



**DIANE SANTOS MELO**

**VIABILIDADE DA GLICERINA BRUTA NA  
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM  
TERMINAÇÃO**

**LAVRAS – MG**

**2012**

**DIANE SANTOS MELO**

**VIABILIDADE DA GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE  
SUÍNOS EM TERMINAÇÃO**

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

Orientador

Dr. Vinícius de Souza Cantarelli

Coorientadores

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Dr. Paulo Borges Rodrigues

Dr. Raimundo Vicente de Sousa

**LAVRAS – MG**

**2011**

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

Melo, Diane Santos.

Viabilidade da glicerina bruta na alimentação de suínos em  
terminação / Diane Santos Melo. – Lavras : UFLA, 2012.

106 p. : il.

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

Orientador: Vinicius de Souza Cantarelli.

Bibliografia.

1. Biodiesel. 2. Glicerol. 3. Metabolismo. 4. Qualidade da carne.  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.408557

**DIANE SANTOS MELO**

**VIABILIDADE DA GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO DE  
SUÍNOS EM TERMINAÇÃO**

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

APROVADA em 16 de Dezembro de 2011.

Dr. Paulo Borges Rodrigues

Dr. Peter Bitencourt Faria

Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

Dr. Rony Antônio Ferreira

Dr. Vinícius de Souza Cantarelli  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2011**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, sabedoria e por colocar, perto de mim pessoas queridas, que me ajudaram nessa caminhada.

Ao meu pai Emídio e minha mãe Maria Marta pelo amor incondicional e incentivo nos momentos de dificuldade. Aos meus irmãos Alexander, Veruska e Emídio Júnior pelo carinho, que mesmo a distância, me trouxe conforto. Aos meus queridos cunhados Rodrigo e Franciane pela assistência prestada. Aos tios e primos pelo incentivo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento) pelo financiamento do projeto que gerou esta dissertação e pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Vinícius de Souza Cantarelli pela orientação, amizade, ensinamentos e confiança durante a realização deste trabalho.

Ao professor Peter Bitencourt Faria pela amizade, assistência, incentivo e contribuição pelos seus conhecimentos.

Aos meus coorientadores, professor Márcio Gilberto Zangeronimo pela ajuda indiscutível nas análises estatísticas, atenção e sugestões. Ao professor Paulo Borges Rodrigues pelas importantes sugestões feitas para conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora professor Márvio Lobão Teixeira de Abreu e professor Rony Antonio Ferreira.

Aos funcionários da Secretaria do Departamento de Zootecnia, principalmente, à Keila Cristina de Oliveira, Joelma Xavier dos Santos, Flávio Monteiro de Oliveira e Carlos Henrique de Souza.

Aos funcionários de campo do Departamento de Zootecnia em especial ao Borginho, Leandro, Hélio e Fabiano pela colaboração nas etapas de condução dos experimentos.

Aos laboratoristas do Departamento de Zootecnia Márcio, Eliane e José Virgílio.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia e Medicina Veterinária pelos ensinamentos repassados.

Ao frigorífico Nutrili, por ter auxiliado na realização deste trabalho.

A importante ajuda dos amigos do Núcleo de Estudos de Suinocultura (NESUI): Amanda, Bárbara, Bruna, Carolina Fernandes, Carolina Teixeira, César, Daniel; Danúbia, Evandro, Fernando, Flávio, Gabriel Antônio, Hebert, Ítalo, Juliano, Leonardo Francisco, Leonardo Rafael, Letícia Moraes, Letícia Mendonça, Luis Gustavo, Louise, Marseile, Rhuan, Richardson, Thiago, Tila e Túlio.

Ao Nikolas e Tiago Birro pela contribuição na montagem dos experimentos.

A Verônica pela amizade e importantíssima contribuição neste trabalho.

A amizade e apoio incondicional de TODOS os meus amigos que moram e frequentam o Jamba. Em especial a Nádia, Simoni, Paulinho, Lucas, Ana Flávia, Jairo, Luciana, Mileny, Alex e Rafa Marques que me proporcionaram muitos momentos de felicidade.

As amigas de república Stella, Ana Catarina e Gabrielle pela amizade e incentivo.

A TODOS os antigos e novos amigos pelo carinho.

O meu MUITO OBRIGADA!!!

## RESUMO GERAL

Foi conduzido um experimento com os objetivos de avaliar os efeitos de níveis crescentes de glicerina bruta na alimentação de suínos em terminação sobre o desempenho, qualidade da carcaça e da carne e viabilidade econômica, para isso foram utilizados 30 suínos machos castrados e 30 fêmeas (peso inicial de  $79,3 \pm 4,0$  kg). Para o desempenho foi determinado o ganho de peso diário (GPD); consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA). Para a viabilidade econômica foi determinada a receita bruta (RB) e líquida (RL); custo total (CT) e rentabilidade (RENTAB). Foi utilizado DBC com cinco tratamentos que consistiram da inclusão de 50, 100, 150 e 200 g/kg de glicerina bruta e um tratamento controle (dieta sem glicerina), seis repetições e dois animais por unidade experimental (um macho castrado e uma fêmea). As análises feitas para a qualidade da carcaça foram o rendimento da carcaça quente (RCQ); perda de líquido da carcaça resfriada (PCR); rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR); espessura de toucinho (ET) e área de olho de lombo (AOL) e para qualidade da carne analisou-se as características físico-químicas e bromatológicas dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*. O delineamento utilizado foi DBC, em esquema fatorial  $2 \times 4 + 2$ , sendo duas categorias sexuais (macho castrado e fêmea), quatro níveis de inclusão de glicerina bruta (50, 100, 150 e 200 g/kg) e dois tratamentos sem glicerina, totalizando dez tratamentos com seis repetições e a unidade experimental representada por cada carcaça. Houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para GPD e CA. As fêmeas apresentaram médias maiores ( $P < 0,05$ ) para RCCR e AOL e menor ET do que os machos. O RCCR foi maior ( $P < 0,05$ ) e ET menor ( $P < 0,05$ ), quando o nível de 50g/kg foi comparado ao controle. Entretanto, ao comparar o nível de 200g/kg, a AOL foi menor ( $P < 0,05$ ) do que o grupo controle. Houve redução linear ( $P < 0,05$ ) da AOL com o aumento dos níveis de glicerina. Para viabilidade econômica a RB, RL e RENTAB houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). Para qualidade da carne, houve interação ( $P < 0,05$ ) entre machos e glicerina para o teor de vermelho e cinzas no pernil. Os machos apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) teor de ET no pernil e no lombo quando comparados às fêmeas. No pernil, o teor protéico das fêmeas foi maior ( $P < 0,05$ ) do que os machos. No lombo, verificou-se que os animais da dieta controle obtiveram maior ( $P < 0,05$ ) teor protéico do que os de 100g/kg de glicerina e o pH final dos machos foi maior ( $P < 0,05$ ) do que das fêmeas. Conclui-se que níveis próximos de 100g/kg de glicerina bruta na ração de suínos em terminação é o recomendável. Níveis crescentes de glicerina bruta, a partir de 150 g/kg comprometem negativamente os parâmetros analisados, sendo o pior nível o de 200 g/kg.

Palavras-chave: Biodiesel. Glicerol. Metabolismo. Qualidade da carne

## GENERAL ABSTRACT

An experiment was conducted with the objective to evaluate the effects of increasing levels of crude glycerine in the diet for finishing pigs on performance, carcass and meat quality and economic viability, for it were used 30 barrows and 30 females (initial weight  $79.3 \pm 4.0$  kg). For the performance was determined average daily gain (ADG), daily feed intake (DFI) and feed conversion (FC). For the economic viability was determined the gross revenue (GR) and net revenue (NR), total cost (TC) and profitability (PROFIT). The randomized block design was used (initial weight), with five treatments that consisted of inclusion 50, 100, 150 and 200 g/kg of crude glycerine and a control treatment (diet without glycerine), six replicates and two animals per experimental unit (a barrow and a female). The analyzes for carcass quality were hot carcass yield (HCY); loss of liquid from chilled carcass (LLCC); yield of chilled carcass meat (YCCM), backfat thickness (BT) and ribeye area (REA) and for quality meat was analyzed the physico-chemical and bromatological characteristics of *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus*. The experimental design was a randomized block (initial weight) in a factorial  $2 \times 4 + 2$ , being two sex categories (barrow and female), four levels of inclusion crude glycerine (50, 100, 150 and 200 g/kg ) and two treatments without glycerine, a total of ten treatments with six replications and experimental unit represented by each carcass. There was a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) for ADG and FC. Females showed higher average ( $P < 0.05$ ) for YCCM and REA and lower BT than the barrows. The YCCM was higher ( $P < 0.05$ ) and BT lower ( $P < 0.05$ ), when the level of 50g/kg was compared to the control group. However, when comparing the level of 200g/kg, REA was lower ( $P < 0.05$ ) than the control group. There was a linear decrease ( $P < 0.05$ ) of REA with increased glycerine levels. For economic viability GR, NR and PROFIT there was a quadratic effect ( $P < 0.05$ ), being the worst level of 200 g/kg. For meat quality, there was an interaction ( $p < 0.05$ ) between barrows and glycerine for the red and gray content in the ham. Barrows had higher ( $P < 0.05$ ) BT level in the ham and loin compared to females. In the ham, the protein content of female pigs was higher ( $p < 0.05$ ) than the barrows.

In the pork loin, it was found that the animals in the control diet had higher ( $p < 0.05$ ) protein content than 100g/kg of crude glycerine and the final pH of barrows was higher ( $p < 0.05$ ) than that female pigs. It was conclude that levels around 100g/kg of crude glycerine in diets for finishing pigs is recommended. Increasing levels of crude glycerine, from 150 g/kg, although increasing HCY undertake negatively the analyzed parameters, being the worst level of 200 g/kg.

Keywords: Biodiesel. Glycerol. Metabolism. Meat quality.



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1	Produção de Biodiesel e Glicerina Bruta.....	15
Figura 2	Fórmula molecular do glicerol .....	16
Figura 3	Ilustração do metabolismo do Glicerol .....	20

### CAPÍTULO 2

Figura 1	Ganho de peso diário (GPD) de suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta.....	50
Figura 2	Conversão alimentar (CA) de suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta .....	51
Figura 3	Rendimento da carcaça quente (RCQ) das fêmeas em terminação, alimentadas com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta.....	54
Figura 4	Área de olho de lombo (AOL) de suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta.....	56
Figura 5	Receita bruta (RB) dos suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta .....	58
Figura 6	Receita líquida (RL) dos suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta .....	59
Figura 7	Rentabilidade (RENTAB) dos suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta.....	59

### **CAPÍTULO 3**

Figura 1	Teor de vermelho do pernil de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina .....	78
----------	---	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 1	Composição química e características da glicerina bruta utilizada ..	43
Tabela 2	Composição nutricional e valores calculados das dietas experimentais .....	44
Tabela 3	Médias de ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta na dieta .....	49
Tabela 4	Médias do rendimento da carcaça quente (RCQ), perda de líquido da carcaça resfriada (PCR), rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR), espessura de toucinho (ET) e área de olho de lombo (AOL) de suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta na dieta .....	53
Tabela 5	Receita bruta, custo total, receita líquida e rentabilidade de suínos em terminação, alimentados com glicerina bruta .....	58

### CAPÍTULO 3

Tabela 1	Composição química e características da glicerina bruta utilizada ..	71
Tabela 2	Composição nutricional e valores calculados das dietas experimentais .....	71
Tabela 3	Médias dos componentes físico-químicos dos cortes do lombo de suínos em função do nível de glicerina da alimentação e sexo .....	75
Tabela 4	Médias dos componentes físico-químicos dos cortes do pernil de suínos em função do nível de glicerina da alimentação e sexo .....	76

Tabela 5	Composição bromatológica dos cortes de lombo de suínos em função do nível de glicerina na alimentação e sexo .....	81
Tabela 6	Composição bromatológica dos cortes de pernil de suínos em função do nível de glicerina na alimentação e sexo .....	82

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Introdução geral</b>	13
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	15
<b>2.1</b>	<b>Produção e caracterização da glicerina e glicerol</b>	15
<b>2.2</b>	<b>Absorção e metabolismo do glicerol</b>	18
<b>2.3</b>	<b>Energia metabolizável da glicerina bruta para suínos</b>	21
<b>2.4</b>	<b>Efeitos da utilização da glicerina bruta sobre o desempenho de suínos</b>	23
<b>2.5</b>	<b>Efeitos da utilização da glicerina bruta sobre a qualidade da carcaça de suínos</b>	25
<b>2.6</b>	<b>Efeitos da utilização da glicerina bruta sobre a qualidade da carne</b>	27
	<b>REFERÊNCIAS</b>	33
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Viabilidade da glicerina bruta na alimentação de suínos em terminação</b>	38
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	40
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	42
<b>2.1</b>	<b>Local de realização do experimento</b>	42
<b>2.2</b>	<b>Animais e instalações</b>	42
<b>2.3</b>	<b>Delineamento experimental</b>	42
<b>2.4</b>	<b>Dietas experimentais</b>	43
<b>2.5</b>	<b>Procedimento experimental</b>	45
<b>2.6</b>	<b>Análise estatística</b>	48
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	49
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	61
	<b>REFERÊNCIAS</b>	62
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>Qualidade da carne de suínos com uso de glicerina na alimentação</b>	65
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	67
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	69
<b>2.1</b>	<b>Local de realização do experimento</b>	69
<b>2.2</b>	<b>Animais e instalações</b>	69
<b>2.3</b>	<b>Delineamento experimental</b>	70
<b>2.4</b>	<b>Dietas experimentais</b>	70
<b>2.5</b>	<b>Procedimento experimental</b>	72
<b>2.6</b>	<b>Análise estatística</b>	73
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	75
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	84
	<b>REFERÊNCIAS</b>	85
	<b>ANEXOS</b>	88

## CAPÍTULO 1 Introdução Geral

### 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira utiliza o milho como principal fonte energética nas dietas dos animais. A participação desse cereal na alimentação dos suínos corresponde, em média, a 70%. Por tratar-se de uma *commodity*, este grão tem oscilações do seu preço no mercado nacional e internacional.

