodiesel (glycerol - GLY) in broiler feeds. Two experiments were conducted using corn and soybean meal diets. In the first experiment it was assessed the apparent metabolizable energy corrected for retained nitrogen (AMEn) of ASS, LEC, GLY as well as their mixture (MIX: 85% ASS, 5% LEC and 10% GLY) in 260 broilers from 26 to 28 days of age using the total excreta collection methodology. The average AMEn values were 7.951, 6.579, 3.979 and 8.101 kcal/kg for ASS, LEC, GLY and MIX, respectively. The diets formulated in the second experiment were formulated using these AMEn values. A total of 1.750 one-day-old broiler chicks were distributed in 10 treatments in a four phases feeding program. With Control diets formulated with degummed soybean oil (DSO). Five dietary treatments were formulated with the ingredients DSO, ASS, LEC, GLY and MIX in fixed inclusions of 2% (1 to 21 d) and 4% (22 to 40 d) whereas four treatments had inclusion of ASS, LEC, GLY, MIX in diets having DSO to reach AME levels of the Control. At 40 days of age, six birds per replicate were slaughtered and carcass and commercial cuts yields were determined. Thighs, boneless breast meat samples were collected for subsequent physico-chemical and sensorial analyses. Birds fed diets with DSO by-products and their mixture with fixed inclusions showed reduced in body weight gain (BWG) from 7 to 21 d, improved feed intake (FI) and had similar feed conversion ratio (FCR) from 21 to 39 d when compared to the Control. Blends of DSO+by-products and their mixture showed similar performance when compared to the Control. The different energy sources affected carcass yields, however no significant differences ( $p \geq 0.05$ ) were reported for abdominal fat and commercial cuts. No sensorial differences were found on the sensory attributes (color, odor, texture, flavor, general appearance) of broiler meat. There were no differences ( $p \geq 0.05$ ) on physico-chemical characteristics evaluated (pH, color and WB shear force), only was observed a decrease for cooking loss ( $p \leq 0.05$ ), for Control, SO, GLY, and blend of SO+ASS and SO+GLY treatments.

---

<sup>2</sup>Doctoral thesis in Animal Nutrition – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (143 p.) February, 2012

## SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
RELAÇÃO DE TABELAS.....	vii
RELAÇÃO DE FIGURAS.....	viii
RELAÇÃO DE APÊNDICES.....	ix
RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	x
<b>CAPÍTULO I</b>	1
1. Introdução.....	2
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1 Metabolismo da energia.....	3
2.1.1 Determinação da energia metabolizável.....	4
2.2 Digestão de gordura pelas aves.....	5
2.3 Fontes energéticas suplementares na dieta das aves.....	7
2.4 Industria de óleo de soja.....	7
2.4.1 Óleo de soja, definição e caracterização.....	7
2.4.2 Óleo ácido de soja, definição e caracterização.....	9
2.4.3 Lecitina, definição e caracterização .....	10
2.5 Bicomcombustíveis.....	12
2.5.1 Glicerol, definição, caracterização e metabolismo.....	14
2.5.2 Limitações de uso do Glicerol.....	16
2.6 Aspectos físico-químicos da carne.....	18
2.6.1 pH.....	18
2.6.2 Cor.....	18
2.6.3 Perdas de peso por cocção-PPC.....	19
2.6.4 Maciez.....	19
2.7 Análise sensorial da carne.....	20
3. HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	22
3.1 Hipótese.....	22
3.2 Objetivos.....	22
3.2.1 Objetivo geral.....	22
3.2.2 Objetivos específicos.....	22
<b>CAPITULO II</b>	23
Energy utilization of by-products from the soybean oil industry by broiler chickens: acidulated soap stock, lecithin, glycerol and their mixture.....	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
Introduction.....	25
Materials and methods.....	26
Results and discussion.....	30
Conclusions.....	33
Acknowledgments.....	33
REFERENCES.....	34
<b>CAPITULO III</b>	37
An evaluation of the single or combined use of soybean by-products on performance and carcass characteristics of broiler	

chickens: acidulated soap stock, lecithin and glycerol.....	38
SUMMARY.....	39
DESCRIPTION OF PROBLEM.....	39
MATERIALS AND METHODS.....	42
Broiler Husbandry.....	42
Dietary treatments.....	42
Live performance and carcass evaluations.....	43
Statistical Analysis.....	44
RESULTS.....	44
Live Performance .....	44
Carcass Yield.....	45
DISCUSSION.....	46
CONCLUSIONS AND APPLICATIONS.....	50
REFERENCES AND NOTES.....	51
<b>CAPITULO IV</b>	<b>63</b>
Effects of dietary soybean oil by-products on physicochemical and sensory characteristics of broiler meat .....	64
ABSTRACT.....	65
1. Introduction.....	65
2. Materials and methods.....	67
2.1. Animals, diets and treatments.....	67
2.2. Measurements, slaughter and samples.....	68
2.3. pH measurement.....	68
2.4. Color.....	68
2.5. Cooking loss.....	69
2.6. Warner-Bratzler Shear Force determination.....	69
2.7. Sensorial analysis.....	69
2.8. Statistical analysis.....	70
3. Results and discussion.....	70
3.1. pH, color, cooking loss and WB shear force.....	70
3.2 Sensorial analysis.....	73
4. Conclusions.....	75
References.....	76
<b>CAPITULO V</b>	<b>84</b>
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
APÊNDICES.....	96
VITA.....	143



## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
<b>CAPÍTULO I</b>	
Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do óleo de soja (OS) e do óleo ácido de soja (OAS), %.....	9
<b>CAPÍTULO II</b>	
Table 1. Basal diet composition, (%).....	28
Table 2. Characterization of of energy sources utilized to determine AME <sub>n</sub> values .....	29
Table 3. Apparent metabolizable energy corrected for retain nitrogen (AMEn) of diets and ingredients of soybean oil by-products estimated by two methods, (kcal/kg).....	31
<b>CAPÍTULO II</b>	
Table 1. Composition and nutrient content of pre-starter diets containing soy bean by-products. ....	54
Table 2. Composition and nutrient content of starter diets containing soy bean by-products.....	55
Table 3. Composition and nutrient content of grower diets containing soy bean by-products. ....	56
Table 4. Composition and nutrient content of finisher diets containing soy bean by-products. ....	57
Table 5. Characterization of by-products.....	58
Table 6. Body Weight Gain of broilers fed diets with soy bean oil by-products from 1 to 39 d of age, gr.....	59
Table 7. Feed Intake of broilers fed diets with soybean oil by-products from 1 to 39 d of age, gr.....	60
Table 8. Feed Conversion Ratio of broilers fed diets with soybean oil by-products from 1 to 39 d of age.....	61
Table 9. Carcass yields and commercial cuts from broilers fed diets with soybean oil by-products (percentage at 40 d of age), %.....	62
<b>CAPÍTULO III</b>	
Table 1. Ingredients and composition of the experimental diets .....	80
Table 2. Physical chemical characteristics: mean values of final pH, (pH 24), color, cooking loss, and WB shear force of ( <i>Pectoralis major</i> ) and thigh after freezing of broilers fed diets with soybean oil and biodiesel by-products.....	81
Table 3. Effect of dietary SO by-products on sensory attributes (color, odor, flavor, texture and general appearance) of broiler <i>thigh</i> meat. Mean values assigned by the panelist on the unstructured hedonic scale from 1 to 9 points.....	82

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO I</b>	
Figura 1. Utilização da energia consumida pelos animais monogástricos.....	4
Figura 2. Fluxograma Simplificado do processamento da soja para consumo humano e para obtenção do biodiesel.....	8
Figura 3. Esquema da produção do biodiesel.....	13
Figura 4. Fórmula estrutural do Glicerol.....	14
Figura 5. Reações bioquímicas envolvidas na síntese de glicerol....	15
<b>CAPÍTULO IV</b>	
Figure 1. Radar graph presenting the mean values of the Control and the Mean of Treatments given to the sensory attributes evaluated (color, odor, flavor, texture and general appearance) of broilers <i>tight</i> meat fed diets with SO by-products .....	83

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
Apêndice 1. Normas para publicação de artigos na Revista Brasileira de Zootecnia.....	97
Apêndice 2. Dados brutos relativos aos coeficientes de metabolismo de matéria seca, energia bruta, proteína bruta e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio. Capítulo 2.....	103
Apêndice 3. Análises de variância referentes ao Capítulo 2	104
Apêndice 4. Normas para publicação de artigos no periódico Journal of Applied Poultry Research.....	106
Apêndice 5. Dados brutos relativos ao desempenho de frangos de corte de 1 a 39 dia de idade PESO. IND.= peso individual, GP= ganho de peso, CA= Conversão alimentar, CONS. IND.= consumo individual. Capítulo 3.....	115
Apêndice 6. Análises de variância referentes ao Capítulo 3.....	123
Apêndice 7. Dados brutos relativos aos rendimentos de carcaça e cortes comerciais de frangos de corte de 40 dias de idade. Capítulo 3.....	125
Apêndice 8. Análises de variância de rendimentos de carcaça e cortes comerciais referentes ao Capítulo 3.....	127
Apêndice 9. Normas para publicação de artigos no periódico Meat Science.....	128
Apêndice 10. Dados brutos relativos às análises físico-químicos das amostras de carne de peito e sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade, PPC= perdas de peso por cocção, FC= Força de cisalhamento. Capítulo 4.....	136
Apêndice 11. Dados brutos relativos aos resultados dos parâmetros sensoriais das amostras de carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade. Capítulo 4.....	137
Apêndice 12. Análises de variância das análises físico-químicas e sensoriais da carne de frangos referentes ao Capítulo 4.....	140

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>AGL</b>	ácidos graxos livres
<b>EB</b>	energia bruta
<b>ED</b>	energia digestível
<b>EF</b>	energia fecal
<b>EM</b>	energia metabolizável
<b>EMA</b>	energia metabolizável aparente
<b>EMA<sub>n</sub></b>	energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio
<b>EMV</b>	energia metabolizável verdadeira
<b>EL</b>	energia líquida
<b>EU</b>	energia urinária
<b>GLI</b>	glicerol
<b>g</b>	gramas
<b>IC</b>	incremento calórico
<b>LEC</b>	lecitina
<b>OAS</b>	óleo ácido de soja
<b>ODS</b>	óleo degomado de soja
<b>OS</b>	óleo de soja
<b>°C</b>	graus Celsius

## **CAPÍTULO I**

## 1. INTRODUÇÃO

A energia consumida em todo o mundo atualmente é gerada majoritariamente a partir de fontes não renováveis de carbono fóssil, como petróleo, carvão e gás natural, sendo estes também as principais fontes emissoras de gases causadores do efeito estufa (Müller et al., 2007). A crescente demanda por combustíveis derivados de fontes vegetais projeta uma participação crescente na matriz energética mundial para o etanol e o biodiesel.

O aumento da produção industrial de biocombustíveis, em função da preocupação com a sustentabilidade e com a busca por fontes de energia renováveis, tem gerado grande impacto sobre a produção animal. As principais fontes de energia nas dietas de frangos de corte são o amido dos cereais, e as gorduras vegetais, sendo a soja de grande importância. O aumento do uso de óleos vegetais na produção de biocombustíveis atua como competidor da alimentação animal e determina um aumento no custo da alimentação destes animais.

Tanto o processamento da soja para produzir óleo refinado para consumo humano quanto para produção de biodiesel acarretam a necessidade de purificação com a consequente geração de subprodutos tais como óleo ácido de soja (OAS), lecitina (LEC) e glicerol (GLI). Apesar de estes terem uso potencial na alimentação animal, seu uso tem sido limitado notadamente por preços muito aquém de seu valor nutricional.

Na indústria de rações para aves, o nutricionista tem a função de formular dietas economicamente eficientes. Para atingir este objetivo é indispensável que ele conheça adequadamente os valores de Energia Metabolizável (EM) dos diferentes ingredientes disponíveis. Existem algumas limitações de ordem prática, como a injeção destes subprodutos diretamente nos misturadores de ração, bem como temores quanto à presença de alguns resíduos como metanol no GLI. Estas limitações podem ser superadas com a aplicação conjunta dos subprodutos da soja que potencialmente permitem uma única aplicação. A utilização conjunta do OAS com a LEC e o GLI em proporções similares ao triglicerídeo predominante no óleo de soja cru, poderá fazer surgir novos produtos que podem ser utilizados como substitutos na alimentação animal, gerando valor agregado a estes subprodutos.

Embora inúmeras possibilidades para o uso destes subprodutos tenham sido demonstradas até o presente momento, informações que levem à caracterização química e nutricional, a definição do melhor nível de inclusão destes subprodutos nas dietas e a avaliação da eficiência sobre o desempenho zootécnico ainda são necessárias. Também é importante avaliar os riscos à saúde animal bem como a influência sobre qualidade da carne e a aceitabilidade do consumidor.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Metabolismo da energia

Quando a energia é mencionada, traz a idéia de ser um requerimento decisivo para as aves e um componente importante em todos os alimentos. Portanto, para o controle da produtividade, da eficiência e da rentabilidade é necessário o conhecimento detalhado dos valores energéticos dos alimentos bem como das exigências nutricionais das aves (Sibbald, 1982).

A energia presente nos alimentos como energia química é liberada a través da oxidação parcial ou total após os processos de digestão e absorção no trato gastrointestinal. A quantidade de energia que uma molécula qualquer pode fornecer a partir de sua oxidação no corpo para os processos de manutenção e produção é medida a través de seu calor de combustão (Kleiber, 1975).

A energia presente nos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). A Figura 1 apresenta a utilização da energia dos alimentos pelos animais monogástricos.

A EB é a quantidade de energia liberada por um ingrediente quando queimado em bomba calorimétrica. Entretanto, essas estimativas não fornecem uma medida acurada sobre o que realmente as aves podem extrair do alimento, sendo necessária a realização de ensaios biológicos para medir a EM dos alimentos (Scott et al., 1998).

Existem várias formas de expressar a energia presente no alimento. Entre elas, a EM é a que melhor quantifica a energia disponível dos alimentos para as aves e pode ser expressa tanto na forma de energia metabolizável aparente (EMA), como energia metabolizável verdadeira (EMV), dependendo da metodologia utilizada para determinação (Albino, 1991).

A energia da excreta é composta da energia proveniente de uma fração não assimilada dos alimentos e de uma fração de material endógeno. Quando essa ultima fração não é considerada nos cálculos, denomina-se EMA; entretanto quando a mesma passa a ser considerada, define-se como EMV.

Para se estimar com precisão os valores de EMA e EMV tem se utilizado a correção pelo balanço de nitrogênio (BN). Quando se utiliza a correção pelo balanço de nitrogênio obtém-se a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) e a energia metabolizável verdadeira corrigida para nitrogênio (EMVn) (Sakomura & Rostagno, 2007).

A energia obtida da EM subtraindo o incremento calórico (IC), quantidade de energia produzida pelo organismo na metabolização do alimento, é chamada de energia líquida (EL), que é a energia do alimento efetivamente utilizada pelo organismo, podendo ser fracionada em energia para manutenção e energia para produção (Ewan, 2001).

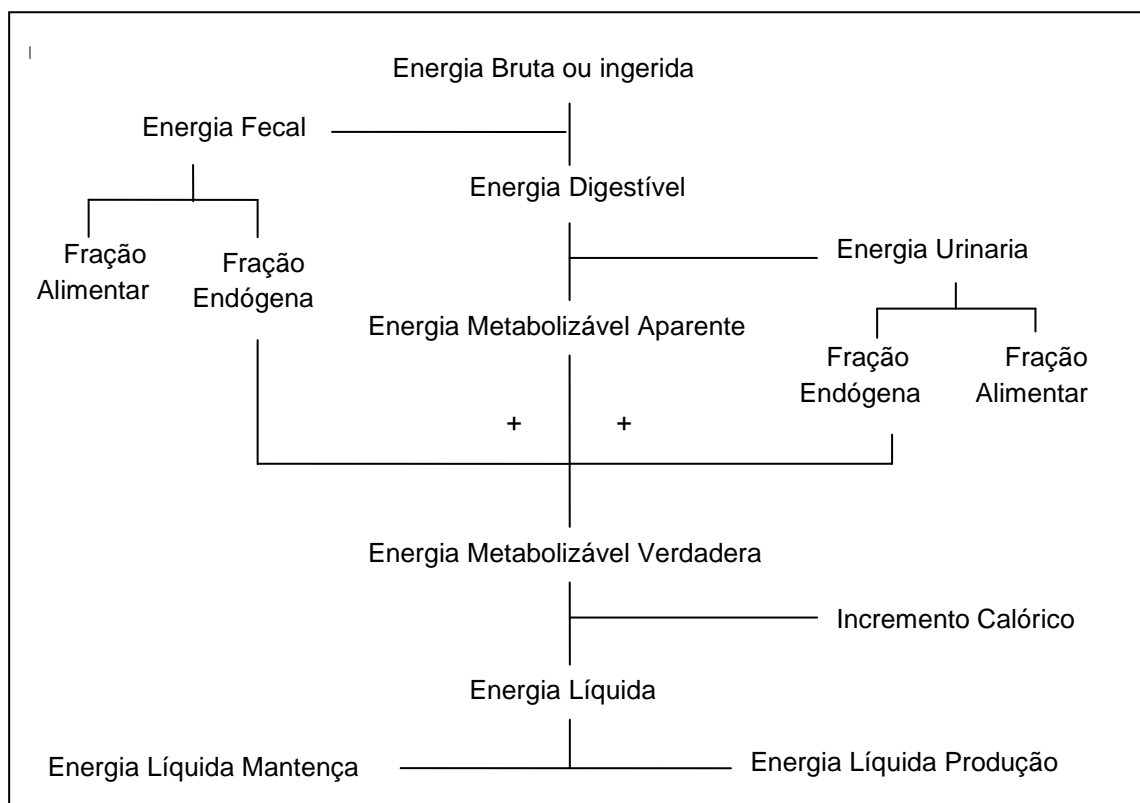


Figura 1. Utilização da energia consumida pelos animais monogástricos  
 Fonte: Sakomura & Rostagno, 2007.

### 2.1.1 Determinação da energia metabolizável

Vários métodos têm sido conduzidos na tentativa de obter uma metodologia que estime o valor energético dos alimentos para aves. Um dos métodos biológicos mais utilizados é aquele descrito por Sibbald & Slinger (1963), também conhecido como método de coleta total de excretas. Este método considera a quantidade de energia consumida subtraída da quantidade de energia excretada pelas aves submetidas a um consumo *ad libitum*. O método requer que os animais sejam alojados em gaiolas metabólicas e demanda um período de adaptação dos animais às rações e às instalações. A adaptação deve ser de quatro a sete dias e o período de coleta da excreta e controle do consumo das rações deve ser de quatro a cinco dias.

Na metodologia descrita anteriormente, quando o valor de EM de um ingrediente a de ser determinado, dois ou mais dietas devem ser usadas, pois a utilização de um ingrediente como alimento em si pode causar problemas de palatabilidade e falhas para acomodar os nutrientes. O ingrediente teste pode ser substituído em um ou mais níveis e independentemente da dieta basal utilizada, a precisão do valor de EM depende em certa medida, das proporções do ingrediente teste substituído na dieta teste. O cálculo do valor de EM do ingrediente tem que ser extrapolado, o erro de determinação do ingrediente teste é, por conseguinte, multiplicado por um fator de 100 e dividido pela porcentagem de substituição. Por tanto deve ser utilizada uma proporção elevada do ingrediente teste na dieta teste. Normalmente esse valor é determinado pelo balanço de nutrientes e pela palatabilidade.

Segundo Penz et al. (1999) um dos fatores que afeta a determinação



de energia de um alimento é a quantidade consumida do mesmo. Para um baixo consumo a determinação de EMA subestima os valores de energia disponível no alimento. Porém, para ingredientes menos palatáveis, os níveis mais altos de inclusão tendem a reduzir a estimativa de EMA. Isto ocorre devido às perdas fecais endógenas que representam em proporção uma parcela maior das fezes excretadas, quando ocorre o baixo consumo (Wittemore, 1993).

Potter et al. (1960) propuseram um procedimento de regressão linear para o cálculo dos valores de EM dos ingredientes quando incluídos em vários níveis. O valor de EM do ingrediente é derivado por extrapolação a 100 por cento de inclusão de uma equação de regressão relativa ao valor de EM da dieta teste e da proporção do ingrediente teste nessa dieta.

Nos ensaios de metabolismo, a idade das aves utilizadas deve ser considerada, pois a taxa de passagem do alimento varia com a idade e pode alterar os valores de EM. Assim, aves mais jovens possuem menor capacidade de digestão e absorção dos nutrientes, visto que o sistema digestivo encontra-se ainda em desenvolvimento, em especial para alguns nutrientes como os lipídeos. Entretanto as aves mais velhas possuem o sistema digestivo completamente desenvolvido, apresentando maior tamanho do trato digestivo, maior produção de enzimas e secreções gástricas, levando a um melhor aproveitamento dos alimentos (Wiseman & Lessire, 1987; Blanch et al., 1995).

Sakomura et al. (2004), avaliando o efeito da idade de frangos de corte sobre a atividade das enzimas amilase e tripsina e a digestibilidade da energia, observaram que o aproveitamento da energia dos alimentos utilizados foi afetado pela idade dos animais em função da dependência da produção das enzimas digestivas, sendo que os valores de EMA aumentaram até a terceira semana de vida das aves.

Freitas et al. (2005) concluíram que até os 21 dias de idade as rações para frangos de corte devem ser formuladas considerando-se os valores de EMAn determinada com pintos. Entretanto, na formulação de rações para frangos de corte com idade acima de 21 dias, deve ser considerado o aumento na digestibilidade dos nutrientes utilizando-se os valores de EMAn determinados com galos adultos.

## **2.2 Digestão de gordura pelas aves**

Os lipídeos são substâncias orgânicas heterogêneas, podendo ser de origem vegetal ou animal, e têm em comum, a baixa solubilidade em água e alta em solventes orgânicos. Os lipídeos chegam ao duodeno das aves, praticamente intactos, em forma de grandes partículas coaguladas. A hidrólise e emulsificação dos mesmos se realiza no duodeno, pela ação da bile, da enzima lipase, seu cofator colipase e da ação mecânica dos movimentos peristálticos do intestino. A presença de alimentos no duodeno estimula a secreção de colecistoquinina, que induz a contração da vesícula biliar e a secreção de suco pancreático, formando o quimo. A colipase se liga na interface óleo-água e produz a emulsão (Baião et al., 2005).

Os 2-monoglicerídeos têm um ácido graxo na posição C2 e, por sua vez, constituem agentes emulsificantes das gorduras graças a sua condição anfipática, polar pelo glicerol e apolar pelo ácido graxo. A ação da bile e dos monoglicerídeos forma uma emulsão fina, o que facilita a ação hidrolítica das

lipases e a formação de micelas cada vez menores.

As micelas interagem com as microvilosidades intestinais, através dos enterócitos onde ocorre a absorção dos monoglicérides e dos ácidos graxos livres. Após a absorção, na célula da mucosa intestinal os ácidos graxos e os monoglicérides se reesterificam para formar triglicérides e se combinam com colesterol livre e esterificado, fosfolipídeos e proteínas para formar os quilomícrons, lipoproteínas que constituem a forma de transporte dos lipídeos no sistema linfático que desemboca na circulação geral via duto torácico. Além desses lipídeos, os quilomícrons também carregam ésteres de colesterol, colesterol livre, ácidos graxos livres e vitaminas lipossolúveis. A reesterificação dos ácidos graxos na mucosa intestinal é uma etapa limitante na velocidade de absorção dos lipídeos, entretanto, os ácidos graxos de cadeia curta e média têm maior velocidade de hidrólise e são diretamente absorvidos pela circulação portal hepática e assim escapam do passo limitante de reesterificação após a absorção (Krogh, 1985).

Nenhum dos lipídeos encontrados no plasma pode circular livremente pela corrente sangüínea devido a sua insolubilidade em meio aquoso, quem faz este papel são as apoproteínas que formarão as lipoproteínas. As lipoproteínas são HDL, LDL, IDL, VLDL quilomícrons e remanescentes de quilomícrons. As VLDL transportam triglicérides do fígado para os tecidos periféricos, as LDL transportam maior quantidade de colesterol, já as HDL transportam fosfolipídios e ésteres de colesterol desde os tecidos periféricos até o fígado para a sua excreção. Entretanto, os ácidos graxos livres viajam pelo plasma associados à albumina (Alvarenga et al., 2011).

A solubilidade dos lipídeos na fase micelar depende de fatores como comprimento da cadeia carbônica do ácido graxo, posição dos ácidos graxos na molécula de glicerol, teor de ácidos graxos livres e do grau de saturação dos ácidos graxos, flora intestinal e composição da dieta na qual os ácidos graxos são adicionados (Lara et al., 2005). Dessa forma, os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia média e longa (polares) são mais solubilizados na fase micelar do que os ácidos graxos saturados de cadeia longa (apolares), o que resulta em maiores coeficientes de absorção e conseqüentemente maiores valores energéticos para as fontes insaturadas (Krogh, 1985; Wiseman & Salvador, 1991).

No entanto, os lipídeos formados de ácidos graxos polares possuem a habilidade de aumentar a solubilidade na fase micelar de lipídeos com maior concentração de ácidos graxos apolares. Este mecanismo é responsável pelo fenômeno observado quando se combinam fontes lipídicas insaturadas com fontes saturadas. Algumas considerações a este respeito foram apresentadas por Leeson et al. (1996). Estes autores observaram que embora exista um efeito sinérgico da interação entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados, a habilidade dos ácidos graxos poliinsaturados em solubilizar os ácidos graxos saturados (apolares) na fase micelar é limitada, e este sinergismo é progressivamente menor quanto maior a concentração de gordura na dieta, e ainda pode ser influenciado pelo nível de inclusão e pelo tipo de ração, o que pode em alguns casos, promover diferentes comportamentos quanto à capacidade das aves em digerir e absorver gorduras.

Wiseman & Salvador (1991) observaram que os ácidos graxos livres diminuem a digestibilidade dos óleos e gorduras. Este efeito foi mais observado

quando a fonte de lipídeo foi o sebo e óleo de palma do que óleo de soja (OS). A razão disso é que o monoglicerídeo é essencial para a incorporação de ácidos graxos insolúveis no complexo micelar. Quando os ácidos graxos livres (AGL) são fornecidos como única fonte de lipídeos, não existe monoglicerídeo suficiente para emulsificar todo o AGL, com isso a absorção é prejudicada.

Blanch et al. (1995), utilizaram rações com OS e misturas 1:1 de sebo com OS ou com óleo ácido de soja (OAS), obtiveram maiores valores de digestibilidade e energia metabolizável para o OS e a mistura sebo e OS, sendo ambos superiores significativamente aos valores obtidos com a mistura sebo e OAS ou quando utilizados isoladamente.

Em outro estudo Nascif et al. (2004), trabalhando com frangos de corte machos e fêmeas no período de 21 a 32 dias de idade, observaram um efeito sinérgico nos valores de energia das fontes saturadas (gordura de coco e sebo bovino). Os autores reportaram maiores valores de EM destas fontes quando estas foram misturadas com óleo degomado de soja (ODS) na relação 1:1.

### **2.3 Fontes energéticas suplementares na dieta das aves**

Durante as últimas décadas, têm sido verificadas as vantagens da suplementação de fontes energéticas tradicionais (óleos e gorduras) na nutrição animal. Estas são explicadas pelas propriedades inerentes às mesmas, que, além de fornecerem energia, melhoram a palatabilidade e diminuem a pulverulência das rações. Estas, também, diminuem a taxa de passagem do alimento pelo trato intestinal, possibilitando melhor digestão e absorção dos nutrientes (Waldroup et al., 1995; Pardío et al., 2001; Lara et al., 2005). Por conterem mais energia e apresentarem um menor incremento calórico, em comparação a outros nutrientes como os carboidratos, os óleos e as gorduras são ferramentas valiosas na formulação de rações de elevada densidade energética em função das exigências nutricionais de aves mais produtivas (Sakomura et al., 2004).

Entre os aspectos mais relevantes na decisão do tipo de óleo a ser utilizado nas rações, encontram-se o custo, a qualidade das respectivas fontes e quais seus efeitos sobre o desempenho, composição e qualidade da carcaça animal. Os óleos mais comumente utilizados nas dietas vegetais comerciais para aves são os de soja, milho, girassol, algodão, canola e palma. Estes são ricos em ácidos graxos poliinsaturados (ômega-6), porém, seu custo é alto e competem com a alimentação humana (Pardío et al., 2005). Portanto, precisa-se viabilizar o uso de fontes alternativas de energia como os subprodutos da indústria de refino dos mesmos, assim como da indústria dos biocombustíveis, entre estes estão as gomas (lecitinas), borra acidulada, óleo ácido de soja (OAS) e glicerol (GLI).

## **2.4 Indústria de óleo de soja**

### **2.4.1 Óleo de soja, definição e caracterização**

No ano de 2010, o Brasil produziu 67,8 milhões de toneladas de soja, gerando 6,04 milhões de Ton de OS (ANP, 2011). Tanto o processamento do óleo para consumo, como para obtenção de biodiesel estão apresentados na Figura 2.

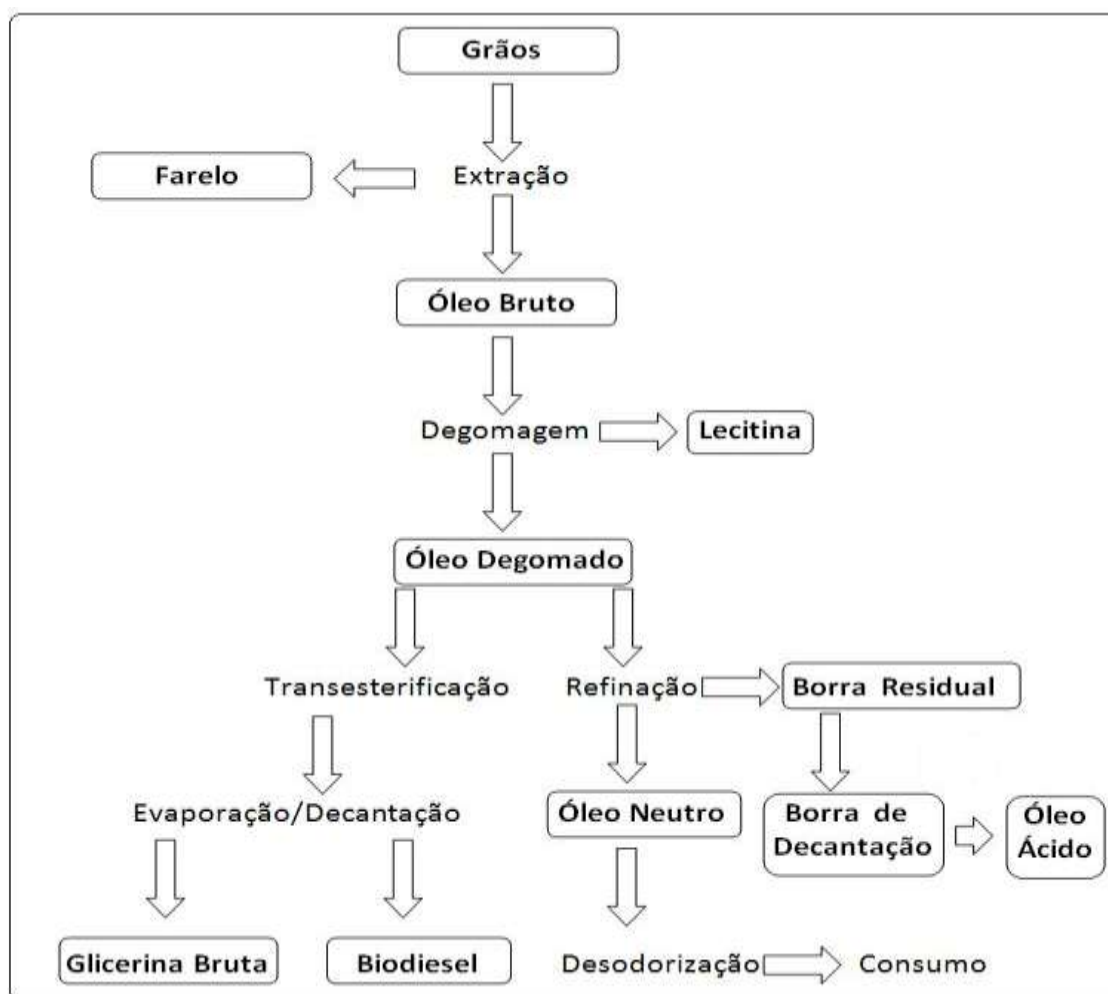


Figura 2. Fluxograma simplificado do processamento da soja para consumo humano e para a obtenção do biodiesel  
 Fonte: Adaptado de Autiro, H.C., 2009.

O óleo vegetal é um lipídeo extraído de plantas formado por triglicerídeos. Várias partes da planta podem ser utilizadas na extração do óleo, mas, na prática, é extraído quase exclusivamente das sementes (Sanz et al., 2000).

O óleo vegetal bruto apresenta em sua composição várias impurezas (resíduos sólidos dos processos de extração, compostos fosfolipídios, gomas, complexos metálicos, AGL, peróxidos, produtos secundários da oxidação e pigmentos) que podem ser removidas através de processos como filtração, hidratação e degomagem. A obtenção do óleo de soja inicia-se com a preparação dos grãos de soja através da quebra dos mesmos, seguido das etapas de condicionamento onde são ajustadas a umidade e a temperatura dos grãos partidos e a laminação que consiste na passagem dos mesmos por rolos prensadores formando assim pequenas lâminas. Processos estes que facilitam a extração por solvente. A extração do óleo pode ser realizada de maneira mecânica (com o uso de extrusora) ou química (com o uso de solventes). Após esse processo o solvente é separado para ser reutilizado e o óleo bruto de soja é obtido (Serrato, 1981, Liu, 1999).

A próxima etapa é a refinação, que está dividida em degomagem, neutralização, clareamento e deodorização (Gaiotto, 2004). O óleo bruto segue para a remoção dos fosfolipídios realizado pela atração dos fosfolipídeos polares, separando-os da fase óleo. Neste processo são obtidos o óleo degomado e a lecitina (LEC). A LEC constitui 1,5 a 3,0% do óleo bruto e é separada por hidratação e centrifugação do óleo. O óleo degomado segue o processo de refinação. O óleo recebe um tratamento para eliminação de acidez livre e gomas mucilaginosas, obtendo-se o óleo neutro e a borra. A borra será usada para fabricação de sabão e, acidulada, obtêm-se ácidos graxos que podem ser usados na fabricação de rações. O óleo neutro é lavado várias vezes, seco e desodorizado, sendo então comercializado a granel ou envasado para cozinha como óleo desodorizado (Dumont et al., 2007).

No OS, os ácidos graxos são predominantemente poliinsaturados de cadeia longa.

#### 2.4.2 Oleo ácido de soja, definição e caracterização

O “óleo ácido de soja”, conhecido genericamente como “ácidos graxos livres de soja”, é obtido após a acidificação da borra resultante do processo de refino do OS. A borra é gerada a partir do processo de refino por meio da neutralização alcalina do óleo bruto. Esta (também conhecida por *soap stock*) representa cerca de 2 a 3% do óleo de soja bruto, e apresenta 60 a 80% de ácidos graxos livres (AGL), que estando saponificados serão recuperados com a adição de ácido sulfúrico (Vieira et al., 2002; Raber et al., 2008).

Os óleos ácidos apresentam constituição similar a dos ácidos graxos presentes nos óleos de que se originam e se encontram, predominantemente, na forma de AGL e, em menor proporção, na forma de mono e diglicerídeos (Vieira et al., 2002). O OAS é rico, também, em fosfolipídeos (12,6%) e em pigmentos, principalmente carotenóides e xantofilas (910 mg/kg) (Pardío et al., 2001; Pardío et al., 2005). Na Tabela 1 são apresentados o perfil de ácidos graxos do OS e do OAS segundo Vieira et al. (2002).

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do óleo de soja (OS) e do óleo ácido de soja (OAS), %

Ácido graxo	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C22:0	Saturados	Monoinsaturados	Poliinsaturados
OS	12,6	4,4	22,7	52,8	6,8	0,3	0,4	17,4	23,0	59,6
OAS	13,0	3,6	25,6	48,1	0,2	5,0	0,5	20,6	26,1	53,1

Fonte: Vieira et al. (2002)

O OAS vem sendo largamente utilizado pela avicultura no Rio Grande do Sul, entretanto, há certa relutância quanto ao seu uso, que se deve principalmente à incerteza quanto a falta de consistência da composição de ácidos graxos nos produtos comerciais disponíveis, que muitas vezes sugere adulteração pela inclusão de outros produtos de baixo valor nutricional; à presença de impurezas na forma de sulfatos capazes de gerar desgastes em equipamentos usados em fábricas de rações, e também à presença de umidade excessiva (Lilburn, 1996; Vieira et al., 2002).