Os motivos para as variações no preço são devido à oferta e a demanda do produto. Alguns fatores interferem na produção e produtividade do milho, por conseguinte, na diminuição da oferta deste cereal no mercado. Fatores climáticos como geadas e altas estiagens; utilização do milho para produção de biocombustíveis (etanol), nos Estados Unidos e utilização do milho tanto para alimentação animal quanto humana, acarreta uma redução dos estoques mundiais dessa *commodity*. Devido à baixa oferta e ao excesso de demanda, o preço do milho eleva-se consideravelmente. Assim sendo, a sua substituição nas dietas animais por outras fontes alternativas é de interesse para redução de custos com alimentação animal.

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 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, 2011), e com um excedente de glicerina, decorrente da produção de biodiesel, em torno de 240 mil toneladas. O uso da glicerina na alimentação de suínos pode ser uma alternativa interessante na redução do custo das rações animal, devido ao aumento da oferta deste coproduto no mercado e pelo seu valor energético, similar ao milho, que pode ser explorado na alimentação.

Estudos das potencialidades e restrições ao uso da glicerina na alimentação animal tornam-se importantes para adequada formulação das dietas

visando atender às exigências nutricionais dos animais. Entretanto, os trabalhos nacionais e internacionais, que exploram esse assunto, não são conclusivos quanto aos efeitos da glicerina bruta, na viabilidade técnica e econômica, ao utilizar níveis de até 200g/kg na alimentação de suínos. Níveis crescentes de glicerina bruta de até 200 g/kg podem melhorar a rentabilidade na suinocultura, por diminuir os custos das dietas. Na literatura, são escassos os trabalhos que analisam a viabilidade econômica, sendo esta importante, uma vez que, em formulações de dietas o custo dos ingredientes que as compõem é tão importante quanto o conhecimento dos fatores nutricionais desse alimento.

Outra vantagem seria na melhora do desempenho, qualidade da carcaça e da carne dos suínos. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar a influência de níveis crescentes de glicerina bruta até o nível de 200 g/kg nas dietas, sobre os parâmetros de desempenho, carcaça e qualidade da carne, assim como, a viabilidade econômica do uso da glicerina bruta na dieta de suínos em terminação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Produção e caracterização da glicerina e glicerol

A glicerina é obtida através de um processo de transesterificação de óleos vegetais ou gordura animal com álcoois (metanol ou etanol) através de catalisadores que podem ser básicos, ácidos ou enzimáticos (Figura 1). Os catalisadores básicos (geralmente, hidróxido de sódio ou de potássio) são mais comuns, pois proporcionam uma reação mais rápida. Os três componentes (óleo, álcool e catalisador) são agitados a uma temperatura em torno de 50°C, na qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos (BIODIESEL BR, 2010), e tendo como coproduto a glicerina, com teores de glicerol que variam de acordo com a matéria-prima utilizada e o tipo de processo de produção (BIODIESEL BR, 2010).

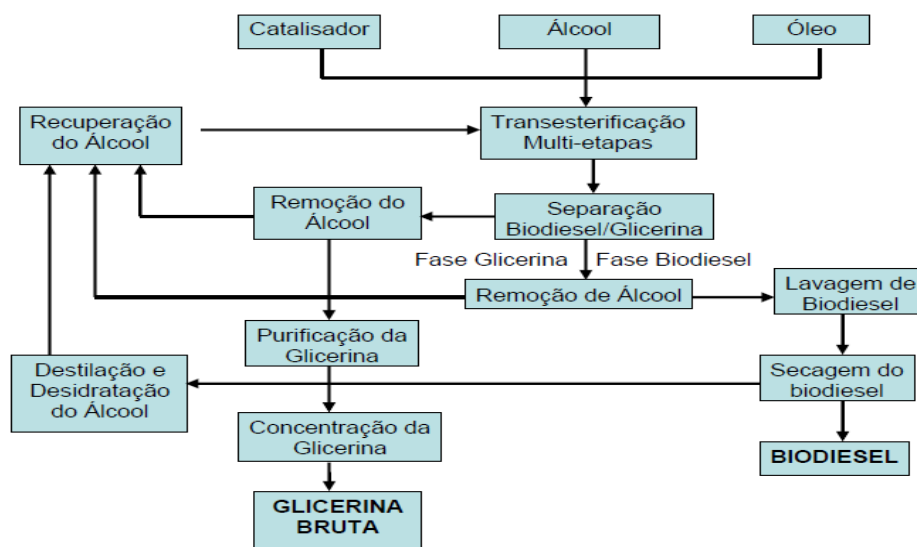


Figura 1 Produção de Biodiesel e Glicerina Bruta

Fonte: Parente (2003)



No final da etapa de transesterificação, glicerol e ésteres formam uma massa líquida de duas fases e são separados por decantação ou centrifugação. A fase superior contém ésteres etílicos ou metílicos do biodiesel. A fase inferior contém a glicerina bruta (BIODIESEL BR, 2010).

Após a obtenção da glicerina bruta, é necessário o seu processo de purificação, etapa considerada de alto custo. Os processos de purificação da glicerina incluem filtração, destilação a vácuo, descoloração e troca de íons para a remoção, principalmente, de  $K^+$  e  $Na^+$ , que são componentes dos catalisadores utilizados (OOI et al., 2004).

Normalmente, utilizam-se glicerina e glicerol como palavras sinônimas, embora o termo glicerina refira-se a um líquido que possui uma mistura de substâncias, dentre elas o glicerol. O glicerol ou propano-1,2,3-triol (Figura 2) é um composto orgânico pertencente à função álcool, líquido à temperatura ambiente ( $25^{\circ}C$ ), inodoro, viscoso, de sabor adocicado e apresenta alta higroscopicidade, solubilidade na água e etanol, insolúvel em éter e clorofórmio. Seu ponto de fusão é de  $17,8^{\circ}C$  e ebulição de  $290^{\circ}C$  (INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY - IUPAC, 1993).

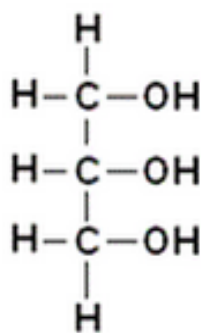


Figura 2 Fórmula molecular do glicerol

A glicerina possui três graus de pureza (baixa, média e alta), onde as variações mais pronunciadas que ocorrem são nas concentrações de água, glicerol, ácido graxo e metanol, sendo classificadas pelo teor de glicerol como glicerina de baixa pureza (50 a 70% de glicerol), glicerina de média pureza (71 a 90% de glicerol) e glicerina de alta pureza (acima de 90% de glicerol) (BIODIESEL BR, 2010).

A glicerina de baixa pureza, normalmente não é comercializada pelos fabricantes, devido ao procedimento de reciclagem do metanol remanescente da transesterificação que é recuperado para o sistema e, neste processo, há a retirada de água, ácidos graxos livres entre outras substâncias, produzindo a glicerina semipurificada de média pureza, essa sim, disponível para comercialização. As características físicas, químicas e nutricionais da glicerina bruta dependem do tipo de ácido graxo (proveniente da gordura animal ou do óleo vegetal), do tipo de catálise e processo de produção do biodiesel. No entanto, a procura pela glicerina purificada é muito maior, pelo seu valor econômico (RIVALDI et al., 2008).

A glicerina é permitida como aditivo em alimentos e também, considerada como substância “GRAS” (*Generally Regraded as Safe*) pelo FDA (*Food and Drug Administration*). No Brasil, seu uso em produtos alimentícios é assegurado pela Resolução de nº386, de 5 de agosto de 1999 (COSTENARO, 2009).

Schröder e Südekum (1999), demonstraram que a glicerina de baixa pureza pode ser usada para ruminantes. Entretanto, a glicerina de média pureza (bruta), além de possuir maior teor de glicerol tem menores teores de água, metanol, ácidos graxos livres e ésteres, o que a torna mais interessante do ponto de vista nutricional.

A glicerina pura é a melhor para o uso na alimentação animal, pois já é usada largamente na alimentação humana, na indústria farmacêutica e de

cosméticos. Porém, envolve o custo adicional da purificação, tornando-se impraticável a inclusão da glicerina pura na alimentação animal (HANCZAKOWSKA et al., 2010; THOMPSON; HE, 2006). Sendo assim, parece ser mais adequado o uso da glicerina de média pureza.

Por ser uma alternativa nutricional interessante na alimentação animal, a glicerina precisa ter sua absorção e metabolismo intermediário conhecidos, pois estes fatores poderão influenciar no aproveitamento deste coproduto pelo animal.

## **2.2 Absorção e metabolismo do glicerol**

O glicerol absorvido no intestino delgado pode ser proveniente da glicerina ou ser componente de triglicerídeos da dieta. Quando oriundos das dietas, os triglicerídeos são hidrolisados pela lipase pancreática para formar ácidos graxos livres e glicerol, sendo este solúvel em água e facilmente absorvido no intestino delgado, ou podem ser absorvidos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos formando os monoglicerídeos. O glicerol é também absorvido pelo estômago, no entanto, em uma taxa mais lenta que a absorção intestinal (TAO et al., 1983).

Segundo Froger et al. (2001), existem Proteínas Integrais de Membrana (PIM) que são componentes normais de membrana celular, responsáveis pelo equilíbrio osmótico através do transporte de água e pequenos solutos, como o glicerol. Elas são classificadas em dois subgrupos: aquaporinas (transporte somente de água pelos “canais de água”) e aquagliceroporinas (transporte de glicerol pelos “canais de água”). As aquagliceroporinas AQP3, AQP7 e AQP9 são classes de canais de água, também permeáveis ao glicerol. A AQP3 é uma proteína necessária ao transporte de glicerol no intestino de ratos e humanos, mas também encontrada nos olhos, rins, estômago, baço, eritrócitos e células da

epiderme (MACDOUGALD; BURANT, 2005). A AQP7 é encontrada em alta quantidade no tecido adiposo e pode funcionar como canal de liberação do glicerol do tecido adiposo. Estudos verificaram que ratos deficientes na AQP7 tiveram reduzida liberação do glicerol e apresentaram severa hipoglicemia em jejum induzido. No fígado encontra-se a AQP9 essa gliceroporina regula a entrada de glicerol no fígado para ser utilizado como substrato gliconeogênico (MAEDA et al., 2004).

Em ratos, a absorção intestinal do glicerol varia de 70 a 89%, e em suínos e aves mais de 97% (BARTELT; SCHNEIDER, 2002). A alta absorção, decorrente do pequeno peso molecular do glicerol, é por transporte passivo ao invés de formar uma micela, como ocorre com as médias e grandes cadeias de ácidos graxos com sais biliares (GUYTON, 1991). Devido ao glicerol ser um soluto hidrofílico, acredita-se que seja absorvido, principalmente, por transporte paracelular. Segundo Yuasa et al. (2003), a permeabilidade paracelular é limitada pelo tamanho dos poros paracelular e diminui com o aumento da molécula. Estudos evidenciam que a taxa de absorção de glicerol no lúmen intestinal equivale a 1/4 da absorção de glicose e que a concentração entre os compostos não é afetada (TAO et al., 1983).

Em ratos existem dois transportes de absorção do glicerol no intestino, um transporte ativo e um passivo. O primeiro depende de um sistema de cotransporte, sendo responsável por 70% do transporte do glicerol em baixas concentrações. Por outro lado, Yuasa et al. (2003) em estudos “*in situ*” no jejuno e cólon, verificaram que a absorção do glicerol é saturável e, possivelmente, o transporte de glicerol pode ter um envolvimento com um cotransportador (Na – dependente). Segundo esses autores, ao infundir 0,2 mM de glicerol no intestino delgado de ratos, a fração de glicerol absorvido foi de 92%. A absorção não foi alterada quando a dose de 1,0 mM foi administrada. Entretanto, ela reduziu para 73% quando a concentração da substância foi elevada para 40 mM. Portanto, a

absorção de glicerol pode ser dependente da concentração de glicerol (saturável).

Uma vez absorvido, o glicerol é transportado para o fígado, onde é metabolizado pelas enzimas glicerol quinase e glicerol-3P-desidrogenase formando o glicerol-3-fosfato, um intermediário da lipogênese, da via gliconeogênica e das vias glicolítica e do ácido tricarbóxico (LIN, 1977; TAO et al., 1983). O destino metabólico do glicerol irá depender do “*status*” energético do animal. A oxidação do glicerol produz, em média, 22 ATP para cada mol de glicerol (BEST, 2006) (Figura 3). No metabolismo celular, o glicerol 3-fosfato é um metabólito central e possui triplo papel: fornecer o esqueleto de carbono para a gliconeogênese, agir como um carregador de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria para fosforilação oxidativa e agir como estrutura de triglicerídeos (TAO et al.,1983).

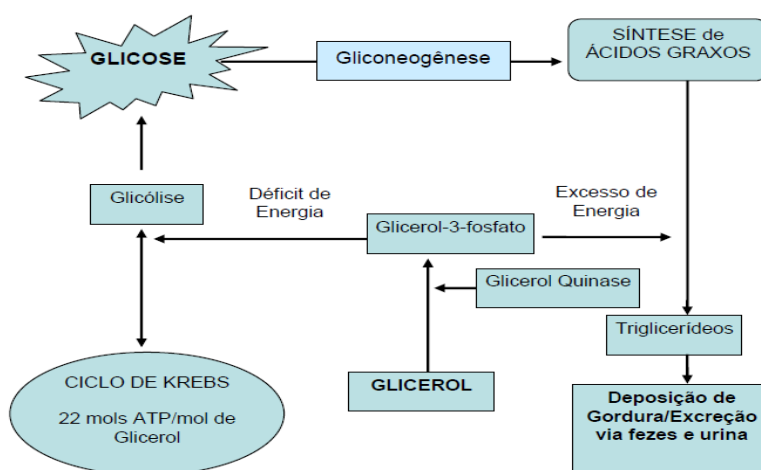


Figura 3 Ilustração do metabolismo do Glicerol

Fonte: Adaptado de Best (2006)

De acordo com Lin (1977), o fígado é responsável por, aproximadamente, 3/4 da capacidade total do corpo metabolizar o glicerol. Já o rim é o órgão responsável por cerca de 1/5 desta capacidade de metabolização do glicerol e também pela essencial reabsorção do glicerol, evitando-se excessos de perdas na urina.

Em suínos, existe limitação na ativação de enzimas para utilização de glicerol. Altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação proporcionam baixo conteúdo energético, pois o sistema enzimático (glicerol quinase) torna-se saturado na conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato, sendo o glicerol em excesso excretado pela urina (DOPPENBERG; VAN DER AAR, 2007).

Portanto, a fim de evitar o fornecimento de glicerina em excesso e a excreção de glicerol pelo animal, a concentração de glicerol presente na glicerina utilizada em dietas deve ser analisada e sua energia metabolizável determinada.

### **2.3 Energia metabolizável da glicerina bruta para suínos**

A glicerina para ser utilizada em substituição parcial ao milho, como fonte de energia na alimentação animal, precisa ter a energia metabolizável conhecida para cada fase de vida do suíno. Devido à imaturidade enzimática e fisiológica, leitões têm menor capacidade de metabolizar o glicerol quando comparados a animais na fase de terminação.

Lammers et al. (2008a), realizaram 5 experimentos com leitões e suínos em terminação. Para avaliar o valor nutricional da glicerina bruta (86,95% de glicerol), proveniente do óleo de soja, utilizaram níveis crescentes (0, 50, 100 e 200 g/kg) desse coproduto. Foi verificada diminuição da energia metabolizável da glicerina bruta para leitões, à medida que o nível de glicerina foi aumentando na dieta: 50 g/kg de glicerina na dieta (3.601kcal/kg), 100 g/kg (3.239kcal/kg) e

200 g/kg (2.579kcal/kg). Este fato não foi verificado para suínos em terminação, quando alimentados com os mesmos níveis de glicerina. A diminuição da energia metabolizável em leitões, também, foi constatada por Bartelt e Schneider (2002), ao utilizarem glicerina pura (99,9% de glicerol), sendo 50 g/kg (4.177kcal/kg), 100 g/kg (3.436kcal/kg) e 150 g/kg (2.524kcal/kg). Segundo Lammers et al. (2008a), em todos os tratamentos a energia metabolizável ficou entre 86 e 88% da energia bruta da glicerina, a exceção ocorreu para leitões alimentados com 200 g/kg de glicerina na dieta, no qual a energia metabolizável foi de 83% da dieta bruta, indicando declínio potencial na capacidade dos leitões metabolizarem mais de 100 g/kg de glicerina bruta. O resultado de regressões combinadas estimou que a energia metabolizável fosse de 3.207 kcal/kg de glicerina bruta para animais em crescimento. Entretanto, Bartelt e Schnider (2002), utilizando até 150 g/kg de glicerina pura, estimaram um valor de 3.525 kcal/kg.

Em estudos recentes, Kerr et al. (2009) estimaram a energia metabolizável em leitões, com o uso da glicerina bruta de diferentes plantas de biodiesel provenientes do óleo de soja e gordura animal. Esses autores constataram que a energia metabolizável variou de 2.535 a 5.206 kcal/kg, refletindo o conteúdo de glicerol, metanol e ácidos graxos presentes na glicerina e relatou que em média, independente da fonte de glicerina, a energia metabolizável da glicerina bruta foi 85,4% da energia bruta. Resultados compatíveis foram encontrados por Mendoza et al. (2010), relatando que a energia metabolizável da glicerina pura (97,7%), ao utilizar os níveis de 0 e 30% na dieta de suínos em crescimento foi de 3.584 kcal/kg e para a dieta controle (sem glicerina) foi de 3.820 Kcal/kg, na matéria seca. De acordo com esses autores, o menor valor da energia metabolizável da glicerina foi em decorrência das maiores perdas de energia na urina da dieta com 300 g/kg de glicerina comparada à dieta controle.

Entretanto, Carvalho (2011) encontrou valores mais elevados para a energia metabolizável da glicerina bruta em estudo com 32 leitões, testando dois tipos de glicerina: mista (gordura animal e óleo vegetal) e de óleo de soja. Sendo a energia metabolizável encontrada para a glicerina de óleo de soja (4.556 kcal/kg) e para a mista (4.488 kcal/kg), na matéria natural.

A variação dos valores de energia metabolizável estimadas por diferentes autores está relacionada às concentrações de glicerol, à presença de outros compostos, como sódio e ácidos graxos presentes nas gliceras da dieta animal e a diferentes fases de vida dos suínos estudados. Portanto, o valor nutricional da glicerina na alimentação animal dependerá de sua composição química e da categoria animal trabalhada. Concentrações de metanol, sódio e ácidos graxos deverão ser monitoradas, evitando quantidades excessivas nas dietas de suínos e uma potencial diminuição da energia metabolizável e comprometimento do desempenho destes (LAMMERS et al., 2008a).

#### **2.4 Efeitos da utilização da glicerina bruta sobre o desempenho de suínos**

Groesbeck et al. (2008), testando níveis de 30, 60 ou 120 g/kg de glicerina associada ou não com o óleo de soja, em dietas para leitões, observaram, efeito positivo no consumo de ração e melhoria no ganho de peso em dietas com níveis crescentes de óleo de soja e/ou óleo de soja com glicerina, no entanto, dietas com glicerina não tiveram efeito na conversão alimentar. Segundo estes autores a inclusão de até 120 g/kg de glicerina proporciona melhora na palatabilidade da dieta, por conseguinte, no consumo de ração. O mesmo resultado foi encontrado por Zijlstra et al. (2009), em estudo com leitões alimentados com até 80 g/kg de glicerina, no qual observou aumento no peso final dos animais comparado à dieta controle, sem glicerina. Em contrapartida, Della Casa et al. (2009) verificaram efeito negativo no consumo de ração, ganho



de peso e conversão alimentar para suínos em crescimento e terminação, alimentados com ração contendo 100 g/kg de glicerina bruta. Em pesquisas anteriores, Kijora et al. (1995) utilizando 300 g/kg de glicerina bruta de origem vegetal, para suínos em crescimento e terminação, constataram menor ganho de peso e pior conversão alimentar, mas sem afetar o consumo de ração.

Lammers et al. (2008b) em um experimento com 96 leitões, utilizando níveis de 50 e 100 g/kg de glicerina bruta (84,51% de glicerol) não observaram alteração nas características de desempenho quando utilizado até 100 g/kg de glicerina bruta na dieta. Estes resultados são similares quando houve adição de até 50 g/kg da glicerina em rações à base de farelo de trigo e soja (MOUROT et al., 1994).

Em estudos recentes Berenchtein et al. (2010), recomendam que até o nível de 90 g/kg de glicerina bruta na ração não prejudica o desempenho de suínos na fase de crescimento e terminação. Assim como Mendoza et al. (2010), que indicaram o nível de até 150 g/kg de glicerina purificada na dieta de suínos em terminação como não tendo efeito prejudicial no desempenho dos animais. Hansen et al. (2009), em estudo com suínos em crescimento e terminação, utilizando níveis de glicerina bruta (0, 40, 80, 120 e 160 g/kg) relataram que na primeira semana experimental o consumo de ração e ganho de peso diário dos animais diminuiu linearmente com aumento dos níveis de glicerina bruta na dieta. Entretanto, quando considerado todo o período de estudo, níveis crescentes de glicerina bruta não afetaram negativamente o desempenho dos animais. Este fato indica que suínos se adaptam à crescente inclusão desse ingrediente energético na dieta. Carvalho (2011), também, não observou efeito da glicerina mista (gordura animal e óleo de soja) ou da glicerina proveniente do óleo de soja, até o nível de 120 g/kg de inclusão quando utilizada nas dietas de leitões.

Schieck et al. (2010), testando 3 tratamentos para suínos em fase de crescimento, sendo: o tratamento controle, sem adição de glicerina bruta na dieta, e os outros dois tratamentos contendo 80 g/kg de glicerina na dieta, sendo que as dietas com glicerina foram fornecidas ao longo do período experimental (longo prazo) e em curto período experimental (curto prazo). Os resultados desse estudo indicaram que suínos do tratamento a longo prazo (LP) tiveram consumo de ração maior que o tratamento controle (C), sendo o controle semelhante ao tratamento a curto prazo (CP). O ganho de peso dos animais foi maior para LP quando comparado aos demais tratamentos e a conversão alimentar tendeu a ser melhor para C e CP, do que para LP.

Diante do exposto, observa-se a discrepância dos resultados de desempenho dos suínos ao utilizar níveis crescentes de glicerina (bruta ou pura). Essa variação de resultados reflete a variabilidade química das gliceras e a relação do seu efeito com as diferentes fases produtivas dos animais.

### **2.5 Efeitos da utilização da glicerina bruta sobre a qualidade da carcaça de suínos**

Em pesquisas recentes, Della Casa et al. (2009), não encontraram nenhuma diferença nas características de carcaça com a suplementação de glicerina purificada com 0, 50 ou 100 g/kg na dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação. Assim como, Mendoza et al. (2010) utilizando glicerina purificada para animais em terminação e verificaram que a inclusão de até 150 g/kg de glicerina não proporcionou efeitos prejudiciais sobre as características de carcaça dos suínos. O mesmo foi reportado por Berenchtein et al. (2010), utilizando glicerina semipurificada. Estes autores explanaram que o nível de até 90 g/kg de glicerina na dieta de suínos em crescimento e terminação não afeta negativamente a qualidade das carcaças dos suínos.

Entretanto, Schieck et al. (2010) observaram que suínos na fase de crescimento, alimentados com 80 g/kg de glicerina na dieta, durante todo o período experimental, obtiveram maior peso da carcaça quente quando comparados aos animais do grupo controle (sem glicerina) e aos animais alimentados com 80 g/kg de glicerina, porém, em curto período experimental. Neste mesmo estudo, não houve diferença entre os tratamentos para rendimento de carcaça, espessura de toucinho e área de olho de lombo.

Há evidências de que a inclusão de glicerina na dieta de suínos em terminação pode melhorar a capacidade de retenção de água da carne de suínos (MOUROT et al., 1994). Esses autores reportaram que em suínos alimentados com dietas de 50 g/kg comparado com dieta sem glicerina bruta, houve menor perda de líquido dos músculos. Doppenberg e Van Der Aar (2007), também, sugeriram que a glicerina adicionada à dieta de suínos em terminação aumenta a capacidade de retenção de água da carne suína.

A retenção de água é de grande importância, porque a carne é comercializada com base no peso da carcaça suína. Há inconsistência dos resultados quanto à capacidade da glicerina, utilizada na alimentação animal, ter efeito na capacidade de retenção de água nos músculos dos suínos. O tempo da retirada da alimentação antes do abate pode explicar algumas das inconsistências (LAMMERS et al., 2008b).

A razão para retenção de água pode ser a variação no teor de NaCl do glicerol bruto utilizado. Adição de NaCl no *post mortem* faz a capacidade de retenção de água aumentar na carne devido ao inchaço das miofibrilas, que são o local de absorção de água na carne (OFFER; TRINICK, 1983; VOYLE; JOLLEY; OFFER, 1984).

Portanto, glicerol bruto na dieta pode influenciar a perda por gotejamento devido ao seu conteúdo de NaCl. Caso, o glicerol bruto contenha uma quantidade substancial de NaCl e se os pesquisadores não o considerarem

nas formulações das dietas, o maior teor de NaCl pode afetar a força iônica do músculo, fazendo as miofibrilas incharem por causa da água (OFFER; TRINICK, 1983; VOYLE; JOLLEY; OFFER, 1984). Somado a esse fato, o glicerol tem propriedades osmóticas que possibilitam maior retenção de líquidos. Caso a glicerina tenha um teor maior de glicerol, as propriedades osmóticas do glicerol podem levar a uma maior capacidade de retenção de água. De acordo com o explanado, espera-se que a glicerina bruta tenha influência na qualidade da carne de suínos.

## **2.6 Efeitos da utilização da glicerina bruta sobre a qualidade da carne**

A carne é composta por tecido adiposo, conjuntivo e muscular sendo que este último é o maior componente da carne. A massa muscular produzida por um animal e a velocidade de crescimento depende do número de fibras musculares (hiperplasia) que compõe um músculo e do diâmetro de cada fibra (hipertrofia) (FORREST et al., 1979). A unidade estrutural essencial de todos os músculos é a fibra. Em animais saudáveis, os diâmetros das fibras musculares diferem de um músculo para o outro e entre as espécies, raças e sexos (FORREST et al., 1979). Eles aumentam com a idade, plano de nutrição e exercício (FORREST et al., 1979).