Do ponto de vista da nutrição animal, tem sido reportado que a adição de OAS, em dietas de frango de corte, melhorou o ganho de peso das aves suplementadas durante sete semanas (Pardío et al., 2001). Wiseman & Salvador (1991) trabalharam com dietas para frangos de corte com diversas fontes de óleo e seus respectivos óleos ácidos, entre eles OAS, os autores observaram que a redução nos valores de energia metabolizável (EM) das gorduras com maiores conteúdos de AGL tende a ser mais elevada quanto maior for a inclusão das gorduras, e que essa redução é maior quanto maior for a saturação da gordura. Quando o OS é substituído por quantidades iguais de OAS, foi observada perda de desempenho de frangos de corte, o que é um indicativo de que este possui menor valor energético que o OS (Gaiotto et al., 2000). Já, Vieira et al. (2002) verificaram que o OAS é uma fonte energética alternativa de alto potencial econômico para uso em dietas comerciais para frangos de corte, apresentando valor energético de 8,114 kcal EMA<sub>n</sub>/kg de matéria seca, valor apenas 5% inferior ao determinado para o ODS. Resultados semelhantes foram obtidos por Machado et al. (2003) para os valores de EMA do OS e o OAS com frangos de corte de uma e cinco semanas de idade. Os autores encontraram valores de 8,135 e 7,701 kcal EMA<sub>n</sub>/kg para a primeira semana de idade e 9,314 e 8,559 kcal EMA<sub>n</sub>/kg para a quinta semana de idade, respectivamente.

O uso do OAS na alimentação animal também é vantajoso por reduzir o potencial de contaminação do meio ambiente com material orgânico através da reciclagem de grande parte dos resíduos originados do processo de refino de óleos vegetais (Vieira et al., 2002).

#### **2.4.3 Lecitina, definição e caracterização**

A lecitina de soja é removida do óleo de soja bruto através da hidratação da micela a uma temperatura elevada, seguida de centrifugação. É uma complexa mistura de fosfatídios composta por fosfatidilcolina (16-26%), fosfatidiletanolamina (14-20%), fosfatidilinositol (10-14%), fitoglicolipídios (13%) e fosfatidilserina (4%) (Woerfel, 1981; Attia et al., 2008). Os fosfolipídeos têm várias funções importantes como: aumentar a emulsão dos lipídeos no intestino delgado, preparar a atividade da lipase pancreática e promover a incorporação dos AG não polares dentro da fase micelar, especialmente, em aves jovens. (Overland et al., 1994; Al-marzooqi & Leeson, 1999). Os fosfolipídeos também melhoram a digestibilidade das gorduras, especialmente dos ácidos graxos altamente saturados e existem indícios de que também a de outros nutrientes (vitaminas lipossolúveis), controlam a absorção de colesterol, proporcionam energia e apresentam propriedades antioxidantes.

De acordo com a origem da LEC, variam tanto a composição dos ácidos graxos como também a composição dos fosfatídeos. As concentrações mais elevadas de fosfolipídeos ocorrem nos animais, em órgãos vitais como o cérebro e a medula óssea. Embora a LEC inicialmente fosse extraída da gema de ovo, a LEC comercial de hoje é quase que exclusivamente extraída da soja (Okada, 1985).

A superfície ativa da LEC, ou seja, a porção dos fosfolipídeos, confere ao composto uma estrutura molecular anfifílica: a parte hidrofílica, composta pelo ácido fosfórico e a parte hidrofóbica, pela cadeia de ácidos graxos. O tamanho desta cadeia de ácidos graxos, confere à estrutura o

caráter mais ou menos hidrofóbico. Este comportamento lhe atribui uma de suas principais aplicações que é o uso como emulsificantes para substâncias que têm superfícies ativas diferentes, como a água e óleo, permitindo que eles se misturem facilmente (Mendes, 2000).

Devido às suas propriedades de superfície a LEC também tem sido utilizada na indústria de alimentos, cosméticos e farmacêuticos (Muller et al., 2007; Attia et al., 2008).

Além destas funções, a LEC é também uma importante fonte de colina (Menten et al., 1997). A colina foi isolada da bile suína por Strecker em 1862 (Leeson & Summers, 2001). Quimicamente a colina é denominada de B-hidroxi-etil-trimetilamônio - hidróxido (Ruiz et al., 1983; Carrato, 1985) e se constitui em nutriente essencial para aves (Harms & Russell, 2002) sendo utilizada tanto como unidade de construção quanto como componente essencial regulador de alguns processos metabólicos (Mc. Dowell, 1989).

De acordo com Leeson & Summers (2001); Albers et al., (2002) a colina tem várias funções no organismo da ave: construção e manutenção da estrutura celular, como um fosfolípido, sendo parte estrutural da LEC, fosfatidilcolina e também da esfingomielina. É essencial no metabolismo do fígado, prevenindo acúmulo anormal de gordura neste órgão, por meio do transporte de lipídeos do fígado como LEC ou pelo aumento do catabolismo de ácidos graxos, tendo sido considerada, portanto, como fator lipotrópico. A colina é também necessária para síntese de acetilcolina – importante para transmissão de impulsos nervosos; e é doadora de grupos metil que agem na formação de metionina a partir da homocisteína e de creatina a partir de ácido guanidoacético.

Attia et al. (2008) observaram que a suplementação de 3 e 6% de LEC em rações de poedeiras aumentou a massa e peso do ovo. Nesse mesmo estudo, verificou-se que a suplementação de 6% de LEC aumentou as unidades Haugh. De modo geral, quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor a qualidade do ovo (Alleoni & Antunes, 2001). Nesse mesmo estudo, observou-se que os ovos das aves suplementadas com 6% de LEC apresentaram uma cor mais intensa. Isto é explicado pelo aumento na absorção e o transporte de lipídeos e, portanto, de substâncias lipossolúveis como os pigmentos.

Em um estudo com frangos de corte de 5 a 35 dias de idade, utilizando níveis crescentes (75:25%), (50:50%) de LEC, associada ao OS, e sebo bovino, demonstrou-se que a suplementação de LEC não afetou o desempenho zootécnico dos animais. Os autores concluíram conseqüentemente que a utilização de emulsificantes exógenos na ração não, melhoram a assimilação de lipídeos no intestino nem a EMA das gorduras da dieta (Azman et al., 2004).

Overland et al. (1993) não encontraram efeito da adição de LEC (2%) sobre a digestibilidade da gordura em suínos alimentados com dietas contendo 2 níveis de inclusão de OS (0 e 6 %). Entretanto, Overland et al (1994) encontraram efeitos negativos da LEC sobre a digestibilidade de alguns ácidos graxos em suínos.

Em outro estudo conduzido por Raber et al. (2009), avaliando o desempenho e os coeficientes de metabolismo de frangos de corte de 24 dias de idade alimentados com diferentes níveis de inclusão de AGL usando OS,

OAS e a mistura entre estes (50:50%), com níveis de inclusão (4 e 8%) na dieta basal e com a suplementação de LEC (0,5%), reportaram que os diferentes níveis de AGL testados não afetaram o desempenho e o metabolismo dos animais. Porém, observaram que o uso de LEC proporcionou melhor aproveitamento da gordura bruta adicionada às dietas, independentemente do nível de AGL, e que as aves aproveitaram de forma semelhante o OS e OAS.

A literatura reporta que a adição de colina a partir de níveis crescentes de LEC produziu um incremento linear em ganho de peso e consumo alimentar, sendo esta essencial para a prevenção do fígado gorduroso e a perose, em frangos de corte (Jukes, 1940; Emmert et al., 1996). Segundo Menten et al. (1997) aves alimentadas com dietas baseadas em milho e farelo de soja exibiram melhora nas respostas de desempenho com a suplementação adicional de colina. Isto indica que a biodisponibilidade da colina nesse tipo de dietas seja de 60 a 75% no farelo de soja. Attia et al. (2008) verificaram que a suplementação de 3 e 6% de LEC, em poedeiras, melhorou a fertilidade e eclodibilidade e diminuiu a mortalidade embrionária. A LEC atua como fonte de fosfolipídios e colina, AG essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos embriões e da mesma forma, a adição de gordura contendo altas proporções de AG insaturados e/ou fosfolipídeos, como a LEC, melhoram a absorção de lipídeos e conseqüentemente o valor energético das fontes de gordura para aves (Emmert et al., 1996).

## **2.5 Biocombustíveis**

Bioenergia é o termo utilizado para abranger as fontes de energia renováveis derivadas direta ou indiretamente a partir de um processo de fotossíntese (incluindo os resíduos orgânicos) que podem ser utilizados para a fabricação de combustíveis. Os combustíveis produzidos a partir de fontes de bioenergia são chamados de biocombustíveis (Nass et al., 2007).

A energia consumida em todo o mundo é gerada majoritariamente a partir de fontes não renováveis de carbono fóssil, como petróleo (44,3%), carvão (29,11%) e gás natural (26,58%), consideradas principais fontes emissoras de gases causadores do efeito estufa (Müller et. al., 2007). Em um esforço para reduzir a dependência de produtos a base de petróleo e diminuir seu impacto negativo no meio ambiente, a produção de biocombustíveis a partir de fontes renováveis de energia tem experimentado um crescimento acelerado na matriz energética mundial para o etanol e o biodiesel.

A Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2011) através da Resolução nº 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabeleceu o uso obrigatório de biocombustíveis com a inclusão de 5% de óleo vegetal no diesel combustível. A contínua elevação do percentual de adição de biodiesel ao diesel demonstra o sucesso do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e da experiência acumulada pelo país na produção e no uso em larga escala de biocombustíveis.

Dentre as espécies vegetais aptas para a produção de óleo vegetal para biodiesel, a soja é a de maior destaque, em função da grande extensão de área plantada e do domínio do sistema de produção desta espécie (Müller et. al., 2007).

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes



renováveis, definido como um mono-alquil éster de ácidos graxos, obtido através de um processo de transesterificação de óleos vegetais com alcoóis de cadeia curta como metanol ou etanol. Este processo ocorre através da catálise básica, utilizando o hidróxido de sódio ou potássio como catalisadores ou ainda pela esterificação desses materiais na presença de catalisadores ácidos, como resultado ocorre a transformação de triglicérides em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos tendo como subproduto a glicerina bruta, com teores de glicerol (GLI) variando de 80 a 95 %. O álcool não reagido é recuperado ao final do processo e reutilizado, havendo uma sobra deste resíduo na glicerina bruta (Nass et al., 2007; Gomes et al., 2008). Na figura 3 é apresentado o esquema da produção do biodiesel.

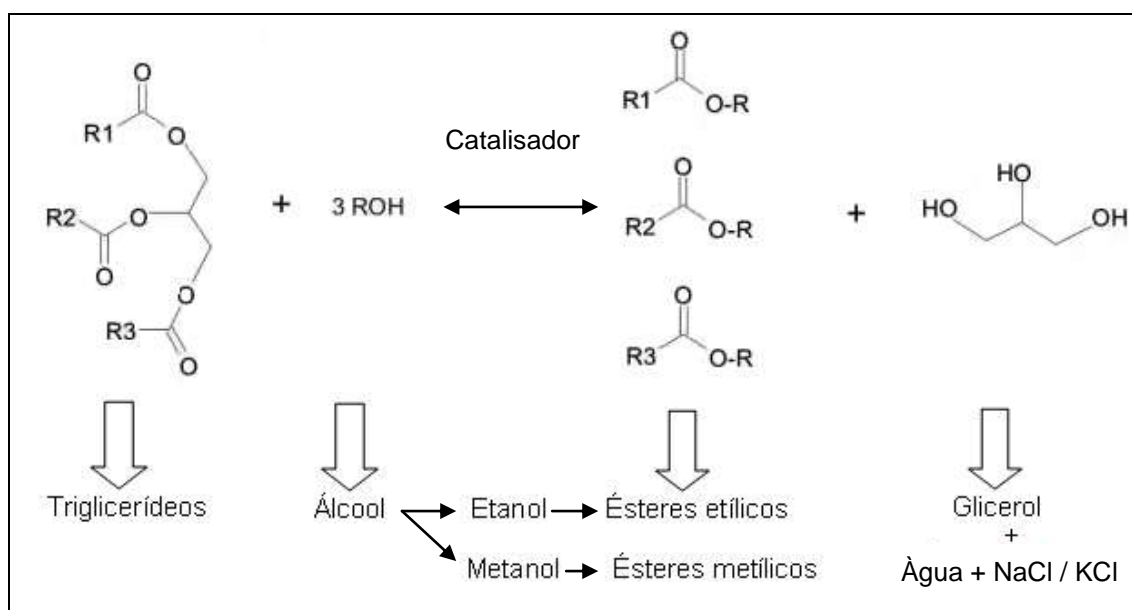


Figura 3. Esquema da produção do biodiesel

Fonte: Adaptado de Menten et al., 2009

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2011).

Apesar dos aparentes benefícios ambientais em função da preocupação com a sustentabilidade e com a busca por fontes de energia renováveis, esta imensa demanda na utilização de bicomcombustíveis gera uma grande quantidade de subprodutos como o GLI além da pressão extra nos preços dos insumos energéticos para a produção animal. Considerando que o preço do alimento representa a maior parte dos custos de produção, os nutricionistas continuam a procura por fontes alternativas de energia no intento de reduzir o custo das rações produzidas. O uso de glicerina bruta na alimentação animal já foi objeto de estudos no passado, especialmente na Europa. Porém, com o recente impulso na produção do biodiesel e a disponibilidade de grande quantidade de glicerina bruta, houve novo interesse no seu uso em rações para animais.

### 2.5.1 Glicerol, definição, caracterização e metabolismo

O glicerol conhecido também como 1,2,3 propanotriol é o termo utilizado somente ao composto puro, é um poliálcool com fórmula molecular  $C_3H_8O_3$  e fórmula estrutural apresentada na Figura 4. É um líquido oleoso a temperatura ambiente, incolor, inodoro, viscoso e de sabor doce, solúvel em água e álcool e pouco solúvel em éter e hidrocarbonetos (Lopez et al., 1999).

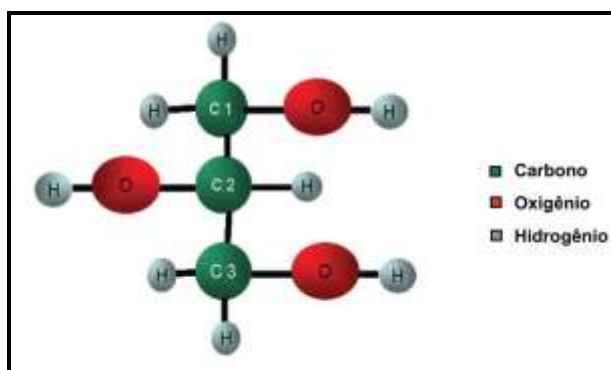


Figura 4. Fórmula estrutural do Glicerol

Fonte: Arruda et al., 2007

Está presente em diferentes espécies incluindo protistas unicelulares e mamíferos. No entanto, é difícil encontrar o GLI na sua forma “livre” nesses organismos, pois geralmente se encontra como um triglicerídeo combinado como, por exemplo, a ácidos graxos como os ácidos: oléico, palmítico e esteárico (Arruda et al., 2007). Já o termo glicerina aplica-se à purificação de compostos comerciais que contém normalmente quantidades maiores ou iguais a 95% de GLI. Entre estas podemos encontrar a glicerina técnica com 99,5 % de GLI (Moreira & Carvalho, 2009).

A composição do GLI varia dependendo da matéria e do processo utilizado na produção do biodiesel. A literatura reporta que a composição do GLI puro proveniente de diversas fontes (óleo de colza, canola e soja) apresenta os seguintes valores: viscosidade: 8,46 a 8,65 cs; Na: 1,06 a 1,20%; C: 25,3 a 26,3%; lipídeos: 7,98 a 13,1%; carboidratos: 75,2 a 76,2%; proteína: 0,05 a 0,07%; e cinzas: 0,65 a 2,73% (Thompson & He, 2006; Scanes, 2008, Lammers et al., 2008b).

Entre os usos alternativos do GLI, tem-se combustão, compostagem, produção de biogás em digestores anaeróbicos e alimentação animal (Thompson & He, 2006). Atualmente, parte do GLI produzido passa por um processo de purificação (conversão termoquímica ou biológica) a fim de convertê-lo em um material de alto valor industrial. Na indústria de alimentos, o GLI é utilizado como aditivo em função de suas propriedades estabilizantes, antioxidantes e emulsificantes. Como produto farmacêutico sua aplicação se deve à sua alta viscosidade, o que permite sua utilização em xaropes.

Também, é considerado como um agente crioprotetor em microrganismos, pois não permite a formação de cristais de gelo na célula, mantendo a estabilidade da parede celular durante o processo de congelamento (Arruda et al., 2007; Menten et al., 2009).

Do ponto de vista metabólico, o GLI é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas

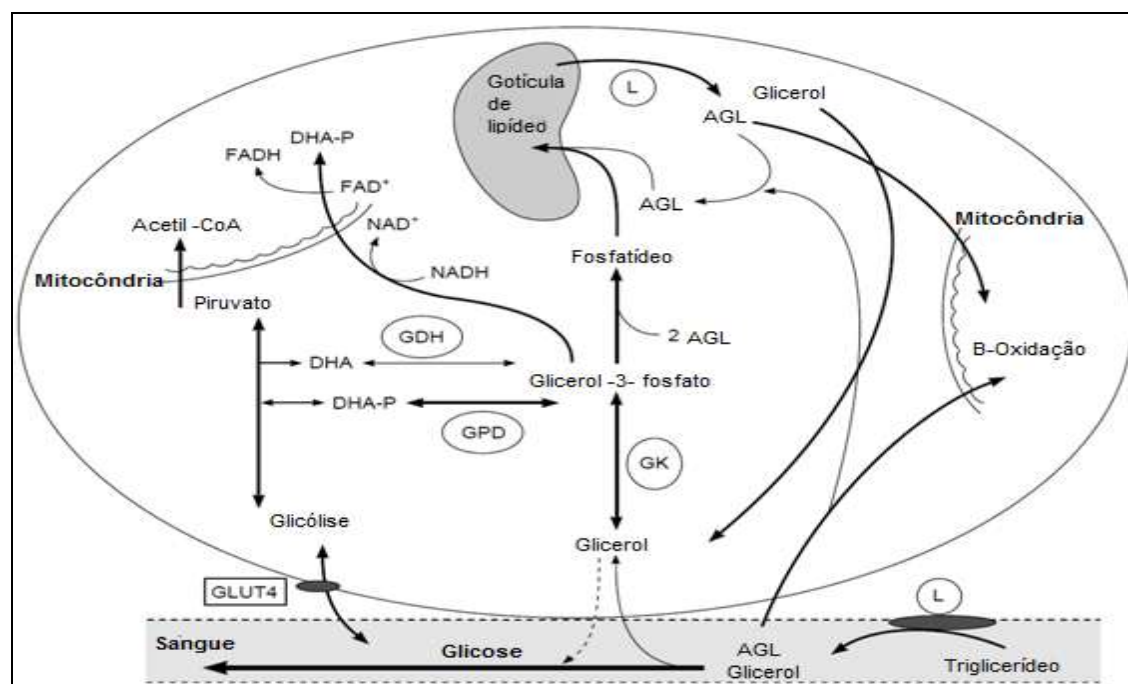
células. É intermediário de vários processos no organismo, serve como esqueleto carbonado para a gliconeogênese, como transportador de equivalentes redutores, desde o citosol até a mitocôndria, para fosforilação oxidativa e como esqueleto dos triglicerídeos (Lin et al., 1976).

Durante a digestão os óleos e gorduras são hidrolisados pela lipase pancreática formando dois ácidos graxos e um 2-monoglicerídeo, os quais podem ser transportados para o fígado onde são divididos obtendo-se GLI e ácidos graxos livres (AGL) (Kerr et al., 2007). Uma vez digerido e absorvido no intestino delgado o GLI, é metabolizado no fígado e nos rins. Em monogástricos, o GLI possui uma alta taxa de absorção (95%), devido principalmente ao seu reduzido peso molecular e ao mecanismo de transporte passivo utilizado (Cerrate et al., 2006).

Segundo Lin (1977) três quartos do GLI armazenado no organismo é metabolizado pelo fígado, e os rins são responsáveis por utilizarem um quinto do GLI armazenado. De acordo com o mesmo autor o GLI é bem absorvido no intestino de ratos, porém menos rapidamente do que a glicose. Além disso, o autor reporta que o GLI também é absorvido no estômago de ratos, porém menos rapidamente do que no intestino.

O GLI oferecido na dieta é precursor de triglicerídeos e de fosfolipídios no fígado, e no tecido adiposo é convertido em glicose via gliconeogênese ou é oxidado via glicólise e ciclo de Krebs, promovendo energia prontamente disponível, sendo responsável pela produção de 22 mol de ATP para cada mol de GLI (Dozier et al., 2008; Lammers et al., 2008a).

A figura 5 apresenta as reações bioquímicas envolvidas na síntese de glicerol.



DHA= dihidrixiacetona; DHA-P= dihidroxiacetona fosfato; FAD<sup>+</sup>= flavo adenina dinucleotídeo; FADH= flavo adenina dinucleotídeo reduzido; AGL= ácidos graxos livres; GHD= glicerol desidrogenase; GK= glicerol quinase; GLUT4= proteína transportadora de glicose; GPD= glicerol fosfato desidrogenase; L= lipase; NAD<sup>+</sup>= nicotinamida adenina dinucleotídeo; NADH= nicotinamida adenina dinucleotídeo reduzido.

Figura 5. Reações bioquímicas envolvidas na síntese de Glicerol

Fonte: Kerr, 2011.

Antes que o GLI 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. Esta enzima está presente apenas no fígado. Nos tecidos adiposos o glicerol-3-fosfato é obtido da hidroxiacetona através da ação da enzima glicerol-3-fosfato desidrogenase (Lehninger 2002).

No músculo, ocorre captação de GLI contido no sangue. Toews (1966) verificou que no músculo do diafragma de ratos, apesar da carência da enzima glicerol quinase, o glicerol pode ser metabolizado pela enzima glicerol redutase, na presença de NADPH.

Em períodos de jejum ocorre liberação de ácidos graxos não esterificados e de GLI do tecido adiposo, entretanto quando a condição de glicemia é restabelecido no organismo, os ácidos graxos são incorporados ao tecido adiposo e o glicerol não. Isto diminui a relação ácidos graxos:glicerol no sangue (Simon et al., 1999) e demonstra a incapacidade do tecido adiposo em utilizar o glicerol livre no sangue para produzir glicerol-3-fosfato, capaz de esterificar os ácidos graxos, sendo utilizada em seu lugar a glicose para sintetizá-lo.

### 2.5.2 Limitações de uso do Glicerol

Da glicerina bruta originada do processo de produção do biodiesel, 80 a 95% é GLI puro, sendo o restante impurezas. Esta ampla faixa de impurezas deve-se aos diferentes métodos de purificação do glicerol e incluem o metanol bem como sabões insolúveis gerados pela reação dos ácidos graxos livres (AGL) com os álcalis utilizados durante o processo. A glicerina bruta pode também conter níveis variáveis de Ca (11,0 a 24,0 ppm), Mg (4,0 a 6,8 ppm), P (53,0 a 65,0 ppm) e S (14,0 a 21,0 ppm) (Pyle, 2008; Thompson & He, 2006; Berenchein, 2008; Scanes, 2008). Nos Estados Unidos foi estabelecido que, para a glicerina bruta ser usada como componente de alimentos, deve conter no máximo 150 ppm de metanol, 12% de umidade e no mínimo 80% de glicerol (CRF, 573).

A intoxicação por metanol em animais é identificada pela excreção de ácido fórmico na urina, o metanol ingerido é oxidado no fígado a formaldeído e este a ácido fórmico. Em altas concentrações o ácido fórmico pode causar cegueira através de lesões no nervo óptico, sendo relatadas também a ocorrência de depressão do sistema nervoso central, vômito, acidose metabólica e alteração motora (Abdalla et al., 2008; Lammers et al., 2008c).

Uma avaliação da toxicidade do metanol contido na glicerina bruta indicou que as quantidades consumidas, levando em conta a concentração na glicerina e a inclusão desta nas rações, parecem não afetar os animais. Lammers et al. (2008c) estudaram a toxicidade em suínos desde a fase pós-desmame até os 138 dias de idade alimentados com rações suplementadas com 5% ou 10% de glicerina bruta, com 3.200 ppm de metanol. Os autores não reportaram nenhuma indicação de toxicidade, seja por sinais clínicos ou lesão macroscópica ou lesão histológica no fígado, rins e olhos dos animais.

O metanol, entretanto, pode ser facilmente removido pelo calor, sendo a temperatura de peletização suficiente para produzir volatilização compatível para níveis aceitáveis pelas aves (Menten et al., 2009).

A literatura apresenta alguns trabalhos sobre a utilização do GLI na nutrição animal. O GLI mais comumente utilizado, nesses estudos, é aquele oriundo do óleo de colza (*Brassica napus*) (Abddalla et al., 2008). No que diz respeito ao valor energético do GLI bruto, sabe-se que foram encontrados valores de 3.207 kcal/kg de energia metabolizável aparente (EMA) para suínos na fase de crescimento (Lammers et al., 2008a) e de 3.772 kcal/kg na fase de terminação. Já para frangos de corte, os valores de EMA foram de 3.621 kcal/kg dos 7 aos 10 dias; 3.331 kcal/kg dos 21 aos 24 dias e de 3.349 kcal/kg dos 42 aos 45 dias de idade (Dozier et al., 2008). Para poedeiras de 40 semanas de idade, o valor encontrado foi de 3.805 kcal/kg (Lammers et al., 2008b). Esses resultados quando comparados aos valores de EMA do milho para suínos (3.340 kcal/kg) e aves (3.381 kcal/kg) (Rostagno et al., 2011) revelam o potencial uso do GLI como fonte alternativa de energia nas rações para as mesmas espécies (Thompson & He, 2006; Berenchtein, 2008).

Uma grande variação existe entre as propriedades do GLI produzido pela indústria do biodiesel, sendo, portanto, a avaliação dos produtos gerados em condições brasileiras essencial para possibilitar a sua inclusão em dietas de aves. Em frangos de corte, adições de até 5% de GLI na dieta não mostraram efeitos negativos. Waldroup (2007) concluiu que a adição de até 10% de GLI desmetilado (<0,05% metanol) na dieta de frangos de corte de 1 a 16 dias de idade não teve efeitos deletérios sobre o desempenho. Contudo, níveis acima de 10% afetaram o desempenho e o rendimento de carcaça das aves. De acordo com os autores, altas adições de GLI comprometem a forma física da ração, prejudicando a fluidez nos comedouros automáticos e conseqüentemente o consumo de alimento (Waldroup, 2007; Dozier et al., 2008). Além disso, Scanes (2008) relatou que a umidade da cama das aves suplementadas com 10% de GLI foi maior, quando comparadas com os outros tratamentos. A cama destas aves continha 0,15ppm de potássio a mais como resultado do potássio residual contido no GLI. No entanto, Cerrate et al. (2006) concluíram que a inclusão de até 10% deste subproduto, promoveu resultados benéficos no desempenho das aves. No mesmo estudo foi constatado que a inclusão de até 5% de GLI bruto provocou um aumento na porcentagem de peito e redução da porcentagem da asa.

Batal (2007) avaliou níveis crescentes de GLI nas dietas de frangos de corte (2,5; 5,0 e 7,5%) associados com 1% de gordura de vísceras de ave. Estes autores verificaram que não houve diferença entre o controle positivo (dieta com 3,6% de gordura de víscera de aves) e a dieta com 2,5% de GLI para ganho de peso e consumo de alimento. Por outro lado, estas duas variáveis diminuíram à medida que aumentou o nível de GLI na dieta, devido, possivelmente, ao conteúdo de metanol do mesmo (1.7%).

Em um estudo com suínos, utilizando níveis de inclusão de 3, 6 e 12% de GLI, associado ou não com OS, demonstrou-se que a suplementação de 3 e 6% produziu maiores consumos de alimento e melhores conversões alimentares, sem interferir no ganho de peso diário. O GLI bruto, devido ao sabor adocicado que possui, pode ter melhorado a palatabilidade da ração e, conseqüentemente, o consumo da mesma (Berenchtein, 2008).

Mourot et al. (1994) reportaram que a inclusão de 5% de GLI na dieta para suínos em crescimento, não produziu nenhum efeito sobre o desempenho dos animais, entretanto, os mesmos autores observaram maior

capacidade de retenção de água no músculo *Longissimus dorsi*, a qual confere uma qualidade superior à carne. Por outro lado, em um estudo que avaliou o desempenho zootécnico e as características de carcaça, constatou-se que a inclusão de 10% de GLI em dietas para suínos, na fase inicial, provocaram diminuição do consumo, resultado em atraso do crescimento e pior conversão alimentar (Della Casa, 2008).

Apesar da crescente disponibilidade dos subprodutos originados do processamento da indústria do óleo de soja e do biodiesel, sua utilização na nutrição de aves é ainda limitada. O uso conjunto dos três principais resíduos da indústria do óleo de soja, (OAS, LEC e GLI) de forma a compor uma mistura de proporções similares à encontrada no OS cru 10-11% de GLI, 1,5-4% de LEC, 85-95% de ácidos graxos (Bellaver et al., 2004; Cerrate et al., 2006; Chies, 2009), pode gerar valor energético superior a cada uma das fontes individuais OAS 8,114 kcal EMA<sub>n</sub>/kg, Vieira et al., (2002), LEC 6,496 kcal EMA/kg, Attia et al., (2008); Rostagno et al., (2011), GLI 3,434 kcal EMA<sub>n</sub>/kg Dozier et al., (2008). Trabalhos neste sentido, entretanto jamais foram conduzidos, o que, dentro do contexto da indústria do Rio Grande do Sul apresenta uma ótima oportunidade para agregar valor a esta indústria bem como para os avicultores locais.

## **2.6 Aspectos físico-químicas da carne**

A qualidade da carne pode ser avaliada por parâmetros físico-químicos tais como: cor, capacidade de retenção de água, maciez, pH e por métodos sensoriais.

### **2.6.1 pH**

O valor do pH de um músculo vivo é ligeiramente superior ao ponto neutro (pH 7,2). Após ocorrido o abate, a carne continua em processo bioquímico, no qual o condutor energético do músculo é transformado em glicogênio láctico através da ação de várias enzimas. O pH da carne de frango diminui devido à formação ácida, onde a carne de peito deve apresentar pH final entre 5,7 e 5,9. Esse processo acontece num período médio de 4 a 8 horas (Dawson et al., 1987; Lawrie, 2005; Souza, 2006).

O pH final é determinante para a qualidade da carne, pois esta relacionado com as proteínas e com os pigmentos da carne. Assim, o valor em que este estabiliza influencia diretamente os parâmetros de cor, capacidade de retenção de água (CRA), maciez, perdas de peso por cocção (PPC) e suculência entre outros (Quiao et al., 2001).

### **2.6.2 Cor**

A cor da carne do frango é um dos fatores de qualidade mais importante para o consumidor no momento da compra, sendo associada com o frescor e a boa qualidade do produto. Os principais componentes que contribuem para a coloração da carne de aves são os teores mioglobina, hemoglobina, o estado químico desses pigmentos e o pH (Fletcher, 2002). A mioglobina presente esta relacionada com a espécie, sexo, atividade física, localização anatômica do músculo e idade do animal. Já o pH esta relacionado ao estado bioquímico do músculo no momento do abate e no desenvolvimento do *rigor-mortis* (Fletcher 2002; Souza, 2006).

O efeito do pH sobre a cor da carne é complexo, devido ao fato de que todas as reações associadas aos pigmentos heme são pH dependentes. Além disso, o pH do músculo afeta a natureza da ligação de água das proteínas, e desta forma atinge diretamente a estrutura física da carne e as propriedades de reflexão de luz (Fletcher, 2002). Isso acontece porque a cor observada na superfície da carne é o resultado da absorção seletiva de luz por parte da mioglobina e por outros componentes como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciadas pela quantidade de líquido livre presente na carne.

### **2.6.3 Perda de peso por cocção-PPC**

A PPC pode afetar diretamente a qualidade da carne de frango, influenciando no aspecto, na palatabilidade e afeta diretamente a suculência da carne ou CRA. Segundo Olivo (2004) a CRA é definida como a habilidade da carne de reter a própria água contida na sua estrutura mesmo sob a aplicação de uma força.

A diminuição da CRA implica perdas do valor nutritivo e é manifestada pela exsudação de fluido, conhecido como “choro” da carne não cozida que na foi congelada, como “gotejamento” da carne não cozida descongelada e como “encolhimento” das carnes cozidas, de onde ele é derivado, tanto da fase aquosa quanto da gordura, resultando em carne mais seca e com menor maciez (Mendes et al., 2004; Lawrie, 2005). Essa perda excessiva de água não é desejável ao consumidor, porque provoca perdas nas características sensoriais da carne, como a textura, a coloração e a suculência, tornando-a pouco atrativa (Jonsäl et al., 2001).

### **2.6.4 Maciez**

A maciez da carne é um dos parâmetros de qualidade mais valorizado pelo consumidor, pois esta relacionada com a mastigabilidade responsável pela indicação de carne mais macia ou mais dura (Mendes et al., 2004).

Os fatores que podem afetar a maciez da carne têm duas origens: os *ante-mortem*: idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero e os *post-mortem*: estimulação elétrica, *rigor mortis*, velocidade de resfriamento da carcaça, maturação, métodos e temperatura de cozimento e pH final (Souza 2006).

Segundo Fletcher (2002) uma carne mais dura pode passar ao consumidor a impressão de uma carne de um animal mais velho. A medida que aumenta a idade do animal ocorre uma ligação direta entre o conteúdo de colágeno e a maciez da carne, sendo prejudicial à qualidade da carne com o avanço da idade. A explicação está relacionada com a natureza e com a extensão das ligações entre as moléculas dessa proteína que aumenta com a idade. Durante o cozimento, o tecido conjuntivo torna-se mais macio pela conversão de colágeno em gelatina, ele coagula e tende a endurecer as proteínas das miofibrilas (Lawrie, 2005).

Localização e função dos músculos também são importantes fatores, que influenciam a maciez da carne. No frango, os dois músculos responsáveis pelo movimento das asas são muito macios e têm baixo conteúdo de gordura.

Isto ocorre porque os frangos são aves com baixa capacidade de vôo, o que leva a uma quantidade pequena de movimentos quando comparados com músculos localizados em outras áreas (Vieira, 1999).

### **2.7 Análise sensorial da carne**

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), a Análise Sensorial é definida como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e matérias como são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, gosto tato e audição.

O consumo da carne de frango tem crescido consideravelmente por ser considerada uma carne de melhor qualidade nutricional (menor teor de gorduras) que as carnes vermelhas. Este crescimento tem impulsionado a criação de frango de corte, tornando a avicultura um setor economicamente importante para o Brasil, o que permite o fornecimento de produtos com padrões de qualidade estáveis, visando à satisfação e segurança do consumidor (Sousa, 2006).

Alem disso, recentemente o consumidor tem ampliado sua consciência em relação às preferências pelos produtos alimentícios, tornando-se exigente em relação à qualidade e buscando maior diversificação e praticidade, mas sempre respeitando as características sensoriais esperadas.

O conceito de qualidade de carne é bem amplo e complexo, é definido por características objetivas e subjetivas, sendo que as objetivas abrangem as físicas, nutricionais e higiênicas já as subjetivas englobam os aspectos sensoriais, apresentação e a forma de exposição do produto. A qualidade da carne de frangos tem se tornado cada vez mais importante, uma vez que atributos sensoriais, como aparência e maciez da carne, são exigidas pelo consumidor (Beraquet, 1999).

Segundo Torres et al. (2011), a carne de frango deve satisfazer os atributos de qualidade como textura, palatabilidade e aparência, e deve apresentar também inocuidade quanto a resíduos químicos indesejáveis.

De modo amplo, as características físico-químicas e sensoriais da carne podem ser afetadas por fatores intrínsecos aos animais, como idade ao abate, sexo, raça, linhagens, tipo de músculo ou sistemas de produção, alimentação e manejo pré-abate e pós-abate (Beraquet, 1999; Vieira, 1999; Berri, 2000; Qiao et al., 2001).

Segundo Bressan & Beraquet (2002), a importância das características sensoriais é observada em momentos distintos. Enquanto a coloração do peito está associada à aceitabilidade logo na aquisição do produto, a maciez influencia a aceitabilidade global durante a degustação das diversas formas de preparo culinário da carne de frango. Segundo Miller (2003), ao adquirir um produto cárneo, a primeira característica observada pelo consumidor é a aparência e, após, são consideradas outras características como maciez, suculência e vida útil, agregando valor ao produto. Os que são avaliados normalmente na carne de frango são atributos como maciez, intensidade do sabor, suculência e aceitação global (Meilgaard et al., 1999).

Fletcher (2002) afirma que a textura é individualmente a característica sensorial mais importante para influenciar a qualidade global da carne de frango.



Na avaliação das características sensoriais, são realizados testes subjetivos com a utilização de painel de provadores. Teixeira (2009) cita que os métodos sensoriais podem ser agrupados em analíticos e afetivos. O método sensorial analítico inclui os testes descritivos (análise descritiva quantitativa, perfil de sabor, perfil de textura, entre outros) para os atributos sensoriais, e os testes de diferença ou discriminativos (entre eles o teste triangular) que servem para detectar diferenças entre produtos (Dutcosky, 2007). O método sensorial afetivo inclui os testes de preferência e aceitação, geralmente denominados de testes de consumidores (Minim, 2006). A aplicação da análise sensorial nos processos de qualidade de produtos se apresenta como um importante recurso para as indústrias de alimentos e, no caso da avicultura de corte, existe a preocupação em produzir carne de qualidade a partir da utilização de alimentos alternativos nas dietas das aves. Porém, nestas condições, poucos estudos são realizados com a avaliação dos atributos de qualidade sensorial da carne.

### **3. HIPÓTESE E OBJETIVOS**

#### **3.1 Hipótese**

Frangos de corte consumindo dietas com inclusões variáveis de óleo ácido de soja (OAS), lecitina (LEC) e glicerol (GLI) não apresentarão diferenças em desempenho zootécnico ou nas propriedades físico-químicas e sensoriais da carne quando comparados com aves consumindo dietas com ingredientes tradicionais.