O tecido muscular é composto basicamente por três tipos de fibras musculares: oxidativas de contração lenta (Tipo I, vermelhas e aeróbicas), intermediárias de contração rápida (Tipo II B, oxidativas - glicolíticas) e as glicolíticas de contração rápida (Tipo II A, brancas, anaeróbicas) (PRICE; SCHWEIGERT, 1976). As características fisiológicas e metabólicas e o tamanho final do tecido muscular, uma vez cessado o crescimento, dependem grandemente da proporção dos tipos de fibras. Os músculos que contêm muitas fibras do tipo I são chamados de músculos vermelhos, por serem mais escuros

do que os outros músculos. Os músculos vermelhos são adaptados para contrações duradoras, lentas (PRICE; SCHWEIGERT, 1976). Os músculos brancos, que contêm maior número de fibras tipo II estão adaptados para a contração rápida por curto período de tempo (PRICE; SCHWEIGERT, 1976). O músculo *Longissimus dorsi* contém mais fibras do tipo II e o músculo *Semimembranosus* fibras do tipo IIB.

As fibras vermelhas tendem a ser menores, contêm mais mitocôndrias, concentrações maiores de mioglobina e lipídios e uma irrigação sanguínea mais abundante, porque grande parte de sua energia provém do metabolismo aeróbico. Entretanto, os músculos brancos possuem maiores quantidades de glicogênios e baixa concentração de mioglobina. Como a mioglobina armazena oxigênio para o metabolismo aeróbico, ela é mais importante nas fibras não glicolíticas (PRICE; SCHWEIGERT, 1976).

Com relação ao desenvolvimento muscular, fêmeas suínas são mais eficientes que os machos castrados na produção de carne, uma vez que estes tiveram de forma geral carcaças com maior quantidade de gordura que as fêmeas (ROSA et al., 2008). A frequência de ocorrência de cada tipo de fibra no músculo é influenciada pela genética, nutrição e manejo dos animais.

Quanto à genética, a seleção superintensiva de suínos para alta eficiência na conversão alimentar e para produção de carne magra, provocou com isso, prejuízo na capacidade de depositar gordura. Linhagens genéticas de suínos com essa capacidade são mais susceptíveis a ter carne PSE - do inglês *pale, soft and exudative* (carne pálida, flácida e exsudativa) (FORREST et al., 1979).

Na carne PSE ocorre diminuição do pH, pois após o abate, com a interrupção do fornecimento de oxigênio ao tecido muscular, inicia-se a transformação do músculo em carne. A ausência de oxigênio nas células musculares desencadeia processos bioquímicos, para obtenção de energia,

ligados ao metabolismo anaeróbico, na tentativa de manter a sobrevivência das células. Ocorre então, o consumo das reservas de glicogênio (glicólise anaeróbia) e consequente formação de ácido láctico, acarretando a queda do pH, que representa o principal determinante da qualidade final da carne (FORREST et al., 1979).

Com a queda do pH, as proteínas atingem seu ponto isoelétrico e, com isso, a água intimamente associada às proteínas é separada dessas moléculas devido à anulação das cargas elétricas que as mantinham ligadas. A própria acidificação do músculo, com a carcaça ainda quente, provoca a desnaturação de proteínas. Lawrie (2005), demonstrou que no *Longissimus dorsi* de suínos, quanto mais baixo é o pH nos 90 minutos *post mortem*, mais baixa é a capacidade de reter água. Tanto a rápida queda do pH, quanto pH final muito baixo tenderiam a desnaturar as proteínas musculares e baixar sua capacidade de reter água. Lawrie (2005), mostrou que a desnaturação da miosina parecer ser a causa predominante da exsudação no músculo PSE e que a intensidade da desnaturação aumenta com a velocidade e a queda do pH *post mortem*. A temperatura alta, o esforço imediatamente antes do abate e o atraso no resfriamento da carcaça faz a condição de carne PSE se manifestar (LAWRIE, 2005).

Entretanto, se devido a uma deficiência de glicogênio, o pH permanece após 24 horas acima de 6,2, tem-se o indício de uma carne DFD – do inglês *dark, firm, dry* (carne escura, dura e seca). A carne DFD é um problema causado pelo estresse crônico antes do abate, que esgota os níveis de glicogênio. Há evidências que o principal fator de indução do aparecimento da carne DFD seja o manejo inadequado dos suínos antes do abate que conduz à exaustão física do animal. O pH final é a causa das características físicas da cor escura e alta capacidade de retenção de água da carne e ocorre devido à pequena quantidade de ácido láctico produzido (FORREST et al., 1979).

Quanto ao fator nutricional, quando a dieta é fornecida com qualidade adequada, o crescimento muscular é normal, porém, se a dieta não atender os requerimentos nutricionais dos animais, estes terão desenvolvimento muscular atípico (diminuição da massa muscular) (LAWRIE, 2005). Como na suinocultura o custo com alimentação animal é elevado, constantemente tem-se buscado alimentos alternativos que atendam às exigências dos animais, porém, a baixo custo. Entretanto, esses alimentos precisam ser estudados a fim de conhecer seus efeitos nas características físico-químicas e bromatológicas da carne suína. A glicerina é um alimento energético alternativo que tem sido pouco explorado quanto aos seus efeitos na qualidade da carne, principalmente, quanto à sua capacidade em modificar a coloração e o perfil de nutrientes dela.

A cor é considerada a mais importante característica sensorial na aparência da carne, podendo não apenas valorizá-la, mas também, depreciá-la. A carne de suínos caracteriza-se por possuir cor uniforme, entre rosada e avermelhada, possuindo uma pequena camada de gordura branca (SARCINELL; VENTURINI; SILVA, 2007).

A contração das fibras musculares, a diminuição do volume ocupado pelos miofilamentos e também a precipitação de algumas proteínas, anteriormente solúveis dentro das células, aumentam a dispersão e reflexão da luz pela carne, conferindo-lhe aparência mais pálida, o que é claramente evidenciado nas carnes PSE e, contrariamente, não observado nas DFD, que acabam absorvendo mais a luz incidente. Segundo Realini et al. (2004), a maior luminosidade encontrada em carnes pode ser em decorrência de maior quantidade de gordura intramuscular, pois a gordura apresenta coloração clara. Portanto, a composição bromatológica da carne suína pode influenciar esses parâmetros. A carne suína é composta por 76,7% de água, 2,9% de gordura intramuscular, 19% de proteínas e 1% de minerais e vitaminas (LAWRIE, 2005).

Efeitos da glicerina são explanados por Mourot et al. (1994), que avaliando a inclusão de 50 g/kg de glicerina bruta, proveniente de sebo ou óleo vegetal, não relataram efeito no desempenho dos animais, suínos em crescimento e terminação, porém observaram maior capacidade de retenção de água no músculo *Longissimus dorsi*, resultando em uma carne de melhor qualidade. Neste trabalho não houve influência dos diferentes níveis de inclusão de glicerina sobre os parâmetros de perda de peso por descongelamento e perda de peso por cozimento. O mesmo foi ressaltado por Gomide (2010), que em estudo com suínos em terminação, utilizando os níveis de glicerina bruta (40, 80, 120 e 160 g/kg) em substituição parcial ao milho, observaram diminuição linear na perda de líquido por descongelamento e diminuição da força de cisalhamento para inclusões crescentes de glicerina.

No entanto, Kijora et al. (1995), avaliando a inclusão de até 300 g/kg de glicerina bruta de fonte vegetal para suínos em terminação não observaram efeitos na qualidade da carne destes animais. O mesmo foi constatado por Kijora e Kupsch (1996) que utilizando glicerina bruta ou purificada, em até 100 g/kg de inclusão em dietas de suínos em terminação, não observaram qualquer efeito na adição de glicerina bruta nas características de qualidade da carne.

Em pesquisas recentes Berenchein et al. (2010) verificaram que a glicerina bruta pode ser utilizada como ingrediente energético nas rações de suínos em crescimento e terminação até o nível de 90 g/kg, sem afetar a qualidade da carne dos animais. Trabalhando com níveis crescentes de até 160 g/kg de glicerina bruta na dieta de animais em crescimento e terminação, Hansen et al. (2009), também, não observaram efeito da glicerina bruta na qualidade da carne suína. Entretanto, Lammers et al. (2008b), apesar de não encontrarem efeito da glicerina bruta na qualidade da carne, verificaram que animais alimentados com dietas contendo glicerina (50 e 100 g/kg) tinham pH final maior, no músculo *Longissimus dorsi*, quando comparados à dieta controle (sem



glicerina). Utilizando glicerina purificada na dieta de suínos na fase de crescimento e terminação, Della Casa et al. (2009), em estudo com níveis de 50 e 100 g/kg e Mendoza et al. (2010), com níveis de 50, 100 e 150 g/kg, não detectaram efeito da glicerina nos parâmetros de qualidade da carne.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2011.

BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. In: UNION FOR THE PROMOTION OF OILSEEDS-SCHRIFTEN HEFT, 17.. 2002, Berlin. **Annals...** Berlin: Union Zur Förderung Von Oel-Und Proteinplafalzen E. V., 2002. p. 15-36.

BERENCHTEIN, B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 7, p. 1491-1496, 2010.

BEST, P. Increased biofuel production will grow supplies of by-products: Glycerine gives an energy option. **Feed International**, Los Gatos, v. 55, n. 12, p. 20-21, Dec. 2006.

BIODIESEL BR. BASF anuncia a construção da fábrica de metilato de sódio no Brasil. **Revista Biodiesel**, Curitiba, v. 3, n.16, p.33 - 38, abr./maio 2010.

CARVALHO, P. L. O. **Glicerina bruta na alimentação de suínos**. 2011. 138 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

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

DELLA CASA, G. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, Barking, v. 81, p. 238-244, 2009.

DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. J. **Biofuels**: implications for the feed industry. Wageningen: Academic Publishers, 2007. p. 73–88.

FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p.

GOMIDE, A. P. C. **Substituição do milho por glicerina bruta em dietas para suínos em terminação**. 2010. 35 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

GROESBECK, C.N. et al. Effect of glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 120-132, 2008.

GUYTON, A. **Textbook of medical physiology**. 6th ed. Philadelphia: Saunders, 1991. p. 219–231.

HANCZAKOWSKA, E. et al. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation, **Annals Animal Science**, Kraków, v. 10, n. 1, p. 67-73, 2010.

HANSEN, C. F. A. et al. A chemical analysis of samples of crude glycerol from the production of biodiesel in Australia and the effects of feeding crude glycerol to growing-finishing pigs on performance, plasma metabolites and meat quality at slaughter. **Animal Production Science**, Gatton, v. 49, p. 154-161, 2009.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Nomenclature of organic chemistry**: recommendations. [S. l.], 1993.

KERR, B. J. et al. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 4042-4049, 2009.

KIJORA, C. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v. 47, p. 345-360, 1995.

KIJORA, C.; KUPSCH, S. D. Evaluation of technical glycerols from "biodiesel" production as a feed component in fattening of pigs. **Lipid-Fett**, Tokyo, v. 98, n. 7, p. 240-245, 1996.

LAMMERS, P. J. 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. J. 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. 86, p. 2962-2970, 2008b.

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

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

MACDOUGALD, O. A.; BURANT, C. F. Obesity and metabolic perturbations after loss of aquaporin 7, the adipose glycerol transporter. **Proceedings of the National Academy Science of the United States of America**, Stanford, v. 102, p. 10759-10760, 2005.

MENDOZA , O. F. et al. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3887-3895, 2010.

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

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, Barking, v. 8, p. 245-281, 1983.

OOI, T. L. et al. Glycerol residue- a rich source of glycerol medium chain fatty acids. **Journal of Oleo Science**, Tokyo, v. 53, n.1, p. 29-33, 2004.

PARENTE, E. J. S **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Unigráfica, 2003. 66 p.

PRICE, J. F.; SCHWEIGGERT, B. S. **Ciência de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 668 p.

RIVALDI, J. D. et al. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Revista Biotecnologia**, [S. l.], v. 10, n. 37, p. 44-51, 2008.

SARCINELL, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características da carne suína**. Vitória: UFES, 2007.

SCHIECK, S. J. et al. Evaluation of glycerol, a biodiesel coproduct, in grow-finish pig diets to support growth and pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3927-3935, 2010.

SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K. H. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS, 10., 1999, Canberra. **Proceedings...** Gosford: Regional Institute, 1999. p. 241.

TAO, R. C. et al. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Baltimore, v. 7, p. 479-488, 1983.

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

VOYLE, C. A.; JOLLEY, P. D.; OFFER, G. W. The effect of salt and pyrophosphate on the structure of meat. **Food Microstructure**, Chicago, v. 3, p. 113-126, 1984.

YUASA, H. et al. Saturable absorption of glycerol in the rat intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, Tokio, v. 26, n. 11, p. 1633-1636, 2003.

ZIJLSTRA, R. T. et al. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 1, p. 85-89, 2009.

## **CAPÍTULO 2 Viabilidade da glicerina bruta na alimentação de suínos em terminação**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar a viabilidade técnica, econômica e da carcaça utilizando glicerina bruta nas rações de suínos em terminação. Para isso, em um experimento prévio, foi determinada a energia metabolizável da glicerina bruta para suínos em terminação, cujo valor foi de 3.475 kcal/kg. Para o desempenho e viabilidade econômica foram utilizados 30 suínos machos castrados e 30 fêmeas, (peso inicial de  $79,3 \pm 4,0$  kg), distribuídos em DBC, cinco tratamentos ( dietas com 50, 100, 150 e 200 g/kg de glicerina bruta) e um tratamento controle (dieta sem glicerina), seis repetições e dois animais por unidade experimental (um macho castrado e uma fêmea). Na análise de desempenho foram avaliados o ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA). Na viabilidade econômica, foram avaliados: a receita bruta (RB), custo total (CT), receita líquida (RL) e rentabilidade (RENTAB). Para as análises das características de carcaça, o delineamento foi em DBC, em esquema fatorial  $2 \times 4 + 2$ , sendo duas categorias sexuais (macho castrado e fêmea), quatro níveis de inclusão de glicerina bruta (50, 100, 150 e 200 g/kg) e dois tratamentos com dieta controle, totalizando dez tratamentos e seis repetições, sendo a carcaça a unidade experimental. Nas características de carcaça avaliou-se o rendimento da carcaça quente (RCQ), perda de líquido da carcaça resfriada (PCR), rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR), espessura de toucinho (ET) e área de olho de lombo (AOL). Para GPD e CA houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). A inclusão de glicerina bruta de 200 g/kg teve efeito ( $P < 0,05$ ) negativo nesses parâmetros. Para as variáveis RCCR, AOL e ET, houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre machos castrados e fêmeas, sendo que pelo teste de Dunnett, RCCR foi maior ( $P < 0,05$ ) e ET menor ( $P < 0,05$ ) no nível de 50g/kg em relação aos suínos alimentados com dieta sem glicerina. Houve uma redução linear ( $P < 0,05$ ) da AOL com o aumento da inclusão de glicerina, sendo o maior nível (200 g/kg) com menor ( $P < 0,05$ ) AOL em relação aos suínos alimentados com dieta sem glicerina. Para a viabilidade econômica a RB, RL e RENTAB houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ). Assim, conclui-se que níveis próximos de 100g/kg de glicerina bruta nas rações de suínos em terminação proporcionou melhores índices para os parâmetros avaliados. O uso de glicerina a partir de 150 g/kg, apesar de aumentar RCQ, comprometeu negativamente o desempenho dos animais e a viabilidade econômica do seu uso.

Palavras-chave: Desempenho. Carcaça. Finanças.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the technical viability, economic and carcass using crude glycerine in diets for finishing pigs. For this, in a previous experiment was determined metabolizable energy of crude glycerine for finishing pigs, and the value determined was 3.475 kcal/kg. For performance and economic viability were used 30 barrows and 30 female pigs, (initial weight of  $79.3 \pm 4.0$  kg), distributed in a randomized block design, with five treatments (diets with 50, 100, 150 and 200 g/kg of crude glycerine) and a control treatment (diet without glycerin), six replicates and two animals per experimental unit (one barrow and one female). In performance analysis were assessed the average daily gain (ADG), daily feed intake (DFI) and feed conversion (FC). For economic viability were assessed: gross revenue (GR), the total cost (TC), net revenue (NR) and profitability (PROFIT). For the analysis of carcass characteristics, the design was a randomized block design in a factorial  $2 \times 4 + 2$ , being two sex categories (barrow and female), four levels of inclusion crude glycerine (50, 100, 150 and 200 g/kg) and two treatments with control diet, with a total of ten treatments and six replications, carcass being the experimental unit. Carcass characteristics were evaluated hot carcass yield (HCY), loss of liquid from chilled carcass (LLCC), yield of chilled carcass meat (YCCM), backfat thickness (BT) and ribeye area (REA). For ADG and FC was a quadratic effect ( $P < 0.05$ ). The inclusion of crude glycerine 200 g/kg had effect ( $P < 0.05$ ) negative in these parameters. For variables YCCM, REA and BT there was difference ( $P < 0.05$ ) between barrows and females, and that by Dunnett's test, YCCM was higher ( $P < 0.05$ ) and BT lower ( $P < 0.05$ ) at the level of 50g/kg compared to pigs fed diet without glycerine. There was a linear decrease ( $P < 0.05$ ) of REA with increasing inclusion of glycerine, being the highest level (200 g/kg) with lower ( $P < 0.05$ ) REA compared to pigs fed diet without glycerine. For the economic viability of the GR, NR and PROFIT was a quadratic effect ( $P < 0.05$ ). Thus, it is conclude that levels around 100g/kg of crude glycerine in diets for finishing pigs provided the best indexes for the parameters evaluated. The use of glycerine from 150 g/kg, despite increasing HCY, endanger negatively animal performance and economic viability of its use.

Keywords: Performance. Carcass. Finances.



## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira utiliza o milho como principal fonte energética nas dietas dos animais. A participação desse cereal na alimentação dos suínos em terminação corresponde em média a 70%. Contudo, por tratar-se de uma *commodity*, este grão tem oscilações de preço no mercado nacional e internacional, devido à baixa oferta e ao aumento da demanda que ocorre em alguns períodos do ano. Com isso, nos períodos de entressafra ocorre a elevação do preço desse cereal e, por conseguinte, no custo da ração. Ao considerar que na suinocultura, aproximadamente 75% dos custos são provenientes da alimentação, fica evidente a busca por novas fontes de alimentos energéticos.

Em outro cenário, o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção de 2,4 bilhões de litros em 2010 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, 2011), e com um excedente de glicerina, decorrente da produção de biodiesel, em torno de 240 mil toneladas. O excesso de glicerina tem se tornado um problema, visto que os mercados que normalmente utilizam este coproduto, como as indústrias farmacêuticas, de cosméticos, tabacos e alimentícias, o utiliza, obrigatoriamente, na forma purificada (BIODIESEL BR, 2010). Entretanto, poucas são as empresas que trabalham na purificação, uma vez que este processo é oneroso (HANCZAKOWSKA et al., 2010; THOMPSON; HE, 2006). Sendo assim, novas formas de utilização deste coproduto são necessárias para manter a sustentabilidade da produção do biodiesel.

A glicerina bruta tem grande potencial como alimento energético alternativo de uso aplicável na alimentação de suínos, por possuir energia metabólica similar ao milho (LAMMERS et al., 2008). Estudos recentes comprovam o uso da glicerina bruta com resultados satisfatórios no desempenho e qualidade da carcaça de suínos, mostrando que a glicerina pode ser uma fonte

de energia dietética quando utilizada em substituição parcial ao milho (LAMMERS et al., 2008; MENDOZA et al., 2010). Todavia, a maioria desses estudos utilizou níveis de até 160g/kg do coproduto. Assim sendo, faltam informações sobre as vantagens no desempenho, qualidade da carcaça e, principalmente, a viabilidade econômica da glicerina, quando utilizada em níveis superiores aos encontrados na literatura.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial efeito da glicerina bruta, ao utilizar níveis de até 200g/kg de glicerina bruta, sobre os parâmetros de desempenho, qualidade da carcaça e, por fim, a sua viabilidade econômica para suínos em terminação.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local de realização do experimento**

O experimento foi conduzido no período de novembro a dezembro de 2010, no Centro Experimental de Suínos, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, região Sul do Estado de Minas Gerais, latitude  $21^{\circ}14'30''$  (S), longitude  $45^{\circ}00'10''$  (O) e 910 metros de altitude.

### **2.2 Animais e instalações**

Foram utilizados 30 suínos machos castrados e 30 suínos fêmeas da Topigs, com peso inicial de  $79,3 \text{ kg} \pm 4,0 \text{ kg}$  e final de  $106,2 \pm 4,5$ , procedentes de uma granja comercial situada em Juiz de Fora, MG.

Os animais foram distribuídos em 30 baias de piso concreto ( $2,3 \times 1,5$  m), dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta, no galpão de terminação. Em cada baia foram alojados dois animais (um macho castrado e uma fêmea). A temperatura mínima no galpão foi de  $19,5 \pm 3,4^{\circ}\text{C}$  e a máxima de  $26,2 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ .

O abate dos animais, para obtenção das características de carcaças foi realizado no frigorífico Nutrili, localizado no município de Lavras - MG.

### **2.3 Delineamento experimental**

O delineamento experimental, para avaliar o desempenho e a viabilidade econômica dos suínos, foi em blocos casualizados (peso inicial), sendo cinco tratamentos com quatro níveis crescentes de glicerina bruta (50, 100, 150 e

200g/kg) e um tratamento controle (sem glicerina), seis repetições e dois animais por unidade experimental (um macho castrado e uma fêmea).

Para a avaliação da carcaça, os animais foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados (peso inicial), em esquema fatorial 2 x 4 + 2, sendo um macho castrado e uma fêmea, quatro níveis de inclusão de glicerina bruta (50, 100, 150 e 200 g/kg) e dois tratamentos controle (sem glicerina). Totalizando 10 tratamentos, seis repetições e a unidade experimental representada por um animal.

#### 2.4 Dietas experimentais

A glicerina bruta utilizada neste experimento foi proveniente da produção de biodiesel (processo de transesterificação), a partir do óleo de soja obtido da Petrobras localizada no município de Montes Claros. A composição química e as características da glicerina bruta foram informadas pela Petrobras (Tabela 1). A energia metabolizável da glicerina bruta foi determinada pela metodologia de Matterson, Potter e Stutz (1965) e o valor determinado foi de 3.475 kcal/kg de ração, na matéria natural (MELO, 2011).

Tabela 1 Composição química e características da glicerina bruta utilizada

Características	Resultados <sup>1</sup>
Sódio, g/kg	25,1
Metanol, g/kg	0,2
Resíduos Orgânicos, g/kg	<0,1
Umidade, g/kg	111,2
Cinzas, g/kg	60,6
Densidade, g/ml	1,264
Glicerol, g/kg	831,2
Cor	amarelo

<sup>1</sup>Laudo fornecido pela Petrobrás

As dietas experimentais foram isocalóricas e isonutritivas, formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos de forma a atender as exigências sugeridas pela Topigs. A composição nutricional e os valores calculados das dietas experimentais encontram-se na (Tabela 2).

Tabela 2 Composição nutricional e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de glicerina (g/kg de matéria natural)				
	0	50	100	150	200
Milho	707,0	654,5	603,0	551,0	499,0
Farelo de soja	229,0	238,0	247,0	258,0	266,0
Glicerina bruta	0,0	50,0	100,0	150,0	200,0
Óleo de Soja	20,00	16,80	13,30	9,00	5,90
Fosfato bicálcico	11,20	11,20	11,20	11,20	11,20
Calcário calcítico	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70
Sal (NaCl)	3,60	0,43	0,00	0,00	0,00
Premix Mineral <sup>1</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
DL-Metionina 99%	0,09	0,10	0,10	0,10	0,15
L-Lisina 78%	1,50	1,35	1,20	1,00	0,90
L-Treonina 98%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Antibiótico <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Caulim	17,64	16,73	14,23	9,73	6,88
Valores calculados					
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250
Proteína bruta (g/kg)	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0
Lisina digestível (g/kg)	8,19	8,21	8,23	8,27	8,31
Metionina digestível (g/kg)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Treonina digestível (g/kg)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50

“Tabela 2, conclusão”

Ingredientes	Níveis de glicerina (g/kg de matéria natural)				
	0	50	100	150	200
Fósforo disponível (g/kg)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Cálcio (g/kg)	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Sódio (g/kg)	1,60	1,60	2,68	3,93	5,17

<sup>1</sup>Composição, por kg do produto: cálcio, 98.800 mg; cobalto, 185mg; cobre, 15,750mg; ferro, 26.250 mg; iodo, 1.470 mg; manganês, 41.850 mg; zinco, 77.999 mg. <sup>2</sup> Composição, por kg do produto: ácido fólico, 116,55 mg; ácido pantotênico, 2.333,5 mg; biotina, 5,28 mg; niacina, 5.600 mg; piridoxina, 175 mg; riboflavina, 933,3 mg; tiamina, 175 mg; Vit. A, 1.225.000 U.I.; Vit. D<sub>3</sub>, 315.000 U.I.; Vit. E, 1.400 mg; Vit. K<sub>3</sub>, 700 mg; Vit B<sub>12</sub>, 6.825 mg; Selênio, 105 mg; Antioxidante: 1.500 mg. <sup>3</sup>Antibiótico à base de tilosina granulada. Energia metabolizável de 3.475 kcal/kg de ração.

## 2.5 Procedimento experimental

O período experimental foi de 30 dias, no qual, água e ração foram fornecidos à vontade. Diariamente, foi feita a limpeza das baias, a ração fornecida e os desperdícios foram pesados e registrados para determinação do consumo de ração diário de cada baia. Os animais foram pesados no início e final do período experimental, para determinação do ganho de peso e a conversão alimentar determinada pela relação consumo de ração diário e ganho de peso diário.

Ao final do período experimental, os animais foram submetidos ao jejum alimentar por 16 horas. Após o jejum, os animais foram pesados para determinar o peso final. Os 60 animais foram encaminhados ao frigorífico e foram abatidos sob condições humanitárias, através de insensibilização elétrica (eletronarcolese), com realização posterior da sangria e evisceração.

Ao final da linha de abate foram pesadas as carcaças para determinação do peso e rendimento da carcaça quente. As carcaças foram divididas

longitudinalmente ao meio e pesadas. Em seguida foram resfriadas a uma temperatura média de 1°C por 24 horas. Após as 24 horas de resfriamento, a meia carcaça esquerda de cada animal foi seccionada na altura da última costela, para a exposição do músculo *Longissimus dorsi* e do toucinho para a determinação da espessura de toucinho (ET). Todas as mensurações foram feitas de acordo com as normas da Associação Brasileira dos Criadores de Suínos – ABCS (1973).

Para as características de carcaça foram analisados o rendimento da carcaça quente (RCQ); perda de líquido da carcaça resfriada (PCR); área de olho de lombo (AOL); espessura de toucinho (ET) e o rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR), esta última, por meio de análise de predição, conforme a fórmula descrita por Guidoni (2000):

$$RCCR = 65,92 - (0,685 \times ET) + (0,094 \times PL) - (0,026 \times PCQ)$$

Sendo:

RCCR = rendimento de carne na carcaça (%);

ET = espessura de toucinho;

PL= profundidade de lombo;

PCQ= perda da carcaça quente.