#### **3.2 Objetivos**

##### **3.2.1 Objetivo geral**

Investigar a utilização dos três principais subprodutos do processamento do óleo de soja (OS) para consumo humano e do biodiesel (OAS, LEC e GLI) na alimentação de frangos de corte de forma a estabelecer impactos sobre a qualidade da carne.

##### **3.2.2 Objetivos específicos**

Determinar valores de Energia Metabolizável do OAS, LEC e GLI em níveis crescentes de inclusão, bem como em uso conjunto nas proporções encontradas no triglicerídeo do OS cru (85%, 5% e 10%, respectivamente) na nutrição de frangos de corte;

Avaliar características físico-químicas e atributos sensoriais da carne de frangos de corte consumindo OAS, LEC e GLI em níveis crescentes de inclusão, bem como em uso conjunto nas proporções encontradas no triglicerídeo do OS cru (85%, 5% e 10%, respectivamente).

## **CAPÍTULO II<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> Artigo escrito conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

**Energy utilization of by-products from the soybean oil industry by broiler chickens: acidulated soap stock, lecithin, glycerol and their mixture**  
**Jaime Ernesto Martínez Peña<sup>1</sup>, Sergio Luiz Vieira<sup>2</sup>, André Favero<sup>1</sup>, Henrique Scher Cemin<sup>3</sup>, Alex Maiorka<sup>3</sup>**

**RESUMO** – O óleo ácido de soja (OAS) e a lecitina (LEC) são subprodutos da indústria do óleo de soja refinado destinado à consumo humano, enquanto o glicerol (GLI) é obtido durante a produção do biodiesel através de transesterificação de gorduras vegetais, tais como o óleo de soja (OS). Um estudo foi conduzido para avaliar a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio ( $EMA_n$ ) do OAS, LEC, GLI e de sua mistura (MIS: 85% OAS, 5% LEC e 10% GLI). Duzentos e sessenta frangos de corte fêmeas Cobb X Cobb 500 de 20 dias de idade foram alojados em gaiolas metabólicas em sala com temperatura controlada. Foi utilizado um desenho fatorial 4 x 3 (fonte de energia X nível de inclusão) completamente ao acaso com 4 repetições de 5 aves por tratamento. As aves consumiram uma dieta padrão Controle com milho e farelo de soja ou esta com a substituição com 2, 4 ou 6% das fontes de energia. Foi realizada coleta total de excretas de 26 a 28 dias. Os valores médios de  $EMA_n$  determinados por análises de regressão foram: 9.232, 7.502, 5.447 e 8.404, e pelo método de diferença foram: 7.951, 6.579, 3.979 e 8.101 kcal/kg para OAS, LEC, GLI e MIS, respectivamente.

*Palavras chave:* frango de corte, óleo ácido de soja, lecitina, glicerol

<sup>1</sup> Pós-graduação em Zootecnia, UFRGS. Corresponding author: Sergio Luiz Vieira: slvieira@ufrgs.br

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, UFRGS.

<sup>3</sup> Graduação em Veterinária, UFRGS.

<sup>4</sup> Departamento de Zootecnia, UFPR.

**ABSTRACT** - Acidulated soap stock (ASS) and lecithin (LEC) are by-products from refining of soybean oil destined for human consumption whereas glycerol (GLY) is obtained through transesterification of vegetable oil, such as soybean oil (SO) during the production of biodiesel. One study was conducted to evaluate the apparent metabolizable energy values corrected for retained nitrogen ( $AME_n$ ) of ASS, LEC, GLY as well as for their mixture (MIX: 85% ASS, 5% LEC and 10% GLY). Two hundred and sixty Cobb 500 female broilers 20 days of age, were placed in steel battery cages in a controlled temperature room. A completely randomized 4 x 3 (four energy sources X inclusion level) factorial design was used with 4 replicates of 5 birds per treatment. Birds were fed a corn-soybean meal Control diet or having additions of 2, 4 or 6 % of the four energy sources. Total excreta collection was used from 26 to 28 days. The  $AME_n$  values of by-products were calculated using regression analysis as well as by the difference method. The average energy values calculated by regression analysis were: 9.232, 7.502, 5.447 and 8.404, and by the difference method were: 7.951, 6.579, 3.979 and 8.101 kcal/kg for ASS, LEC, GLY and MIX, respectively.

*Key Words:* broiler, acidulated soap stock, lecithin, glycerol

## **Introduction**

Several by-products are obtained during the processing of refining soybean oil (SO) for human consumption as well as through its transesterification for biodiesel production. They are generally low cost products that can be of used as feed ingredients in the poultry industry.

Lecithin (LEC) is a by-product from degumming SO and represent 1.5 to 3.1 % of crude SO (Moretto & Fett, 1998), which has important roles in the phosphate and energy metabolism of animals, being as well, an important source of choline (Overland et al., 1994; Menten et al., 1997).

In parallel, marketing SO for human consumption requires the previous neutralization of the product sold. Acidulated soap stock (ASS), a salt composed by a mixture of free fatty acids, mono and diglycerides, is obtained in this process and represents approximately 6% of SO (Woerfel, 1981). It has been demonstrated that the

apparent metabolizable energy (AME) of ASS averages, 95% of that from the degummed SO source (Vieira et al., 2002). Important amounts of tocopherols are also found in ASS (Pardio et al., 2001).

Glycerin is a by-product of biodiesel production, which, under current processes produces 79 g of crude glycerol (GLY) per L of biodiesel (Min et al., 2010). A precursor of gliceraldehyde 3-phosphate, GLY yields energy trough the glycolytic and tricarboxylic-acid phatways in animals (Nelson & Cox, 2002). Therefore GLY can be used as an energy source in poultry diets.

Synergistic effects in energy utilization have been shown for broilers when GLY and ASS are added together in the same feed (Sklan, 1979). Therefore, adding these 3 by-products from the SO industry may lead to an AME value for broilers which is higher then the sum of their individual values added.

Despite the increasing availability of the by-products of soybean processing and biodiesel production, their use in poultry nutrition is still limited. The objective of this study was to determine the apparent metabolizable energy corrected for retained nitrogen (AME<sub>n</sub>) of ASS, LEC and GLY as well as their mixture in the proportion of 85% ASS, 10% GLY and 5% LEC (MIX).

### **Materials and methods**

All animal care procedures in this study were approved by the Ethics and Research Committee of Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brazil. A total of 260 one day old Cobb X Cobb 500 slow feathering female broiler chicks, vaccinated for Marek's disease, were obtained from a local commercial hatchery. Chicks were placed and grown to 20 days of age in floor pens. On day 21, birds were randomly allocated into 52 steel battery cages (0.40 m x 0.90 m, 5 birds per cage). Each cage was equipped with one feeder and one drinker and room temperature was controlled to

maintain bird comfort throughout the study (23° C). Lighting was continuous with feed and water being provided *ad libitum*.

A corn-soybean meal basal diet was formulated without fat supplementation using standard nutrient levels from Rostagno et al. (2011). Thirteen dietary treatments were used to evaluate energy utilization and determine AME<sub>n</sub> of ASS, LEC and GLY as well as a blend containing 85 % ASS, 5 % LEC, and 10 % GLY (MIX). The experimental treatments consisted on the addition of each supplemental energy source at the levels of 0 % (100 % of basal diet), 2 % (98 % basal diet + 2 % energy source), 4 % (96 % basal diet + 4 % energy source) or 6 % (94 % basal diet + 6 % energy source). Experimental diets are presented in Table 1.

Table 1. Basal diet composition, (%).

Ingredients	Basal diet
Corn	61,15
Soybean meal	35,09
Limestone	0,92
Dicalcium phosphate	1,79
Salt	0,48
L-Lysine 78	0,11
DL-Methionine 99	0,25
Choline chloride 60	0,05
Vitamin and Mineral premix <sup>1</sup>	0,16
Calculated nutrient composition	
AME <sub>n</sub> <sup>3</sup> (kcal/kg)	2.876
Crude protein	21,00
Calcium	0,90
Available phosphorus	0,45
Sodium	0,21
BED (mEq/Kg)	207,14
Choline (mg/Kg)	1.650
Digestible aminoacids	
Lysine	1,10
Total sulfur amino acids	0,82
Threonine	0,69
Valine	0,88
Isoleucine	0,81
Arginine	1,31
Triptophan	0,22

<sup>1</sup>Supplied per kg of feed: vitamin A: 8000 IU; vitamin D<sub>3</sub>: 2000 IU; vitamin E: 30 IU; vitamin K<sub>3</sub>: 2 mg; thiamine: 2mg; riboflavin: 6mg; pyridoxine: 2.5 mg; vitamin B<sub>12</sub>: 0.012 mg; pantothenic acid: 15 mg; niacin: 35 mg; folacin: 1mg; biotin: 0.08 mg; Fe: 40 mg; Zn: 80 mg; Mn: 80 mg; Cu: 10 mg; I:0.7 mg; Se: 0.3 mg; monensin sodium (CobanTM 40%, Elanco Animal Health): 0.275 g.

The ASS and LEC used in this study were obtained from a commercial industry (Sulina Comércio de Óleos Ltda, Av. das Indústrias 35, Guaíba, RS, Brazil), whereas pure GLY (Technique Glycerine 99 %) was obtained from (INAQUIM® Indústria e Comercio Ltda. Av. Getulio Vargas 3503, Canoas, RS, Brazil). All sources were analyzed prior to the beginning of the study for moisture, peroxide value, iodine value, ash, pH, gross energy, CP, EE, P, Na, K, total glycerol and methanol (Table 2).



Table 2. Characterization of energy sources utilized to determine AME<sub>n</sub> values.

Analysis	Unit	ASS <sup>15</sup>	LEC <sup>16</sup>	GLY <sup>17</sup>
Moisture Karl Fischer <sup>1</sup>	%	0,53	0,23	0,17
Moisture and volatiles <sup>2</sup>	%	1,06	5,28	0,90
Crude Protein <sup>3</sup>	%	0,12	3,42	0,00
Ether Extract <sup>4</sup>	%	99,90	99,94	0,41
Gross energy <sup>5</sup>	kcal/gr	9145	7783	4350
Peroxide value <sup>6</sup>	meq/kg fat	0,00	0,00	0,00
Acidity in oleic acid <sup>7</sup>	%	77,28	10,50	9,34
Iodine value <sup>8</sup>	g/100g	11,47	94,82	-
pH aqueous solution <sup>9</sup>		2,86	3,66	6,89
Ash <sup>10</sup>	%	1,27	8,09	0,03
Phosphorus <sup>11</sup>	%	0,03	1,93	-
Sodium <sup>12</sup>	%	0,0027	0,0219	0,28
Glycerol <sup>13</sup>	%	-	-	99,24
Methanol <sup>14</sup>	mg/L	-	-	9,50

<sup>1</sup>984.20 (AOCS, 1995); <sup>2</sup>926.12 (AOCS, 1995); <sup>3</sup>990.03 (AOAC, 1995); <sup>4</sup>920.39 -C (AOCS, 1995); <sup>5</sup>Adiabatic bomb calorimeter; <sup>6</sup>965.33 (AOCS, 1995); <sup>7</sup>Cd 3d-63 (AOAC, 2005); <sup>8</sup>993.20 (AOCS, 1995); <sup>9</sup>G 7-56 (AOCS, 1995); <sup>10</sup>942.05 (AOAC, 1995); <sup>11</sup>(AOAC, 1995) <sup>12</sup>956.01 (AOAC, 1995) <sup>13</sup>D 6584-00E01 (ASTM, 2006); <sup>14</sup>958.04 (AOAC 2005)

<sup>15</sup>Acidulated soap stock

<sup>16</sup>Lecithin

<sup>17</sup>Glycerol 99% (Technique Glycerine, INAQUIM® Indústria e Comércio Ltda. Av. Getulio Vargas 3503, Canoas, RS, Brazil)

Birds had five days of adaptation to the experimental diets. On day 25, total excreta were collected for 72 h. Excreta from each cage was collected two times a day (08:00 am and 06:00 pm), homogenized, weighed and frozen (-18 °C). Representative samples of feeds and excreta were dried at 60 °C for 72 h and were analyzed using standard methods (AOAC, 1990). Gross energy was measured with a Parr bomb calorimeter (IKA® Works Inc, Wilmington, NC, USA). At the end of the study total feed consumed and total excreta were determined.

Energy utilization of the fat sources was estimated using regression analysis, with dietary AME<sub>n</sub> values regressed against the inclusion level and with the slope representing the AME<sub>n</sub> of each by-products (Rodriguez et al., 2005). Estimation was also done using the difference method (Campbell et al., 1983). Nitrogen corrected was

made to the EMA values obtained by difference method according to Sakomura & Rostagno, (2007).

Birds were distributed in a completely randomized arrangement of 4 sources of energy and 3 levels of inclusion each, using 4 replicates of 5 birds per treatment. Data were analyzed using the ANOVA procedure of SAS (2001). The Tukey's test was used to assess differences between means, with values of  $P < 0.05$  being considered statistically significant. Regression analysis was run used PROC REG procedures of SAS (2001), and was conducted for each energy source using the basal diet without supplemental fat and the three levels of each added by-product.

### **Results and discussion**

The average  $AME_n$  values of the fat sources calculated using regression analysis were: 9.232, 7.502, 5.447 and 8.404; values obtained using the difference method were: 7.951, 6.579, 3.979 and 8.101 kcal/kg for ASS, LEC, GLY and MIX (Table 3).

It was observed that the addition of by-products provided greater energy values for the diets. This increase was associated with the level of inclusion and with the energy of each source of fat used.

Table 3. Apparent metabolizable energy corrected for retained nitrogen (AME<sub>n</sub>) of diets and ingredients of soybean oil by-products estimated by two methods, (kcal/kg).

Treatments	AME <sub>n</sub> , Kcal/Kg			
	Diet <sup>5</sup>	Ingredient <sup>6</sup>	Ingredient <sup>7</sup>	Ingredient <sup>7</sup>
GLY <sup>1</sup>	3.074 <sup>c</sup>		3.979 <sup>c</sup>	
ASS <sup>2</sup>	3.277 <sup>a</sup>		7.951 <sup>ab</sup>	
LEC <sup>3</sup>	3.175 <sup>b</sup>		6.579 <sup>b</sup>	
MIX <sup>4</sup>	3.232 <sup>a</sup>		8.101 <sup>a</sup>	
Level				
2%	3.121 <sup>c</sup>		6.344	
4%	3.176 <sup>b</sup>		6.631	
6%	3.276 <sup>a</sup>		6.923	
Treatments*Level				
GLY <sup>1</sup>	2	3.010	3.507	
GLY <sup>1</sup>	4	3.098	5.447	3.979
GLY <sup>1</sup>	6	3.116	4.465	
ASS <sup>2</sup>	2	3.195	7.849	
ASS <sup>2</sup>	4	3.250	9.232	7.951
ASS <sup>2</sup>	6	3.386	8.075	
LEC <sup>3</sup>	2	3.102	6.332	
LEC <sup>3</sup>	4	3.171	7.502	6.579
LEC <sup>3</sup>	6	3.252	6.835	
MIX <sup>4</sup>	2	3.176	7.692	
MIX <sup>4</sup>	4	3.185	8.404	8.101
MIX <sup>4</sup>	6	3.335	8.315	
Mean		3.194	6.652	
P values (ANOVA)				
Treatments		<0,0001	<0,0001	
Level		<0,0001	0,4396	
Treatments*Level		0,1447	0,9991	
S.E.M.		15,32	297,76	

Means within the same column without common letters differ significantly (P<0.05).

<sup>1</sup>Glycerol

<sup>2</sup>Acidulated soap stock

<sup>3</sup>Lecithin

<sup>4</sup>Mixture

<sup>5</sup>AME<sub>n</sub> = [GEI - GEE] - [8.22 × (NI - NE)] ÷ FI, where: GEI = Gross energy intake, GEE = Gross energy output in the excreta, NI = nitrogen intake from the diet, NE = nitrogen output from excreta, FI = feed intake, and 8.22 = nitrogen correction factor.

<sup>6</sup>AME<sub>n</sub> = y = a + bx, GLY Y = 24,69x + 2978 (P<0.0001; r<sup>2</sup> = 0,77), ASS Y = 62,21x + 3013 (P<0.0001; r<sup>2</sup> = 0,88), LEC Y = 45,09x + 2993 (P<0.0001; r<sup>2</sup> = 0,86), MIX Y = 53,99x + 3007 (P<0.0001; r<sup>2</sup> = 0,78).

<sup>7</sup>AME<sub>n</sub> I = GEI - (EO<sub>T</sub> - (1-X)EO<sub>R</sub>) / X, where: GEI = Gross energy of the source, EO<sub>T</sub> = Energy output of test diet, EO<sub>R</sub> = Energy output of the reference diet, X = % Inclusion of the source.

The AME<sub>n</sub> values of ASS, LEC, GLY and MIX calculated through regression analysis were higher than those calculated using the difference method. These differences may be related to the low level used in the study for AME<sub>n</sub> determinations. According to Wiseman & Salvador (1991); Dozier et al. (2008) one advantage of using multiple levels of inclusion is better than a single level because is considered a more appropriate practice. The multiple assay are widely used in dose–response studies of nutrients, and serve to remove the dependencies of the individual rates of inclusion in evaluated fats, reducing the uncertainty in the dietary energy values. Furthermore, the use of multiple levels allows an assessment of the effects of inclusion rate and the accompanying of regression equations are expected lower standard errors in the values of the dietary energy values of the fats investigated. However, when low levels of inclusion are used, there is an increase in the likelihood of underestimation of AME<sub>n</sub> values of the ingredient being studied. Depending on the energy source and the inclusion levels in the diet, response in terms of energy contribution to the animal may be linear, curvilinear or exceed its gross energy content (Sibbald & Kramer, 1978). On the other hand, the methodology proposed by Campbell et al. (1983) is suitable for the calculation of AME<sub>n</sub> when the fat source is incorporate in low levels into a reference diet reducing errors of management occurred during the laboratory analysis.

Gaiotto et al. (2000), reported a value of 6.715 kcal/kg for ASS in broiler chickens from 5 to 7 d of age, however, Vieira et al. (2002); Raber et al. (2008), found energy values of 8.115 and 8.477 kcal/kg for ASS from broiler chickens to 28 and 31 days of age respectively. The differences among values are attributed to the age of birds because the physiological ability for fat utilization is poorly developed in the young birds, but it increase with age (Wiseman & Salvador, 1989; Blanch et al., 1995; Sakomura et al., 2004). Difference in AME values may also be related to the quality of refining processes of SO as well as the percentage of free fatty acids present in the ASS since an

increase in the proportion of free fatty acids can reduce the digestibility and availability of energy from fat (Wiseman & Salvador 1991).

Values for LEC of 6.440 and 6.036 kcal/kg AME<sub>n</sub> are presented in the NRC (1994) and by Rostagno et al. (2011), respectively. In the current study GLY was analyzed to contain 5.447 and 3.979 kcal/kg by the two methodologies with 99,2 % glycerol. Cerrate et al. (2006); Dozier et al. (2008) worked with broilers with different ages reporting AME<sub>n</sub> values of 3.596 kcal/kg for birds of 17 to 24 d of age and 3.434, kcal/kg of 38 to 45 d of age. Lower values (3.805 Kcal/kg) were found by Lammers et al. (2008) using laying hens. Differences in AME<sub>n</sub> values may be related to the GLY content as well as to the methodology used.

The AME<sub>n</sub> of MIX was higher than when estimated by adding each individual by-product. The ability of a fat containing a relatively high content of unsaturated fatty acids to promote the use of other with a relatively high amount of saturated fatty acids is known as synergism (Wiseman & Lessire, 1987). The mechanism responsible for synergism between fats is the capacity of polar solutes (for example, unsaturated fatty acids) to increase the micellar solubility of non-polar solutes, such as long-chain fatty acids (Freeman, 1984). This suggests a synergism that proportions of ASS, LEC and GLY in MIX were adequate to recreate the triglyceride found in crude SO and it is possible say that exist a synergism effect among the fat sources (Sklan, 1979; Azman et al., 2004).

### **Conclusions**

Estimation of the AME<sub>n</sub> of soybean by-products using regression analysis were: 9.232, 7.502, 5.447 and 8.404, whereas values estimated by the difference method were: 7.951, 6.579, 3.979 and 8.101 kcal/kg for ASS, LEC, GLY and MIX, respectively.

### **Acknowledgments**

This study was supported by Fapergs.

## REFERENCES

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: VA, USA AOAC, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: VA, USA AOAC, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL Chemists - AOAC, **Official Methods of Analysis**. 18 ed. Gaithersburg: MD, USA AOAC, 2005.
- ANNUAL BOOK OF AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARDS INTERNATIONAL. - ASTM, Vol. 05.04, Petroleum Products and Lubricants (IV): D6557—Latest, ASTM Int., West Conshohocken, PA. 2006.
- AZMAN, M.A., CIFTCI, M. Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. **Revue Medical Veterinary Journal**, v.155, p.445-448, 2004.
- BLANCH, A.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D.; SERRANO, XP. Utilization of different fats and oils by adultchickens as a source of energy, lipid and fatty acids. **Animal Feed Science and Technology**, v.61, p.335-342, 1995.
- CAMPBELL, G.L.; CAMPBELL, L.D.; BLAIR, R. Calculation of metabolizable energy for ingredients incorporated at low levels into a refence diet. **Poultry Science**, v.62, p.705-707, 1983.
- CERRATE, S.F.; YAN, Z.; WANG, Z. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.1001-1007, 2006.
- DOZIER, W.A.; KERR, B.J.; CORZO, A. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, v.87, p.317-322, 2008.
- FREEMAN C.P. The digestion, absorption and transport of fats - non-ruminants. In: **Fats in Animal Nutrition**. J. Wiseman ed. Butterworths, London. 1984. p.105-122.
- GAIOTTO, J.B.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; IAFIGLIOLA, M.C. Soybean oil, acidulated soapstock, beef tallow, and mixtures of fat sources in broilers diets. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, p.219 – 227, 2000.
- LAMMERS, P.; KERR, B.J.; HONEYMAN, M.; STALDER, K.; DOZIER, W.A.; WEBER, T.E.; KIDD, M.T.; BREGENDAHL, K. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Journal of Animal Science**, v.87, p.104-107, 2008.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. Fatty Acid Catabolism In: Lehninger, A.L. **Lehninger principles of biochemistry**. 3. ed. São Paulo. 2002. p.631-651.
- MENTEN, J.F.M.; PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I. A new method for determining the availability of choline in soybean meal. **Poultry Science**, v.76, p.1292–1297, 1997.

- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z.; COTO, C.; WALDROUP, P.W. Glycerin-A new energy source for poultry. **International Journal of Poultry Science**, v.9, p.1-4, 2010.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. 1. ed. Varela. São Paulo. 1998. p.1-28.
- Nutrient requirement of poultry - NRC, 9th rev. ed. Natl. Acad. Sci. Press, Washington D.C. 1994
- OVERLAND, M.; MROZ, Z.; SUNDSTOL, F. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2022-2028, 1994.
- PARDIO, V.T.; LANDIN, L.A.; WALISZEWSKI, K.N. The effect of acidified soapstocks on feed conversion and broiler skin pigmentation. **Poultry Science**, v.80, p.1236-1239, 2001.
- RABER, M.R.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; ARNAIZ, V.; LABRES, R.V. Performance, metabolism and plasma levels of cholesterol and triglycerides in broilers chickens fed with acidulated soybean soap stock and soybean oil. **Ciência Rural**, v.38, p.1730-1736, 2008.
- RODRÍGUEZ, M.L.; ORTIZ, L.T.; ALZUETA, C.; REBOLÉ, A.; TREVIÑO, J. Nutritive Value of High-Oleic Acid Sunflower Seed for Broiler Chickens. **Poultry Science**, v.84, p.395-402, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.T.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3th. ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. 2011.
- SAKOMURA, N.K.; DEL BIANCHI, M.; PIZAURO JR. J.M.; CAFÉ, M.B.; FREITAS, E.R. Effect of age on enzyme activity and nutrients digestibility for broilers fed soybean meal and full fat soybean. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.924-935, 2004.
- SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. p.41-71.
- SKLAN, D. Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides or free fatty acids: synthesis of monoglycerides in the intestine. **Poultry Science**, v.58, p.885-889, 1979.
- SIBBALD, I.R.; KRAMER, J.K.G. The effect of the basal diet on the true metabolizable energy value of fat. **Poultry Science**, v.57, p.685-691, 1978.
- VIEIRA, S.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M. Energy utilization of broiler feeds formulated with acidulated soybean soapstock. **Revista Brasileira de Ciência. Avícola**, v.4, p.127-139, 2002.

- WISEMAN, J.; LESSIRE, M. Interactions between fats of differing chemical content; apparent metabolizable energy values and apparent fat availability. **British Poultry Science**, v.28, p.663-676, 1987.
- WISEMAN, J.; SALVADOR, F. Influence of age, chemical composition and rate of inclusion on the apparent metabolizable energy of fats fed to broiler chicks. **Poultry Science**, v.30, p.653-662, 1989.
- WISEMAN, J., SALVADOR, F. Influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. **Poultry Science**, v.70, p.573-582, 1991.
- WOERFEL, J.B. Processing and utilization of by-products from soy oil processing. Proceedings of the world conference on soya processing and utilization. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.58, p.159-165, 1981.



## **CAPÍTULO III<sup>4</sup>**

<sup>4</sup> Artigo escrito conforme as normas do Journal of Applied Poultry Research.

**An evaluation of the single or combined use of soybean by-products on  
performance and carcass characteristics of broiler chickens:  
acidulated soap stock, lecithin and glycerol.**

J.E.M. Peña<sup>1</sup>, S.L. Vieira<sup>1</sup>, M.E.C. Mayorga<sup>1</sup>, D.J.A. Miranda<sup>1</sup>, D. Taschetto<sup>1</sup>, F.V.F  
Furtado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida  
Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, 91540-000, Brazil. Phone/Fax 55 51  
33087419

Key Words: Acidulated soap stock, lecithin, glycerol, carcass yields.

Section: Metabolism and Nutrition

Running title: Soybean by-products on broiler chickens

Primary audience: Nutritionists

<sup>1</sup>Corresponding author: S.L. Vieira [slvieira@ufrgs.br](mailto:slvieira@ufrgs.br)

## SUMMARY

An experiment was conducted using 1.750 one-day-old Cobb X Cobb 500 slow feathering male broilers to evaluate the effects of the soybean oil (SO) industry by-products: acidulated soap stock (ASS), lecithin (LEC), glycerol (GLY) and their mixture (MIX – 85% ASS, 5% LEC and 10% GLY). Live performance and carcass yields were evaluated. A four phases feeding program was used. Control diets (Control) formulated with degummed soybean oil (DSO) were used in a feeding program of 4 diets: 1 to 7, 8 to 21, 22 to 35 and 36 to 40 d of age. Five dietary treatments were formulated with DSO, ASS, LEC, GLY and MIX in fixed inclusions of 2% (1 to 7 and 8 to 21 d) and 4% (22 to 35 and 36 to 40 d) whereas four treatments had inclusion of ASS, LEC, GLY, MIX in diets having DSO to reach apparent metabolizable energy (AME) levels of the Control. Animals fed diets with DSO, ASS, LEC and MIX with fixed energy level showed reduced body weight gain (BWG) from 7 to 21 d ( $P \leq 0.05$ ), improved feed intake (FI) and had similar feed conversion ratio (FCR) ( $P \leq 0.05$ ), from 21 to 39 d when compared to the Control, however, GLY had the worst values for these variables. Blends of DSO+by-products and their mixture showed similar performance than Control treatment from 1 to 39 d. Dietary energy source affected carcass yield, however, no significant differences were reported for abdominal fat and commercial cuts.

## DESCRIPTION OF PROBLEM

Soybean fat has been a common source of supplemental fat in broiler feeds for a long time. The worldwide increased demand for biodiesel has led to an exacerbation in the costs of fat sources for the animal industry. The use of low cost alternative fat sources, such as those derived from the soybean oil (SO) industry, is frequently

hindered by the lack of published metabolizable energy (ME) values.

In the process towards marketing, the production of vegetable oil for human consumption firstly has lecithin (LEC) separated by centrifugation with the resulting fraction being latter neutralized with alkali [1]. The soap stock then generated is usually reacted with strong acids to release the acidulated soap stock (ASS), which has variable proportions of free fatty acids (FFA), mono and diglycerides [2].

Biodiesel is produced by the transesterification of triglycerides or phospholipids with methanol or ethanol. Large amount of GLY result in this process. GLY also known as propane-1,2,3-triol is a polyalcohol with molecular formula  $C_3H_8O_3$  is a sweet-tasting viscous liquid colorless, odorless, and containing about 85% glycerin, 10% water, 3% ash (typically Na or K chloride), and a trace amount of FFA [3,4].

Despite the increasing availability of by-products from the soybean and biodiesel processing, their use in broiler feeding is still limited. Quality standards are sometimes variable with fat by-products and the sporadic presence of contaminants, such as residual methanol in GLY as well as excess moisture, impurities and unsaponifiables AS, limit their wider usage in animal feeds.

Gaiotto et al. [5] included SO and ASS in proportion of 4% or mixture of 2% of each product in broiler feed diets from 1 to 42 days of age. The animals supplemented only with SO showed better performance than animals fed diets with ASS. However, when animals receive the both source, no differences were reported. In other study Vieira et al. [2] working with levels of 0, 4 and 8 % of SO and ASS observed similar performance between the two sources, however, noted better feed conversion ratio (FCR) of broilers fed diets with SO when compared to ASS. In both studies the authors attributed these results to the high levels of FFA in ASS, which are directly linked to the lack of triglycerides in that source, to activate the bile secretion and micelles formation.

There is limited and inconsistent research evaluating available external emulsifiers like LEC. Some poultry studies indicate that dietary supplementation of LEC improves growth performance of broiler chickens [6,7]. Other studies report that the addition of LEC to broiler diets has no positive effects on growth performance [8]. In a study conducted by Raber et al. [9] assessing the performance of broiler fed diets with different levels of inclusion of FFA using SO, ASS and mixtures of both (50:50) and supplemented with LEC 0.5%, it was reported that, different level of FFA tested not affect the performance. Although, they observed that the use of LEC provides better utilization of fat sources added to diets, regardless of the level of FFA. Azman et al. [10] observed the effect of supplementation LEC to replace SO and beef tallow, and found a better daily weigh gain when SO was replaced by 25% LEC in compared to 50% substitution of SO and/or 50% beef tallow, in broilers from 22 to 35 d of age.

Some researchers have reported that adding GLY up to 5% of the diet had no adverse effects on growth performance or carcass yield in broilers [11,12]. Increasing the level of GLY above 10% in the diets, however, can adversely affect growth performance and meat yield of broiler chickens [11,12,13] although this may be due to reduced flowability of feed observed when 10% glycerin was supplemented [12]. However, Lammers et al. [14] reported no impact on egg production, egg weight and egg mass produced of layer chickens during the 8-day experiment.

The combined use of ASS, LEC, and GLY in a proportion similar to the one found in the original triglyceride in crude SO has shown synergism and produced an ME value which is similar to that of the triglyceride (85-95% of fatty acids, 1.5-4% LEC, 10-11% GLY). The objective of this study was to evaluate the supplementation of the SO and biodiesel by-products in broiler feeds. Single in feed supplementations of the individual fat sources, or their combination in a proportion that mimics the one

found in the crude SO triglyceride, were conducted through the evaluation of live performance and carcass yield of broiler chickens.

## **MATERIALS AND METHODS**

### *Broiler Husbandry*

All procedures performed with animals in this study were approved by the Ethics and Research Committee of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brazil. One-day-old Cobb x Cobb 500 slow feathering male broiler chicks (1.750 in total; BW=48 ± 0.7 g) were obtained from a commercial hatchery [15]. Chicks, vaccinated for Marek's disease were randomly placed in 70 pens 25 per pen (1.70 m×1.65 m), under condition of temperature, adjusted to maintain bird comfort throughout the study. Birds were reared under a continuous lighting program until 14 d with a 18:6 h L:D schedule used thereafter to 40 d. Feed was provided in mash form and birds had free access to feed and water.

### *Dietary Treatments*

Corn-soybean meal mash diets were provided throughout the experiment in a four phases feeding program with a pre-starter (1 to 7 d), starter (8 to 21 d), grower (22 to 35 d) and a finisher (36 to 40 d), Tables 1, 2, 3 and 4. Brazilian standards of nutrients and energy were used [16].

Dietary treatments were formulated with supplemental fat and using values previously determined of apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AMEn) for ASS, LEC, GLY and a blend of the three by-products in the proportions of 85 % ASS, 5% LEC, 10% GLY and (MIX) to mimic the composition of these compounds in the triglyceride molecule in crude SO. AME values were of 7.951, 6.579 and 3.241 and

8.101 kcal/Kg MS, respectively for ASS, LEC, GLY and MIX.

A control diet (Control) was formulated with degummed soybean oil (DSO) as the only source of supplemental fat in each feeding phase according to [16]. Five dietary treatments were formulated with fixed inclusions of DSO, ASS, GLY, LEC and MIX (2 % in the pre starter, starter and 4 % in the grower and finisher) and four treatments were formulated maintaining these fixed inclusions plus DSO 8.790 kcal AME/kg [16,17] reach the energy value on the Control dietary program.

The soybean fat by-products used in this experiment were obtained from a commercial industry [18] and were analyzed prior to feed mixing to avoid undesirable interferences related to quality in the performance of birds (Table 5). Dry matter as well as mineral content in the fat sources was considered in the ingredient matrix during feed formulation.

#### *Live performance and carcass evaluations*

Performance data were weekly obtained weighed body weight gain (BWG), feed intake (FI), feed conversion ratio corrected for the weight of dead birds (FCR) and percent mortality to the end of experimental period. At 40 d of age 6 birds per pen were randomly selected from each pen, fasted for 8 h but with access to water. These were then individually weighed and sacrificed for carcass yield evaluation. Birds were electrical stunning, followed by exsanguinated (bled for 3 min after a jugular vein cut), scalded at 60 °C for 50 s, and then their feathers were automatically picked. Evisceration was manual and carcasses were chilled in slush ice for 3 h and hung for 3 min to remove excess water. All processes used in slaughter and carcasses chilled were according to the official regulations [19,20]. Abdominal fat was removed, carcasses were then cut in the following parts by a crew from a commercial processing plant:

deboned breast meat, thighs, legs, wings, and back. All cuts were individually weighed and expressed as a proportion to empty carcass weight. Carcass weights were expressed as a proportion of BW, whereas abdominal fat and carcass parts were expressed to the eviscerated carcass.

### *Statistical Analysis*

The ten treatments with 7 replicates of 25 birds as the experimental unit were distributed in a completely randomized block design. Data was submitted to an analysis of variance using the GLM procedure of SAS<sup>®</sup> [21]. When the effects were significant, treatments means were separated using the Tukey test at 5%.

## **RESULTS**

### *Live Performance*

The effects of dietary treatments on BWG, FI and FCR are presented in tables 6, 7, and 8. The BWG was affected by treatments. Broilers fed diets with fixed inclusions showed lower BWG from 7 to 21 d ( $P \leq 0.05$ ) when compared with those fed Control, DSO+GLY and DSO+LEC. The birds fed DSO+MIX has the same BWG than Control and DSO+GLY, which has the same energy level. No differences were detected on BWG from 21 to 39 d of age. However, in overall period from 1 to 39 d the birds fed GLY showed lower BWG as compared to the Control and blends of DSO+GLY, DSO+LEC, and DSO+MIX.

Dietary treatments affect FI. As expected the birds adjusted FI in relation to ME of diets. The increase in FI was observed from 1 to 7 d only for some treatments (Control, DSO, GLY, LEC, DSO+LEC), regardless of the energy level of the diet. After



21 d, broilers fed diets with DSO, ASS, GLY, LEC, MIX, showed increased food consumption as compared to the Control and blends of DSO+by-products treatments, which did not differ from the animals fed diets with DSO, ASS, LEC and MIX treatments ( $P \leq 0.05$ ). Similar tendency was shown from 35 to 39 d, animals fed DSO, ASS, LEC, MIX, DSO+GLY, DSO+LEC and DSO+MIX treatments had the same FI as compared to GLY treatment, and those treatments did not differ from the animals fed Control and DSO+ASS treatments. From 1 to 39 d the birds fed diets with GLY had the same FI than LEC and MIX treatments, which did not differ from the other treatments.

Significant differences in FCR were observed. It was expected that broilers with more FI had poor FCR, only broilers fed diets with GLY treatment exhibited the higher values for FCR in all phases period assessed. However, from 7 to 21 d the others treatments with fixed inclusion (DSO, ASS, LEC, MIX) also showed higher FCR ( $P \leq 0.05$ ). Broilers with increased FI as DSO, ASS, LEC, MIX treatments from 21 to 35 d showed improved FCR for the same period. From 35 to 39 d the treatments with fixed level inclusion had the same FCR than blends of DSO+GLY, DSO+LEC and DSO+MIX, which did not differ from Control and DSO+LEC treatments. From 1 to 39 d birds fed diets with blends of DSO+by-products and Control treatments had better values for FCR, and those treatments did not differ from DSO and ASS treatments. The GLY, LEC and MIX treatments showed the poor values for FCR.

Mortality during the experimental period was not affected by dietary treatments (data not shown).

#### *Carcass Yield*

Significant differences were detected for carcass yield ( $P \leq 0.05$ ), although, abdominal fat, deboned breast meat, thigh, drum and wing were not affected by

treatments (Table 9). Broiler fed GLY and DSO+ASS treatments had improved percentage of carcass as compared to treatment with DSO+GLY, and these treatments were not different from the others.