As medidas de profundidade de lombo e espessura de toucinho no ponto P2 foram tomadas no dia da pesagem da carcaça resfriada.

#### **Viabilidade econômica:**

Para avaliar a viabilidade econômica da glicerina bruta foram levantados preços das matérias-primas no mercado e calculado o custo da ração, segundo Cantarelli et al. (2007) conforme descrito abaixo.

O cálculo para Receita Bruta (RB) foi baseado no peso vivo final (PVf) dos animais e o valor em reais recebido pelos suínos:

$$\mathbf{RB = PVf * R\$}$$

Com base nos preços dos ingredientes das dietas praticados em Lavras, em novembro de 2011, foi determinado o custo com alimentação (Calimentação) de cada suíno, através do consumo total de ração de cada animal, durante o período experimental, e do custo das dietas experimentais, conforme fórmula:

$$\mathbf{Calimentação = consumo\ total\ de\ ração * custo\ da\ dieta}$$

O custo do peso inicial do suíno (Csuíno) foi calculado para isolar a variável peso inicial. Levou-se em conta o preço do suíno no início do período experimental, de acordo com o preço do quilograma praticado pela Bolsa de Suíno de Minas Gerais no mês de novembro de 2011, cujo cálculo foi realizado pela fórmula:

$$\mathbf{Csuíno = peso\ do\ animal * preço\ do\ quilograma\ do\ suíno\ vivo}$$

O custo total (Ctotal) foi calculado pela soma do custo com a alimentação (Calimentação) mais o custo do peso inicial do suíno (Csuíno), de acordo com a fórmula descrita a seguir:

$$\mathbf{Ctotal = Alimentação + Csuíno}$$

Por fim, a Receita Líquida (RL) foi calculada subtraindo-se o custo total (Ctotal) da Receita Bruta (RB):



$$\mathbf{RL = RB - Ctotal}$$

A rentabilidade (RENTAB) foi calculada pela relação da Receita líquida (RL) com a Receita Bruta (RB):

$$\mathbf{RENTAB = RL/RB}$$

## **2.6 Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1996). As variáveis relacionadas à qualidade da carcaça com respostas de efeitos significativos na análise de variância (Teste F) para os fatores níveis de glicerina e sexo e/ou interação entre essas variáveis, foram submetidas à regressão e ao teste de médias Dunnett, usado para comparar cada nível de glicerina com a dieta referência (sem glicerina), ( $\alpha= 0,05$ ). Assim como as variáveis relacionadas ao desempenho e à viabilidade econômica com efeitos significativos na análise de variância (Teste F) para os fatores níveis de glicerina foram submetidas à regressão e ao teste de médias Dunnett ( $\alpha= 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos em terminação estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 Médias de ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta na dieta

Variável	Controle	Glicerina (g/kg)				CV (%)
		50	100	150	200	
CDR (g/d)	2.754	2.685	2.976	2.971	2.939	8,08
<sup>2</sup> GPD (g/d) <sup>1</sup>	968	874	1.029	902	700*	6,02
<sup>3</sup> CA <sup>1</sup>	2,87	3,09	2,93	3,31*	4,20*	7,92

\* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett (P<0,05) <sup>1</sup> Efeito quadrático significativo para níveis de glicerina (P<0,05). <sup>2</sup>Y = -0,0357X<sup>2</sup> + 7,627X + 592,25 (R<sup>2</sup> = 0,96) ; <sup>3</sup>Y = 0,0001 X<sup>2</sup> - 0,0188X + 3,7675 (R<sup>2</sup> = 0,99).

Não foi observado efeito (P>0,05) da glicerina bruta no consumo de ração diário (CRD) dos animais. Em trabalhos recentes (BERENCHTEIN et al., 2010; HANSEN et al., 2009; MENDOZA et al., 2010), também não foi observado diferenças no CRD ao utilizarem níveis de até 160, 90 e 150 g/kg de glicerina na ração de suínos em terminação, respectivamente. No entanto, Della Casa et al. (2009) verificaram efeito negativo no CRD para suínos em terminação, alimentados com ração contendo 100 g/kg de glicerina bruta.

Houve efeito quadrático (P<0,05) para o ganho de peso diário (GPD), sendo o nível de 106,8 g/kg de glicerina que proporcionou o maior GPD (Figura 1).

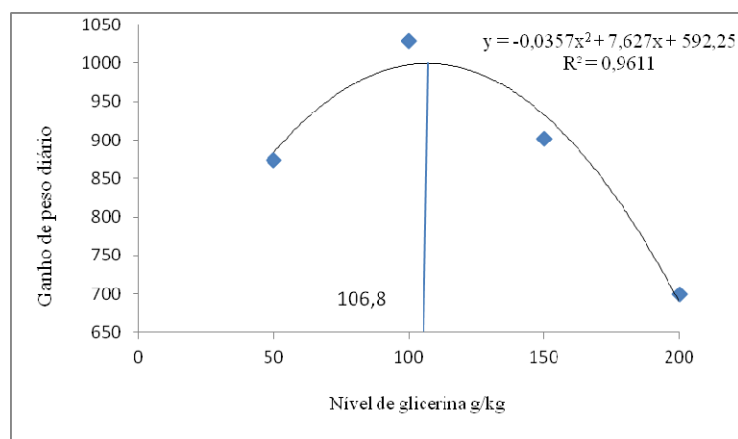


Figura 1 Ganho de peso diário (GPD) de suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

Ao comparar os níveis de glicerina com o grupo controle (sem glicerina), o nível de 200g/kg apresentou menor ( $P < 0,05$ ) GPD.

O efeito quadrático e o menor GPD para o nível de 200 g/kg, pode ser devido à limitação na ativação de enzimas para utilização de glicerol em suínos. Altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação proporcionam baixo conteúdo energético, pois o sistema enzimático (glicerol quinase) pode tornar-se saturado na conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato, sendo que o glicerol em excesso é excretado pela urina (DOPPENBERG; VAN DER AAR, 2007). Assim, a diminuição do aproveitamento da energia pode ter ocasionado menor GPD nos animais alimentados com 200 g/kg de glicerina.

O mesmo foi observado por Mendoza et al. (2010), que ao estimar o valor da energia metabolizável da glicerina purificada para suínos em terminação, verificaram menor valor para o nível de 300 g/kg de glicerina quando comparado à dieta sem esse coproduto. De acordo com esses autores, o menor valor da energia metabolizável para o nível de 300g/kg foi em

decorrência das maiores perdas de energia na urina de animais que receberam essa dieta.

Kijora et al. (1995), em estudo com 300 g/kg de glicerina para suínos em terminação, observaram menor GPD apesar de não verificarem diferença no CDR, assim como neste estudo. Della Casa et al. (2009), verificaram efeito negativo no GPD para suínos em terminação, alimentados com ração contendo 100 g/kg de glicerina bruta. Contudo, Hansen et al. (2009), utilizando níveis de glicerina bruta de até 160 g/kg para suínos em crescimento e terminação, relataram que na primeira semana experimental o CRD e o GPD dos animais diminuiriam linearmente com aumento dos níveis de glicerina bruta na dieta. Entretanto, quando considerado todo o período de estudo, níveis crescentes de glicerina bruta não afetaram negativamente o desempenho dos animais. Este fato indica que suínos tiveram que se adaptar à inclusão desse ingrediente energético na dieta.

Para conversão alimentar (CA), houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), sendo o nível de 94,0 g/kg de glicerina bruta que proporcionou melhor CA (Figura 2).

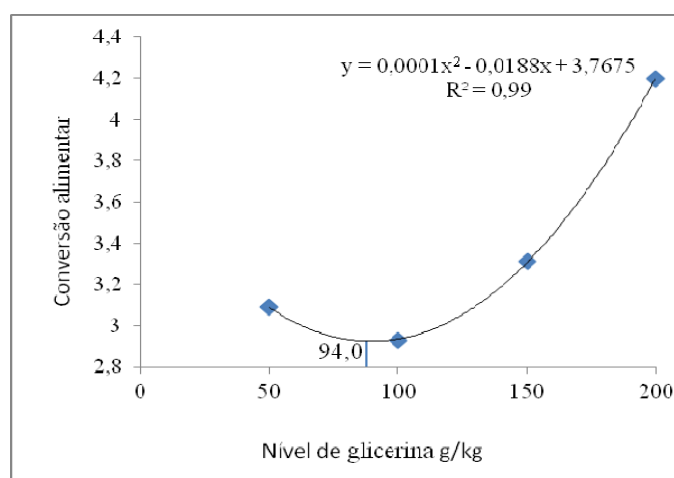


Figura 2 Conversão alimentar (CA) de suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

Houve piora ( $P < 0,05$ ) da CA nos níveis de 150 e 200g/kg de glicerina bruta, quando estes foram comparados ao grupo controle. A CA piorou, pois houve uma tendência de aumento do CRD a partir de 100 g/kg de glicerina bruta na ração, em contrapartida houve piora do GPD que diminuiu a partir do nível de 150 g/kg de glicerina bruta. Kijora et al. (1995) utilizando até 300g/kg de glicerina bruta para suínos em terminação, constataram pior conversão alimentar para o maior nível. O mesmo não foi observado por pesquisas recentes (BERENCHTEIN et al., 2010; HANSEN et al., 2009; MENDOZA et al., 2010). Esses autores não verificaram diferença na CA dos animais ao trabalharem com os níveis de 160, 90 e 150 g/kg de glicerina, respectivamente.

Diante do exposto, observa-se a discrepância dos resultados de desempenho dos suínos ao utilizar níveis crescentes de glicerina (bruta ou pura). Esta variação de resultados reflete, possivelmente, a variabilidade química das gliceras, principalmente com relação à concentração de glicerol presente. Sendo que, a utilização de grande quantidade de glicerina com alto teor de pureza pode provocar saturação das enzimas responsáveis pelo metabolismo do glicerol e, por conseguinte, prejudicar o desempenho dos animais.

Os resultados de rendimento da carcaça quente (RCQ), perda da carcaça resfriada (PCR), rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR), espessura de toucinho (ET) e área de olho de lombo (AOL) de suínos em terminação estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 Médias do rendimento da carcaça quente (RCQ), perda de líquido da carcaça resfriada (PCR), rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR), espessura de toucinho (ET) e área de olho de lombo (AOL) de suínos em terminação, alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta na dieta

	Glicerina (g/Kg)					MÉDIA	CV(%)
	controle	50	100	150	200		
□□ RCQ (%) □□							
MACHO	81,48	81,82	80,91	81,25	80,58	81,21	
<sup>3</sup> FÊMEA <sup>1</sup>	80,50	80,03	83,49*	82,08*	81,69*	80,27	
MÉDIA	80,99	80,93	82,20	81,67	81,14		1,4
□□ PCR (%) □□							
MACHO	2,95	3,02	2,80	2,94	2,96	2,93	
FÊMEA	3,30	3,04	3,42	2,79	2,94	3,10	
MÉDIA	3,12	3,03	3,11	2,86	2,95		17,67
□□ RCCR (%) □□							
MACHO	56,62	58,29	57,47	57,94	56,8	57,21B	
FÊMEA	61,04	60,57	60,67	61,40	61,25	60,99A	
MÉDIA	58,83	59,43	59,07	59,67	59,03		2,63
□□ ET (mm) □□							
MACHO	19,47	17,20	18,28	17,72	18,94	18,60A	
FÊMEA	13,94	14,33	13,73	12,93	13,56	13,70B	
MÉDIA	16,71	15,77	16,01	15,33	16,25		11,81
□□ AOL (cm <sup>2</sup> ) □□							
MACHO	43,50	43,17	43,33	41,00	37,83	42,75B	
FÊMEA	49,17	46,00	46,60	44,67	45,17	46,32A	
<sup>4</sup> MÉDIA <sup>2</sup>	46,34	44,59	44,97	42,84	41,50*		7,04

\* Difere do tratamento controle pelo teste de Dunnett (p<0,05). AB difere macho e fêmea pelo teste F (p<0,05) <sup>1</sup> Efeito quadrático significativo (p<0,05) <sup>2</sup> Efeito linear significativo (p<0,05) <sup>3</sup> $\hat{Y} = - 0,0004X^2 + 0,1034X + 76,117$  (R<sup>2</sup> = 0,71); <sup>4</sup> $\hat{Y} = - 0,0228X + 46,325$  (R<sup>2</sup> = 0,83).

Houve interação significativa entre categoria sexual e glicerina para rendimento da carcaça quente (RCQ), com efeito quadrático (P<0,05) da glicerina apenas para as fêmeas (Figura 3).

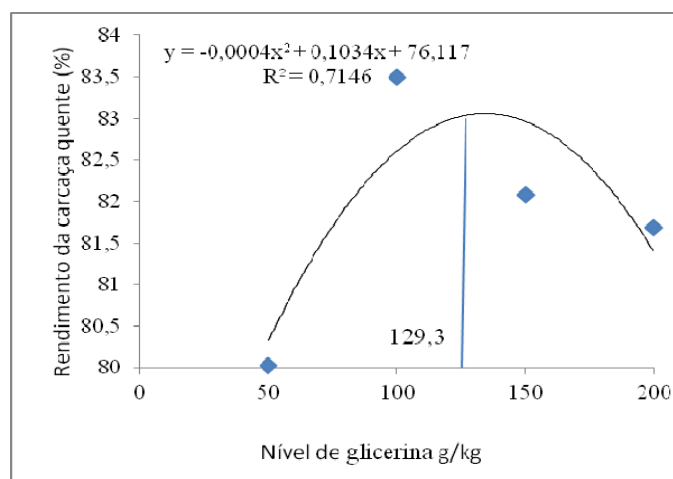


Figura 3 Rendimento da carcaça quente (RCQ) das fêmeas em terminação, alimentadas com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

Quando o RCQ foi comparado ao tratamento controle (sem glicerina), houve aumento ( $P < 0,05$ ) apenas para os níveis 100, 150 e 200 g/kg de glicerina bruta.

O aumento do RCQ pode ser explicado por um menor teor de gordura perirrenal e intermuscular nos suínos alimentados com dietas contendo os níveis 100, 150 e 200 g/kg de glicerina bruta. Como as fêmeas suínas são mais eficientes que os machos castrados na produção de carne (LATORRE et al., 2003; ROSA et al., 2008) e a deposição de gordura é inversamente correlacionada com o número total de fibras musculares em suínos (LAWRIE, 2005), então possivelmente, houve diminuição da gordura visceral das fêmeas suínas, sem contudo haver redução da espessura de toucinho.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da glicerina bruta na perda de líquido da carcaça por resfriamento (PCR). No entanto, há evidências de que a inclusão de glicerina na dieta de suínos em terminação pode melhorar a capacidade de retenção de água da carne de suínos (MOUROT et al., 1994). Estes autores reportaram que em suínos alimentados com dietas de 50 g/kg comparado com

dieta sem glicerina bruta, houve menor perda de líquido dos músculos. Doppenberg e Van Der Aar (2007), também, sugeriram que a glicerina adicionada à dieta de suínos em terminação aumenta a capacidade de retenção de água da carne suína. Entretanto, Berenchtein et al. (2010), Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010), em estudo com glicerina utilizando níveis de até 100, 150 e 90 g/kg, respectivamente, não encontraram efeito da glicerina na capacidade de retenção de líquido da carcaça.

A inconsistência dos resultados para a perda de líquido nos músculos, pode estar relacionada ao conteúdo de sal (NaCl) e glicerol presente nas glicerinas utilizadas nesses estudos.

O glicerol pode ter efeito na retenção de líquido na carcaça por trata-se de um álcool que apresenta três hidroxilas (grupos OH-). Este grupo tem alta polaridade. As fortes características hidrofílicas do grupo hidroxila são capazes de formar ligações de hidrogênio com moléculas de água e com isso, poderia haver retenção de água no músculo. Entretanto, a glicerina utilizada no atual trabalho não teve efeito na retenção de líquido na carcaça resfriada, possivelmente por possuir uma concentração de sal (NaCl) e glicerol que não foi suficiente para ter efeito na retenção de líquido da carcaça resfriada.

Houve maior ( $P<0,05$ ) rendimento de carne na carcaça resfriada (RCCR), área de olho de lombo (AOL) e menor ( $P<0,05$ ) espessura de toucinho (ET) para as fêmeas quando comparadas aos machos castrados. A explicação pode ser pelo fato das fêmeas suínas serem mais eficientes que os machos castrados na produção de carne (LATORRE et al., 2003; ROSA et al., 2008), que é inversamente correlacionada à deposição de gordura (LAWRIE, 2005), assim sendo, já era esperado que fêmeas suínas possuísem maior RCCR e AOL e menor ET. Todavia, houve diferença ( $P<0,05$ ) para o RCCR e ET, sendo que a dieta com 50 g/kg de glicerina bruta, apresentou maior RCCR e menor ET quando comparada ao grupo controle.



Na equação de predição para cálculo do RCCR, proposta por Guidoni (2000), a ET é considerada. Como a ET foi menor no nível de 50 g/kg de glicerina, então o RCCR foi maior, pois certamente foi influenciado pelo menor valor de ET.

Para AOL houve efeito linear ( $P < 0,05$ ) da glicerina, sendo que o grupo de suínos alimentados com ração sem glicerina (grupo controle) obteve maiores médias para AOL quando comparados aos suínos alimentados com ração contendo 200 g/kg de glicerina bruta. (Figura 4).

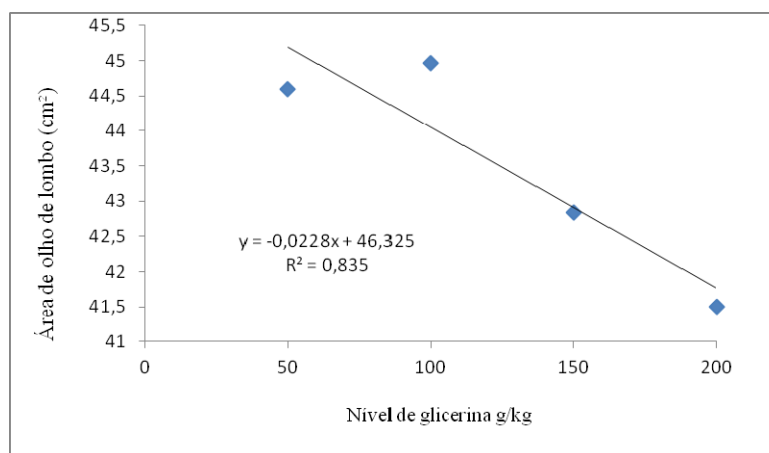


Figura 4 Área de olho de lombo (AOL) de suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

Segundo Lin (1977) e Tao et al. (1983), uma vez absorvido, o glicerol é transportado para o fígado, onde é metabolizado pelas enzimas glicerol quinase e glicerol-3P-desidrogenase formando o glicerol-3-fosfato, um intermediário da lipogênese, da via gliconeogênica e das vias glicolítica e do ácido tricarbóxico. Assim sendo, esperava-se um efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos ao utilizar níveis crescentes de glicerina na ração. Entretanto, no atual trabalho, não foi isso o que ocorreu. O que se observou foi uma diminuição da AOL ocorrida

por uma provável utilização de aminoácidos na gliconeogênese como fonte de energia.

À medida que os níveis de glicerina foram aumentados, a AOL diminuiu. Isso pode ter ocorrido, pois em suínos existe limitação na ativação de enzimas para utilização de glicerol. Altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação podem proporcionar baixo conteúdo energético, pois o sistema enzimático (glicerol quinase) pode torna-se saturado na conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato, sendo o glicerol em excesso excretado pela urina (DOPPENBERG; VAN DER AAR, 2007). Com a diminuição do metabolismo do glicerol, e sua menor utilização na gliconeogênese para produção de ATP, o músculo, para manter sua homeostase, pode promover a catálise proteica visando à formação de ATP e, por conseguinte, diminuição da AOL.

Entretanto, Berenchtein et al. (2010), Della Casa et al. (2009) e Schieck et al. (2010) que trabalharam com níveis de glicerina, para suínos em terminação, até o nível máximo de 100, 90 e 80 g/kg, respectivamente, não encontraram diferença nos parâmetros de qualidade da carcaça. Estes autores, provavelmente, não observaram efeito da glicerina sobre os parâmetros de qualidade da carcaça, pois utilizaram níveis baixos de glicerina nas dietas.

Os resultados da receita bruta (RB), custo total (CT), receita líquida (RL) e rentabilidade (RENTB) estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 Receita bruta, custo total, receita líquida e rentabilidade de suínos em terminação, alimentados com glicerina bruta

Variável	Controle	Glicerina (g/kg)				CV (%)
		50	100	150	200	
<sup>2</sup> Receita Bruta (R\$) <sup>1</sup>	330,62	321,78	336,01	324,52	306,14*	1,53
Custo Total (R\$)	293,60	290,54	294,47	292,72	290,78	1,61
<sup>3</sup> Receita Líquida (R\$) <sup>1</sup>	37,02	31,23	41,53	31,80	15,36*	18,42
<sup>4</sup> Rentabilidade (%) <sup>1</sup>	11,16	9,71	12,38	9,81	5,03*	17,59

\* Difere do tratamento controle pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ) <sup>1</sup> Efeito quadrático significativo ( $p < 0,05$ ), <sup>2</sup> $\hat{Y} = -0,0033X^2 + 0,6984X + 295,95$  ( $R^2 = 0,96$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -0,0027X^2 + 0,5538X + 10,89$  ( $R^2 = 0,98$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = -0,0007X^2 + 0,153X + 4,0725$  ( $R^2 = 0,98$ ).

Para a RB, RL e RENTB houve efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) com melhor nível de glicerina bruta de 105,8 g/kg (Figura 5), 102,6 g/kg (Figura 6) e 109,3 g/kg (Figura 7), respectivamente.

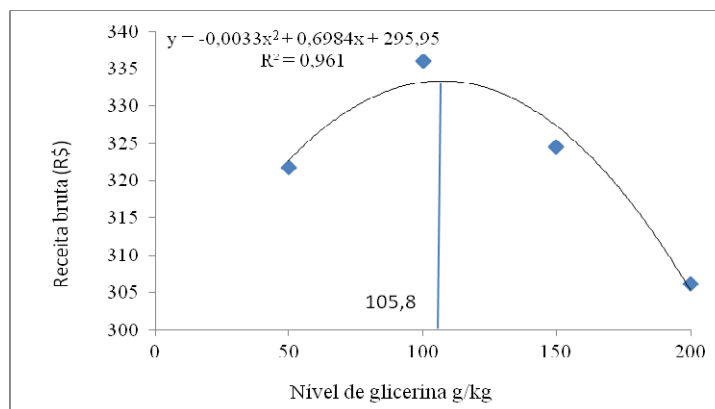


Figura 5 Receita bruta (RB) dos suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

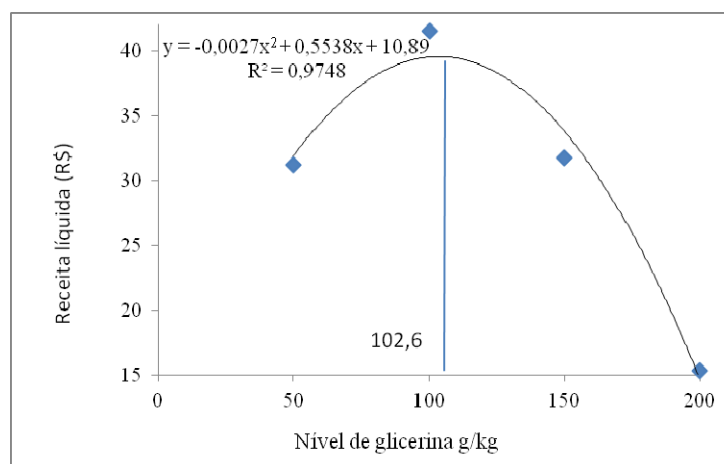


Figura 6 Receita líquida (RL) dos suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

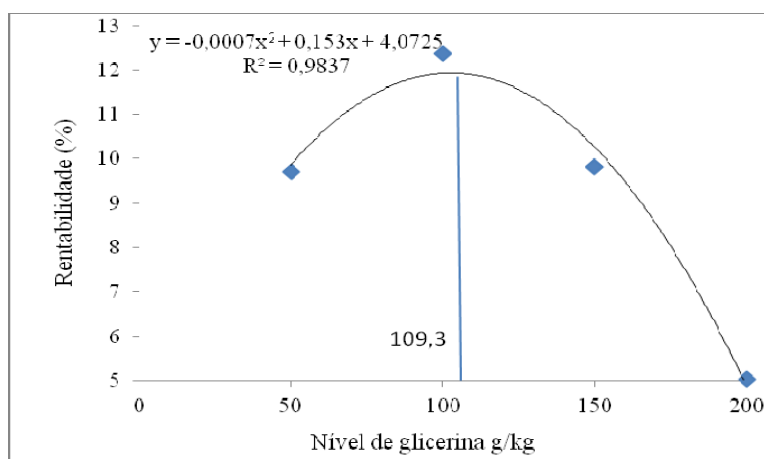


Figura 7 Rentabilidade (RENTAB) dos suínos em terminação, alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina bruta

O nível de 200 g/kg de glicerina bruta apresentou-se ( $P < 0,05$ ) com valores inferiores de RB, RL e RENTB quando comparado ao grupo controle (sem glicerina).

A RB foi maior no nível de 105,8 g/kg de glicerina bruta, sendo que esta leva em consideração o peso vivo final do suíno e o valor pago por ele. Como os animais alimentados com ração contendo 200 g/kg de glicerina bruta apresentaram menor peso vivo final do que o grupo controle (sem glicerina) e não houve ( $P>0,05$ ) efeito da glicerina no CT, então a RB do maior nível de glicerina (200 g/kg) apresentou-se com valor inferior ao do grupo controle.

A RL é a diferença da RB pelo CT. Como o CT foi o mesmo para todas as dietas, então, a RL foi maior para o nível de glicerina bruta que proporcionou maior RB.

RENTAB é a relação da RL pela RB; assim sendo, a RENTB foi maior no nível de glicerina bruta que proporcionou à maior RL em relação à RB.

Os resultados apresentados indicam que o nível ótimo econômico de glicerina bruta na ração, de suínos em terminação, está entre 100 e 110 g/kg.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os níveis de glicerina bruta mais indicados para melhorar a viabilidade técnica e econômica estão entre 100g de glicerina bruta por quilograma de ração. O uso da glicerina bruta a partir de 150 g/kg, apesar de aumentar RCQ, comprometeu negativamente o desempenho dos animais e a viabilidade econômica do seu uso.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Estrela, 1973. 17 p. Publicação Técnica, 2.
- BERENCHTEIN, B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 7, p. 1491-1496, 2010.
- BIODIESEL BR. BASF anuncia a construção da fábrica de metilato de sódio no Brasil. **Revista Biodiesel**, Curitiba, v. 3, n.16, p.33 - 38, abr./maio 2010.
- CANTARELLI, V. S. **Ractopamina em rações para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita**. 2007. 108 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- DELLA CASA, G. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, Barking, v. 81, p. 238-244, 2009.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER AAR, P. J. **Biofuels**: Implications for the feed industry. Wageningen: Academic Publishers, 2007. p. 73–88.
- GUIDONI, A. L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 14., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 1 CD ROM.