## DISCUSSION

The energy content of diets influenced the broiler performance, which is related to the ME of each dietary energy source utilized in this study. When energy content was reduced (in treatments with fixed inclusions), was observed that animals fed diets with some of these treatments showed low broiler performance.

When DSO was used, the broiler fed diets with Control showed better BWG from 1 to 21 d than broilers fed diets with DSO treatment (fixed inclusion). These results suggest in this case that, fat digestibility is not a limiting factor for the growth of young birds; the differences in BWG was related with the energy level used in both treatments. However, in overall period from 1 to 39 d the DSO had the same BWG than Control treatment. These results are in agreement to [2] who reported no significant difference from broilers fed diets from 7 to 42 d with increasing levels of DSO (4 and 8%).

When compared DSO with ASS from 1 to 21 d and 1 to 39 d was observed that these treatments had similar values for BWG, FI and FCR suggesting that the ASS used in our study is a by-product of good quality which contain large quantities of mono, di and triglycerides, indicating good absorption and utilization of this type of source of energy. These results are different from [5] who reported reduced performance in broiler from 1 to 42 d, fed diets with ASS at 4% as compared with animals fed diets with DSO at 4% of inclusion. Also, our results are according to [2] who did not report significant differences on BWG, FI, FCR from broilers fed diets from 7 to 42 d with

increasing levels (4, 8%) of DSO and ASS.

According to the ME of each energy source, had been expected an increase on FI of birds fed diets with fixed energy level as happened with GLY treatment. From metabolic point of view, GLY is an intermediate of many processes in the body and plays important physiological functions as a source of carbon and energy. Besides, GLY added to diets is a precursor of phospholipids and triacylglycerides in the liver. In adipose tissue is converted to

glucose in gluconeogenesis process [22]. However, according with [23] dietary GLY in broilers decreases the rate of fatty acid synthesis and lipogenic enzyme activities in the liver. Although, liver synthesis of fatty acids was not measured in the present study, this result suggests a probably low synthesis of fatty acids and consequently low formation of acylglycerides. For these reason broilers fed diets with GLY treatment showed increased FI and FCR values. These results were in good agreement with [12] who conclude that inclusions of 2.5 and 5% of GLY in diets not showed beneficial effects on broilers performance from 1 to 42 d of age as compared with broilers fed diets without energy sources.

Animals fed diets with LEC treatment showed similar BWG from 1 to 39 d, as compared to broilers fed diets with DSO treatment. Also, these animals showed similar FI from 21 to 39 d and in the overall period from 1 to 39 d as compared with Control and blends of DSO+by-products. The FCR of these animals was similar as compared to Control.

LEC is a naturally combination of phospholipids as phosphatidylcholine, phosphatidylserine, phytoglycolipids and others phospholipids. LEC also improves the emulsifying and promote the incorporation of fatty acids in the non polar micellar phase [24], especially in young birds which the physiological ability for fat utilization is

poorly developed [8]. This result suggest that animals fed diets with LEC treatment utilized this by-product as an energy source or as a phospholipids source, providing essential fatty acids and choline, that improve emulsification of fat and lipid metabolism.

Broilers fed diets with MIX treatment showed similar BWG, FI and FCR as compared with DSO and Control. According with these results it possible to conclude that the proportions of ASS, LEC and GLY presents in MIX treatment were adequate to mimics the proportion found in the crude SO triglyceride. Therefore, the GLY possibly act as structural and source of carbon, LEC improved the emulsification and promote the incorporation and sterification of fatty acids presents in ASS. Also, it possible say that exist a proper emulsification between fatty acids and GLY, leading to an adequate formation of mono and diglycerides, which improve the relationship with FFA that facilitate the absorption and utilization by the animal.

Usually all blends among DSO+by-products showed better BWG from 7 to 21, and similar values for this parameter from 1 to 39 d as compared with each by-product used in isolate form, or as compared to Control treatment. However, from 21 to 39 d and in overall period from 1 to 39 d, blends of DSO+by-products had similar FI and FCR as compared with Control and each by-product used in isolate form. Only, broilers fed diets with DSO+GLY treatment had improved FI and FCR as compared with animals fed diet with GLY treatment. These results indicate that DSO was possibly used in all blends as energy and triglycerides source that improved bile secretion. Perhaps improved the relationship between triglycerides / FFA with the ASS. Besides, possibly improved the ME and synthesis of mono and diglycerides with the GLY, and served of energy source, improved the emulsification and absorption of lipids when used together with LEC. And when DSO was use with MIX treatment, the DSO also, improved the

ME of this by-product.

The blend DSO+ASS treatment improved BWG from 7 to 21 d as compared with ASS, however was similar as compared to the Control, suggest that exist a synergic effect, probably due to the presence of triglycerides in DSO supplying their deficiency in ASS. These results are according with [5] who reported improved of broiler performance from 1 to 42 d, fed diets with blend of ASS 2 %/SO 2 % (50/50) as compared with broilers fed diets with ASS with 4 % of inclusion.

These results are agreement with [10] who reported that not improvement of broiler performance was observed from 5 to 35 d, when animals was supplemented with mixtures of DSO+LEC (75/25; 50/50) at 4 % of inclusion as compared with broilers fed diets with DSO. Also, this is consisted with the results reported by [8] who did not find any improvement in fat utilization, in broilers fed diets with DSO with inclusion of 5 % of LEC.

In the current study, the results of carcass and commercial cuts yields indicate that the DSO, ASS, GLY, LEC, MIX and blends of DSO+by-products regardless that ME of each dietary source, were effectively used by the animals. When energy level of DSO was reduced as compared with Control treatment, was observed that both treatments had the same percentage of carcass yield. Similar tendency was observed when DSO treatment was compared to ASS, GLY, LEC and MIX treatments (by-products with fixed inclusions).

These result are agreement with [25] who reported that not improvement of carcass, breast, thigh and abdominal fat was observed in boilers fed diets with SO, ASS and blend (50/50) of SO/ASS.

Blends of DSO+by-product showed similar carcass yield than Control treatment.

However, GLY has better carcass yield than blend of DSO+GLY, results in this regard had not been previously published.

These results are contrary to [12] who reported improved in breast and leg quarters yields from broiler fed diets with 2.5 e 5 % of GLY as compared with Control treatment. The authors suggest that GLY may increase the protein deposition due to the reduction of gluconeogenic amino acids via the inhibition of phosphoenolpyruvate carboxikinase, or glutamate dehydrogenase activity.

Even though no differences have been reported in abdominal fat. The variation in abdominal fat is related mainly with the fatty acid composition and the level of inclusion of each energy source used in the diets.

### **CONCLUSIONS AND APPLICATIONS**

1. The soy bean by-products are an alternative to the use of DSO in diets for broiler, supported by the results showed in animal performance.
2. The proportions of ASS, LEC and GLY used in MIX treatment were adequate to recreate the crude SO triglyceride, the results of this experiment indicate that broilers fed diet MIX treatment had similar BWG, FI and FCR as compared to DSO with or without fixed inclusion.
3. From 7 to 21 d blends of DSO+by-products treatments showed better broiler performance as compared with each by-product used in isolate form. However, from 1 to 39 d DSO+by-products treatments had similar FI and FCR as compared with Control.

## REFERENCES AND NOTES

1. Wiedermann, L.H. 1981 Degumming, refining and bleaching soybean oil. Proceedings of the world conference on soya processing and utilization. The JAOCS. 58(3): 159-165.
2. Vieira S.L., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.M. 2002. Utilização da energia de dietas de frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja. Ver. Bras. Cienc. Avi. 4(2): 127-139.
3. Swiatkiewicz, S., Koreleski, J. 2009. Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. Poul. Sci. 88:615–619
4. Kerr, J.B., Shurson, G.C., Johnston, L.J., Dozier, W.A. 2011. Utilization of Crude Glycerin in Nonruminants. Pages 365-380 in Biodiesel- Quality, Emissions and By-Products. Gisela Montero and Margarita Stoytcheva ed. InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/utilization-of-crude-glycerin-in-nonruminants>
5. Gaiotto, J. B., Menten, J.F.M., Racanicci, A.M.C., Iafigliola, M. C. 2000. Soybean oil, acidulated soap stock, beef tallow, and mixtures of fat sources in broilers diets. Rev. Bras. Cienc. Avic. 2(3): 219 – 227.
6. Emmert, J.L., Garrow, T.A., Baker, D.H. 1996. Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin. J. Anim. Sci. 74: 2738-2744.
7. Huang, J., Yang, D., Wang, T. 2007. Effects of replacing soy-oil with soy-lecithin on growth performance, nutrient utilization and serum parameters of broilers fed corn-based diets. Asian Australian Journal Animal Science. v.20(12): 1880-1886.
8. Blanch, A., Barroeta, A. C., Baucells, M. D., Serrano, X., Puchal. 1996. Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids a Anim. Feed Sci Technol. 61: 335-342.
9. Raber, M.R., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.M., Arnaiz, V. 2009. Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte. Ciên. Anim. Bras. 10(3): 745-753
10. Azman, M. A., Ciftci. M. 2004. Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. Revue Méd. Vét. 155(8-9): 445-448
11. Simon, A., H. Bergner, and M. Schwabe. 1996. Glycerol-feed ingredient for broiler chickens. Arch. Anim. Nutr. 49:103-112.
12. Cerrate, S., F. Yan., Z. Wang, Z. et al. 2006. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. Int. J. Poult. Sci. 5(11):1001-

1007.

13. Waldroup, P.W. 2007. Biofuels and broilers: competitors or cooperators? Pages 25-34 in 5th MID-ATLANTIC NUTRITION CONFERENCE, MD. College Park.

14. Lammers. P., Kerr. B.J., Honeyman, M., Stalder. K., Dozier, W.A., Weber, T.E., Kidd, M.T., Bregendahl, K. 2008. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *J. Anim. Sci.* 87(1): 104-107.

15. Doux Frangosul S/A, Santa Cruz do Sul, RS, Brazil.

16. Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., and Barreto L. T. S. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3th. ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

17. Baião, N.C., Lara, L.J.C. 2005. Oil and fat in broiler nutrition. *Braz. J. Poult. Sci.* 7(3): 129-141.

18. Sulina, Comércio de Óleos Ltda, Brazil.

19. MAPA, Ministério de Agricultura Pecuária e do Abastecimento. Brasil. 1998. Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Portaria 210, 10 de novembro de 1998.

20. MAPA, Ministério de Agricultura Pecuária e do Abastecimento. Brasil. 2000. Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Portaria 3, 17 de janeiro de 2000.

21. SAS Institute. 2001. SAS User's guide. Statistics, Version 8.0 ed. Cary, NC.

22. Dozier, W. A., Kerr, B. J., Corzo, A. et al. 2008. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poult. Sci.* 87: 317-322.

23. Lin, M. H., Romsos, D. R., and Leveille, G.A. 1976. Effect of glycerol on enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken, *J. Nutr.* 106: 1668-1677.

24. Overland, M.; Mroz, Z.; Sundstol, F. 1994. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 2022-2028.

25. Lara, L. J., Baião, N. C., Aguiar, C. A. 2006. Rendimento, composição e teor de ácidos graxos da carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes fontes lipídicas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 58(1): 108-115.

26. AOAC. International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC



International. 16th. AOAC Int., Arlington, VA.

27. AOAC. International. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

28. ASTM. International. 2006. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards International, Vol. 05.04, Petroleum Products and Lubricants (IV): D6557—Latest, ASTM Int., West Conshohocken, PA.

**Table 1.** Composition and nutrient content of pre-starter diets containing soy bean by-products.

Ingredients,%	Control	DSO <sup>1</sup>	ASS <sup>2</sup>	GLY <sup>3</sup>	LEC <sup>4</sup>	MIX <sup>5</sup>	DSO+ASS <sup>6</sup>	DSO+GLY <sup>7</sup>	DSO+LEC <sup>8</sup>	DSO+MIX <sup>9</sup>
Corn	50.63	51.94	53.94	54.08	54.12	52.98	52.23	50.27	51.91	52.35
Soybean meal	41.92	41.69	41.69	41.67	41.66	42.69	41.98	42.30	42.03	41.96
Limestone	0.97	0.98	0.98	0.98	1.09	0.98	0.97	0.97	1.08	0.98
Dicalcium phosphate	2.07	2.07	2.07	2.07	1.89	2.06	2.07	2.08	1.90	2.06
Salt	0.48	0.48	0.48	0.41	0.57	0.48	0.49	0.42	0.57	0.48
Sodium bicarbonate	0.13	0.14	0.14	0.09	0.007	0.12	0.13	0.08	0.001	0.12
L-Lysine	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
DL-Methionine 99%	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28
L-Threonine 98,5%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Choline chloride 65%	0.04	0.04	0.04	0.04	-	0.03	0.04	0.04	-	0.03
Mineral Premix	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin Premix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coban 200	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Surmax 200	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
DSO <sup>1</sup>	3.12	2.00	-	-	-	-	1.44	3.18	1.86	1.37
ASS <sup>2</sup>	-	-	2.00	-	-	-	2.00	-	-	-
GLY <sup>3</sup>	-	-	-	2.00	-	-	-	2.00	-	-
LEC <sup>4</sup>	-	-	-	-	2.00	-	-	-	2.00	-
MIX <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	2.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrients levels										
AMEn, kcal/kg	2950	2891	2874	2785	2853	2878	2950	2950	2950	2950
Crude protein,%	22.87	22.87	22.87	22.87	22.85	22.87	22.87	22.86	22.85	22.86
Lys dig,%	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Met+Cys dig, %	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Thr dig,%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Ca, %	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Av P,%	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Na,%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cl,%	0.36	0.36	0.36	0.38	0.41	0.37	0.36	0.38	0.41	0.37
K,%	0.90	0.90	0.90	0.92	0.96	0.91	0.90	0.93	0.96	0.91
BED, mEq/Kg	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238
Cholin, mg/Kg	1650	1650	1650	1650	1861	1650	1650	1650	1860	1650

Supplied per kg of feed: vitamin A: 8000 IU; vitamin D3: 2000 IU; vitamin E: 30 IU; vitamin K3: 2 mg; thiamine: 2mg; riboflavin: 6mg; pyridoxine: 2.5 mg; vitamin B12: 0.012 mg; pantothenic acid: 15 mg; niacin: 35 mg; folacin: 1mg; biotin: 0.08 mg; Fe: 40 mg; Zn: 80 mg; Mn: 80 mg; Cu: 10 mg; I:0.7 mg; Se: 0.3 mg.

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture

**Table 2.** Composition and nutrient content of starter diets containing soy bean by-products.

Ingredients, %	Control	DSO <sup>1</sup>	ASS <sup>2</sup>	GLY <sup>3</sup>	LEC <sup>4</sup>	MIX <sup>5</sup>	DSO+ASS <sup>6</sup>	DSO+GLY <sup>7</sup>	DSO+LEC <sup>8</sup>	DSO+MIX <sup>9</sup>
Corn	53.08	55.64	55.64	55.86	55.81	55.68	52.71	50.87	52.35	52.79
Soybean meal	38.68	38.25	38.25	38.21	38.22	38.24	38.73	39.05	38.80	38.73
Limestone	0.93	0.94	0.94	0.94	1.05	0.95	0.93	0.93	1.04	0.94
Dicalcium phosphate	1.96	1.95	1.95	1.95	1.78	1.94	1.96	1.96	1.79	1.95
Salt	0.39	0.39	0.39	0.33	0.44	0.38	0.39	0.34	0.44	0.39
Sodium bicarbonate	0.12	0.13	0.13	0.01	0.05	0.11	0.12	0.005	0.04	0.11
L-Lysine	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12
DL-Methionine 99%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
L-Threonine 98,5%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Choline chloride 65%	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0.05	0.05	0.05	-	0.05
Mineral Premix	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin Premix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coban 200	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Surmax 200	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
DSO <sup>1</sup>	4.15	2.00	-	-	-	-	2.47	4.17	2.90	2.40
ASS <sup>2</sup>	-	-	2.00	-	-	-	2.00	-	-	-
GLY <sup>3</sup>	-	-	-	2.00	-	-	-	2.00	-	-
LEC <sup>4</sup>	-	-	-	-	2.00	-	-	-	2.00	-
MIX <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	2.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrients levels										
AMEn, kcal/kg	3050	2938	2921	2833	2899	2925	3050	3050	3050	3050
Crude protein,%	21.60	21.61	21.61	21.61	21.59	21.61	21.60	21.60	21.58	21.60
Lys dig,%	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Met+Cys dig, %	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Thr dig,%	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Ca, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Av P,%	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Na,%	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Cl,%	0.31	0.31	0.31	0.31	0.33	0.31	0.31	0.32	0.33	0.31
K,%	0.85	0.85	0.85	0.86	0.88	0.85	0.85	0.86	0.88	0.85
BED, mEq/Kg	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222
Cholin, mg/Kg	1650	1650	1650	1650	1782	1650	1650	1650	1782	1650

Supplied per kg of feed: vitamin A: 8000 IU; vitamin D3: 2000 IU; vitamin E: 30 IU; vitamin K3: 2 mg; thiamine: 2mg; riboflavin: 6mg; pyridoxine: 2.5 mg; vitamin B12: 0.012 mg; pantothenic acid: 15 mg; niacin: 35 mg; folacin: 1mg; biotin: 0.08 mg; Fe: 40 mg; Zn: 80 mg; Mn: 80 mg; Cu: 10 mg; I:0.7 mg; Se: 0.3 <sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture

**Table 3.** Composition and nutrient content of grower diets containing soy bean by-products.

Ingredients,%	Control	DSO <sup>1</sup>	ASS <sup>2</sup>	GLY <sup>3</sup>	LEC <sup>4</sup>	MIX <sup>5</sup>	DSO+ASS <sup>6</sup>	DSO+GLY <sup>7</sup>	DSO+LEC <sup>8</sup>	DSO+MIX <sup>9</sup>
Corn	55.11	56.66	56.66	57.06	56.93	56.72	54.34	50.63	53.51	54.56
Soybean meal	35.69	35.43	35.43	35.36	35.38	35.42	35.82	36.44	35.96	35.78
Limestone	0.89	0.90	0.90	0.90	1.12	0.91	0.89	0.89	1.11	0.90
Dicalcium phosphate	1.84	1.84	1.84	1.84	1.49	1.82	1.84	1.85	1.50	1.83
Salt	0.28	0.28	0.28	0.18	0.37	0.27	0.28	0.19	0.38	0.28
Sodium bicarbonate	0.25	0.25	0.25	0.02	0.12	0.22	0.24	0.007	0.11	0.21
L-Lysine	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11
DL-Methionine 99%	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23
L-Threonine 98,5%	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Choline chloride 65%	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0.05	0.05	0.05	-	0.05
Mineral Premix	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin Premix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coban 200	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Surmax 200	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
DSO <sup>1</sup>	5.30	4.00	-	-	-	-	1.95	5.35	2.85	1.80
ASS <sup>2</sup>	-	-	4.00	-	-	-	4.00	-	-	-
GLY <sup>3</sup>	-	-	-	4.00	-	-	-	4.00	-	-
LEC <sup>4</sup>	-	-	-	-	4.00	-	-	-	4.00	-
MIX <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	4.00	-	-	-	4.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrients levels										
AMEn, kcal/kg	3150	3082	3048	2872	2899	3056	3150	3150	3150	3150
Crude protein,%	20.39	20.39	20.39	20.39	20.37	20.39	20.39	20.38	20.36	20.38
Lys dig,%	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Met+Cys dig, %	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Thr dig,%	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
Ca, %	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Av P,%	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Na,%	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Cl,%	0.24	0.24	0.24	0.25	0.29	0.25	0.24	0.26	0.29	0.25
K,%	0.80	0.80	0.80	0.82	0.85	0.81	0.80	0.82	0.85	0.81
BED, mEq/Kg	224	224	224	224	224	224	224	224	224	224
Cholin, mg/Kg	1600	1600	1600	1600	2169	1600	1600	1600	2169	1600

Supplied per kg of feed: vitamin A: 8000 IU; vitamin D3: 2000 IU; vitamin E: 30 IU; vitamin K3: 2 mg; thiamine: 2mg; riboflavin: 6mg; pyridoxine: 2.5 mg; vitamin B12: 0.012 mg; pantothenic acid: 15 mg; niacin: 35 mg; folacin: 1mg; biotin: 0.08 mg; Fe: 40 mg; Zn: 80 mg; Mn: 80 mg; Cu: 10 mg; I:0.7 mg; Se: 0.3 mg.

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture.

**Table 4.** Composition and nutrient content of finisher diets containing soy bean by-products.

Ingredients,%	Control	DSO <sup>1</sup>	ASS <sup>2</sup>	GLY <sup>3</sup>	LEC <sup>4</sup>	MIX <sup>5</sup>	DSO+ASS <sup>6</sup>	DSO+GLY <sup>7</sup>	DSO+LEC <sup>8</sup>	DSO+MIX <sup>9</sup>
Corn	59.29	61.78	61.78	62.19	62.07	61.83	58.52	54.85	57.76	58.78
Soybean meal	30.91	30.49	30.49	30.42	30.44	30.48	31.04	31.65	31.16	31.00
Limestone	0.86	0.86	0.86	0.86	1.09	0.88	0.86	0.85	1.08	0.84
Dicalcium phosphate	1.74	1.73	1.73	1.73	1.38	1.71	1.74	1.75	1.39	1.72
Salt	0.26	0.26	0.26	0.15	0.35	0.25	0.26	0.17	0.36	0.26
Sodium bicarbonate	0.24	0.24	0.24	0.01	0.10	0.21	0.24	-	0.09	0.21
L-Lysine	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12
DL-Methionine 99%	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
L-Threonine 98,5%	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Choline chloride 65%	0.07	0.07	0.07	0.07	-	0.07	0.07	0.07	-	0.07
Mineral Premix	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin Premix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Coban 200	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Surmax 200	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
DSO <sup>1</sup>	6.07	4.00	-	-	-	-	2.71	6.11	3.60	2.56
ASS <sup>2</sup>	-	-	4.00	-	-	-	4.00	-	-	-
GLY <sup>3</sup>	-	-	-	4.00	-	-	-	4.00	-	-
LEC <sup>4</sup>	-	-	-	-	4.00	-	-	-	4.00	-
MIX <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	4.00	-	-	-	4.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrients levels										
AMEn, kcal/kg	3250	3142	3109	2932	3063	3116	3250	3250	3250	3250
Crude protein,%	18.56	18.57	18.57	18.57	18.54	18.57	18.57	18.59	18.53	18.56
Lys dig,%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Met+Cys dig, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Thr dig,%	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Ca, %	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Av P,%	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Na,%	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Cl,%	0.24	0.24	0.24	0.25	0.28	0.24	0.24	0.25	0.28	0.24
K,%	0.73	0.73	0.73	0.74	0.78	0.73	0.73	0.74	0.78	0.73
BED, mEq/Kg	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202
Cholin, mg/Kg	1600	1600	1600	1600	2056	1600	1600	1600	2056	1600

Supplied per kg of feed: vitamin A: 8000 IU; vitamin D3: 2000 IU; vitamin E: 30 IU; vitamin K3: 2 mg; thiamine: 2mg; riboflavin: 6mg; pyridoxine: 2.5 mg; vitamin B12: 0.012 mg; pantothenic acid: 15 mg; niacin: 35 mg; folacin: 1mg; biotin: 0.08 mg; Fe: 40 mg; Zn: 80 mg; Mn: 80 mg; Cu: 10 mg; I:0.7 mg; Se: 0.3 mg.

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture

**Table 5.** Characterization of by-products.

Analysis	Unit	DSO <sup>a</sup>	ASS <sup>b</sup>	LEC <sup>c</sup>	GLY <sup>d</sup>
Moisture Karl Fischer <sup>1</sup>	%	0.10	0.53	0.23	7.27
Moisture and volatiles <sup>2</sup>	%	0.00	1.06	5.28	12.47
CP <sup>3</sup>	%	0.41	0.12	3.42	0.07
EE <sup>4</sup>	%	99.44	99.90	99.94	0.51
Gross energy <sup>5</sup>	Kcal/gr	9436	9145	7783	3682
Peroxide value <sup>6</sup>	meq/kg fat	3.40	0.00	0.00	0.00
Acidity in oleic acid <sup>7</sup>	%	0.65	77.28	10.50	0.98
Iodine value <sup>8</sup>	gr/100gr	124.32	114.78	94.82	-
pH aqueous solution <sup>9</sup>		7.79	2.86	3.66	3.83
Ash <sup>10</sup>	%	0.00	1.27	8.09	4.33
Total P <sup>11</sup>	%	0.00	0.03	1.93	-
Na <sup>12</sup>	%	0.04	0.0027	0.0219	2.11
K <sup>13</sup>	%	0.00	0.0024	2.59	-
Palmític (16:0) <sup>14</sup>	%	11.09	13.98	14.45	-
Estearic (18:0) <sup>14</sup>	%	4.01	4.36	3.35	-
SAT <sup>14</sup>	%	15.10	18.34	17.8	-
Oleic (18:1n9c) <sup>14</sup>	%	28.93	23.09	7.87	-
MUFAS <sup>14</sup>	%	28.93	23.09	7.87	-
Linoleic (18:2n6c) <sup>14</sup>	%	47.23	49.18	38.65	-
Linolenic (18:3n3) <sup>14</sup>	%	3.97	6.50	5.36	-
PUFAS <sup>14</sup>	%	51.20	55.68	44.01	-
Trans Fatty Acids <sup>14</sup>	%	-	0.26	0.00	-
Omega 3 <sup>14</sup>	%	4.11	6.46	5.36	-
Omega 6 <sup>14</sup>	%	47.99	48.82	38.82	-
Total Glycerol <sup>15</sup>	%	-	-	-	80.84
Methanol <sup>16</sup>	mg/L	-	-	-	1367.07

<sup>1</sup> AOCS 984.20 (AOCS, 1995); <sup>2</sup> AOCS 926.12 (AOCS, 1995); <sup>3</sup> AOAC 990.03 (AOAC, 1995); <sup>4</sup> AOCS 920.39 -C (AOCS, 1995); <sup>5</sup> Adiabatic bomb calorimeter; <sup>6</sup> AOCS 965.33 (AOCS, 1995); <sup>7</sup> AOCS Cd 3d-63 (AOAC, 2007); <sup>8</sup> AOCS 993.20 (AOCS, 1995); <sup>9</sup> AOCS G 7-56 (AOCS, 1997); <sup>10</sup> AOAC 942.05 (AOAC, 1995); <sup>11</sup> AOAC (AOAC, 1984); <sup>12</sup> AOAC 956.01 (AOAC, 1995); <sup>13</sup> AOAC 956.01 (AOAC, 1995); <sup>14</sup> AOCS 999.06 (AOAC 2006); <sup>15</sup> ASTM D 6584-00E01 (ASTM, 2006); <sup>16</sup> AOCS 958.04 (AOAC 2005)

<sup>a</sup> Degummed soybean oil; <sup>b</sup> Acidulated soap stock; <sup>c</sup> Lecithin; <sup>d</sup> Glycerol.

**Table 6.** Body Weight Gain of broilers fed diets with soy bean oil by-products from 1 to 39 d of age, gr.

Treatments/ Age	1-7	7-21	21-35	35-39	1-39
Control	122 a	864 ab	1437	500	2923 ab
DSO <sup>1</sup>	112 b	821 cde	1445	513	2891 abc
ASS <sup>2</sup>	114 ab	813 de	1452	508	2888 abc
GLY <sup>3</sup>	114 ab	802 e	1374	488	2778 c
LEC <sup>4</sup>	118 ab	832 cde	1419	480	2849 bc
MIX <sup>5</sup>	114 ab	817 cde	1428	494	2853 bc
DSO+ASS <sup>6</sup>	111 b	848 bc	1437	489	2885 abc
DSO+GLY <sup>7</sup>	112 b	863 ab	1444	498	2918 ab
DSO+LEC <sup>8</sup>	122 a	884 a	1440	526	2973 a
DSO+MIX <sup>9</sup>	114 ab	846 bcd	1440	534	2935 ab
SEM	0.0010	0.0041	0.0057	0.0050	0.0103
<i>Probability</i>	0.0002	<0.0001	0.1666	0.2048	0.0001

Means within the same column without common letters differ significantly (P<0.05).

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture.

**Table 7.** Feed Intake of broilers fed diets with soybean oil by-products from 1 to 39 d of age, gr.

Treatments/ Age	1-7	7-21	21-35	35-39	1-39
Control	138 a	1070	2319 b	885 b	4412 b
DSO <sup>1</sup>	132 ab	1052	2355 ab	902 ab	4441 b
ASS <sup>2</sup>	128 b	1038	2351 ab	928 ab	4445 b
GLY <sup>3</sup>	137 a	1085	2426 a	968 a	4616 a
LEC <sup>4</sup>	132 ab	1086	2344 ab	915 ab	4477 ab
MIX <sup>5</sup>	128 b	1073	2367 ab	909 ab	4477 ab
DSO+ASS <sup>6</sup>	126 b	1024	2312 b	887 b	4349 b
DSO+GLY <sup>7</sup>	127 b	1034	2328 b	898 ab	4387 b
DSO+LEC <sup>8</sup>	135 ab	1072	2303 b	911 ab	4421 b
DSO+MIX <sup>9</sup>	128 b	1024	2319 b	912 ab	4383 b
SEM <sup>10</sup>	0.0010	0.0069	0.0074	0.0057	0.0155
<i>Probability</i>	0.0161	0.0678	0.0049	0.0345	0.0003

Means within the same column without common letters differ significantly (P<0.05).

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin;

<sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture.



**Table 8.** Feed Conversion Ratio of broilers fed diets with soybean oil by-products from 1 to 39 d of age.

Treatments/ Age	1-7	7-21	21-35	35-39	1-39
Control	1.13 ab	1.24 abc	1.61 a	1.77 a	1.50 abcd
DSO <sup>1</sup>	1.17 ab	1.28 bcd	1.63 a	1.76 a	1.53 bcde
ASS <sup>2</sup>	1.12 ab	1.27 bc	1.62 a	1.84 ab	1.53 cde
GLY <sup>3</sup>	1.20 b	1.35 d	1.77 b	1.99 b	1.65 f
LEC <sup>4</sup>	1.11 a	1.31 cd	1.65 a	1.89 ab	1.54 de
MIX <sup>5</sup>	1.12 ab	1.31 cd	1.66 a	1.84 ab	1.56 e
DSO+ASS <sup>6</sup>	1.13 ab	1.20 ab	1.61 a	1.81 ab	1.50 abcd
DSO+GLY <sup>7</sup>	1.12 ab	1.19 a	1.61 a	1.80 ab	1.49 abc
DSO+LEC <sup>8</sup>	1.10 a	1.21 ab	1.60 a	1.73 a	1.47 a
DSO+MIX <sup>9</sup>	1.12 ab	1.21 ab	1.61 a	1.71 a	1.49 abc
SEM <sup>10</sup>	0.0060	0.0080	0.0069	0.0172	0.0068
<i>Probability</i>	0.0068	<0.0001	<0.0001	0.0054	<0.0001

Means within the same column without common letters differ significantly (P<0.05).

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture.

**Table 9.** Carcass yields and commercial cuts from broilers fed diets with soybean oil by-products (percentage at 40 d of age), %

Treatments	Carcass	Abdominal fat	Deboned breast meat	Thigh	Drum	Wing
Control	80.0 ab	1.66	34.0	12.5	18.1	9.9
DSO <sup>1</sup>	80.1 ab	1.50	34.3	12.6	18.0	9.8
ASS <sup>2</sup>	79.9 ab	1.63	33.9	12.6	18.2	9.8
GLY <sup>3</sup>	81.0 a	1.39	35.0	12.5	17.8	9.5
LEC <sup>4</sup>	80.6 ab	1.36	34.4	12.6	17.8	9.7
MIX <sup>5</sup>	79.5 ab	1.52	33.9	12.6	17.8	9.8
DSO+ASS <sup>6</sup>	80.9 a	1.62	33.3	12.7	18.2	9.9
DSO+GLY <sup>7</sup>	78.9 b	1.55	34.1	12.6	18.2	9.9
DSO+LEC <sup>8</sup>	79.6 ab	1.36	34.1	12.6	17.7	9.3
DSO+MIX <sup>9</sup>	80.3 ab	1.67	33.1	12.6	18.0	9.7
SEM	0.151	0.029	0.158	0.064	0.061	0.051
<i>Probability</i>	0.0032	0.0720	0.1658	0.5329	0.5330	0.1155

Means within the same column without common letters differ significantly (P<0.05).

<sup>1</sup>Degummed soybean oil; <sup>2</sup>Acidulated soap stock; <sup>3</sup>Glycerol; <sup>4</sup>Lecithin; <sup>5</sup>Mixture; <sup>6</sup>Degummed soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup>Degummed soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup>Degummed soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup>Degummed soybean oil+Mixture.

## **CAPÍTULO IV<sup>5</sup>**

<sup>5</sup> Artigo escrito conforme as normas do Meat Science.

**Effects of dietary soybean oil by-products on physicochemical and sensory characteristics of broiler meat.**

J.E.M. Peña<sup>a</sup>, S.L. Vieira<sup>a\*</sup>, L. Kindlein<sup>b</sup>, R. de Barros<sup>a</sup>, M. Fisher<sup>b</sup>, R.F.A. Cruz<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, RS, 91540-000, Brazil.

<sup>b</sup> Departamento de Veterinaria, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9090, Porto Alegre, RS, 91540-000, Brazil.

\*Corresponding author. Phone/fax: 55 51 3308 7419.

E-mail address: [slvieira@ufrgs.br](mailto:slvieira@ufrgs.br)

91540-000, Brazil

## ABSTRACT

The aim of the study was investigate the effects of soybean oil (SO) by-products: acidulated soap stock (ASS), lecithin (LEC), glycerol (GLY) and their mixture (MIX) on physicochemical characteristics of broilers meat, and as well as, through sensory evaluation, identify the consumer's perception. A total of 1.750 one-day-old Cobb x Cobb 500 male broilers were fed with 10 different diets of SO by-products. Birds were slaughtered at 40 days of age, and carcass and commercial cuts yields were determined. Thighs, boneless breast, samples were collected for analyses of pH, color, cooking loss, shear force and sensory analyses. The effects of SO by-products were not detected ( $P>0.05$ ) by the panelists in sensory attributes color, odor, flavor, texture and general appearance, or in the physicochemical characteristics, however, can be used without interfering the quality of meat. Significant differences ( $P<0.05$ ) were observed for cooking loss, for Control, SO, GLY, SO+ASS and SO+GLY treatments. The SO by-products seems to be a good alternative diets, due to good quality of meat.

**Key Words:** Soybean oil, by-products, sensorial analysis, physicochemical characteristics.

### 1. Introduction

The Brazilian poultry industry assumed a prominence position in the world meat market. The country is the third largest producer of chicken meat with 12.230 million T and holds the first place in the ranking of world exports with 3.820 million T (UBABEF, 2011).

Improved technology, management practices, breeding and health conditions have allowed the continuous development of this industry. Additionally, meeting nutritional requirements of animals through an appropriate feed formulation is important for birds to express their productive potential.

Oils and fats are normally used as a source of energy in broiler diets. Among these sources the soybean oil (SO) is the most widely used, however beef tallow, viscera oil and some by-products as acidulated soap stock (ASS), lecithin (LEC) and glycerol (GLY) may be good alternatives when the price of oil is high.

The degummed SO is obtained through the extraction and degumming of crude SO, is rich in polyunsaturated fatty acids, however are expensive and compete with human food (Pardio et al., 2005).

The ASS is a by-product which results from the alkali refining of SO, a process necessary for the production of refined SO for human consumption. The ASS may have between 60 to 80% of free fatty acids (Raber et al., 2008).

Another by-product is LEC, this is the commercial name for a naturally occurring mixture of phospholipids. Their production starts with degumming of crude SO. LEC can be derived from egg yolk as well, however, soybean LEC are the most common commercial products because they are readily available and have emulsifying properties, color and taste (Woerfel, 1981).

A by-product of the production of biodiesel is GLY, it is produced through a NaOH or KOH catalyzed transesterification of the triacylglycerols in oils or fats with an alcohol, usually methanol. Through this reaction, the fatty acids are methylated to form methyl alkyl esters (biodiesel), and the principal by-product GLY (Kijora et al., 1996; Lammers et al., 2008).

The most important sensory attributes of food quality are color and appearance on the purchase, which they affect the consumer acceptance in different products, even chicken meat. The color is an important attribute according to which consumers will select poultry products for purchase and ultimately assess the final quality of the product at consumption.

Gaiotto et al. (2000) using SO, beef tallow, refined SO and mixtures of 2% between these: ASS+beef tallow, refined SO+beef tallow and ASS+refined SO in broiler diets, reported that the abdominal fat of the carcass was not affected by treatments and emphasized that the refined SO provide better performance of these birds, and ASS, beef tallow and the mixture of these reduce the animal performance.

More recently, Cerrate et al. (2006) evaluated the addition of 5 and 10% of crude GLY from biodiesel production in broiler diets. The authors reported that the level of 10% affected negatively the broiler performance and also reduced the breast yield of these animals. In a second experiment the same authors testing inclusion of 0, 2.5 and 5% of crude GLY in broiler diets. They do not observe differences in animal performance. However, they found an increase in the percentage of breast of the birds fed diets with GLY at 2.5 and 5% as compared with birds fed control diet.

Berenchtein (2008) observed that semi purified glycerin (80% glycerol) can be used as energy source in grower and finisher pig diets up to 9% inclusion level without affecting neither performance, carcass characteristics or meat quality.

Despite the increasing availability of SO and biodiesel by-products, its use in poultry nutrition is still limited. The combined use of these by-products in order to compose a mixture of similar proportions founded in crude SO (85% ASS, 5 % LEC, 10% GLY) may produce new products that might be used in poultry diets as a new energy source.

To our knowledge, no studies have been reported in which ASS, LEC and GLY have been used simultaneously. Even though minimal published research could be located on the effects of by-products on broiler meat quality.

Therefore, the aim of the present study was investigate the effects of SO by-products: ASS, LEC, GLY and their MIX on physicochemical characteristics of broilers meat, and as well as, through sensory test panel, identify the consumer's perception.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Animals, diets and treatments

Broilers care facilities and the procedures performed were managed according to the directives of the Ethics and Research Committee of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil.

A total of 1.750 one-day-old Cobb x Cobb 500 male broiler chicks were obtained from Doux Frangosul S/A, Santa Cruz do Sul, RS, Brazil. They were placed in 70 pens (1.70m×1.65m) in an open-sided house under the standard condition of temperature. Water and feeds were provided for *ad libitum* consumption.

Mash feeds basal diets were formulated with corn and soybean meal according to Rostagno et al. (2011). The dietary program had four phases: pre-starter (1 to 7 days), starter (8 to 21), grower (22 to 35) and finisher (36 to 40), they are present in Table 1.

The SO by-products: ASS, LEC, GLY and their mixture (MIX: 85% ASS, 5% LEC and 10% GLY) were incorporated into a basal diet. A Control diet was prepared with SO (Control) as the only source of fat and was used in each experiment phase. Five treatments (SO, ASS, GLY, LEC and MIX) were prepared with fixed inclusions (2 % in pre starter, starter and 4 % in grower and finisher). Four treatments were prepared to

maintaining these fixed inclusion plus SO (SO+ASS, SO+GLY, SO+LEC, SO+MIX) to reach the energy level on the Control dietary program.

### 2.2. *Measurements, slaughter and samples*

At 40 days of age 420 animals (6 birds per pen) were randomly selected and slaughtered ( $2890 \text{ g} \pm 96$ ) after 8 h of fasting according to conventional conditions procedures at the UFRGS abattoir. Subsequently, birds were individually weighed, hung on shackles, electrically stunned, manually slaughtered by cutting the jugular vein and bleeding for 3 min. The birds were scalded at  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  for 50 s, plucked and manually eviscerated. Carcasses were immersed in ice for 3 h at  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Carcasses without viscera, necks and feet were hung to draw water excesses for 3 min and then weighed individually. Slaughter and carcasses were chilled according the official regulations (Brasil, 1998; Brasil, 2000). Abdominal fat was removed manually ( $1.52 \text{ g} \pm 0.24$ ), carcasses were then processed by industry personnel, and the following cuts were produced: deboned breast meat, thighs, legs, wings, and back. Carcass weights were expressed as the proportion relative to live weight, whereas meat parts were expressed relative to the whole carcass. Meat samples of deboned breast, left thighs, from 21 birds per treatment were individually packaged into labeled Ziploc® plastic bags and stored in a freezer at  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$  until quantitative and qualitative analyzed.

### 2.3. *pH measurement*

At 24 h *postmortem* pH levels of breast meat was measured (pH 24) using a combined electrode penetrating 3 mm pH HI 221 Hanna instruments after calibration using buffers at pH 4.00 and 7.00 at room temperature. The electrode was directly introduced into the breast meat.

### 2.4. *Color*

Meat color was measured in thighs and breast *Pectoralis major* muscle (internal face) using a Minolta Chroma Meter CM 508-d spectrometer. It was evaluated by  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  measurements from CIELAB system, where  $L^*$  is the chrome associated to meat lightness (black – white axis),  $a^*$  is the chrome that range between green (-) to red (+) and  $b^*$  is the chrome that range between blue (-) to yellow (+). The overall of three readings color measurements from cranial to caudal medial internal surface of breast fillet and surface of thighs were made.



### *2.5. Cooking loss*

Cooking loss (CL) was expressed as the amount of fluid loss expressed as a percentage of original (wet) weight. Samples of breast and thighs meat from each of 10 treatments were thawed at 2 °C overnight and weighed. The samples were packed in plastic bags and cooked at 80 °C for 1 h by immersion in water bath Cientec CT-249. Cooked samples were cooled at room temperature for 40 min. The samples were then removed from bags and weighed. CL were calculated as  $(\text{initial weight} - \text{final weight}) \times 100 / (\text{initial weight})$  (Schilling et al., 2010).

### *2.6. Warner-Bratzler Shear Force determination*

Tenderness was assessed using an objective texture procedure described by Liu et al., (2004). The samples of thighs meat used to determine CL were the same used to evaluate the Warner-Bratzler (WB) shear force determinations, the samples were packed in plastic bags previously labeled. The samples were placed in plastic trays and cooled in a refrigerator at a temperature of  $4 \pm 2$  °C for 24 h. At room temperature, the samples were sheared perpendicular to the longitudinal orientation of the muscle fibers using a WB shear blade (1 mm thick) attached to a Texture Analyzer TA-XT2,7 equipped with a 25-Kg load cell (50-Kg capacity). Test speed was 4.2 mm/s; travel distance was 55 mm, and calibration distance was 1 mm. The maximum force read to cut the slice was then expressed as Kg-f/cm<sup>2</sup>. Four adjacent 1 cm (width) × 1 cm (thickness) × 2 cm (length) slice were cut from the each thigh meat, the slice was sheared in 4 locations, and the average of the maximum forces was used for data analysis. Mean were calculated for each individual animal.

### *2.7. Sensorial analysis*

Sixteen semi trained adult panelists from Centro de Pesquisa e Tecnologia de Carnes laboratory (CEPETEC), were chosen for the sensory test. Criteria for chosen were age between 20 to 45 year, not allergic to chicken meat, eat chicken meat at least once per week and available during testing. A total of two panel sessions test were held over 2 weeks. Before the assay, the samples of thigh meat were thawed overnight under refrigerated conditions at 4 °C. Samples were cooked in a pre-heated oven (200 °C) until a final internal temperature of  $80 \pm 2$  °C. Size and temperature of the samples were similar. Prior to sensory analysis, legs muscles were deboned, removing the edges of the

sample. All the samples were cut in cubes of 1.5 cm and randomized before they were presented to the panelists. Each panelist received one set of five plates; pieces of each treatment were put in plastic dishes coded with 3-digit random numbers which had been randomly selected and presented to the panelists. The panelists received also a sheet of paper (one for each sample) with the finally of fill and qualify the following evaluation attributes: color, odor, flavor, texture and general appearance. Each attribute was scored using an unstructured hedonic scale for the acceptance test on a scale ranging from 1 to 9 points, 1 referring to dislike extremely, 2 dislike very much, 3 dislike moderate, 4 dislike slightly, 5 neither like nor dislike, 6 like slightly, 7 like moderate, 8 like very much and 9 to like extremely (Dutcosky, 2007). Panel sessions test were carried out at CEPETEC laboratory, according to international standards. Cold water and cookies were provided for panelists to rinse their mounts between samples.

## 2.8. Statistical analysis

Data analysis from breast and thigh meat were evaluated by the ANOVA using the General Linear Models procedures SAS<sup>®</sup> (2001), using a randomized complete block design, with pen location within the experimental house being the blocking factor. Ten treatments with 4 replicates were used. The Tukey's test was used to separate the means when treatment differences were significant at 5%.

## 3. Results and discussion

### 3.1. pH, color, cooking loss and WB shear force

Table 2 shows pH 24 values, color, cooking loss, and shear force of meats of broilers fed diets with SO by-products. No differences were found between treatments for pH 24 values. The pH 24 value is related with acid lactic accumulation coming from changes *postmortem*. The amount and rate of lactic acid accumulation on meat influence the final quality modifying directly or indirectly the color, appearance, flavor, aroma, texture and water holding capacity (WHC) (Mendez et al., 2007). According with Souza (2006), the breast meat of chicken that has an adequate process of transform muscle to meat presents a final pH ranging from 5.7 to 5.9. This is unchanged and there is an increase in the course of conservation due the formation of basic substances. Therefore, in the present study, the meat may be considered normal and were free of problems such

as PSE or DFD, the pH 24 values ranged from 5.89 to 5.99. These results were in good agreement with Corzo et al. (2009) who reported that no differences were observed in pH 24 of breast meat between broilers fed diets with inclusion of 8% of distillers dried grains with solubles (DDGS) and control diets. However, the average of pH 24 values in the study conducted by Corzo et al. (2009) were higher (6.05) than our result (5.94). Nevertheless, significant differences in pH 24 of breast meat were observed by Schilling et al. (2010) who reported lower values (5.81) in broilers fed control diets as compared with animals fed diets with increasing levels from 6 to 24% of DDGS (5.92 to 5.99) respectively.

There were no differences ( $P>0.05$ ) in CIE L\*, a\*, b\* (lightness, redness and yellowness) of breast meat between the SO by-products and Control treatments (Table 2).

The meat color is considered an important quality parameter for consumers and is associated with freshness and good quality. Previous studies have used the color L\* as a measure to estimate the incidence of pale, soft and exudative conditions in broiler breast meat (Van Lack et al., 2000). According to the same authors normal breast meats shown L\* values

of 55 and those to be pale had L\* values of 60 and low final pH (<5.7). Additionally, pale meats had also low WHC. In the current study, the average pH 24 was (5.94) and (19.43) for CL and were considered normal, however, the L\* values was higher (62.70) than those proposed for the same type of meat. As a rule, the color of breast meat undergoes changes during storage, thus L\* values increases with the storage period of the meat. Le Bihand-Duval et al. (1999) observed increased L\* values in breast meat storage at 6 and 10 days. Possibly, it is due to myosin degradation, as already observed in beef meat by Hector *et al.* (1992). The a\* (12.20) and b\* (13.03) average values also increased in all treatments, these result are in agreement with Sante' *et al.* (1991) who reported increased a\* e b\* values in turkeys breast meats storage at 4 °C until 7 days *postslaughter*. This variation may be related to the chemical changes in muscle myoglobin pigment, which is predominantly converted into purple reduced myoglobin and brown metmyoglobin during the first days *postslaughter*.

No differences were detected ( $P>0.05$ ) in L\*, a\*, b\* values of thigh meat between treatments (Table 2). The L\*, a\* and b\* values were lower than expected. These results may be related with the process of freezing and loss of exudates.

According with Zapata et al. (2006), the freezing process produces a pronounced darkening of the color of chicken meat along with a brightness reduction.

Color problems of frozen parts containing bone and dark muscle (thigh) have been the subject of several reports. Lyon et al. (1986); Lyon et al. (2002) demonstrated that meat and bone darkening of thigh pieces was related to pigment migration from the femur to tissue.

On the other hand, darker meats are associated with higher pH values, higher susceptibility to bacterial growth, and odor changes that reduce the shelf life (Allen et al., 1997). Another hypothesis is the partial cell disruption due to slow freezing processes, the formation of large ice crystals and the migration of blood, but also to oxidation of the myoglobin pigment present in muscle tissue (Lyon et al., 2002).

Also the greatest amount of red muscle fibers present in the thigh meats, which besides having higher content of myoglobin when compared with white muscle fibers (Olivo & Olivo, 2005).

As shown in table 2, no differences were reported for CL among breast meats of broilers fed diets with SO by-products. The cooking loss affect the quality of meat, because affect directly the juiciness of meat (WHC). The WHC is defined as the ability of meat to retain water during external force application such as cutting, heating, grinding and pressing. This property affects the appearance, palatability and is directly related to loss of water before and during cooking (Bressan, 1998; Lawrie, 2005).

The decrease rate of pH is also related to meat quality. The rapid acidification cause denaturation of muscle proteins and reduce their ability to retain water. In order that breast meats had normal values of pH 24 (5.94), is possible to say that the CL average values of these meats are between expected (19.43). According with Souza (2006), CL values for poultry meat range from 18 to 29%.

Significant differences were reported for CL of thigh meats ( $P < 0.05$ ) between treatments. The Control, SO, GLY, SO+ASS and SO+GLY treatments shower higher values for CL as compared to the others treatments. The analyses of by-products ASS and LEC had higher values of saturated fatty acids as compared to SO. According with Wood et al. (2003), the saturated fatty acids have melting points higher than polyunsaturated fatty acids and when added to diets can increase its proportion in tissues. Thus, the fat content of meat with higher melting point may have difficult the output of water during cooking process.

Lawrie (2005) said that WHC of meat is directly linked to fat. Muscles with more intramuscular fat tend to have higher water holding capacity. The reason are unknown, possibly the intramuscular fat is lost until the microstructure thereby increasing the flow of water.

GLY acts as an osmorregulator factor of cellular membranes, which undergo alterations during physiological disruptions (Arruda et al., 2007). Thereover, dietary GLY may reduce water cooking loss if slaughter follows an overnight fast (Mourot et al., 1994). In the current experiment, data presented here indicate that CL is not affected by GLY supplementation which in contrast with the findings of the same authors who reported less CL from muscle of pigs fed 5% GLY.

No differences existed ( $P>0.05$ ) among thigh meat with respect to WB shear force from broilers that were fed SO by-products and Control treatments (Table 2). However, the current result for this parameter (1.53) are unrelated with those obtained for CL, since meat texture is closely related to the amount of intramuscular water. Therefore, the higher the water content in the muscle, the greater tenderness of meat and lower values for shear force (Lawrie, 2005).

The low values observed in this study could be related to the functions of cathepsins enzymes and particularly calpains, involved in *postmortem* proteolysis and weakening of muscle fibers, helped to the tenderness of meat. Enzymes that possibly worked during storage time of meat (Zapata et al., 2006).

### 3.2. Sensorial analysis

The sensory attributes color, odor, flavor, texture and general appearance of thigh meat of broilers fed diets with SO by-products and Control treatments are present in table 3 and represented via radar graph in figure 1.

With regard to panel acceptability, no differences were detected between treatments ( $P>0.05$ ) with respect to color (Table 3). These results are further substantiated by the CIE L\* a\* b\* results that were previously reported in this study. The SO and by-products used in fed diets did not influence the color of raw meats. The rate of discoloration in fresh meat is related to the rate of pigment oxidation, oxygen consumption and to the effectiveness of the metmyoglobin reducing system (Saláková et al., 2009). Also, the SO and by-products did not influence the color of cooked thigh meats. It was expected that panelists observe any difference in the meat of animals fed

diets with ASS, related to the higher content of pigments such as carotenoids and xanthophylls (Pardio et al., 2001). The color of cooked meats were accepted by panelists, the overall average of treatments was (6.40), this value was slightly lower when compared with Control treatment. However, in cooked meats color complexes are formed by denatured haemoproteins, such as globin hemochromogen (main brown pigment) (Lawrie, 2005).

The effects of SO by-products on odor and flavor attributes of cooked thigh meats are shown in Table 3. No differences were detected in both attributes ( $P>0.05$ ). The odor and flavor are complex sensations, which contribute to the flavor of meat. Usually, they are not easily distinguished during consumption, because the assessment of those parameters still relies on sensory panel test.

When poultry meat is cooked the flavor and odor develop interactions between sugars and amino acids, also occurs lipid oxidation and degradation of some components as thiamine. In the adult flavor response occurs in specialized cells of tongue, in soft palate and upper throat. In the case of odor, it's probably that it involves chemical reactions between molecules and the nerve endings of flavor cells, therefore sensation interpretations are made by brain (Lawrie, 2005).

The lipid content in muscle dark meats (thigh) is approximately twice as present in white meats (breast) (Togashi et al., 2007). Thus, the presence of fat contributes especially in the flavor and juiciness of thigh meat. However, the odor and flavor were accepted by panelists, the average values for these attributes were (6.28) and (6.18) on the hedonic scale, (like slightly), respectively. Even though no statistical differences were found, the average of these two attributes was higher than the average of the control treatment (6.00) and (5.75) respectively.

The SO by-products did not appear to influence de texture perceptions by panelists (Table 3). According to result observed for shear force in thigh meat, the panelists also did not detected differences among treatments. The results obtained in sensorial analysis test for texture indicate that thigh meat were accepted, the average value for this attribute was (6.40) on the hedonic scale and was similar to the average value to the Control treatment (6.43), even though no significant differences were found. These results for texture may be related to several factors including the amount of intramuscular fat, WHC, actomyosin complex, the structural and biological function of muscle. Thigh muscles are rich in resistant muscle fibers, thus producing lower

values for tenderness. Indeed, it is the quality of collagen that confers toughness to meat (Coró et al., 2003; Lawrie, 2005). Nevertheless, broilers are commercially slaughtered at an age when collagen normally does not constitute a texture problem (Coró et al., 2003). Also, another factor that may influence texture values is the presence of cathepsins. These enzymes could contribute positively to the tenderness of meat during storage period (Zapata et al., 2006).

The SO by-products included in broiler fed diets do not affect the general appearance of thigh meat. The average value for general appearance was (6.40) on the hedonic scale. This value was higher than the average values for odor and flavor attributes, and equal to those assigned to the others (color, and texture). It is believed that among evaluated attributes, color and texture had the greater effect on general appearance value. In these regard as already mentioned in previous paragraphs these attributes are the most important in consumer perception, because they are characteristics that influence both the initial choice of the product by consumers as their acceptance at the time of consumption.

#### **4. Conclusions**

The current study demonstrate trough the panel acceptability, that the panelists could not detect the effect of SO by-products in broiler diets on the sensory attributes color, odor, flavor, texture and general appearance of thigh meats. Results that are substantiated by the physicochemical characteristics analyzed.

Generally the thigh meat were accepted by the panelists, however among the sensory attributes evaluated the odor and flavor were those who showed less acceptance.

Significant differences were found for cooking loss, being the Control, SO, GLY, SO+ASS and SO+GLY treatments who shower higher losses related to the content of fatty acids present in each dietary energy source used.

## References

Allen, C. D., Russell, S. M., Fletcher, D. L. (1997). The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. *Poultry Science*, 76, 1042-1046.

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC, Arlington, VA.

AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 2005 Official Methods of Analysis 18<sup>th</sup> ed. AOAC, Gaithersburg, MD.

Arruda, P., Rodrigues, R., Felipe, M. (2007). Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. *Revista Analytica*, 26, 56-62.

ASTM. 2006. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards International, Vol. 05.04, Petroleum Products and Lubricants (IV): D6557—Latest, ASTM Int., West Conshohocken, PA.

Berenchtein, B. Utilização do glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. 2008. 45p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2008.

Brasil, Ministério de Agricultura Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). 1998. Divisão de Normas Técnicas. Portaria n. 210, de 10 de novembro de 1998.

Brasil, Ministério de Agricultura Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). 2000. Divisão de Normas Técnicas. Portaria n. 3, de 17 de janeiro de 2000

Bressan, M. C. Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. Campinas, 1998. 201p. Tese - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

Cerrate, S., Yan, F., Wang, Z. (2006). Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science*, 5(11), 1001-1007.

Coró, F. A. G., Elza, Y., Youssef, E. Y., Shimokomak, M. (2003). Age related changes in poultry breast meat collagen pyridinolme and texture. *Journal of Food Biochemistry*, 26, 533-541.

Corzo, A., Schilling, M.W., Loar, R. E., Jackson, V., Kin, S., Radhakrishnan, V. (2009). The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science*, 88, 432-439.

Dutcosky, S. D. Análise sensorial de alimentos. 2ed. Curitiba: Editora Universitária



Champagnat. 2007. 239p.

Gaiotto, J. B., Menten, J. F. M., Racanicci, A. M. C., Iafigliola, M. C. (2000). Soybean oil, acidulated soapstock, beef tallow, and mixtures of fat sources in broilers diets. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 2(3), 219-227.

Hector, D. A., Brew-Graves, C., Hasse, N., Ledward, D.A. (1992). Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically-stimulated beef. *Meat Science*, 31:299–307.

Kijora, C., Rolf-Denis, K. (1996). Evaluation of technical glycerols from “biodiesel” production as a feed component in fattening of pigs. *Fett/Lipid*, 98(718), 240-245

Lammers, P., Kerr, B., Weber, T., Dozier, W.A., Kidd, M.T. (2008). Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86, 602-608.

Lara, L.J., Baião, N.C., Aguilar, C.A. (2006). Rendimento, composição e teor de ácidos graxos da carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes fontes lipídicas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58(1)108-115.

Lawrie, R.A. A qualidade sensorial da carne. In: *Ciência da carne*. 6ed. Porto Alegre: [s.n.], 2005. p.256-268.

Le Bihan-Duval, E., Millet, N. and Remignon, H. (1999). Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poultry Science*, 78, 822-826.

Liu, Y., Lyon, B.G., Windham, W.R., Lyon, C.E., Savage, E.M. (2004). Principal component analysis of physical, color, and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six, and twenty-four hours post-mortem. *Poultry Science*, 83(1), 101-108.

Lyon, B.G., Lyon, C.E. (1986). Surface dark spotting and bone discoloration in fried chicken. *Poultry Science*, 65,1915-1918.

Lyon, B.G., Lyon, C.E. (2002). Color of uncooked and cooked broiler leg quarters associated with chilling temperature and holding time. *Poultry Science*, 81(12), 916-1920.

Martins, R. T. et al. (2003). Efeito do tipo de óleo de soja na composição em ácidos graxos da carcaça de frango de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55(2). XXXX.

Mendes, E.R., Miranda Gomide, L.A. (2007). Universidade federal de viçosa, MG, Ed UFV Avaliação da qualidade das carnes fundamentos e metodologias 599 p 2007.

Mourot, J., Aumaitre, A. Mounier, P. Peiniau, and A. C. Fracois. (1994). Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig: Consequences on fatty

tissues and *postmortem* muscular parameters. *Livestock Production Science*, 38, 237–244.

Olivo, R.; Olivo, N. Estrutura, composição e funcionalidade do tecido muscular. In: O Mundo das carnes. 2ed. Criciúma: [s.n.], 2005. p.23-59.

Pardio, V.T.; Landin, L.A.; Waliszewski, K.N. (2005). The effect of soybean soapstock on the quality parameters and fatty acid composition of the hen egg yolk. *Poultry Science*, 84, 148-157.

Pardio, V.T.; Landin, L.A.; Waliszewski, K.N. (2001). The effect of acidified soapstocks on feed conversion and broiler skin pigmentation. *Poultry Science*, 80, 1236-1239.

Raber, M.R., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.M., Arnaiz, V., and Labres, R.V. (2008). Performance, metabolism and plasma levels of cholesterol and triglycerides in broilers chickens fed with acidulated soybean soap stock and soybean oil. *Ciência Rural*. 38(6), 1730-1736.

Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J. L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., and Barreto, L.T.S. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3th. ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

Saláková, A., Straková, E., Válková, V., Buchtová, H., Steinhauserová, I. (2009). Quality Indicators of chicken broiler raw and cooked meat depending on their sex. *Acta Veterinaria Brno*, 78, 497-504.

Sante´, V., G. Bielicki, M. Renerre, and Lacourt, A. (1991). *Postmortem* evolution in the *Pectoralis superficialis* muscle from two turkey breeds: relationship between pH and colour changes. Page 465–468 in: 37th International Congress of Meat Science and Technology. Vol 1. 1–6 September, Kulmbach, Germany.

SAS Institute. 2001. SAS User’s guide: Statistics, Version 8.0 Edition. SAS Inst.Inc., Cary, NC.

Schilling, M.V., Battula, V., Loar, R.E., Jackson, V., Kin, S., and Corzo, A. (2010). Dietary inclusion level effects of distillers dried grains with soluble on broiler meat quality. *Poultry Science*, 89, 752–760.

Souza, H.B.A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI, 5., 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2006. p. 91-96.

Togashi, C.T., Fonseca, J.B., Soares, R.T.N.B., Gaspar, A., Detmann, E. (2007). Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 2063-2068.

UBABEF, Anual report 2010/2011. Accessed Sep 2011.

<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=2761>

Van Laack, R.L.J.M., Liu, C.H., Smith, M.O. and Loveday, H.D. (2000). Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Science*, 79, 1057-1061.

Woerfel, J.B.(1981). Processing and utilization of by-products from soy oil processing. Worl conference on soya processing and utilization. In Journal of the American Oil Chemist's Society, 188-191.

Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21–32.

Zapata, J.F.F., De Andrade, A.A., Assunção, G.M., Barreto, S.C.S., Abreu, V.K.G. (2006). Preliminary evaluation of the effect of frozen storage on the quality of breast meat from two genetic groups of chickens. *Brazilian Journal of Food Technology*, 9(3), 185-191.

Table 1.  
Ingredients and composition of the experimental diets.

Ingredients	Pre-starter	Starter	Grower	Finisher
Corn	50.57	53.03	55.06	59.25
Soybean meal	41.92	38.68	35.69	30.91
Soybean oil	3.12	4.12	5.30	6.07
Calcitic limestone	0.97	0.93	0.89	0.86
Dicalcium phosphate	2.07	1.96	1.84	1.74
Salt	0.48	0.39	0.28	0.26
Sodium bicarbonate	0.13	0.12	0.25	0.24
L-Lysine	0.11	0.12	0.11	0.12
DL-Methionine 99%	0.28	0.26	0.23	0.20
L-Threonine 98,5%	0.04	0.04	0.03	0.02
Choline chloride 65%	0.04	0.05	0.05	0.07
Mineral Premix	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin Premix	0.10	0.10	0.10	0.10
Coban 200	0.06	0.06	0.06	0.06
Surmax 200	0.005	0.005	0.005	0.005
Total	100	100	100	100
Nutrients levels				
AMEn, Kcal/kg	2950	3050	3150	3250
Crude protein,%	22.87	21.60	20.39	18.56
Lys dig,%	1.25	1.18	1.10	1.00
Met+Cys dig, %	0.93	0.88	0.82	0.75
Thr dig,%	0.81	0.76	0.71	0.65
Val dig,%	0.96	0.90	0.85	0.78
Ca, %	1.00	0.95	0.90	0.85
Av P,%	0.50	0.47	0.45	0.42
Na,%	0.25	0.21	0.20	0.19
Cl,%	0.36	0.31	0.24	0.24
K,%	0.90	0.85	0.80	0.73
BED, mEq/Kg	238	222	224	202
Cholin, mg/Kg	1650	1650	1600	1600

Supplied per kg of feed: vitamin A: 8000 IU; vitamin D3: 2000 IU; vitamin E: 30 IU; vitamin K3: 2 mg; thiamine: 2mg; riboflavin: 6mg; pyridoxine: 2.5 mg; vitamin B12: 0.012 mg; pantothenic acid: 15 mg; niacin: 35 mg; folacin: 1mg; biotin: 0.08 mg; Fe: 40 mg; Zn: 80 mg; Mn: 80 mg; Cu: 10 mg; I:0.7 mg; Se: 0.3 mg; monensin sodium (CobanTM 40%, Elanco Animal Health): 0.275 g.

Table 2.

Physical chemical characteristics: mean values of pH (pH 24), color, cooking loss, and Warner Bratzler shear force of *Pectoralis major* and thigh of broilers fed diets with soybean oil by-products.

Treatments	Physical chemical characteristics									
	pH 24(%)	Breast				Thigh				
L*		a*	b*	CL <sup>11</sup> (%)	L*	a*	b*	CL <sup>11</sup> (%)	WBSF <sup>12</sup> (Kg-f/cm <sup>2</sup> )	
Control	5.89	62.80	12.21	12.36	18.42	34.26	-2.01	-2.06	23.83 <sup>a</sup>	1.45
SO <sup>1</sup>	5.92	66.98	10.61	12.88	19.52	36.72	-1.77	-4.72	24.56 <sup>a</sup>	1.59
ASS <sup>2</sup>	5.92	62.36	11.56	12.92	18.95	33.24	-1.77	-2.51	16.87 <sup>b</sup>	1.49
GLY <sup>3</sup>	5.91	63.02	13.15	13.02	21.40	37.60	-2.08	-4.32	26.35 <sup>a</sup>	1.60
LEC <sup>4</sup>	5.92	61.30	12.84	13.30	20.28	36.17	-1.91	-4.86	18.19 <sup>b</sup>	1.41
MIX <sup>5</sup>	5.97	61.95	12.44	12.87	21.19	37.49	-2.20	-5.11	15.99 <sup>b</sup>	1.55
SO+ASS <sup>6</sup>	5.95	60.72	12.50	13.70	19.73	35.29	-3.33	-3.33	26.92 <sup>a</sup>	1.68
SO+GLY <sup>7</sup>	5.93	64.70	11.96	11.98	14.84	37.26	-2.57	-2.18	26.11 <sup>a</sup>	1.48
SO+LEC <sup>8</sup>	5.99	61.41	11.87	14.01	20.19	37.04	-3.05	-4.85	16.85 <sup>b</sup>	1.45
SO+MIX <sup>9</sup>	5.97	62.70	12.86	13.03	19.74	37.41	-1.61	-4.26	17.11 <sup>b</sup>	1.64
Means	5.94	62.70	12.20	13.03	19.43	36.25	-2.23	-3.82	21.29	1.53
P≤	0.9948	0.8578	0.8986	0.9807	0.1940	0.4791	0.7860	0.0534	≤0.0001	0.3903
SEM <sup>10</sup>	0.0167	0.7832	0.3212	0.2818	0.6004	0.4301	0.2181	0.2774	0.7624	0.0325

Means within the same column without common letters differ significantly (P<0.05).

<sup>1</sup> Soybean oil; <sup>2</sup> Acidulated soap stock; <sup>3</sup> Glycerol; <sup>4</sup> Lecithin; <sup>5</sup> Mixture; <sup>6</sup> Soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup> Soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup> Soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup> Soybean oil+Mixture.

<sup>10</sup> SEM: sd/√n

<sup>11</sup> Cooking loss

<sup>12</sup> Warner-Bratzler shear force

Table 3.

Effect of dietary SO by-products on sensory attributes (color, odor, flavor, texture and general appearance) of broiler *thigh* meat. Mean values assigned by the panelist on the unstructured hedonic scale from 1 to 9 points.

Treatments	Color	Odor	Flavor	Texture	General appearance
Control	6.62	5.75	5.62	6.43	6.56
SO <sup>1</sup>	5.93	6.00	5.75	5.93	6.12
ASS <sup>2</sup>	6.25	6.50	6.25	6.62	6.62
GLY <sup>3</sup>	6.81	6.62	6.43	6.31	6.68
LEC <sup>4</sup>	7.12	6.50	6.87	6.62	6.56
MIX <sup>5</sup>	6.75	6.62	6.50	6.18	6.43
SO+ASS <sup>6</sup>	5.81	6.18	6.37	6.68	6.43
SO+GLY <sup>7</sup>	6.37	6.00	5.31	6.00	5.87
SO+LEC <sup>8</sup>	6.31	6.18	6.31	6.50	6.43
SO+MIX <sup>9</sup>	6.06	6.50	6.43	6.68	6.25
Means	6.40	6.28	6.18	6.40	6.40
$P \leq$	0.3419	0.9212	0.3816	0.8304	0.5902
SEM <sup>10</sup>	0.1282	0.1430	0.1457	0.1288	0.1297

Means within the same column without common letters differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Soybean oil; <sup>2</sup> Acidulated soap stock; <sup>3</sup> Glycerol; <sup>4</sup> Lecithin; <sup>5</sup> Mixture; <sup>6</sup> Soybean oil+Acidulated soap stock; <sup>7</sup> Soybean oil+Glycerol; <sup>8</sup> Soybean oil+Lecithin; <sup>9</sup> Soybean oil+Mixture.

<sup>10</sup> SEM:  $sd/\sqrt{n}$

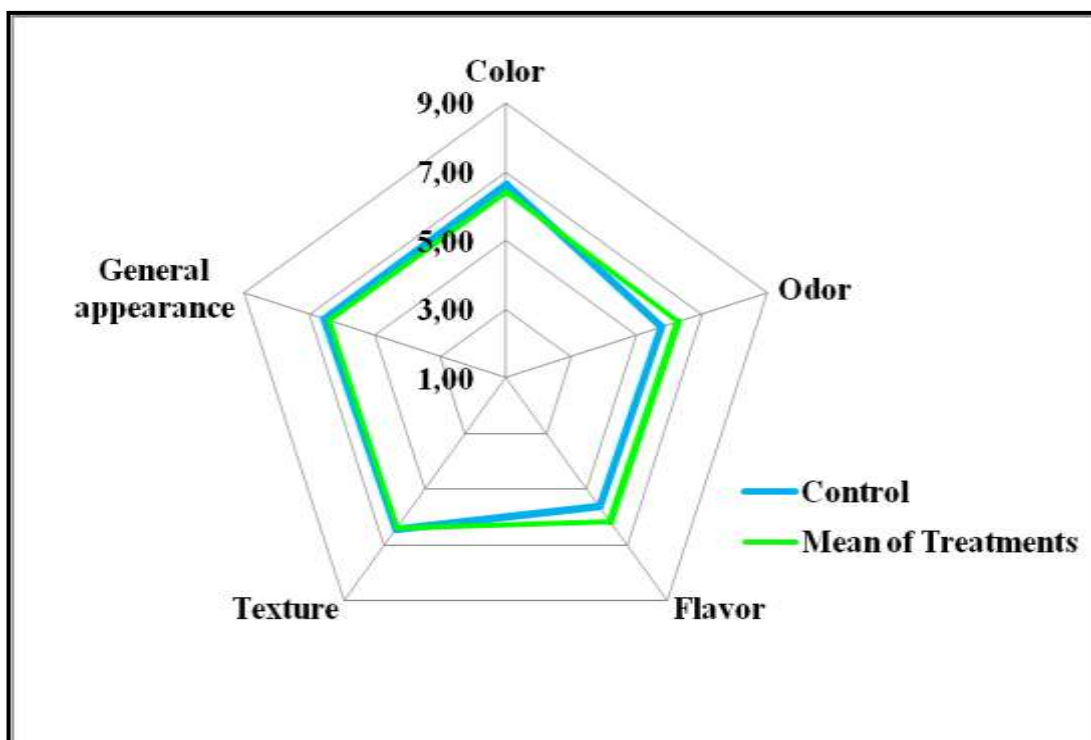


Figure 1: Radar graph presenting the mean values of the Control and the Mean of Treatments given to the sensory attributes evaluated (color, odor, flavor, texture and general appearance) of broilers *tight* meat fed diets with SO by-products.

## **CAPÍTULO V**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda por fontes de energia de origem vegetal vem gerando maior competitividade por ingredientes como o milho e óleo de soja, tradicionalmente utilizados na alimentação humana e animal, determinando aumentos dos custos destas matérias-primas.

Ante a falta de alimentos energéticos para a população humana as fontes de energia e de proteína terão de ser priorizadas para o consumo humano, desta forma somente as matérias-primas não consumidas serão utilizadas na nutrição animal. Sendo assim, é neste contexto que nos últimos anos vem se realizando inúmeras pesquisas envolvendo a utilização de alimentos pouco convencionais como os subprodutos resultantes do processamento industrial. Contudo, existem alguns problemas relacionados com a variabilidade e falta de padronização destas novas matérias-primas. Nestas circunstâncias, os valores de energia destes “novos” ingredientes devem estar disponíveis para que o nutricionista possa formular dietas economicamente eficientes.

Através da realização deste estudo foram calculados os valores de energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn) dos subprodutos do processamento do óleo de soja (OS) e do biodiesel assim como a sua mistura. Em vista dos resultados obtidos, foi observado que os valores de energia calculados pela metodologia de substituição para o óleo ácido de soja (OAS), lecitina (LEC) e glicerol (GLI) estão entre os valores que reporta a literatura, além disso a energia da mistura (MIS) foi superior à energia de cada uma das fontes utilizadas de forma individual. Estes resultados indicam que o produto MIS além de gerar valor agregado a estes subprodutos pode ser também utilizado como fonte de energia na alimentação de frangos de corte. Entretanto, os valores de energia metabolizável dos subprodutos do OS obtidos através da análise de regressão foram superiores aos valores de energia bruta de cada uma das fontes de energia utilizadas. Por isto é de suma importância a escolha de uma metodologia adequada para o cálculo das energias, especialmente quando se utilizam ingredientes de baixa inclusão a ser testados. Todavia, existem algumas diferenças nos valores de energia destes subprodutos relacionadas principalmente com os processos industriais de refino durante a obtenção do óleo e do biodiesel. Ademais, a idade das aves e as diferentes metodologias utilizadas no cálculo das energias podem influenciar na diferença destes valores. Por outro lado, o nível de inclusão e o tipo de ração utilizados na avaliação destas fontes de gordura podem promover diferentes comportamentos quanto à capacidade das aves em utilizá-las, ou seja, dependendo da fonte de gordura e dos níveis de uso na ração, a resposta em termos de sua contribuição energética pode ser diferente seguindo um comportamento linear, curvilíneo ou ainda exceder o seu conteúdo em energia

bruta.

Na indústria de frangos de corte, existe hoje uma boa perspectiva na utilização do GLI e do OAS como ingredientes na formulação de rações destes animais, além de seu valor energético, seu valor comercial os torna cada vez desejáveis, sempre e quando tenham sido obtidos através de um ótimo processo de refino. No caso do GLI, pela sua variabilidade, é fundamental que seja conhecido o percentual de glicerol, metanol e as quantidades de sais de sódio e potássio, parâmetros estes que podem trazer consequências para a saúde dos animais, já que o metanol pode ocasionar intoxicação e as sais podem estar associadas a situações de desbalanço eletrolítico.

Também é importante conhecer os valores de ácidos graxos livres e monoglicerídeos presentes no OAS, já que estes influenciam na emulsificação das gorduras e no desempenho dos animais. Entretanto, pela viscosidade que apresenta a LEC, seu uso na indústria de frangos de corte é limitada, pois são necessários equipamentos especiais.

O nível de energia metabolizável das fontes OAS, LEC, GLI e MIS influenciou os parâmetros zootécnicos das aves. Foi verificado que os animais que receberam dietas com subprodutos e sua mistura com níveis fixos de inclusão, apresentaram desempenho inferior nos primeiros 21 dias quando comparados ao tratamento controle e as mesclas de OS + subprodutos. As mesclas de cada subproduto com o óleo de soja apresentaram comportamento similar ao tratamento controle, indicando uma possível interação que melhora a relação entre os triglicerídeos do OS e os ácidos graxos livres dos subprodutos. Porém, esta interação é mais evidente quando as misturas são realizadas com fontes de gordura de origem vegetal e animal como o óleo de soja com sebo bovino ou gordura de víscera de aves.

A ausência de diferenças nas análises físico-químicas das carnes de aves consumindo os subprodutos do processamento do OS e do biodiesel assim como a sua mistura, foi verificada pelo painel de provadores através dos atributos (cor, odor, sabor, textura, aparência geral) avaliados na análise sensorial. De acordo com os resultados obtidos nestes estudos é possível sugerir a utilização de cada um dos subprodutos (OAS, LEC, GLI) e MIS na formulação de rações para frangos de corte. Portanto, novos estudos com relação a MIS devem ser conduzidos levando em consideração a homogeneização e a estabilidade da mesma em condições industriais, pois sua utilização em tanques sem aquecimento e agitação poderá ocasionar uma composição variável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDDALLA, A. et al. Utilização de subprodutos da indústria do biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 260-268, 2008. Suplemento especial.

ALBERS, N. et al. **Vitamins in animal nutrition**. Bonn: Arbeitsgemeinschaft für Wirkstoffe in der Tierernährung (AWT), 2002. 77 p.

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

ALLEONI, A. C. A.; ANTUNES, A. J. Unidade haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 4, p. 681-685, out./dez. 2001.

AL-MARZOOQI, W.; LEESON, S. Evaluation of dietary supplements of lipase, detergent, and crude Porcine pancreas on fat utilization by young broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 1561-1566, 1999.

ALVARENGA, R. R. et al. Lipoprotein metabolism in poultry. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v. 67, n. 3, p. 431-440. 2011.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. [2011]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. 2011. Acesso em: 15 out. 2011.

ARRUDA, P.; RODRIGUES, R.; FELIPE, M. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica, São Paulo**, n. 26, p. 56-62. 2007.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12806**: análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia. São Paulo, 1993. 8 p.

ATTIA, Y. A. et al. Improving productive and reproductive performance of dual-purpose crossbred hens in the tropics by lecithin supplementation. **Tropical Animal Health Production**, Netherlands, v. 41, p. 461-475. 2008.

AUTIRO, H. C. Desgomado. In: BLOCK, J. M.; ARELLANO, D. B. **Temas selectos en aceites y grasas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2009. 475 p.

AZMAN, M. A.; CIFTCI, M. Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. **Revue de Médecine Vétérinaire**, Toulouse, v. 155, n. 8-9, p. 445-448, 2004.

BAIÃO, N. C.; LARA, L. J. C. Oil and fat in broiler nutrition. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, SP, v. 7, n. 3, p. 129-141, 2005.

BATAL, A. B. Use of by-products from the biofuels industry and other alternatives to replace corn in poultry diets. In: CAROLINA POULTRY NUTRITION CONFERENCE, 34., 2007, Georgia. **Proceedings...** Georgia: Department of Poultry Science, 2007.

BLANCH, A. et al. Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. **Animal Feed Science Technology**, New York, v. 61, p. 335-342, 1995.

BERAQUET, N. J. Influência de fatores ante e post-mortem na qualidade da carne de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, SP, v. 1, n. 3, p. 155-166, 1999.

BERENCHTEIN, B. **Utilização do glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação**. 2008. 45 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós - Graduação em Zootecnia - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2008.

BERRI, C. N. Variability of sensory and processing quality of poultry meat. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v. 56, n. 3, p. 209-244, 2000.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N. J. Efeito de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 1049-1059, 2002.

CARRATO, R. L. P. **Substituição de metionina por cloreto de colina e sulfato de sódio em rações de frangos de corte**. 1985. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1985.

CERRATE, S. et al. Evaluation of Glycerine from Biodiesel Production as a Feed Ingredient for Broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 11, p. 1001-1007, 2006.

CRF - Code of Federal Regulations. **Food additives permitted in feed and drinking water of animals**. [2009]. Disponível em: <<http://cfr.vlex.com/vid/573-640-methyl-esters-higher-fatty-acids-19713075>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

DAWSON, P. L. et al. Effect of post mortem deboning time during simulated commercial processing on the tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, Ithaca, v. 66, n. 8, p. 1331-1333, 1987.

DELLA CASA, G. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, Barking, v. 81, n. 1, p. 238-244, 2008.

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

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Universitária Champagnat, 2007. 239 p.

DUMONT, M. J.; NARINE, S. S. Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils: review on their characterization, extraction and utilization. **Food Research International**, Guelph, v. 40, p. 957-974, 2007.

EMMERT, J. L.; GARROW, T. A.; BAKER, D. H. Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2738-2744, 1996.

EWAN, R. C. Energy utilization in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN L. L. **Swine nutrition**. 2nd ed. New York: CRC Press, 2001. p. 903-916.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FREITAS, E.; SAKOMURA, N.; NEME, R. Valor energético do óleo ácido de soja para aves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 241-246, 2005.

GAIOTTO, J. B. et al. Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gorduras em rações de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, Campinas, SP, v. 2, p. 219-227, 2000.

GAIOTTO, J. B. **Determinação da energia metabolizável de gorduras e sua aplicação na formulação de dietas para frangos de corte**. 2004. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Zootecnia - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

GOMES, L. F. S.; MELEGARI DE SOUZA, S. N.; BARICCATTI, R. A. Biodiesel produzido com óleo de frango. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 57-62, 2008.

HARMS, R. H.; RUSSELL, G. B. Betaine does not improve performance of laying hens when the diet contains adequate choline. **Poultry Science**, Savoy, v. 81, p. 99-101, 2002.

JONSÄLL, A.; JOHANSSON, L.; LUNDSTRÖM, K. Sensory quality and cooking loss of ham muscle (*M. biceps femoris*) from pigs reared indoors and outdoors.

**Meat Science**, Barking, v. 57, p. 245-250, 2001.

JUKES, T. H. Effect of choline and other supplements on perosis. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 20, p. 445-458, 1940.

KERR, B. J. **Feeding bioenergy coproducts to swine**. Sheffield: Iowa State University, 2007. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/publications/IPIC11b.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2008.

KERR, J. B. et al. **Utilization of crude glycerin in nonruminants, biodiesel-quality, emissions and by-products**. 2011. p. 380. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/articles/show/title/utilization-of-crude-glycerin-in-nonruminants>>. Acesso em: 05 set. 2011.

KLEIBER, M. **The fire of life: an introduction to animal energetic**. 2nd ed. New York: Robert E. Krieger, 1975. 453 p.

KROGDAHL, A. Digestion and absorption of lipids in poultry. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 115, p. 675-685, 1985.

LAMMERS, P. et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 602-608, 2008a.

LAMMERS, P. et al. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 104-107, 2008b.

LAMMERS, P. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin – supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 2962-70, 2008c.

LARA, L. J. C. et al. Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Brasília, v. 57, n. 6, p. 792-798, 2005.

LAWRIE, R. A. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J. D. Broiler response to diet energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, p. 529-535, 1996.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Nutrition of the chickens. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.

LEHNINGER, A. L. et al. **Lehninger principles of biochemistry**. 3rd ed. New York: W. H. Freeman: 2002. 1152 p.

LILBURN, M. Ingredient quality and its impact on digestion and absorption in poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 5, p. 78-81, 1996.

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

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

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

LÓPES, F. D; REVILLA, J. L. G; MUNILLA, M. H. Glicerol. In: MANUAL dos derivados da cana de- açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. p. 393-397.

MACHADO, L. P.; VIEIRA, S. L.; QUADROS, V. R. Source, level and age differences in fat utilization by broilers. **Poultry Science Annual Meeting. Abstracts**, Madison, v. 82, supl. 1, p. 39, 2003.

MC. DOWELL, L. R. Choline In: VITAMINS in animal nutrition – comparative aspects to human nutrition. London: Academic Press, 1989. p. 347-364.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 387 p.

MENDES, A. C. **Lecitina de soja**: processo de obtenção e refino. 2000. 90 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Curso de Engenharia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.

MENDES, A. A. et al. Correlação entre peso, perda de peso e força de cisalhamento em carne de peito de frangos. In: CONFERENCIA APINCO, 2004, Santos. **Anais...** Santos: APINCO, 2004.

MENTEN, J. F. M.; PESTI, G. M.; BAKALLI, R. I. A New Method for Determining the Availability of Choline in Soybean Meal. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 1292–1297, 1997.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 1., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2009. p. 101-114.

MILLER, R. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, SP, v. 6, p. 67-80, 2003. Special issue.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial**: estudo com consumidores. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 225 p.

MOREIRA, I.; CARVALHO, P. L. O. **Glicerina na alimentação de suínos**. 2009. (Boletim técnico. Serrana nutrição animal, 95). Disponível em: <<http://www.serrana.com.br/NutricaoAnimal/BoletimTecnico/Novembro2009.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

MOUROT, J. et al. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig: Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Science**, Savoy, v. 38, n. 3, p. 237-244, 1994.

MÜLLER, M. D.; CARVALHO, G. R.; FERNANDES, E. N. Impacto do aumento da demanda de biodiesel no custo da alimentação animal. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/desenvolvimento/15.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2008.

NASCIF, C. C. C. et al. Determinação dos valores energéticos de alguns óleos e gorduras para pintos de corte machos e fêmeas aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 375-385, 2004.

NASS, L. L.; PEREIRA, P. A. A.; ELLIS, D. Biofuels in Brazil: an overview. **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 2228-2237, 2007.

OKADA, M. Lecitinas, origem, produção e propriedades. In: REUNIÃO SANBRA SOBRE LECITINAS E SUAS APLICAÇÕES, 1., 1985, Campinas. **Resumos...** Campinas, 1985.

OLIVO, R. Atualidades na qualidade da carne de aves. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 28, n. 331, p. 38-50, 2004.

OVERLAND, M. et al. Lecithin in swine diets: II. Growing-finishing pigs **Journal of Animal Science**, Savoy v. 71, p. 1194-1197, 1993.

OVERLAND, M.; MROZ, Z.; SUNDSTOL, F. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 2022-2028, 1994.

PARDIO, V. T.; LANDIN, L. A.; WALISZEWSKI, K. N. The effect of acidified soapstocks on feed conversion and broiler skin pigmentation. **Poultry Science**, Savoy, v. 80, p. 1236-1239, 2001.

PARDÍO, V. T.; LANDÍN, L. A.; WALISZEWSKI, K. N. The effect of soybean soapstock on the quality parameters and fatty acid composition of the hen egg yolk. **Poultry Science**, Savoy, v. 84, p. 148-157, 2005.

PENZ, A. M.; KESSLER, P. G.; BRUGALLI, I. T. Valor nutricional y toxicidad de la grasa en el alimento. In: SEMINARIO DE PATOLOGÍA AVIAR, 8., 1999, Georgia. **Proceedings...** Georgia, 1999. 205 p.



PYLE, D. J. **Use of biodiesel-derived crude glycerol for the production of omega-3 polyunsaturated fatty acids by the microalga *schizochytrium limacinum***. 2008. 135 f. Dissertation (Master Science) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 2008.

POTTER, L. M. et al. Studies in evaluating energy content of feeds for the chick. 1. The evaluation of the metabolizable energy and productive energy of alpha cellulose. **Poultry Science**, Savoy, v. 39, p. 1166, 1960.

QIAO, M. et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, waterholding capacity and emulsification capacity. **Poultry Science**, Savoy, v. 80, n. 4, p. 676-680, 2001.

RABER, M. et al. Desempenho, metabolismo e níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos em frangos de corte alimentados com óleo ácido e óleo de soja, **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 38, n. 6, p. 1730-1736, 2008.

RABER, M. R. et al. Suplementação de glicerol ou de lecitina em diferentes níveis de ácidos graxos livres em dietas para frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 3, p. 745-753, 2009.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2011. 252 p.

RUIZ, N.; MILES, R. D.; HARMS, R. H. Choline, methionine and sulphate interrelationships in poultry nutrition – a review. **World's Poultry Science Journal**, Wallingford, v. 39, p. 185-198, 1983.

SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: SAKOMURA, N.; ROSTAGNO, H. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. p. 41-71.

SAKOMURA, N.; FORTES, C. M.; SANTOS, F. Determinação da digestibilidade dos alimentos para aves. In: CURSO DE FISIOLOGIA DA DIGESTÃO E METABOLISMO DOS NUTRIENTES EM AVES, 2004, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 2004.

SANZ, M. et al. Effect of the Inclusion time of dietary saturated and unsaturated fats before slaughter on the accumulation and composition of abdominal fat in female broiler chickens. **Poultry Science**, Savoy, v. 79, p. 1320-1325, 2000.

SCANES, C. G. The effect of bioenergy. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, p. 213-214, 2008.

SCOTT, T. A. et al. Comparison of sample source (excreta or ileal digest) and age of broiler chick on measurement of apparent digestible energy of wheat and barley. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 456-463, 1998.

SERRATO, A. G. Extraction of oil from soybeans. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 58, p. 157-158, 1981.

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

SIBBALD, I. R. Measurements of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Sherbrooke, v. 62, n. 4, p. 983-1048, 1982.

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

SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 5., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, 2006. p. 91-96.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, MG, v. 366, n. 64, p. 12-21, 2009.

THOMPSON, J. C.; HE, B. B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, Michigan, 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.

TORRES, T. R. et al. Sensorial attributes of meat from broilers fed extruded cotton seed meal evaluated by the simplified quantitative descriptive analysis and the triangle test. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 6, n. 1, p. 174-180, 2011.

VIEIRA, S. L. Conceitos atuais de qualidade em produtos de frango: Efeito da nutrição inicial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA, PROCESSAMENTO E QUALIDADE DA CARNE DE AVES, 1999, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa, 1999. p. 60-68.

VIEIRA, S. L. et al. Utilização da energia de dietas de frangos de corte formuladas com óleo ácido de soja. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, SP, v. 4, n. 2, p. 127-139, 2002.

WALDROUP, P. W. Biofuels and broilers - competitors or cooperators? In: MID-ATLANTIC NUTRITION CONFERENCE, 5., 2007, Zimmermann **Proceedings...** Zimmermann, 2007. p. 25-34.

WALDROUP, P. W.; WATKINS, S. E.; SALEH, E. A. Comparison of two blended animal-vegetable fats having low or high free fatty acid content. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 4, p. 41-48, 1995.

WISEMAN, J.; LESSIRE, M. Content: apparent metabolizable energy values and apparent fat availability. **British Poultry Science**, Savoy, v. 28, p. 663-676, 1987.

WISEMAN, J.; SALVADOR, F. Influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. **Poultry Science**, Savoy, v. 70, p. 573-582, 1991.

WOERFEL, J. B. Processing and utilization of by-products from soy oil processing. Proceedings of the world conference on soya processing and utilization. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 159-165, 1981.

## **APÉNDICES**

## Apêndice 1. Normas para publicação de artigos na Revista Brasileira de Zootecnia.

### Instruções gerais

A RBZ publica artigos científicos originais nas áreas de Aquicultura; Forragicultura; Melhoramento, Genética e Reprodução; Ruminantes; Não-Ruminantes; e Sistemas de Produção Animal e Agronegócio.

O envio dos manuscritos é feito exclusivamente pelo *site* da SBZ (<http://www.sbz.org.br>), menu Revista (<http://www.revista.sbz.org.br>), juntamente com o termo de compromisso, conforme instruções no link "Submissão de manuscritos". O texto deve ser elaborado segundo as normas da RBZ e orientações disponíveis no link "Instruções aos autores". O pagamento da taxa de tramitação (pré-requisito para emissão do número de protocolo), no valor de R\$ 50,00 (cinquenta reais), deve ser realizado por meio de boleto bancário ou cartão de crédito, conforme instruções no *site* da SBZ (<http://www.sbz.org.br>), link "Pagamentos".

A taxa de publicação para **2012** é diferenciada para associados e não-associados da SBZ. Considerando-se artigos completos, para associados, a taxa é de R\$ 150,00 (até 8 páginas no formato final) e R\$ 55,00 para cada página excedente. Uma vez aprovado o manuscrito, todos os autores devem estar em dia com a anuidade da SBZ do ano corrente, exceto coautores que não militam na área, desde que não sejam o primeiro autor e que não publiquem mais de um artigo no ano corrente (reincidência). Para não-associados, serão cobrados R\$ 120,00 por página (até 8 páginas no formato final) e R\$ 235,00 para cada página excedente.

### Idioma: inglês.

Atualmente, são aceitas submissões de artigos em português, os quais deverão ser obrigatoriamente vertidos à língua inglesa (responsabilidade dos autores) após a aprovação pelo conselho editorial. As versões em inglês deverão ser realizadas por pessoas com fluência na língua inglesa (serão aceitas versões tanto no inglês norte-americano como no inglês britânico). Constitui prerrogativa do corpo editorial da RBZ solicitar aos autores a revisão de sua tradução ou o cancelamento da tramitação do manuscrito, mesmo após seu aceite técnico-científico, quando a versão em língua inglesa apresentar limitações ortográficas ou gramaticais que comprometam seu correto entendimento.

### Tipos de Artigos

**Artigo completo:** constitui o relato completo de um trabalho experimental. O texto deve representar processo de investigação científica coeso e propiciar seu entendimento, com explanação coerente das informações apresentadas.

**Comunicação:** constitui relato sucinto de resultados finais de um trabalho experimental, os quais possuem plenas justificativas para publicação, embora com volume de informações insuficiente para constituir artigo completo. Os resultados utilizados como base para a feita da comunicação não poderão ser posteriormente utilizados parcial ou totalmente para apresentação de artigo completo.

**Nota técnica:** constitui relato de avaliação ou proposição de método, procedimento ou técnica que apresenta associação com o escopo da RBZ. Quando possível, a nota técnica deve apresentar as vantagens e desvantagens do novo método, procedimento ou técnica proposto, bem como sua comparação com aqueles previamente ou atualmente utilizados. Deve apresentar o devido rigor científico na análise, comparação e discussão dos resultados.

**Revisão:** constitui abordagem do estado da arte ou visão crítica de assuntos de interesse e relevância para a comunidade científica. Somente poderá ser submetida a convite do corpo editorial da RBZ.

**Editorial:** constitui abordagem para esclarecimento e estabelecimento de diretrizes técnicas e/ou filosóficas para estruturação e feita de artigos a ser submetidos e avaliados pela RBZ. Será redigida por ou a convite do corpo editorial da RBZ.

### Estrutura do artigo (artigo completo)

O artigo deve ser dividido em seções com título centralizado, em negrito, na

seguinte ordem: Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências.

Não são aceitos subtítulos. Os parágrafos devem iniciar a 1,0 cm da margem esquerda.

### **Formatação de texto**

O texto deve ser digitado em fonte Times New Roman 12, espaço duplo (exceto Resumo, Abstract e Tabelas, que devem ser elaborados em espaço 1,5), margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5; 2,5; 3,5; e 2,5 cm, respectivamente. O manuscrito pode conter até 25 páginas. As linhas devem ser numeradas da seguinte forma: Menu ARQUIVO/ CONFIGURAR PÁGINA/LAYOUT/NÚMEROS DE LINHA.../ NUMERAR LINHAS (numeração contínua) e a paginação deve ser contínua, em algarismos arábicos, centralizada no rodapé. O arquivo deverá ser enviado utilizando a extensão.doc. Não enviar arquivos nos formatos pdf, docx, zip ou rar.

Manuscritos com número de páginas superior a 25 (acatando-se o máximo de 30 páginas) poderão ser submetidos acompanhados de carta encaminhada ao Editor Científico contendo justificativa para o número de páginas excedentes. Em caso de aceite da justificativa, a tramitação ocorrerá normalmente e, uma vez aprovado o manuscrito, os autores deverão arcar com o custo adicional de publicação por páginas excedentes. Caso não haja concordância com a justificativa por parte do Editor Científico, o manuscrito será reencaminhado aos autores para adequação às normas, a qual deverá ser realizada no prazo máximo de 30 dias. Em caso do não-recebimento da versão neste prazo, proceder-se-á ao cancelamento da tramitação (não haverá devolução da taxa de tramitação).

### **Título**

Deve ser preciso, sucinto e informativo, com 20 palavras no máximo. Digitá-lo em negrito e centralizado, segundo o exemplo: **Valor nutritivo da cana-de-açúcar para bovinos**. Deve apresentar chamada de rodapé "1" somente quando a pesquisa foi financiada. Não citar "parte da tese..."

### **Autores**

A RBZ permite até **oito autores**. A primeira letra de cada nome/sobrenome deve ser maiúscula (Ex.: Anacleto José Benevenuto). Não listá-los apenas com as iniciais e o último sobrenome (Ex.: A.J. Benevenuto). Digitar os nomes dos autores separados por vírgula, centralizado e em negrito, com chamadas de rodapé numeradas e em sobrescrito, indicando apenas a instituição à qual estavam vinculados à época de realização da pesquisa (instituição de origem), e não a atual. Não citar vínculo empregatício, profissão e titulação dos autores. Informar o endereço eletrônico somente do responsável pelo artigo.

### **Resumo**

Deve conter no máximo 1.800 caracteres com espaços. As informações do resumo devem ser precisas. Resumos extensos serão devolvidos para adequação às normas. Deve sumarizar objetivos, material e métodos, resultados e conclusões. Não deve conter introdução nem referências bibliográficas. O texto deve ser justificado e digitado em parágrafo único e espaço 1,5, começando por RESUMO (ABSTRACT), iniciado a 1,0 cm da margem esquerda. A partir da obrigatoriedade de tradução dos manuscritos para a língua inglesa, a versão final (artigo formatado) apresentará somente o resumo em inglês (abstract). Assim, manuscritos submetidos em português deverão conter apenas o RESUMO, o qual será posteriormente vertido para o inglês, e manuscritos submetidos em inglês deverão apresentar somente o ABSTRACT.

### **Palavras-chave**

Apresentar até seis (6) palavras-chave (key words) imediatamente após o resumo (abstract), respectivamente, em ordem alfabética. Devem ser elaboradas de modo que o trabalho seja rapidamente resgatado nas pesquisas bibliográficas. Não podem ser

retiradas do título do artigo. Digitá-las em letras minúsculas, com alinhamento justificado e separadas por vírgulas. Não devem conter ponto-final. Seguindo-se o padrão de normas para o resumo/abstract, manuscritos submetidos em português deverão conter somente palavras-chave, as quais serão traduzidas posteriormente à aprovação, e artigos em inglês, somente key words.

### **Introdução**

Deve conter no máximo 2.500 caracteres com espaços, resumindo a contextualização breve do assunto, as justificativas para a realização da pesquisa e os objetivos do trabalho. Evitar discussão da literatura na introdução. A comparação de hipóteses e resultados deve ser feita na discussão. Trabalhos com introdução extensa serão devolvidos para adequação às normas.

### **Material e Métodos**

Se for pertinente, descrever no início da seção que o trabalho foi conduzido de acordo com as normas éticas e aprovado pela Comissão de Ética e Biossegurança da instituição. Descrição clara e com referência específica original para todos os procedimentos biológicos, analíticos e estatísticos. Todas as modificações de procedimentos devem ser explicadas.

### **Resultados e Discussão**

É facultada ao autor a feitura desta seção combinando-se os resultados com a discussão ou em separado, redigindo duas seções, com separação de resultados e discussão. Dados suficientes, todos com algum índice de variação, devem ser apresentados para permitir ao leitor a interpretação dos resultados do experimento. Na seção discussão deve-se interpretar clara e concisamente os resultados e integrá-los aos resultados de literatura para proporcionar ao leitor uma base ampla na qual possa aceitar ou rejeitar as hipóteses testadas. Evitar parágrafos soltos, citações pouco relacionadas ao assunto e cotejamentos extensos.

### **Conclusões**

Devem ser redigidas em parágrafo único e conter no máximo 1.000 caracteres com espaço. Resuma claramente, sem abreviações ou citações, as inferências feitas com base nos resultados obtidos pela pesquisa. O importante é buscar entender as generalizações que governam os fenômenos naturais, e não particularidades destes fenômenos. As conclusões são apresentadas usando o presente do indicativo.

### **Agradecimentos**

Esta seção é opcional. Deve iniciar logo após as Conclusões.

### **Abreviaturas, símbolos e unidades**

Abreviaturas, símbolos e unidades devem ser listados conforme indicado na página da RBZ, link "Instruções aos autores", "Abreviaturas".

Deve-se evitar o uso de abreviações não-consagradas, como por exemplo: "o T3 foi maior que o T4, que não diferiu do T5 e do T6". Este tipo de redação é muito cômoda para o autor, mas é de difícil compreensão para o leitor.

Os autores devem consultar as diretrizes estabelecidas regularmente pela RBZ quanto ao uso de unidades.

### **Estrutura do artigo (comunicação e nota técnica)**

Devem apresentar antes do título a indicação da natureza do manuscrito (Comunicação ou Nota Técnica) centralizada e em negrito.

As estruturas de comunicações e notas técnicas seguirão as diretrizes definidas para os artigos completos, limitando-se, contudo, a 14 páginas de tamanho máximo. As taxas de tramitação e de publicação aplicadas a comunicações e notas técnicas serão as mesmas destinadas a artigos completos, considerando-se, porém, o limite de 4 páginas no formato final. A partir deste, proceder-se-á à cobrança de taxa de publicação por página adicional.

### **Tabelas e Figuras**

É imprescindível que todas as tabelas sejam digitadas segundo menu do Microsoft® Word “Inserir Tabela”, em células distintas (não serão aceitas tabelas com valores separados pelo recurso ENTER ou coladas como figura). Tabelas e figuras enviadas fora de normas serão devolvidas para adequação. Devem ser numeradas sequencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.

O título das tabelas e figuras deve ser curto e informativo, evitando a descrição das variáveis constantes no corpo da tabela.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas e unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas, que deve ser referenciada.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

As figuras devem ser gravadas nos programas Microsoft® Excel ou Corel Draw® (extensão CDR), para possibilitar a edição e possíveis correções.

Usar linhas com no mínimo 3/4 ponto de espessura. As figuras deverão ser exclusivamente monocromáticas. Não usar negrito nas figuras.

Os números decimais apresentados no interior das tabelas e figuras dos manuscritos em português devem conter vírgula, e não ponto.

### **Citações no texto**

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al.

### **Comunicação pessoal (ABNT-NBR 10520).**

Somente podem ser utilizadas caso sejam estritamente necessárias ao desenvolvimento ou entendimento do trabalho. Contudo, não fazem parte da lista de referências, por isso são colocadas apenas em nota de rodapé. Coloca-se o sobrenome do autor seguido da expressão “comunicação pessoal”, a data da comunicação, o nome, estado e país da instituição à qual o autor é vinculado.

### **Referências**

Baseia-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 6023). As referências devem ser redigidas em página separada e ordenadas alfabeticamente pelo(s) sobrenome(s) do(s) autor(es).

Digitá-las em espaço simples, alinhamento justificado e recuo até a terceira letra a partir da segunda linha da referência. Para formatá-las, siga as seguintes instruções: No menu FORMATAR, escolha a opção PARÁGRAFO...RECUO ESPECIAL, opção DESLOCAMENTO... 0,6 cm.

Em obras com dois e três autores, mencionam-se os autores separados por ponto-e-vírgula e, naquelas com mais de três autores, os três primeiros seguidos de et al. As iniciais dos autores não podem conter espaços. O termo et al. não deve ser italizado nem precedido de vírgula.

Indica(m)-se o(s) autor(es) com entrada pelo último sobrenome seguido do(s) prenome(s) abreviado (s), exceto para nomes de origem espanhola, em que entram os dois últimos sobrenomes.

O recurso tipográfico utilizado para destacar o elemento título é negrito. No caso de homônimos de cidades, acrescenta-se o nome do estado (ex.: Viçosa, MG; Viçosa, AL; Viçosa, RJ).

### **Obras de responsabilidade de uma entidade coletiva**

A entidade é tida como autora e deve ser escrita por extenso, acompanhada



por sua respectiva abreviatura. No texto, é citada somente a abreviatura correspondente. Quando a editora é a mesma instituição responsável pela autoria e já tiver sido mencionada, não deverá ser citada novamente.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

### **Livros e capítulos de livro**

Os elementos essenciais são: autor(es), título e subtítulo (se houver), seguidos da expressão "In:", e da referência completa como um todo. No final da referência, deve-se informar a paginação. Quando a editora não é identificada, deve-se indicar a expressão *sine nomine*, abreviada, entre colchetes [s.n.]. Quando editor e local não puderem ser indicados na publicação, utilizam-se ambas as expressões, abreviadas, e entre colchetes [S.l.: s.n.].

LINDHAL, I.L. Nutrición y alimentación de las cabras. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **Fisiología digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3.ed. Zaragoza: Acríbia, 1974. p.425-434.  
NEWMANN, A.L.; SNAPP, R.R. **Beef cattle**. 7.ed. NewYork: John Wiley, 1997. 883p.

### **Teses e Dissertações**

Recomenda-se não citar teses e dissertações. Deve-se procurar referenciar sempre os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados. Excepcionalmente, se necessário citar teses e dissertações, indicar os seguintes elementos: autor, título, ano, página, nível e área do programa de pós-graduação, universidade e local.

CASTRO, F.B. **Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos**. 1989. 123f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, X.R. **Características de carcaça, qualidade de carne e composição lipídica de frangos de corte criados em sistemas de produção caipira e convencional**. 2004. 334f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

### **Boletins e relatórios**

BOWMAN, V.A. **Palatability of animal, vegetable and blended fats by equine**. (S.L.): Virgínia Polytechnic Institute and State University, 1979. p.133-141 (Research division report, 175).

### **Artigos**

O nome do periódico deve ser escrito por extenso. Com vistas à padronização deste tipo de referência, não é necessário citar o local; somente volume, intervalo de páginas e ano.

MENEZES, L.F.G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. et al. Distribuição de gorduras internas e de descarte e componentes externos do corpo de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.338-345, 2009.

Citações de artigos aprovados para publicação deverão ser realizadas preferencialmente acompanhadas do respectivo DOI.

FUKUSHIMA, R.S.; KERLEY, M.S. Use of lignin extracted from different plant sources as standards in the spectrophotometric acetyl bromide lignin method. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 2011. doi: 10.1021/jf104826n (no prelo).

### **Congressos, reuniões, seminários etc**

Citar o mínimo de trabalhos publicados em forma de resumo, procurando sempre referenciar os artigos publicados na íntegra em periódicos indexados.

CASACCIA, J.L.; PIRES, C.C.; RESTLE, J. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.468.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, [1999].

(CD-ROM).

### **Artigo e/ou matéria em meios eletrônicos**

Na citação de material bibliográfico obtido via internet, o autor deve procurar sempre usar artigos assinados, sendo também sua função decidir quais fontes têm realmente credibilidade e confiabilidade.

Quando se tratar de obras consultadas *on-line*, são essenciais as informações sobre o endereço eletrônico, apresentado entre os sinais < >, precedido da expressão “Disponível em:” e a data de acesso do documento, precedida da expressão “Acesso em:”. NGUYEN, T.H.N.; NGUYEN, V.H.; NGUYEN, T.N. et al. [2003].

Effect of drenching with cooking oil on performance of local yellow cattle fed rice straw and cassava foliage. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.7, 2003. Disponível em: <[http:// www.cipav.org.co/ lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm](http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/7/nhan157.htm)> Acesso em: 28 jul. 2005.

REBOLLAR, P.G.; BLAS, C. [2002]. **Digestión de la soja integral en rumiantes**. Disponível em: <[http://www.ussoymeal.org/ruminant\\_s.pdf](http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf)> Acesso em: 12 out. 2002.

SILVA, R.N.; OLIVEIRA, R. [1996]. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPE, 4., 1996, Recife.

**Anais eletrônicos...** Recife: Universidade Federal do Pernambuco, 1996. Disponível em: <[http://www.propesq.ufpe.br/ anais/anais.htm](http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais.htm)> Acesso em: 21 jan. 1997.

### **Citações de softwares estatísticos**

A RBZ não recomenda a citação bibliográfica de *softwares* aplicados a análises estatísticas. A utilização de programas deve ser informada no texto (Material e Métodos) incluindo o procedimento específico e o nome do *software* com sua versão e/ou ano de lançamento.

“... os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando-se o PROC MIXED do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.2.)”

Apêndice 2. Dados brutos relativos aos coeficientes de metabolismo de matéria seca, energia bruta, proteína bruta e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio. Capítulo 2.

<b>Bloco</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Nível</b>	<b>CMMS %</b>	<b>CMEB%</b>	<b>CMPB%</b>	<b>EMAn<sub>Kcal/kg MS</sub></b>
I	BASAL	0	75,02	78,27	67,70	3035,86
II	BASAL	0	73,32	76,15	67,55	2961,42
III	BASAL	0	72,81	75,07	65,38	2929,55
IV	BASAL	0	74,53	77,08	69,90	2987,38
I	GLY	2	65,33	69,87	52,17	.
II	GLY	2	74,10	76,79	66,73	3019,94
III	GLY	2	74,48	76,86	69,10	3015,76
IV	GLY	2	74,22	76,59	68,03	3009,13
IV	GLY	4	73,91	77,32	67,78	3092,26
I	GLY	4	73,38	76,11	67,21	3051,39
III	GLY	4	74,52	77,41	66,02	3100,33
II	GLY	4	76,64	79,20	71,34	3148,35
IV	GLY	6	74,59	77,64	67,22	3122,03
I	GLY	6	74,34	77,11	68,74	3098,99
II	GLY	6	74,57	77,13	65,90	3107,41
I	GLY	6	75,33	78,00	66,11	3137,79
II	OAS	2	76,67	80,00	71,38	3264,35
I	OAS	2	75,44	78,88	68,21	3232,23
IV	OAS	2	74,00	77,04	67,10	3168,35
III	OAS	2	72,27	75,47	64,29	3118,77
IV	OAS	4	73,81	77,94	67,92	3263,49
III	OAS	4	73,64	77,31	65,90	3245,72
II	OAS	4	74,03	77,26	66,90	3240,87
I	OAS	4	74,25	77,64	67,84	3252,47
III	OAS	6	75,32	78,59	67,95	3390,40
IV	OAS	6	75,54	79,42	69,96	3417,15
I	OAS	6	74,43	77,57	65,08	3359,08
III	OAS	6	74,54	77,31	70,63	3333,73
III	LEC	2	73,46	76,98	66,97	3095,62
II	LEC	2	74,70	78,00	67,57	3131,14
I	LEC	2	72,63	76,05	66,85	3061,68
IV	LEC	2	73,66	77,50	64,30	3122,19
III	LEC	4	70,28	74,28	62,02	3105,16
II	LEC	4	73,03	76,78	65,92	3187,71
IV	LEC	4	74,15	77,60	69,45	3208,47
II	LEC	4	74,33	77,96	67,44	3227,50
II	LEC	6	75,29	79,11	71,42	3290,82
I	LEC	6	74,83	78,63	69,62	3277,57
III	LEC	6	73,50	77,17	66,01	3232,24
IV	LEC	6	73,50	76,84	69,56	3209,98

IV	MIS	2	73,82	77,55	63,62	3179,45
III	MIS	2	74,20	77,96	65,11	3190,61
II	MIS	2	75,63	78,30	68,91	3192,45
I	MIS	2	72,73	76,77	66,63	3142,57
II	MIS	4	75,83	79,39	70,63	3292,14
IV	MIS	4	72,84	76,76	68,37	3199,48
I	MIS	4	68,08	71,85	56,90	3047,60
III	MIS	4	73,34	76,85	67,77	3204,65
I	MIS	6	77,01	80,54	71,03	3398,36
III	MIS	6	74,83	78,72	69,24	3332,88
IV	MIS	6	74,12	77,42	68,63	3284,30
II	MIS	6	75,57	78,73	72,10	3325,52

Apêndice 3. Análises de variância referentes ao Capítulo 2

Análise de variância do coeficiente de metabolismo da matéria seca.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	32,46	10,82	3,52	0,0257
Tratamento	3	8,86	2,95	0,96	0,4332
Nível	2	24,19	12,09	3,93	0,0294
Tratamento x Nível	6	23,27	3,87	1,26	0,3021
Erro	33	101,57	3,07		
Total	47	179,84			

Análise de variância do coeficiente de metabolismo da energia bruta.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	23,33	7,77	3,10	0,0400
Tratamento	3	10,95	3,65	1,46	0,2445
Nível	2	19,39	9,69	3,87	0,0310
Tratamento x Nível	6	19,89	3,31	1,32	0,2754
Erro	33	82,79	2,50		
Total	47	150,07			

Análise de variância do coeficiente de metabolismo da proteína bruta.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	88,23	29,41	2,72	0,0602
Tratamento	3	14,73	4,91	0,45	0,7160
Nível	2	73,95	36,97	3,42	0,0447
Tratamento x Nível	6	50,60	8,43	0,78	0,5915
Erro	33	356,81	10,81		
Total	47	566,74			

Análise de variância da energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio das rações.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	14957,94	4985,98	2,54	0,0741
Tratamento	3	255386,59	85128,86	43,32	<0,0001
Nível	2	178061,62	89030,81	45,31	<0,0001
Tratamento x Nível	6	22851,05	3808,50	1,94	0,1047
Erro	32	62878,34	1964,94		
Total	46	507867,16			

Análise de regressão linear para energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio do GLY.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	1	48128	48128	43,52	<0,0001
Erro	13	14377	1105,93		
Total	14	62505			
Intercepto	1	2978,78	14,33	207,80	<0,0001
Níveis	1	24,69	3,74	6,60	<0,0001

R<sup>2</sup>=0,77

Análise de regressão linear para energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio do ASS.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	1	309677	309677	102,10	<0,0001
Erro	14	42465	3033,21		
Total	15	352142			
Intercepto	1	3013,40	23,03	130,79	<0,0001
Níveis	1	62,21	5,15	10,10	<0,0001

R<sup>2</sup>=0,88

Análise de regressão linear para energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio do LEC.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	1	162672	162672	90,62	<0,0001
Erro	14	25132	1795,13		
Total	15	187804			
Intercepto	1	2993,73	17,72	168,92	<0,0001
Níveis	1	45,09	4,73	9,52	<0,0001

R<sup>2</sup>=0,86

Análise de regressão linear para energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio do MIX.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
Tratamento	1	233216	233116	47,24	<0,0001
Erro	14	69111	4936,46		
Total	15	302326			
Intercepto	1	3007,03	29,39	102,31	<0,0001
Níveis	1	53,99	7,85	6,87	<0,0001

R<sup>2</sup>=0,78

Apêndice 4. Normas para publicação de artigos no periódico Journal of Applied Poultry Research.

### **Instructions to Authors** **Editorial Policies and Procedures**

The mission of *Journal of Applied Poultry Research* (JAPR) is to provide practical, reliable, and timely information to those whose livelihoods are derived from the commercial production of poultry and those whose research benefits this sector; address topics of near-term application based on appropriately designed studies and critical observations; encourage scientific approaches to practical problem solving; and present information comprehensible to a broad readership. By submission of a manuscript, the authors guarantee to the journal that the work described has not been published before (except in the form of an abstract or as part of a published lecture, review, thesis, or dissertation); that it is not under consideration for publication elsewhere; and that its publication has been approved by all coauthors, if any, as well as by the responsible authorities at the institute where the work has been carried out. Appropriate identification of previously published preliminary reports should be provided in a title page footnote. Translations of an article into other languages for publication require approval by the editor-in-chief. Opinions or views expressed in papers published by JAPR are those of the authors and do not necessarily represent the opinion of the Poultry Science Association (PSA) or the editor-in-chief.

Before manuscripts are submitted, authors should have them read critically by others well versed in English to facilitate review; all co-authors should approve the manuscript before its submission to the journal.

#### **Contact Information for Journal Staff**

For information on the scientific content of the journal, contact the editor-in-chief, Dr. Jesse Grimes, North Carolina State University, Department of Poultry Science, Box 7608, Raleigh, NC 27695 (e-mail: jesse\_grimes@ncsu.edu).

For assistance with Manuscript Central, manuscript submission and copyright forms, or page charge and offprint orders, contact the editorial assistant, Jennifer Gavel, PSA, 2441 Village Green

Place, Champaign, IL 61822 (FAX: 217-378-4083; jennig@assoqh.org).

For other information or to submit a paper, contact the editorial department, PSA, 2441 Village Green Place, Champaign, IL 61822; (telephone: 217-356-7641; FAX: 217-378-4083; journals@assoqh.org).

#### **Care and Use of Animals**

Authors must make it clear that experiments were conducted in a manner that avoided unnecessary discomfort to the animals by the use of proper management and laboratory techniques. Experiments shall be conducted in accordance with the principles and specific guidelines presented in *Guidelines*

*for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching*, 3rd ed., 2010 (Federation of Animal Science Societies, 2441 Village Green Place, Champaign, IL 61822); and, if applicable, *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals* (United States Department of Human Health and Services, National Institutes of Health, Publication Number ISBN 0-309-05377-3, 1996); or *Guide to the Care and Use of Experimental Animals*, 2nd ed., Vol. 1, 1993 (Canadian Council on Animal Care). Methods of killing experimental animals must be described in the text. In describing surgical 2 JAPR: Instructions to Authors procedures, the type and dosage of the anesthetic agent must be specified. Intraabdominal or intrathoracic invasive surgery requires anesthesia. This includes caponization. The editor-in-chief of JAPR may refuse to publish manuscripts that are not compatible with these guidelines. If rejected solely on that basis, however, the paper may be resubmitted for reconsideration when accompanied by a written verification that a committee on animal care in research has approved the experimental design and procedures involved.

#### **Types of Articles**

**Review Articles.** Articles submitted to this section may cover new developments in a field,

describe the evolution of a currently accepted management practice, propose changes in management based on current research, or describe procedures. Clear distinctions should be made between firmly established practices and unresolved questions. Articles should begin with a concise description of the topic, followed by a critical evaluation of the important references. Review articles, whether solicited or unsolicited, will be subject to a stringent review process. Review articles should follow the general format outlined in the Style and Form when appropriate and include brief subheadings to separate main ideas. The title page should use the appropriate format and include a summary and statement of primary audience. Review articles may include tables, figures, and photographs. A Conclusions and Applications section should be included in most cases. The use of copyrighted materials must be by permission of the copyright holders. Authors are responsible for obtaining copyright permissions and sending them to the managing editor.

### **SUBMISSION OF MANUSCRIPTS**

Authors should submit their papers online to our Web-based submission and review system (<http://mc04.manuscriptcentral.com/japr>). Detailed instructions for submitting electronically are provided online at that site. Authors who are unable to submit online should contact the editorial office ([jennig@assochq.org](mailto:jennig@assochq.org)) for assistance.

JAPR: Instructions to Authors 3

### **Copyright Agreement**

When a manuscript is accepted for publication, the authors agree to transfer copyright to the publisher, that the manuscript will not be published elsewhere in any language without the consent of the copyright holders, that written permission of the copyright holder has been obtained by the authors for material used from other copyrighted sources (including tables, graphs, figures, and illustrations), and that any costs associated with obtaining this permission are the authors' responsibility. The Manuscript Submission and Copyright Release Form (available on the JAPR Web site: <http://japr.fass.org/misc/ifora.dtl>) must be completed and filed with the editorial office for each paper submitted; faxed copies are acceptable. The copyright agreement is included in the Manuscript Submission and Copyright Release form and must be completed by all authors before publication can proceed. The corresponding author is responsible for obtaining the signatures of co-authors.

Authors who are not permitted to release copyright, such as federal employees, must still sign and return the form with a statement of the reason for not releasing the copyright.

### **REVIEW OF MANUSCRIPTS**

The journal uses a two-stage review process. All manuscripts will first receive a preliminary review to ensure appropriateness for the journal. The second review will be a more detailed scrutiny by individuals knowledgeable in the specific subject area of the paper. Additional examination of the manuscript will be made by the editors. The review process will be stringent. Names of authors will be made known to reviewers; reviewers may contact the authors directly with questions, suggestions, and comments if such contact will improve the paper or streamline the review process. The subject editors will handle all initial correspondence with authors during the review process; the editor-in-chief will notify the author of the final decision to accept or reject.

### **PRODUCTION OF PROOFS**

Accepted manuscripts are forwarded to the editorial department for preparation for typesetting. At this point, a technical editor may contact the authors for missing information or table or figure revisions. The manuscript is then typeset, figures are reproduced, and author proofs are prepared.

#### **Proofs**

Author proofs of all manuscripts will be sent to the corresponding author indicated on the title page of the manuscript. Proofs should be read carefully, because the responsibility for proofreading is with the authors. Corrections to the proof should be made neatly and clearly in the margins of the proof or in the pdf by using the notes/comments and text insertion/strikeout features in Adobe Acrobat or Reader. Galley proofs should be faxed (217-378-4083) to PSA headquarters. Proofs should be corrected and returned within 3 working days.

Editor queries appear in the text, within brackets and in boldface type. Queries

should be answered on the galley proofs; failure to do so may delay publication.

### ***Publication Charges and Offprints***

Two options are available for the publication of articles in this journal: conventional page charges and Open Access (**OA**). 4 JAPR: Instructions to Authors

#### ***Conventional Page Charges.***

The current charge for publication is \$60 per printed page (or fraction thereof) in the journal if at least one author is a current professional member of PSA. If no author is a member of PSA, the publication charge is \$85 per journal page. **OA**. For authors who wish to publish their papers OA (freely available without subscription when the issue is posted online), authors will pay the OA fee when proofs are returned to the editorial office.

Charges for OA are \$2,400 if at least one author is a current professional member of PSA; the charge is \$3,100 when no author is a professional member.

#### ***Offprints and Color Charges.***

Offprints may be ordered at an additional charge. Authors who submit articles containing color illustrations are responsible for paying the additional charge for color printing, including the printing of any reprints they order, and must agree in writing prior to publication to pay the additional charges ([http://japr.fass.org/misc/JAPR\\_ColorChargeAgreement.pdf](http://japr.fass.org/misc/JAPR_ColorChargeAgreement.pdf)). When the galley proof is sent, the author is asked to complete an offprint order indicating the number of offprints desired and the name of the institution, agency, or individual responsible for publication charges.

## **MANUSCRIPT PREPARATION: STYLE AND FORM**

### ***Preparing the Manuscript File***

Manuscripts should be submitted in Microsoft Word 2003 and should be double-spaced with lines and pages numbered consecutively using Times New Roman font at 12 points. Files created in Office 2007 should be saved down to Office 2003 before submission for compatibility with our composition software. All special characters (e.g., Greek, math, symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex math should be entered using MathType or another equation editor. Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscripts (not placed in the text). Failure to follow these instructions may result in immediate rejection of the manuscript.

Metric or English units (or both) are acceptable. Authors should use units appropriate for the intended audience. Energy content of feeds will be expressed as calories.

### ***Headings***

#### ***Major Headings.***

Major headings are centered, boldface, in all capital letters, and consist of SUMMARY, DESCRIPTION OF PROBLEM, MATERIALS AND METHODS, RESULTS AND DISCUSSION, CONCLUSIONS AND APPLICATIONS, and REFERENCES AND NOTES. Major headings in review articles, field reports, and symposium articles may vary from those listed here, but should include SUMMARY, CONCLUSIONS AND APPLICATIONS, and REFERENCES AND NOTES

#### ***First Subheadings.***

First subheadings are boldface and italic, on a separate line beginning at the left margin, and have the first letter of each important word capitalized. Text that follows a first subheading should be in a new paragraph.

#### ***Second Subheadings.***

Second subheadings begin the first line of a paragraph. They are indented, boldface, italic, and followed by a period. The first letter of each important word is capitalized. The text follows immediately after the final period of the subheading.

#### ***Title Page***

- The title should be indicative of the content. It should capture the interest of all who might benefit from information in the manuscript. However, the length of the title should be kept to a minimum.



## JAPR: Instructions to Authors 5

- Address and affiliation of authors should be included. Indicate to whom correspondence should be directed by means of a footnote, with the notation “Corresponding author: (e-mail address)” at the bottom of the title page.
- List 3 to 8 key words or phrases to identify the most important subjects covered by the paper.
- The running title should be 30 characters or less, including spaces.
- Statement of primary audience. To determine appropriateness for the journal and to assist in selecting reviewers, the author should indicate clearly what sector(s) within the poultry community (e.g., flock supervisors, nutritionists, quality assurance personnel, researchers, plant managers, veterinarians) could benefit most from the content of this article.

### **Summary**

The Summary (12 to 16 lines) is not an abstract. It is intended to give readers with diverse backgrounds a general appreciation of the manuscript contents. It should be written so that even those not directly interested in the topic will enjoy reading at least this section to keep abreast of areas other than their own. This section should not include details of materials and methods or a detailed review of the results. Keep the summary free-flowing, giving the reader a general, not specific, idea of what the study revealed. Do not include reference citations in the summary.

### **Description of Problem**

This section will acquaint the reader with the problem, citing field experiences where appropriate. Readability is of utmost importance. Detailed literature reviews may not be appropriate for this section. A more extensive citation of references should be included in the Results and Discussion or References and Notes section. This section should end with a statement of the objective(s) of the study.

### **Materials and Methods**

The author(s) should clearly establish in the Materials and Methods section why the problem was approached in a particular way. The rationale for including each treatment should be clearly stated. Detailed laboratory and bird management procedures should be described in the References and Notes section and not in the Materials and Methods section. Sources of stock, equipment, and materials should be listed in the References and Notes section and referred to in text by citation number. A brief statement of the statistical methods should be included, with more detailed descriptions placed in the References and Notes section. In manuscripts using several treatments, a description of treatments should be included as Table 1.

### **Results and Discussion**

This section begins with observed results and their interpretation. Descriptive subheadings may precede all major paragraphs and changes in subject emphasis. This section should discuss specifically how findings address the problem described in the Description of Problem section and how they are related to published works.

Statements regarding statistically significant differences between treatments in results should be included in the text, tables, and figures. Statements regarding differences should be

avoided unless they are supported by statistical analyses and meet the stated level of probability (e.g.,  $P < 0.05$ ).

6 JAPR: Instructions to Authors

### **Conclusions and Applications**

Conclusions and recommendations of the author(s) should be listed numerically. Each statement should be clear, concise, and without discussion. Authors are encouraged to summarize their significant findings, to identify further research needs, and to describe the constraints, economics, and other factors associated with using the results in scientific or commercial applications. Do not include references in this section.

### **References and Notes (with Acknowledgments)**

References and notes should be cited in text, by number within an editorial bracket (e.g., [1]). In the References and Notes section, citations should be listed in the order they appear and are numbered in the text (not alphabetically). Authors are encouraged to use reference management software (e.g., EndNote or Reference Manager) to facilitate renumbering or inserting references by the editor or inserting references during the revision process.

Manuscripts may be returned to authors *before review* for renumbering of references if not cited in numerical order. Include details such as statistical analysis; detailed procedures; sources of birds, instruments, or items; details of designed instruments; a literature review; and other tangential matters.

Cite acknowledgments at the end of this section in a subsection called *Acknowledgments*. These entries are not numbered.

### Tables

Number tables consecutively according to the citation in the text. Tables must be created using the MS Word table feature and inserted in the manuscript after the references section. Each table must be placed on a separate page and must have a clear descriptive heading so that the meaning of the data will be understandable without reference to the text. Indicate footnotes to tables with numbers, beginning with 1. Statistical notation should be made with lowercase and uppercase superscript letters or with asterisks, as appropriate. Statistical notation should place the superscript "a" on the largest mean. Probability values may be indicated as follows: \* $P \leq 0.05$ , \*\* $P \leq 0.01$ , \*\*\* $P \leq 0.001$ , and † $P \leq 0.10$ . Consult a recent issue of the journal for examples of tables.

### Figures

- **Figure Size.** Prepare figures at the final size for publication. Figures should be created at the final publication size of 8.9 cm wide (1 column), 14 cm wide (2 column), or 19 cm wide (full page width).

- **Font Size.** Ensure that all type within the figure and axis labels is readable at the final publication size. A minimum type size of 8 points (after reduction) should be used.

- **Fonts.** Use Helvetica or Times New Roman. Symbols may be inserted using the Symbol palette in Times New Roman.

- **Line Weight.** For line graphs, use a minimum stroke weight of 1 point for all lines. If multiple lines are to be distinguished, use solid, long dash, short dash, and dotted lines. Avoid the use of color, gray, or shaded lines because these will not reproduce well. Lines with different symbols for the data points may also be used to distinguish curves.

- **Axis Labels.** Each axis should have a description and a unit. Units may be separated from the descriptor by a comma or parentheses, and should be consistent within a manuscript.

- **Shading and Fill Patterns.** For bar charts, use different fill patterns if needed (e.g., black, white, gray, diagonal stripes). Avoid the use of multiple shades of gray because they will not be easily distinguishable in print.

JAPR: Instructions to Authors 7

- **Symbols.** Identify curves and data points using the following symbols only: □, ■, ○, ●, ▲, ▼, △, ▽, ◇, ◆, +, or ×. Symbols should be defined in a key on the figure if possible.

- **File Formats.** Figures can be submitted in Word, PDF, EPS, TIFF, and JPEG. Avoid Power-Point files and other formats. For the best printed quality, line art should be prepared at 600 ppi. Grayscale and color images and photomicrographs should be at least 300 ppi.

- **Grayscale Figures.** If figures are to be reproduced in grayscale (black and white), submit in grayscale. Often color will mask contrast problems that are apparent only when the figure is reproduced in grayscale.

- **Color Figures.** If figures are to appear in color in the print journal, files must be submitted in CMYK color (not RGB).

- **Photomicrographs.** Photomicrographs must have their unmagnified size designated, either in the caption or with a scale bar on the figure. Reduction for publication can make a magnification power designation (e.g., 100×) inappropriate.

- **Caption.** The caption should provide sufficient information so that the figure can be understood without excessive reference to the text. All author-derived abbreviations used in the figure should be defined in the caption.

• **General Tips.** Avoid the use of 3-dimensional bar charts unless essential to the presentation of the data. Use the simplest shading scheme possible to present the data clearly. Ensure that data, symbols, axis labels, lines, and the key are clear and easily readable at the final publication size.

**Color Images.** The cost to publish in color is \$995 per figure; there is also a surcharge for color offprints. The corresponding author should complete a Color Charge Agreement form, available on the journal Web site (<http://japr.fass.org/misc/ifora.dtl>) and should fax (217-378-4083) that form to the JAPR editorial office when a manuscript with color figures is accepted for publication.

### **Sample References**

NOTE: The headings that appear above the following sample references and notes are for clarification in these instructions, but they are not used in an actual paper, except for *Acknowledgments*.

#### **Journal Article**

Dansky, L. M., and F. W. Hill. 1952. Application of the chromic oxide indicator method to balance studies with growing chicks. *J. Nutr.* 47:449–459.

Snow, J. L., M. W. Douglas, and C. M. Parsons. 2003. Phytase effects on amino acid digestibility in molted laying hens. *Poult. Sci.* 82:474–477.

Witter, R. L., and I. M. Gimeno. 2006. Susceptibility of adult chickens, with and without prior vaccination, to challenge with Marek's disease virus. *Avian Dis.* 50:354–365. doi:10.1637/7498-010306R.1

#### **Monograph**

NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

#### **Dissertation**

Heskett, E. A. 2003. Efficacy of a recombinant herpes virus of turkeys vector vaccine, expressing genes to Newcastle disease virus and Marek's disease virus, in chickens and turkeys against exotic Newcastle disease virus challenge. PhD Diss. Univ. Florida, Gainesville.

8 JAPR: Instructions to Authors

#### **Trade Publication**

Wilgus, H. S. 1973. Temperature-programmed feeding schedules and other means of conserving protein in market turkey production. *Feedstuffs* 45(27):27–31.

#### **Book or Chapter in Book**

AOAC International. 2007. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Rev. 2. AOAC Int., Gaithersburg, MD.

Whittow, G. C. 1976. Regulation of body temperature. Pages 146–173 in *Avian Physiology*. P. D.

Sturkie, ed. Springer-Verlag, New York, NY.

#### **Proceedings**

Hruby, M., J. C. Remus, and E. E. M. Pierson. 2004. Nutritional strategies to meet the challenge of feeding poultry without antibiotic growth promotants. Pages 3–5 in *Proc. 2nd Mid-Atlantic Nutr. Conf.*, Timonium, MD. Univ. Maryland, College Park.

#### **Federal Register**

USDA, Plant and Animal Health Inspection Service. 2004. Blood and tissue collections at slaughtering and rendering establishments, final rule. 9CFR part 71. *Fed. Regist.* 69:10137–10151.

#### **Laboratory Procedure**

The extract was added to 30 mL of hexane, made to 100 mL with 10% aqueous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

#### **Personal Communication**

Wilson, H. R. 2005. Univ. Florida, Gainesville. Personal communication.

#### **Proprietary Product**

Incubator, Petersime, Zulte, Belgium.

Avizyme TX, Finnfeed International, Marlborough, Wiltshire, UK.

Thymol, 99% purity, Acros Organics, Geel, Belgium.

#### **Statistical Procedure**

If a note has an embedded reference, the reference is cited by number (as in the text) or parenthetically within the note: Data were analyzed by ANOVA with flock as the independent variable. When differences among flocks were significant, means were separated using

Duncan's multiple range test (SAS User's Guide, 2001, Version 8 ed., SAS Institute Inc., Cary, NC). Pearson product-moment correlation coefficients were calculated between average percentage cracks from each flock recorded every week and average values for egg-specific gravity, breaking strength, percentage shell, shell thickness, and shell weight per unit of surface area. Significance implies  $P < 0.05$ .

#### **Statistical Software**

SAS User's Guide. 2001. Version 8 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

JAPR: Instructions to Authors 9

#### **US Patent**

El Halawani, M. E., and I. Rosenboim. 2004. Method to enhance reproductive performance in poultry. Univ. Minnesota, assignee. US Pat. No. 6,766,767.

#### **Web Site**

Dyro, F. M. 2005. Arsenic. WebMD. Accessed Feb. 2006. <http://www.emedicine.com/neuro/topic20.htm>.

#### **Acknowledgments**

The advice and technical assistance of Thomas Jones (affiliation, location) are acknowledged.

#### **Abbreviations**

The following abbreviations may be used without definition in the *Journal of Applied Poultry Research*. Plurals do not require "s". Chemical symbols and 3-letter abbreviations for amino acids do not need definition. Other abbreviations should be defined at first use in the summary and the main text, as well as in each table or figure in which they appear. Abbreviations are boldface at first use

in the main text. Abbreviations should not be used in the manuscript title, running title, or to begin a paragraph or sentence. They can be used in section headings if previously defined.

This list appears inside the back cover of each issue of the journal.

ADF acid detergent fiber

ADFI average daily feed intake

ADG average daily gain

AME apparent metabolizable energy

AMEn nitrogen-corrected apparent metabolizable energy

ANOVA analysis of variance

AOAC Association of Official Analytical Chemists

BSA bovine serum albumin

BW body weight

°C Celsius

cDNA complementary DNA

CF crude fiber

cfu colony-forming units (following a numeral)

CI confidence interval

CP crude protein

cpm counts per minute

CV coefficient of variation

d day

df degrees of freedom

DM dry matter

DNA deoxyribonucleic acid

EDTA ethylenediaminetetraacetate

EE ether extract

°F Fahrenheit

FCR feed conversion ratio

FE feed efficiency

ft foot

g gram

10 JAPR: Instructions to Authors

gal gallon

G:F gain-to-feed ratio

GLM general linear model  
h hour  
HEPES *N*-(2-hydroxyethyl)piperazine-*N'*-2-ethanesulfonic acid  
HPLC high-performance (high-pressure) liquid chromatography  
ICU international chick units  
Ig immunoglobulin  
IL interleukin  
i.m. intramuscular  
in. inch  
i.p. intraperitoneal  
IU international units  
i.v. intravenous  
kcal kilocalorie  
L liter (also capitalized with any combination, e.g., mL)  
lb pound  
L:D hours of light:hours of darkness in a photoperiod  
LSD least significant difference  
m meter  
 $\mu$  micro  
*M* molar  
ME metabolizable energy  
ME<sub>n</sub> nitrogen-corrected metabolizable energy  
MHC major histocompatibility complex  
mRNA messenger ribonucleic acid  
min minute  
mo month  
MS mean squares  
n number of observations  
*N* normal  
NAD nicotinamide adenine dinucleotide  
NADH reduced form of NAD  
NDF neutral detergent fiber  
NRC National Research Council  
NS not significant  
PBS phosphate-buffered saline  
ppm parts per million  
r correlation coefficient  
 $r^2$  coefficient of determination, simple  
 $R^2$  coefficient of determination, multiple  
RH relative humidity  
RIA radioimmunoassay  
RNA ribonucleic acid  
rpm revolutions per minute  
s second  
s.c. subcutaneous  
SD standard deviation  
SE standard error  
SEM standard error of the mean  
SNP single nucleotide polymorphism  
JAPR: Instructions to Authors 11  
SRBC sheep red blood cells  
TBA thiobarbituric acid  
T cell thymic-derived cell  
TME true metabolizable energy  
TME<sub>n</sub> nitrogen-corrected true metabolizable energy  
TSAA total sulfur amino acids  
USDA United States Department of Agriculture  
UV ultraviolet  
vol/vol volume to volume

vs. versus  
wt/vol weight to volume  
wt/wt weight to weight  
wk week  
yr year

***Supplemental Information (Online)***

The following information is available online and is updated regularly. Please refer to these pages when preparing a manuscript for submission.

***Journal Title Abbreviations.***

A list of standard abbreviations for common journal titles is available online (<http://japr.fass.org/misc/ifora.dtl>).

***SI Units.***

The following site (National Institute of Standards and Technology) provides a comprehensive guide to SI units and usage: <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/contents.html>

***Manuscript Central Instructions.***

Manuscripts are submitted online (<http://mc.manuscriptcentral.com/psa>). Full user instructions for using the Manuscript Central system are available online; click the “Get Help Now” link on the top right of the main page (<http://mc.manuscriptcentral.com/psa>).

Apêndice 5. Dados brutos relativos ao desempenho de frangos de corte de 1 a 39 dia de idade PESO. IND.= peso individual, GP= ganho de peso, CA= Conversão alimentar, CONS. IND.= consumo individual. Capítulo 3.

TRATAMENTO	BLOCO	PESO IND 1	PESO IND 7	GP 1-7	CA 1-7	CONS IND 1-7
1	I	0,048	0,164	0,116	1,172	0,136
1	II	0,050	0,170	0,121	1,126	0,136
1	III	0,048	0,166	0,118	1,142	0,135
1	IV	0,047	0,163	0,116	1,138	0,132
1	V	0,049	0,170	0,122	1,132	0,138
1	VI	0,049	0,178	0,130	1,099	0,142
1	VII	0,049	0,180	0,131	1,146	0,150
2	I	0,050	0,153	0,103	1,349	0,139
2	II	0,049	0,160	0,111	1,137	0,126
2	III	0,048	0,149	0,101	1,124	0,113
2	IV	0,048	0,162	0,114	1,204	0,137
2	V	0,049	0,164	0,115	1,132	0,130
2	VI	0,049	0,170	0,121	1,119	0,135
2	VII	0,049	0,171	0,122	1,148	0,140
3	I	0,050	0,151	0,101	1,135	0,114
3	II	0,050	0,172	0,122	1,105	0,135
3	III	0,050	0,157	0,107	1,142	0,122
3	IV	0,049	0,154	0,105	1,121	0,118
3	V	0,050	0,175	0,125	1,143	0,143
3	VI	0,049	0,168	0,119	1,094	0,130
3	VII	0,050	0,168	0,118	1,125	0,133
4	I	0,049	0,166	0,118	1,170	0,138
4	II	0,049	0,158	0,110	1,131	0,124
4	III	0,049	0,158	0,109	1,276	0,139
4	IV	0,049	0,155	0,106	1,398	0,149
4	V	0,050	0,169	0,119	1,215	0,145
4	VI	0,049	0,171	0,122	1,131	0,138
4	VII	0,050	0,169	0,119	1,099	0,131
5	I	0,048	0,151	0,103	1,116	0,115
5	II	0,048	0,165	0,117	1,116	0,130
5	III	0,049	0,167	0,118	1,108	0,131
5	IV	0,050	0,165	0,115	1,104	0,127
5	V	0,048	0,172	0,124	1,113	0,138
5	VI	0,049	0,170	0,121	1,132	0,137
5	VII	0,049	0,181	0,132	1,109	0,146
6	I	0,050	0,154	0,105	1,130	0,118
6	II	0,049	0,166	0,117	1,137	0,133
6	III	0,048	0,158	0,110	1,110	0,123
6	IV	0,050	0,154	0,104	1,123	0,117

6	V	0,050	0,170	0,121	1,146	0,138
6	VI	0,049	0,168	0,119	1,107	0,132
6	VII	0,049	0,173	0,124	1,123	0,139
7	I	0,048	0,151	0,103	1,171	0,121
7	II	0,047	0,149	0,102	1,142	0,116
7	III	0,049	0,152	0,103	1,096	0,113
7	IV	0,049	0,157	0,108	1,145	0,124
7	V	0,049	0,167	0,118	1,142	0,135
7	VI	0,049	0,180	0,131	1,116	0,146
7	VII	0,049	0,163	0,114	1,117	0,127
8	I	0,050	0,152	0,102	1,213	0,123
8	II	0,049	0,164	0,115	1,090	0,126
8	III	0,049	0,161	0,112	1,206	0,135
8	IV	0,050	0,146	0,097	1,165	0,113
8	V	0,049	0,170	0,122	1,066	0,130
8	VI	0,050	0,171	0,122	1,046	0,127
8	VII	0,048	0,164	0,116	1,097	0,127
9	I	0,050	0,164	0,114	1,105	0,126
9	II	0,051	0,180	0,129	1,076	0,139
9	III	0,048	0,169	0,121	1,083	0,131
9	IV	0,049	0,161	0,112	1,178	0,132
9	V	0,048	0,173	0,125	1,087	0,135
9	VI	0,050	0,183	0,134	1,078	0,144
9	VII	0,048	0,174	0,126	1,096	0,138
10	I	0,050	0,152	0,102	1,141	0,117
10	II	0,050	0,164	0,115	1,177	0,135
10	III	0,048	0,170	0,122	1,092	0,133
10	IV	0,049	0,151	0,102	1,141	0,117
10	V	0,049	0,166	0,117	1,096	0,128
10	VI	0,049	0,164	0,115	1,121	0,129
10	VII	0,047	0,171	0,124	1,084	0,134

TRATAMENTO	BLOCO	PESO IND 21	GP 7-21	CA 7-21	CONS IND 7-21
1	I	1,057	0,893	1,277	1,140
1	II	1,011	0,840	1,198	1,007
1	III	1,016	0,850	1,238	1,052
1	IV	1,013	0,850	1,251	1,064
1	V	1,007	0,837	1,240	1,038
1	VI	1,071	0,893	1,288	1,150
1	VII	1,065	0,885	1,179	1,043
2	I	0,995	0,842	1,300	1,095
2	II	0,981	0,821	1,308	1,073
2	III	0,950	0,802	1,167	0,936



---

2	IV	0,970	0,809	1,287	1,041
2	V	0,974	0,810	1,275	1,033
2	VI	1,005	0,835	1,319	1,102
2	VII	1,000	0,829	1,309	1,085
3	I	0,932	0,781	1,259	0,983
3	II	1,009	0,837	1,242	1,040
3	III	0,973	0,817	1,272	1,039
3	IV	0,934	0,780	1,213	0,946
3	V	1,010	0,835	1,302	1,086
3	VI	0,980	0,812	1,342	1,090
3	VII	1,001	0,833	1,303	1,085
4	I	0,985	0,819	1,449	1,186
4	II	0,957	0,798	1,290	1,030
4	III	0,943	0,785	1,348	1,058
4	IV	0,928	0,773	1,366	1,056
4	V	0,946	0,778	1,345	1,046
4	VI	0,996	0,825	1,395	1,150
4	VII	1,005	0,837	1,283	1,073
5	I	0,957	0,805	1,235	0,994
5	II	0,991	0,827	1,305	1,079
5	III	0,988	0,821	1,266	1,039
5	IV	0,946	0,782	1,350	1,055
5	V	1,013	0,841	1,294	1,088
5	VI	1,045	0,875	1,352	1,183
5	VII	1,058	0,877	1,333	1,169
6	I	0,930	0,776	1,272	0,987
6	II	0,992	0,826	1,289	1,065
6	III	0,971	0,813	1,242	1,010
6	IV	0,950	0,796	1,261	1,004
6	V	0,997	0,826	1,370	1,132
6	VI	1,002	0,834	1,319	1,099
6	VII	1,023	0,851	1,432	1,218
7	I	0,998	0,846	1,188	1,006
7	II	0,979	0,830	1,222	1,015
7	III	0,978	0,826	1,161	0,959
7	IV	0,988	0,831	1,182	0,982
7	V	0,993	0,826	1,216	1,005
7	VI	1,090	0,910	1,273	1,159
7	VII	1,029	0,867	1,205	1,044
8	I	1,012	0,860	1,201	1,033
8	II	1,015	0,851	1,185	1,008
8	III	1,030	0,870	1,183	1,029
8	IV	1,002	0,855	1,164	0,996

---

8	V	1,033	0,862	1,214	1,047
8	VI	1,072	0,901	1,223	1,102
8	VII	1,011	0,847	1,213	1,028
9	I	1,022	0,858	1,189	1,020
9	II	1,059	0,879	1,258	1,106
9	III	1,065	0,896	1,158	1,037
9	IV	1,042	0,881	1,198	1,055
9	V	1,039	0,867	1,221	1,058
9	VI	1,124	0,941	1,238	1,165
9	VII	1,042	0,868	1,225	1,063
10	I	0,970	0,818	1,236	1,010
10	II	1,018	0,853	1,254	1,070
10	III	1,002	0,832	1,211	1,007
10	IV	0,987	0,836	1,225	1,024
10	V	0,999	0,834	1,246	1,038
10	VI	1,028	0,864	1,213	1,048
10	VII	1,060	0,889	1,097	0,975

TRATAMENTO	BLOCO	PESO IND 35	GP 21-35	CA 21-35	CONS IND 21-35
1	I	2,516	1,459	1,605	2,342
1	II	2,473	1,462	1,593	2,328
1	III	2,392	1,376	1,644	2,261
1	IV	2,422	1,408	1,589	2,238
1	V	2,478	1,471	1,601	2,355
1	VI	2,501	1,430	1,650	2,358
1	VII	2,518	1,453	1,622	2,357
2	I	2,413	1,418	1,676	2,377
2	II	2,426	1,445	1,629	2,355
2	III	2,400	1,450	1,615	2,341
2	IV	2,463	1,493	1,572	2,346
2	V	2,422	1,448	1,620	2,345
2	VI	2,437	1,432	1,660	2,376
2	VII	2,433	1,433	1,640	2,350
3	I	2,383	1,451	1,587	2,303
3	II	2,573	1,564	1,574	2,462
3	III	2,397	1,423	1,627	2,316
3	IV	2,341	1,407	1,601	2,253
3	V	2,435	1,426	1,665	2,374
3	VI	2,420	1,440	1,655	2,383
3	VII	2,456	1,455	1,626	2,366
4	I	2,404	1,419	1,793	2,544
4	II	2,274	1,317	1,816	2,392
4	III	2,442	1,499	1,665	2,496

---

4	IV	2,252	1,324	1,814	2,401
4	V	2,303	1,357	1,731	2,349
4	VI	2,274	1,278	1,820	2,325
4	VII	2,431	1,425	1,738	2,477
5	I	2,387	1,430	1,609	2,301
5	II	2,393	1,402	1,668	2,339
5	III	2,405	1,417	1,670	2,366
5	IV	2,335	1,389	1,656	2,300
5	V	2,473	1,461	1,615	2,359
5	VI	2,502	1,457	1,676	2,442
5	VII	2,432	1,374	1,676	2,303
6	I	2,366	1,436	1,670	2,398
6	II	2,468	1,476	1,609	2,374
6	III	2,410	1,439	1,633	2,350
6	IV	2,337	1,387	1,668	2,314
6	V	2,423	1,426	1,650	2,353
6	VI	2,436	1,434	1,690	2,425
6	VII	2,421	1,398	1,686	2,356
7	I	2,450	1,452	1,606	2,332
7	II	2,377	1,398	1,630	2,278
7	III	2,416	1,438	1,604	2,306
7	IV	2,466	1,479	1,578	2,333
7	V	2,486	1,493	1,586	2,368
7	VI	2,500	1,410	1,647	2,321
7	VII	2,419	1,390	1,619	2,250
8	I	2,473	1,461	1,609	2,352
8	II	2,470	1,455	1,624	2,363
8	III	2,530	1,500	1,586	2,379
8	IV	2,405	1,404	1,624	2,279
8	V	2,537	1,504	1,566	2,356
8	VI	2,425	1,353	1,690	2,286
8	VII	2,443	1,432	1,597	2,287
9	I	2,409	1,387	1,571	2,179
9	II	2,576	1,517	1,563	2,371
9	III	2,486	1,422	1,572	2,235
9	IV	2,395	1,353	1,683	2,277
9	V	2,488	1,449	1,595	2,311
9	VI	2,595	1,471	1,651	2,428
9	VII	2,523	1,482	1,567	2,322
10	I	2,409	1,439	1,577	2,270
10	II	2,490	1,472	1,597	2,352
10	III	2,392	1,390	1,614	2,245
10	IV	2,430	1,443	1,575	2,274

---

10	V	2,473	1,474	1,590	2,343
10	VI	2,439	1,411	1,662	2,346
10	VII	2,510	1,450	1,661	2,409

TRATAMENTO	BLOCO	PESO IND 39	GP 35-39	CA 35-39	CONS IND 35-39
1	I	3,008	0,492	1,898	0,934
1	II	2,993	0,520	1,733	0,901
1	III	2,814	0,423	1,872	0,791
1	IV	2,929	0,508	1,667	0,846
1	V	3,020	0,542	1,691	0,916
1	VI	3,022	0,521	1,771	0,923
1	VII	3,017	0,500	1,764	0,882
2	I	2,884	0,471	1,849	0,871
2	II	2,929	0,503	1,716	0,863
2	III	2,853	0,453	1,950	0,883
2	IV	2,994	0,531	1,694	0,899
2	V	2,969	0,548	1,706	0,934
2	VI	2,941	0,504	1,816	0,916
2	VII	3,011	0,578	1,638	0,947
3	I	2,854	0,471	1,915	0,902
3	II	3,019	0,446	2,152	0,959
3	III	2,972	0,575	1,631	0,938
3	IV	2,835	0,494	1,775	0,877
3	V	2,909	0,474	1,978	0,937
3	VI	2,972	0,552	1,703	0,940
3	VII	3,002	0,546	1,739	0,949
4	I	2,831	0,427	2,225	0,949
4	II	2,716	0,442	2,028	0,896
4	III	2,972	0,530	1,892	1,003
4	IV	2,725	0,474	2,055	0,973
4	V	2,845	0,541	1,941	1,051
4	VI	2,785	0,511	1,883	0,962
4	VII	2,916	0,485	1,949	0,946
5	I	2,796	0,409	1,970	0,806
5	II	2,870	0,476	1,864	0,888
5	III	2,930	0,525	1,730	0,909
5	IV	2,837	0,502	1,800	0,903
5	V	2,997	0,523	1,713	0,897
5	VI	3,037	0,535	1,787	0,956
5	VII	2,823	0,391	2,406	0,942
6	I	2,860	0,494	1,807	0,892
6	II	2,943	0,476	1,832	0,872
6	III	2,920	0,510	1,776	0,905

6	IV	2,856	0,519	1,758	0,913
6	V	2,918	0,495	1,795	0,888
6	VI	2,912	0,476	2,021	0,963
6	VII	2,906	0,485	1,924	0,933
7	I	2,890	0,440	1,909	0,840
7	II	2,882	0,505	1,771	0,894
7	III	2,922	0,506	1,774	0,897
7	IV	2,950	0,484	1,862	0,902
7	V	2,983	0,497	1,813	0,900
7	VI	2,972	0,472	1,834	0,865
7	VII	2,937	0,518	1,773	0,918
8	I	2,937	0,464	1,867	0,867
8	II	2,975	0,506	1,821	0,921
8	III	3,027	0,496	1,829	0,908
8	IV	2,923	0,517	1,728	0,894
8	V	3,007	0,470	1,860	0,874
8	VI	2,980	0,555	1,734	0,963
8	VII	2,922	0,479	1,808	0,866
9	I	2,921	0,512	2,038	1,044
9	II	3,088	0,512	1,782	0,912
9	III	3,030	0,544	1,587	0,863
9	IV	2,856	0,462	1,772	0,818
9	V	3,034	0,546	1,660	0,906
9	VI	3,175	0,580	1,652	0,958
9	VII	3,052	0,529	1,663	0,879
10	I	2,934	0,525	1,718	0,902
10	II	3,011	0,522	1,717	0,896
10	III	2,847	0,455	1,838	0,837
10	IV	2,951	0,521	1,708	0,890
10	V	2,984	0,511	1,746	0,893
10	VI	3,030	0,591	1,668	0,986
10	VII	3,128	0,618	1,587	0,980

TRATAMENTO	BLOCO	GP 1-39	CA 1-39	CONS IND 35-39
1	I	2,960	1,532	4,536
1	II	2,943	1,477	4,347
1	III	2,766	1,529	4,231
1	IV	2,882	1,483	4,273
1	V	2,971	1,494	4,439
1	VI	2,973	1,536	4,566
1	VII	2,969	1,488	4,416
2	I	2,835	1,577	4,470
2	II	2,880	1,531	4,408

---

2	III	2,805	1,519	4,260
2	IV	2,946	1,499	4,417
2	V	2,920	1,520	4,438
2	VI	2,892	1,560	4,512
2	VII	2,963	1,524	4,515
3	I	2,804	1,535	4,303
3	II	2,969	1,543	4,582
3	III	2,922	1,507	4,403
3	IV	2,786	1,505	4,192
3	V	2,859	1,573	4,499
3	VI	2,923	1,554	4,543
3	VII	2,952	1,535	4,532
4	I	2,782	1,730	4,812
4	II	2,667	1,658	4,422
4	III	2,923	1,602	4,683
4	IV	2,676	1,705	4,563
4	V	2,795	1,630	4,557
4	VI	2,736	1,673	4,576
4	VII	2,867	1,610	4,616
5	I	2,748	1,534	4,215
5	II	2,822	1,561	4,403
5	III	2,882	1,538	4,432
5	IV	2,788	1,564	4,359
5	V	2,949	1,517	4,474
5	VI	2,988	1,573	4,700
5	VII	2,775	1,637	4,541
6	I	2,810	1,552	4,363
6	II	2,895	1,534	4,440
6	III	2,872	1,523	4,373
6	IV	2,806	1,549	4,347
6	V	2,868	1,571	4,506
6	VI	2,863	1,602	4,586
6	VII	2,857	1,624	4,639
7	I	2,842	1,513	4,298
7	II	2,834	1,515	4,294
7	III	2,873	1,484	4,263
7	IV	2,902	1,493	4,332
7	V	2,934	1,496	4,390
7	VI	2,923	1,534	4,483
7	VII	2,888	1,489	4,301
8	I	2,887	1,509	4,358
8	II	2,926	1,498	4,385
8	III	2,978	1,485	4,422
8	IV	2,873	1,486	4,269
8	V	2,958	1,488	4,402

---

8	VI	2,930	1,522	4,460
8	VII	2,874	1,499	4,309
9	I	2,871	1,479	4,246
9	II	3,036	1,491	4,526
9	III	2,982	1,428	4,260
9	IV	2,808	1,519	4,264
9	V	2,986	1,477	4,410
9	VI	3,125	1,489	4,654
9	VII	3,004	1,459	4,384
10	I	2,884	1,490	4,298
10	II	2,962	1,500	4,444
10	III	2,799	1,508	4,222
10	IV	2,902	1,483	4,304
10	V	2,935	1,499	4,399
10	VI	2,982	1,504	4,485
10	VII	3,081	1,441	4,439

Apêndice 6. Análises de variância referentes ao Capítulo 3.

Análise de variância de ganho de peso de 1 a 7 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,002	0,0004	17,97	0,0002
<b>Tratamento</b>	9	0,001	0,0001	4,41	<0,0001
<b>Erro</b>	54	0,001	0,0002		
<b>Total</b>	69	0,005			

Análise de variância de conversão alimentar de 1 a 7 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,04	0,006	3,17	0,0097
<b>Tratamento</b>	9	0,05	0,006	2,92	0,0068
<b>Erro</b>	54	0,11	0,002		
<b>Total</b>	69	0,21			

Análise de variância de consumo de alimento de 1 a 7 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,001	0,0002	4,72	0,0006
<b>Tratamento</b>	9	0,001	0,0001	2,76	0,0099
<b>Erro</b>	54	0,002	0,0005		
<b>Total</b>	69	0,005			

Análise de variância de ganho de peso de 7 a 21 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,01	0,003	8,11	<0,0001
<b>Tratamento</b>	9	0,04	0,004	12,67	<0,0001
<b>Erro</b>	54	0,02	0,0003		
<b>Total</b>	69	0,08			

Análise de variância de consumo de alimento de 7 a 21 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,08	0,013	6,19	<0,0001
<b>Tratamento</b>	9	0,03	0,004	1,92	<0,0001
<b>Erro</b>	54	0,11	0,002		
<b>Total</b>	69	0,23			

Análise de variância de conversão alimentar de 7 a 21 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,02	0,020	2,54	<0,0001
<b>Tratamento</b>	9	0,18	0,004	10,78	0,0308
<b>Erro</b>	54	0,10	0,001		
<b>Total</b>	69	0,31			

Análise de variância de ganho de peso de 21 a 35 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,01	0,002	1,41	0,2297
<b>Tratamento</b>	9	0,03	0,003	1,72	0,1066
<b>Erro</b>	54	0,10	0,002		
<b>Total</b>	69	0,15			

Análise de variância de consumo de alimento de 21 a 35 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,03	0,005	1,72	0,1330
<b>Tratamento</b>	9	0,08	0,008	3,06	0,0049
<b>Erro</b>	54	0,15	0,002		
<b>Total</b>	69	0,26			

Análise de variância de conversão alimentar de 21 a 35 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,02	0,003	3,69	0,0038
<b>Tratamento</b>	9	0,15	0,017	15,79	<0,0001
<b>Erro</b>	54	0,05	0,001		
<b>Total</b>	69	0,23			

Análise de variância de ganho de peso de 35 a 39 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,02	0,003	2,38	0,0410
<b>Tratamento</b>	9	0,01	0,002	1,42	0,2048
<b>Erro</b>	54	0,08	0,001		
<b>Total</b>	69	0,12			

Análise de variância de consumo de alimento de 35 a 39 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,02	0,003	2,01	0,0798
<b>Tratamento</b>	9	0,03	0,004	2,22	0,0345
<b>Erro</b>	54	0,09	0,001		
<b>Total</b>	69	0,15			

Análise de variância de conversão alimentar de 35 a 39 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,14	0,024	1,56	0,1778
<b>Tratamento</b>	9	0,43	0,048	3,03	0,0054
<b>Erro</b>	54	0,86	0,015		
<b>Total</b>	69	1,44			

Análise de variância de ganho de peso de 1 a 39 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,08	0,014	3,37	0,0068
<b>Tratamento</b>	9	0,18	0,020	4,65	0,0001
<b>Erro</b>	54	0,23	0,004		
<b>Total</b>	69	0,51			



Análise de variância de consumo de alimento de 1 a 39 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,34	0,057	6,52	<0,0001
<b>Tratamento</b>	9	0,34	0,038	4,32	0,0003
<b>Erro</b>	54	0,48	0,008		
<b>Total</b>	69	1,17			

Análise de variância de conversão alimentar de 1 a 39 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,01	0,001	3,05	0,0125
<b>Tratamento</b>	9	0,16	0,018	29,69	<0,0001
<b>Erro</b>	54	0,03	0,0006		
<b>Total</b>	69	0,21			

Apêndice 7. Dados brutos relativos aos rendimentos de carcaça e cortes comerciais de frangos de corte de 40 dias de idade. Capítulo 3.

TRATA MENTO	BLO CO	CARCA ÇA	GORDURA ABDOMINAL	DOR SO	PEITO	COXAS	SOBRECO XAS	ASAS
1	I	81,539	1,743	22,133	34,122	12,206	17,340	9,579
1	II	79,066	1,562	23,093	33,511	12,745	18,423	9,873
1	III	80,084	1,765	23,092	34,165	12,055	18,113	9,826
1	IV	79,795	1,594	22,382	34,627	12,623	17,564	10,160
1	V	79,502	1,535	22,579	34,074	12,485	18,674	9,737
1	VI	79,774	1,756	22,709	33,663	12,670	18,123	10,128
1	VII	80,415	1,678	21,469	34,040	12,675	18,309	9,867
2	I	.	1,706	22,800	33,066	12,502	17,492	10,017
2	II	80,652	1,342	21,931	34,276	13,088	18,102	9,677
2	III	78,658	1,493	23,046	33,837	12,507	18,359	9,910
2	IV	80,022	1,245	22,437	34,289	12,871	17,907	9,707
2	V	79,331	1,595	22,483	33,794	.	18,476	9,581
2	VI	79,242	1,404	21,821	.	12,216	17,103	9,700
2	VII	79,489	1,728	21,532	34,117	12,515	18,960	10,239
3	I	81,043	1,432	23,204	30,896	13,232	19,377	9,953
3	II	81,109	1,605	23,101	35,071	12,025	17,627	9,378
3	III	79,888	1,469	21,956	35,409	11,502	18,054	9,549
3	IV	79,201	1,697	21,557	36,210	12,780	18,039	9,624
3	V	78,814	1,551	22,719	34,924	12,899	17,640	9,841
3	VI	79,374	.	21,692	32,241	13,297	18,350	9,597
3	VII	79,660	1,564	23,088	32,512	12,763	18,470	.
4	I	82,313	1,108	22,154	34,457	12,776	18,110	9,215
4	II	82,277	1,189	22,646	33,398	12,285	18,346	9,710
4	III	80,681	1,827	22,658	34,052	12,352	17,668	9,576
4	IV	80,813	1,236	21,521	35,888	12,403	16,868	9,835
4	V	80,852	1,318	21,470	36,251	12,089	17,625	10,294
4	VI	79,290	1,707	21,258	35,768	12,823	17,933	9,130
4	VII	80,793	1,379	21,462	35,583	12,694	18,412	8,978

5	I	82,659	1,166	22,197	.	12,237	.	9,626
5	II	81,188	1,537	.	34,789	12,215	18,092	9,259
5	III	81,025	1,622	21,763	34,452	12,624	18,226	9,669
5	IV	80,052	1,628	22,239	34,669	12,430	18,005	9,938
5	V	78,432	1,139	21,644	35,702	12,953	18,166	9,545
5	VI	80,466	1,151	21,950	36,571	12,551	18,182	9,642
5	VII	80,214	1,283	22,052	34,672	12,934	17,705	10,055
6	I	79,893	2,086	22,528	33,823	12,857	17,716	9,940
6	II	80,379	1,550	.	33,663	12,634	18,143	9,678
6	III	80,164	1,525	22,323	.	12,382	17,922	9,554
6	IV	79,026	1,395	22,669	33,737	12,833	17,250	9,927
6	V	79,685	1,113	22,280	35,840	12,554	17,532	9,806
6	VI	79,225	1,317	.	35,373	12,497	18,106	9,786
6	VII	78,338	1,683	22,670	34,438	12,404	18,254	9,801
7	I	82,073	1,889	23,093	32,483	12,518	18,225	9,675
7	II	82,121	1,277	23,146	33,406	12,277	17,591	9,789
7	III	79,174	1,378	22,997	34,096	12,527	17,769	.
7	IV	81,226	2,210	21,459	32,939	13,213	18,422	9,937
7	V	80,906	1,654	21,823	34,891	12,886	17,920	9,738
7	VI	79,991	1,520	21,938	32,515	13,231	18,897	10,872
7	VII	81,165	1,417	22,445	33,048	12,702	18,601	9,466
8	I	81,816	1,840	22,682	33,513	12,652	18,148	9,748
8	II	80,592	1,385	23,371	33,315	12,652	18,149	9,645
8	III	80,441	1,390	22,464	34,474	12,363	18,024	9,824
8	IV	80,196	1,464	22,786	33,603	12,800	18,019	9,747
8	V	78,774	1,594	21,633	35,427	12,773	18,484	9,563
8	VI	77,831	1,467	22,740	34,123	12,675	18,579	9,971
8	VII	78,215	1,749	22,460	34,446	12,847	18,097	10,267
9	I	81,426	1,215	23,446	33,406	12,763	16,631	8,064
9	II	80,778	1,538	22,879	33,826	12,645	18,219	9,476
9	III	80,184	1,423	22,147	33,853	12,204	18,052	9,561
9	IV	80,135	1,367	22,536	34,058	12,734	18,541	9,928
9	V	78,038	1,382	22,252	33,051	12,800	17,141	9,720
9	VI	77,151	1,100	22,289	35,377	12,958	16,987	8,175
9	VII	79,288	1,497	22,124	34,946	12,519	18,427	9,983
10	I	.	1,791	22,590	30,998	12,672	17,798	9,503
10	II	80,086	1,668	22,882	34,207	12,705	17,728	9,868
10	III	80,320	1,898	22,080	31,962	12,543	18,331	9,523
10	IV	79,686	1,926	22,597	34,514	12,368	17,798	9,608
10	V	80,274	1,636	21,810	32,993	12,245	18,263	9,846
10	VI	79,241	1,227	22,652	33,360	12,892	17,948	9,434
10	VII	79,495	1,580	21,828	33,526	12,558	18,258	10,358

Apêndice 8. Análises de variância de rendimentos de carcaça e cortes comerciais referentes ao Capítulo 3

Análise de variância de rendimento de carcaça de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	35,55	5,926	6,55	<0,0001
<b>Tratamento</b>	9	26,47	2,941	3,25	0,0032
<b>Erro</b>	54	48,86	0,904		
<b>Total</b>	69	110,90			

Análise de variância de gordura abdominal de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,25	0,041	0,74	0,6173
<b>Tratamento</b>	9	0,94	0,105	1,87	0,0762
<b>Erro</b>	54	3,09	0,056		
<b>Total</b>	69	4,23			

Análise de variância de rendimento de peito desossado de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	19,29	3,215	1,88	0,1005
<b>Tratamento</b>	9	21,65	2,406	1,41	0,2474
<b>Erro</b>	54	92,19	1,707		
<b>Total</b>	69	133,14			

Análise de variância de rendimento de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	1,56	0,261	0,83	0,5493
<b>Tratamento</b>	9	3,17	0,352	1,13	0,3616
<b>Erro</b>	54	16,93	0,0313		
<b>Total</b>	69	21,67			

Análise de variância de rendimento de coxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	2,94	0,490	1,52	0,1898
<b>Tratamento</b>	9	2,72	0,302	0,94	0,5020
<b>Erro</b>	54	17,44	0,322		
<b>Total</b>	69	23,10			

Análise de variância de rendimento de asa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	1,13	0,189	1,04	0,4123
<b>Tratamento</b>	9	2,79	0,310	1,70	0,1119
<b>Erro</b>	54	9,86	0,182		
<b>Total</b>	69	13,79			

Apêndice 9. Normas para publicação de artigos no periódico Meat Science.

## GUIDE FOR AUTHORS

### INTRODUCTION

The qualities of meat - its composition, nutritional value, wholesomeness and consumer acceptability - are largely determined by the events and conditions encountered by the embryo, the live animal and the postmortem musculature. The control of these qualities, and their further enhancement, are thus dependent on a fuller understanding of the commodity at all stages of its existence - from the initial conception, growth and development of the organism to the time of slaughter and to the ultimate processing, preparation, distribution, cooking and consumption of its meat. It is the purpose of *Meat Science* to provide an appropriate medium for the dissemination of interdisciplinary and international knowledge on all the factors which influence the properties of

meat. The journal is predominantly concerned with the flesh of mammals; however, contributions on poultry meat may be published, especially if these have relevance to our overall understanding of the relationship between the nature of muscle and the quality of the meat which muscles become post mortem.

### *Types of paper*

Research papers reporting original work; reviews by authorities on specific topics in the field of muscle/meat; short communications; reviews of books, conferences and meetings; letters to the editor arising from aspects of published papers. In general papers should not exceed 8000 words inclusive of tables and illustrations.

### **Contact details for submission**

Submission for all types of manuscripts to *Meat Science* proceeds totally online. Via the Elsevier Editorial System (EES) website for this journal, <http://ees.elsevier.com/meatsci>, you will be guided step-by-step through the creation and uploading of the various files.

Questions regarding content of a proposed submission can be directed to the Editor:

Professor David A. Ledward  
School of Biosciences  
Division of Food Sciences  
University of Nottingham, Sutton Bonington Campus  
Loughborough, LE12 5RD, UK  
E-mail: david.ledward@nottingham.ac.uk.

### **Page charges**

This journal has no page charges.

## BEFORE YOU BEGIN

### **Ethics in Publishing**

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see

<http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

### **Policy and ethics**

The work described in your article must have been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans* <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; *EU Directive 2010/63/EU for animal experiments* [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab\\_animals/legislation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm);

*Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals* <http://www.icmje.org>. This must be stated at an appropriate point in the article.

Ethical Statement Experiments involving slaughtering, transport, or invasive procedures on live animals must include a statement indicating approval by the appropriate ethics/welfare committee confirming compliance with all requirements of the country in which the experiments were conducted. If no such committee exists, a letter from the department head confirming

compliance will suffice.

### **Conflict of interest**

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

### **Submission declaration**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no

such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

### ***Funding body agreements and policies***

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

### ***Open access***

This journal offers you the option of making your article freely available to all via the ScienceDirect platform. To prevent any conflict of interest, you can only make this choice after receiving notification that your article has been accepted for publication. The fee of \$3,000 excludes taxes and other potential author fees such as color charges. In some cases, institutions and funding bodies have entered into agreement with Elsevier to meet these fees on behalf of their authors. Details of these agreements are available at <http://www.elsevier.com/fundingbodies>. Authors of accepted articles, who wish to take advantage of this option, should complete and submit the order form (available at <http://www.elsevier.com/locate/openaccessform.pdf>). Whatever access option you choose, you retain many rights as an author, including the right to post a revised personal version of your article on your own website. More information can be found here: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

### ***Language and language services***

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://webshop.elsevier.com/languageediting> or our customer support site at <http://support.elsevier.com> for more information.

### ***Submission***

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Authors must provide and use an email address unique to themselves and not shared with another author registered in EES, or a department.

### ***Referees***

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of 3 potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

*Additional information.* *Meat Science* is a refereed journal. Papers cannot be accepted without an independent review. In cases where a manuscript is returned to an author for revision, it must be resubmitted within 90 days; otherwise it will be assumed to be withdrawn.

## **PREPARATION**

### ***Use of wordprocessing software***

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns.

The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional

manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic illustrations. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your word processor.

All pages must be numbered, and all lines must be numbered consecutively throughout the manuscript.

#### *Subdivision - numbered sections*

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### *Material and methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### *Experimental*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### *Results*

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

### ***Essential title page information***

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

#### ***Abstract***

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon

abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

**Each paper should be provided with an abstract of about 100-150 words, reporting concisely on the purpose and results of the paper.**

### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters including spaces, or, maximum 20 words per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### **Acknowledgements**

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### **Units**

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

### **Artwork**

#### *Electronic artwork*

#### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or

convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings,

halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then

please supply "as is".

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;



- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

#### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

#### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

#### **References**

##### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either "Unpublished results" or "Personal communication" Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

##### *Reference management software*

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

##### *Reference style*

*Text:* Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological

Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from <http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK. Details concerning this referencing style can also be found at <http://linguistics.byu.edu/faculty/henrichsen/apa/apa01.html>.

*List:* references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

##### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2000). The art of writing a scientific article.

*Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (1979). *The elements of style*. (3rd ed.). New York: Macmillan, (Chapter 4).

### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address

AUTHOR INFORMATION PACK 15 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/meatsci](http://www.elsevier.com/locate/meatsci) 9

- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

### **AFTER ACCEPTANCE**

#### **Use of the Digital Object Identifier**

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*): doi:10.1016/j.physletb.2010.09.059

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

### **Proofs**

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://get.adobe.com/reader>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site: <http://www.adobe.com/products/reader/tech-specs.html>. If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately – please let us have all your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

### ***Offprints***

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.

### **AUTHOR INQUIRIES**

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You AUTHOR INFORMATION PACK 15 Jun 2011 [www.elsevier.com/locate/meatsci](http://www.elsevier.com/locate/meatsci) 10 can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs (<http://www.elsevier.com/authorFAQ>) and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

Apêndice 10. Dados brutos relativos às análises físico-químicas das amostras de carne de peito e sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade, PPC= perdas de peso por cocção, FC= Força de cisalhamento. Capítulo 4.

TRATA MENTO	BLO CO	Amostras Peito					Amostras Sobrecoxa				
		pH	PPC %	L*	a*	b*	PPC %	L*	a*	b*	FC (Kg-f)
1	I	5,86	17,30	62,185	13,61	14,22	21,64	34,79	-3,02	-3,18	1,38
1	II	5,87	20,86	68,15	10,76	13,24	24,60	33,67	-2,28	-1,17	1,38
1	VI	6,00	20,62	56,845	13,3	10,34	27,86	31,77	-1,40	-1,74	1,56
1	VI	5,86	14,93	64,055	11,18	12,75	21,25	36,82	-1,38	-2,18	1,53
2	I	5,85	20,95	71,94	7,83	12,54	23,06	37,26	-2,76	-2,92	1,57
2	II	5,93	24,24	65,39	11,99	15,42	25,56	38,56	-0,67	-6,08	1,93
2	III	5,88	17,04	66,93	11,26	13,42	26,20	35,46	-1,24	-4,53	1,35
2	VI	6,02	15,87	63,69	11,38	10,19	23,80	35,62	-2,45	-5,36	1,55
3	II	5,84	18,72	57,21	12,93	12,66	15,39	27,07	-3,43	-2,93	1,52
3	VI	6,08	21,65	72,55	8,65	11,35	15,48	30,71	-2,74	-3,81	1,65
3	VI	5,91	18,58	60,31	12,90	12,87	18,80	33,43	-0,17	-1,35	1,50
3	VII	5,88	16,89	59,39	11,79	14,84	17,82	41,78	-0,65	-1,99	1,30
4	I	6,02	26,36	64,48	15,23	14,08	27,29	34,97	-1,74	-4,77	1,90
4	IV	5,82	21,34	62,25	13,43	11,63	24,44	36,61	0,09	-5,53	1,45
4	VI	6,06	18,48	64,92	12,29	10,74	24,26	38,68	-3,90	-3,25	1,56
4	VII	5,74	19,44	60,46	11,67	15,64	29,42	40,17	-2,81	-3,74	1,51
5	II	5,85	18,65	65,52	11,83	12,89	17,28	35,09	-2,73	-4,13	1,52
5	V	6,09	21,74	61,06	14,27	14,75	19,37	35,63	-3,91	-2,82	1,45
5	VI	5,87	21,91	57,81	11,56	13,94	14,54	37,27	-3,05	-5,28	1,30
5	VII	5,88	18,85	60,84	13,74	11,64	21,59	36,73	2,05	-7,23	1,39
6	I	5,81	28,33	68,37	11,71	9,45	14,74	37,08	-3,68	-3,47	1,45
6	III	5,98	18,51	54,26	12,81	13,49	16,78	40,12	-1,74	-5,99	1,70
6	IV	5,86	25,14	64,47	11,81	15,34	17,92	37,70	-2,58	-5,07	1,75
6	VII	6,24	12,80	60,73	13,47	13,25	14,54	35,10	-0,81	-5,94	1,33
7	I	5,98	16,68	53,62	14,77	15,45	27,14	33,02	-1,62	-4,89	1,55
7	III	6,01	14,18	63,14	15,42	11,61	28,60	37,54	-4,96	0,42	1,25
7	IV	5,95	23,65	65,19	10,17	14,74	28,38	35,96	-3,52	-4,27	1,93
7	VI	5,86	24,43	60,96	9,66	13,04	23,60	34,67	-3,24	-4,58	2,00
8	II	5,82	15,10	72,21	9,49	11,39	25,98	36,14	-1,70	-1,06	1,57
8	III	6,06	11,91	65,48	10,89	12,24	26,92	39,66	-3,50	-0,14	1,30
8	V	6,01	14,82	55,78	15,49	11,54	25,81	37,45	-1,66	-3,84	1,30
8	VI	5,86	17,56	65,34	12,00	12,78	25,74	35,80	-3,46	-3,70	1,75
9	I	6,04	22,15	73,90	7,31	10,10	18,53	38,45	-3,03	-4,27	1,63
9	II	6,07	17,86	57,01	14,76	13,07	16,98	35,04	-2,87	-5,62	1,68
9	VI	5,97	19,76	55,03	14,39	16,42	15,49	35,57	-2,32	-4,94	1,40
9	VII	5,91	21,01	59,71	11,05	16,42	16,43	39,12	-4,00	-4,59	1,10
10	I	6,08	15,27	63,07	11,45	13,18	15,67	37,24	-0,24	-1,80	1,48
10	III	5,87	22,43	63,59	10,89	15,13	15,05	39,29	-1,67	-5,07	1,54

10	VI	5,87	16,38	61,09	13,53	12,40	17,35	36,76	-1,28	-5,95	1,70
10	VII	6,09	24,91	63,07	15,59	11,43	20,38	36,37	-3,28	-4,23	1,88

Apêndice11. Dados brutos relativos aos resultados dos parâmetros sensoriais das amostras de carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade. Capítulo 4.

TRATA MENTO	BLOCO	COR	ODOR	SABOR	TEXTURA	APARENCIA GERAL
1	V	6	7	7	8	6
1	V	8	8	7	6	7
1	V	7	4	7	7	7
1	V	5	4	3	2	4
1	III	6	5	6	7	8
1	III	5	4	4	5	4
1	III	8	6	5	4	7
1	III	8	7	7	7	8
1	IV	8	1	1	8	8
1	IV	7	4	5	5	7
1	IV	7	8	7	7	7
1	IV	7	7	6	7	6
1	I	7	7	8	8	7
1	I	4	6	4	8	6
1	I	6	7	7	7	6
1	I	7	7	6	7	7
2	II	8	7	6	3	7
2	V	8	8	7	8	8
2	II	9	9	9	9	9
2	IV	6	2	2	6	6
2	IV	2	3	3	3	3
2	III	5	5	6	4	5
2	V	5	7	7	5	6
2	V	6	7	7	6	7
2	II	6	7	8	8	6
2	IV	7	7	8	7	7
2	III	8	8	6	7	8
2	V	6	7	5	7	6
2	IV	1	1	2	4	2
2	III	4	4	4	6	6
2	III	8	8	8	8	8
2	II	6	6	4	4	4
3	V	6	6	7	6	7
3	IV	5	7	4	6	7
3	VI	6	4	4	3	6
3	IV	8	6	8	8	8
3	VI	6	9	9	9	9
3	II	7	8	8	7	8

---

3	V	5	6	5	7	5
3	IV	5	6	5	7	5
3	II	6	5	6	7	4
3	V	3	6	6	7	7
3	VI	8	7	8	7	8
3	VI	7	7	6	6	7
3	II	7	6	6	7	7
3	V	5	6	8	8	5
3	IV	8	8	6	7	7
3	II	8	7	4	4	6
4	I	8	7	7	4	8
4	I	8	8	6	6	7
4	II	7	6	6	7	7
4	II	7	4	6	6	6
4	III	4	4	6	8	4
4	III	6	7	6	6	5
4	II	7	8	8	6	6
4	II	5	5	4	6	6
4	IV	8	8	8	7	8
4	VII	9	7	8	7	9
4	III	3	8	8	8	7
4	III	7	5	3	5	7
4	VII	8	8	7	7	7
4	I	8	8	7	6	8
4	VII	7	7	7	6	6
4	VII	7	6	6	6	6
5	II	8	6	8	6	7
5	IV	8	7	8	7	8
5	II	8	8	7	7	7
5	IV	7	7	6	7	6
5	V	8	8	9	9	9
5	III	8	5	6	6	6
5	V	6	5	4	5	5
5	V	7	7	7	9	7
5	II	7	7	6	3	3
5	III	5	5	5	5	5
5	III	4	2	7	6	4
5	V	6	5	5	6	6
5	IV	8	8	8	8	8
5	III	9	9	9	8	9
5	II	7	8	8	7	7
5	IV	8	7	7	7	8
6	II	8	8	8	8	8
6	II	8	7	6	7	8
6	II	5	5	6	6	6

---

---

6	II	6	6	6	3	4
6	I	6	6	4	4	6
6	I	7	4	4	4	4
6	I	7	7	7	6	7
6	I	7	7	6	7	7
6	III	7	8	7	7	5
6	III	8	9	8	8	8
6	III	4	4	5	5	5
6	II	6	7	7	7	6
6	VI	7	7	7	4	7
6	VI	7	6	7	6	7
6	VI	6	7	8	9	7
6	VI	9	8	8	8	8
7	I	8	8	7	8	8
7	I	4	4	6	7	6
7	I	6	6	7	7	7
7	I	7	6	5	6	6
7	II	4	4	8	8	8
7	II	5	7	7	7	7
7	II	7	7	7	6	7
7	II	6	7	6	6	6
7	IV	7	8	8	8	5
7	IV	3	2	7	7	5
7	IV	4	5	4	5	5
7	IV	5	7	7	6	6
7	III	5	6	6	6	7
7	III	6	5	5	6	6
7	III	8	9	6	6	6
7	II	8	8	6	8	8
8	I	7	3	1	6	3
8	I	8	8	8	7	7
8	I	3	3	4	2	3
8	I	7	7	7	8	7
8	VI	5	6	1	5	4
8	VI	7	7	8	8	7
8	VI	7	7	6	6	7
8	VI	7	8	6	7	8
8	II	7	8	8	5	5
8	II	7	2	1	4	4
8	II	5	5	6	6	6
8	II	7	7	5	4	7
8	III	5	4	6	7	7
8	III	4	4	2	4	2
8	III	8	9	9	9	9
8	III	8	8	7	8	8

---

9	III	8	8	7	8	8
9	III	7	3	4	7	7
9	III	1	5	3	3	3
9	III	7	7	8	7	8
9	II	9	9	9	9	9
9	II	7	8	8	8	8
9	II	7	6	4	4	7
9	II	7	8	8	7	7
9	VII	7	8	7	5	5
9	VII	4	2	5	5	5
9	VII	4	5	4	4	4
9	VII	7	4	3	5	4
9	V	5	4	8	8	8
9	V	7	7	7	7	4
9	V	7	7	8	8	8
9	V	7	8	8	9	8
10	IV	7	5	6	7	4
10	IV	8	8	8	9	9
10	IV	2	2	2	2	2
10	IV	3	7	7	4	3
10	III	9	9	9	9	9
10	III	8	8	8	8	8
10	III	7	6	6	6	7
10	III	7	8	7	7	8
10	II	7	8	8	8	5
10	II	5	5	8	7	5
10	II	5	5	6	6	6
10	II	4	5	5	4	3
10	VI	6	8	8	9	9
10	VI	6	5	3	5	6
10	VI	6	7	4	8	8
10	VI	7	8	8	8	8

Apêndice 12. Análises de variância das análises físico-químicas e sensoriais da carne de frangos referentes ao Capítulo 4.

Análise de variância de pH da carne de peito de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,03	0,006	0,40	0,8698
<b>Tratamento</b>	9	0,02	0,002	0,18	0,9948
<b>Erro</b>	24	0,36	0,015		
<b>Total</b>	39	0,43			

Análise de variância de L\* da carne de peito de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	241,97	40,328	1,63	0,1814
<b>Tratamento</b>	9	126,66	14,073	0,57	0,8081
<b>Erro</b>	24	592,74	24,69		
<b>Total</b>	39	956,97			



Análise de variância de a\* da carne de peito de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	6,30	1,050	0,19	0,9775
<b>Tratamento</b>	9	11,64	1,294	0,23	0,9865
<b>Erro</b>	24	134,68	5,61		
<b>Total</b>	39	160,96			

Análise de variância de b\* da carne de peito de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	8,27	1,378	0,32	0,9219
<b>Tratamento</b>	9	10,02	1,114	0,26	0,9807
<b>Erro</b>	24	104,50	4,354		
<b>Total</b>	39	123,87			

Análise de variância de perdas de peso por cocção da carne de peito de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	137,86	22,977	1,83	0,1358
<b>Tratamento</b>	9	172,68	19,187	1,53	0,1950
<b>Erro</b>	24	301,58	12,56		
<b>Total</b>	39	562,47			

Análise de variância de perdas de peso por cocção da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	29,37	4,89	1,10	0,3896
<b>Tratamento</b>	9	757,63	84,18	18,96	<0,0001
<b>Erro</b>	24	106,56	4,440		
<b>Total</b>	39	906,96			

Análise de variância de L\* por cocção da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	56,65	9,442	1,51	0,2166
<b>Tratamento</b>	9	55,17	6,130	0,98	0,4791
<b>Erro</b>	24	149,81	6,242		
<b>Total</b>	39	288,59			

Análise de variância de a\* por cocção da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	4,98	0,831	0,35	0,9038
<b>Tratamento</b>	9	12,84	1,426	0,60	0,7860
<b>Erro</b>	24	57,26	2,385		
<b>Total</b>	39	74,26			

Análise de variância de b\* por cocção da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	10,46	1,744	0,72	0,6403
<b>Tratamento</b>	9	49,60	5,511	2,26	0,0534
<b>Erro</b>	24	58,44	2,435		
<b>Total</b>	39	120,04			

Análise de variância de força de cisalhamento da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	0,42	0,070	1,85	0,1306
<b>Tratamento</b>	9	0,38	0,042	1,11	0,3903
<b>Erro</b>	24	0,91	0,038		
<b>Total</b>	39	1,64			

Análise de variância do parâmetro sensorial cor da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	12,98	2,163	0,82	0,5569
<b>Tratamento</b>	9	26,92	2,999	1,14	0,3419
<b>Erro</b>	144	380,45	2,642		
<b>Total</b>	159	418,59			

Análise de variância do parâmetro sensorial odor da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	20,91	3,485	1,03	0,4071
<b>Tratamento</b>	9	12,85	1,428	0,42	0,9212
<b>Erro</b>	144	486,46	3,378		
<b>Total</b>	159	520,77			

Análise de variância do parâmetro sensorial sabor da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	16,69	2,782	0,82	0,5594
<b>Tratamento</b>	9	33,14	3,682	1,08	0,3816
<b>Erro</b>	144	491,30	3,411		
<b>Total</b>	159	540,37			

Análise de variância do parâmetro sensorial textura da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	17,035	2,839	1,04	0,4035
<b>Tratamento</b>	9	13,714	1,523	0,56	0,8304
<b>Erro</b>	144	394,08	2,736		
<b>Total</b>	159	422,40			

Análise de variância do parâmetro sensorial aparência geral da carne de sobrecoxa de frangos de corte de 40 dias de idade.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	p
<b>Bloco</b>	6	31,20	5,201	1,93	0,0799
<b>Tratamento</b>	9	20,11	2,235	0,83	0,5902
<b>Erro</b>	144	388,16	2,695		
<b>Total</b>	159	428,40			

### **VITA**

Jaime Ernesto Peña Martínez, filho de Mario Alejandro Peña e Teresa Martínez, nasceu em Bogotá Colômbia aos 25 de outubro de 1977. Coursou o ensino fundamental e médio no colégio Emmanuel d'Alzón, Bogotá. Em 1996 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Nacional de Colômbia, obtendo seu grau de Zootecnista em junho de 2002. Iniciou seus estudos de mestrado em março de 2006, na Área de Produção Animal no programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. No ano de 2008 terminou seus estudos de mestrado e iniciou seu doutorado na mesma instituição, permanecendo nesta até o presente momento.