HANCZAKOWSKA, E. et al. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation.

**Annals Animal Science**, Kraków, v. 10, n. 1, p. 67-73, 2010.

KIJORA, C. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs.

**Archives of Animal Nutrition**, Berlin, v. 47, p. 345-360, 1995.

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

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

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Agricultural. **Experimental Station Research Report**, Albany, v. 7, p. 3-11, 1965.

MELO, D. S. et al. Determinação da energia metabólica aparente da glicerina bruta e seus efeitos sobre as características de desempenho de suínos em terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTA EM SUÍNOS, 15., 2011, Fortaleza. **Anais...Fortaleza: ABRAVES**, 2011. 1 CD ROM.

MENDOZA , O. F. et al. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3887-3895, 2010.

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



OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, Barking, v. 8, p. 245-281, 1983.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics. Cary, 1996.

SCHIECK, S. J. et al. Evaluation of glycerol, a biodiesel coproduct, in grow-finish pig diets to support growth and pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3927-3935, 2010.

TAO, R. C. et al. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Baltimore, v. 7, p. 479-488, 1983.

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

VOYLE, C. A.; JOLLEY, P. D.; OFFER, G. W. The effect of salt and pyrophosphate on the structure of meat. **Food Microstructure**, Chicago, v. 3, p. 113-126, 1984.

### **CAPÍTULO 3 Qualidade da carne de suínos com uso de glicerina na alimentação**

#### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do fornecimento de diferentes níveis de glicerina na alimentação sobre a qualidade da carne de suínos em terminação. Foram utilizados suínos, 30 machos castrados e 30 suínos fêmeas que apresentaram peso inicial de  $79,3 \pm 4,0$  kg. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados (peso inicial) em esquema fatorial  $2 \times 4 + 2$ , sendo duas categorias sexuais (macho castrado e fêmea), quatro níveis de glicerina bruta (50, 100, 150 e 200 g/kg) e dois grupos controle (macho castrado e fêmea alimentados com dieta sem glicerina), totalizando dez tratamentos com seis repetições e a unidade experimental representada por um animal. Após o abate, foram realizadas as análises físico-químicas e bromatológicas dos músculos *Longissimus dorsi* (lombo) e *Semimembranosus* (pernil) do lado esquerdo das carcaças. Os resultados mostraram interação ( $P < 0,05$ ) entre machos castrados e os níveis de glicerina para o teor de vermelho ( $a^*$ ) e cinzas para o pernil. Os resultados indicaram que suínos machos castrados apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) teor de extrato etéreo no pernil e no lombo quando comparados às fêmeas. No pernil, o teor proteico das fêmeas suínas foi superior ( $P < 0,05$ ) aos dos machos castrados. Entretanto, no lombo suíno, verificou-se que os animais alimentados com ração sem glicerina obtiveram maior ( $P < 0,05$ ) teor proteico do que os animais alimentados com ração contendo 100g/kg de glicerina bruta. Observou-se que nos cortes do lombo o pH final dos machos castrados foi maior ( $P < 0,05$ ) do que das fêmeas suínas. Contudo, apesar do uso da glicerina ter ocasionado a redução dos valores de proteína no lombo e variações na cor vermelha e teor de cinzas no pernil, de forma geral não provocou mudanças relevantes sobre as características físico-químicas e bromatológicas da carne de suínos, podendo ser utilizada até o nível de 200 g/kg na alimentação destes animais.

Palavras-chave: Biocombustível. Composição bromatológica. Composição físico-química.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of providing different levels of glycerin in the diet on meat quality of finishing pigs. Pigs were used, 30 barrows and 30 females that showed initial weight of  $79.3 \pm 4.0$  kg. Randomized block design were used (initial weight) in a factorial  $2 \times 4 + 2$ , being two sex categories (barrow and female), four levels of crude glycerin (50, 100, 150 and 200 g/kg) and two groups control (barrow and female fed diet without glycerol), a total of ten treatments with six replications and the experimental unit represented by an animal. After slaughter were carried out the analyzes physico-chemical and bromatological of *Longissimus dorsi* (loin) and *Semimembranosus* (ham) on the left side of the carcasses. The results showed interaction ( $P < 0.05$ ) between barrows and levels of glycerin to the red content ( $a^*$ ) and ash to the ham. The results indicate that barrows had higher ( $P < 0.05$ ) ether extract content in the ham and loin compared to females. In the loin, the protein content of females pigs was higher ( $P < 0.05$ ) than the barrows. However, the pork loin, it was found that animals fed a diet without glycerol had higher ( $P < 0.05$ ) protein content than animals fed a diet containing 100g/kg of crude glycerin. It was observed that the loin cuts the final pH of the barrows was higher ( $P < 0.05$ ) than the females pigs. However, despite the use of glycerin have caused the reduction of protein values in the loin and variations in the red color and ash content in the ham, generally did not cause significant changes on the physico-chemical and bromatological characteristics of pork, which may be used until the level of 200 g/kg in feeding of these animals.

Keywords: Biofuel. Bromatological composition. Physical-chemical composition.

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por combustíveis alternativos ao petróleo transformou-se em objetivo comum de centros de pesquisa em todo o mundo nos últimos anos. Desta forma, vem aumentando a cada dia usinas produtoras de combustíveis que não utilizam fontes fósseis como matéria-prima. Em destaque está a produção do biodiesel. No entanto, o crescimento da produção de biocombustíveis tem gerado um excedente de glicerina, que o mercado tem encontrado dificuldade para uso deste subproduto.

A disponibilidade de glicerina aumentou (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, 2011), trazendo redução do preço, e outras formas de utilização foram criadas com intuito de melhorar o aproveitamento. Desta forma, o uso de glicerina ou glicerol na alimentação animal pode ser uma alternativa interessante, não só na redução do custo das dietas, mas também, para contribuir com a sustentabilidade da produção de biodiesel. O principal uso da glicerina na alimentação animal seria como fonte energética para inclusão diretamente na alimentação animal.

Para a produção de suínos, a alimentação é um dos fatores de maior custo no sistema produtivo devido à grande utilização de soja e milho na composição das rações. Além disso, a qualidade da carne pode sofrer influências significativas de acordo com o tipo e a quantidade de alimento fornecido. E, apesar da grande perspectiva de uso da glicerina na produção de suínos, estudos relacionados a alterações em relação aos aspectos físico-químicos e bromatológicos da carne ainda são escassos.

Desta forma, mais estudos devem ser realizados com a glicerina bruta, uma vez que, o glicerol é utilizado na lipogênese e mesmo na gliconeogênese (LIN, 1977), o que poderia contribuir para aumento nos teores de lipídeos na carne, redução da catálise de aminoácidos e maior acúmulo de proteína no

músculo, além da possibilidade de alteração dos parâmetros de qualidade da carne dependendo do nível de inclusão na dieta, principalmente de suínos em terminação.

O objetivo, nesse estudo, foi avaliar os efeitos do fornecimento de diferentes níveis de glicerina na alimentação sobre a qualidade da carne de suínos em terminação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de realização do experimento

O experimento foi conduzido no Centro Experimental de Suínos, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), entre os meses de setembro e novembro, no município de Lavras, região Sul do Estado de Minas Gerais, latitude 21<sup>o</sup>14'30'' (S), longitude 45<sup>o</sup>00'10'' (O) e 910 metros de altitude.

O abate dos animais foi realizado na Nutrili, frigorífico localizado em Lavras - MG. Local onde as amostras dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* foram obtidas para análises de qualidade da carne. As análises físico-químicas e bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Pescado do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.

### 2.2 Animais e instalações

Foram utilizados 30 suínos machos castrados e 30 suínos fêmeas de alto potencial genético, com peso inicial de  $79,3 \pm 4,0$  kg e terminados com peso de  $106,2 \pm 4,5$  kg. Os animais foram procedentes de uma granja comercial situada em Juiz de Fora, MG.

Os animais foram distribuídos em 30 baias de piso concreto (2,3 x 1,5 m), dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta, no galpão de terminação. Em cada baia foram alojados dois animais (um macho castrado e uma fêmea). A temperatura mínima no galpão foi de  $19,5 \pm 3,4^{\circ}\text{C}$  e a máxima de  $26,2 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$ .

### **2.3 Delineamento experimental**

Os animais foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial  $2 \times 4 + 2$ , sendo um macho castrado e uma fêmea, quatro níveis de glicerina bruta na dieta (50, 100, 150 e 200 g/kg) e dois tratamentos com dieta sem glicerina. Totalizando 10 tratamentos, seis repetições e a unidade experimental representada por um animal.

### **2.4 Dietas experimentais**

As dietas experimentais foram isocalóricas e isonutritivas, formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos, de forma a atender as exigências sugeridas pela linhagem de alto potencial genético para ganho de carne magra. A composição química e as características da glicerina bruta utilizada encontram-se na (Tabela 1). A composição nutricional e os valores calculados das dietas experimentais encontram-se na (Tabela 2). A energia metabolizável da glicerina bruta utilizada nas dietas experimentais, cujo valor determinado foi de 3.475 kcal de glicerina bruta por kg de ração, foi determinada em experimento prévio (MELO, 2011).

Tabela 1 Composição química e características da glicerina bruta utilizada

Características	Resultados <sup>1</sup>
Sódio, g/kg	25,1
Metanol, g/kg	0,2
Resíduos Orgânicos, g/kg	<0,1
Umidade, g/kg	111,2
Cinzas, g/kg	60,6
Densidade, g/ml	1,264
Glicerol, g/kg	831,2
Cor	Amarelo claro

<sup>1</sup>Laudo fornecido pela Petrobrás

Tabela 2 Composição nutricional e valores calculados das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de glicerina (g/kg de matéria natural)				
	0	50	100	150	200
Milho	707,0	654,5	603,0	551,0	499,0
Farelo de soja	229,0	238,0	247,0	258,0	266,0
Glicerina bruta	0,0	50,0	100,0	150,0	200,0
Óleo de Soja	20,00	16,80	13,30	9,00	5,90
Fosfato bicálcico	11,20	11,20	11,20	11,20	11,20
Calcário calcítico	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70
Sal (NaCl)	3,60	0,43	0,00	0,00	0,00
Premix Mineral <sup>1</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
DL-Metionina 99%	0,09	0,10	0,10	0,10	0,15
L-Lisina 78%	1,50	1,35	1,20	1,00	0,90
L-Treonina 98%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Antibiótico <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Caulim	17,64	16,73	14,23	9,73	6,88
Valores calculados					
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250
Proteína bruta (g/kg)	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0



“Tabela 2, conclusão”

Ingredientes	Níveis de glicerina (g/kg de matéria natural)				
	0	50	100	150	200
Lisina digestível (g/kg)	8,19	8,21	8,23	8,27	8,31
Metionina digestível (g/kg)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Treonina digestível (g/kg)	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
Fósforo disponível (g/kg)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Cálcio (g/kg)	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Sódio (g/kg)	1,60	1,60	2,68	3,93	5,17

<sup>1</sup> Suplemento mineral contendo , por kg do produto: selênio, 500 mg; ferro, 180 g; cobre, 20 g; manganês, 80 g; zinco, 140 g; iodo, 4 g; cobalto, 4 g e excipiente q.s.q. 1000g <sup>2</sup> Suplemento vitamínico contendo, por kg do produto: vitamina A, 8.000.000 UI; vitamina D3, 1.200.000 UI; vitamina E, 20g; vitamina K3, 2.500 mg; vitamina B1, 1.000 mg; riboflavina (B2), 4.000 mg; piridoxina (B6), 2.000 mg; vitamina B12, 20.000 mcg; niacina, 25.000 mg; ácido pantotênico, 10 g; ácido fólico, 600 mg; biotina, 50 mg; vitamina C, 50 g; antioxidante, 125 mg e excipiente q.s.q. 1.000 g <sup>3</sup> Antibiótico à base de tilosina granulada.

## 2.5 Procedimento experimental

Ao final de um período experimental de 30 dias, após jejum e dieta hídrica por 16 horas, os animais foram abatidos através de insensibilização elétrica (eletronarcole), com realização posterior da sangria e evisceração.

Após 24 horas de resfriamento das carcaças em câmara fria ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), foi realizado a coleta de amostras dos músculos *Longissimus dorsi* (lombo) e *Semimembranosus* (pernil) do lado esquerdo das carcaças. As amostras foram transportadas refrigeradas para o Laboratório e em seguida congeladas para posterior determinação das características físico-químicas e bromatológicas dos cortes.

As determinações de pH foram realizadas com potenciômetro DIGIMED DM-20 acoplado a um eletrodo. O valores de pH inicial (pHi) foram tomados no músculo *Longissimus dorsi* aos 45 minutos após o abate e; os valores de pH final (pHf) foram tomados nos músculos *Longissimus dorsi* e

*Semimembranosus* às 24 horas após resfriamento. Para cor, foi utilizado colorímetro MINOLTA CR 200b (Osaka - Japão), operando no sistema CIEL\*a\*b\*, com iluminante D65. Para a cor ainda foram determinados os índices de saturação (C\*) e o ângulo de tonalidade (h\*), que foram calculados pelas seguintes fórmulas (RAMOS; GOMIDE, 2007):  $C^* = (a^*2 + b^*2)^{1/2}$  e;  $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ .

A análise de perda de água por descongelamento foi realizada segundo metodologia preconizada por Farouk e Price (1994). Para determinação da perda de peso por cocção (PPC), as amostras foram pesadas em balança semianalítica, METTLER M P1210 (Toledo, Brasil), envolvidas em papel alumínio e submetidas a cozimento em chapa elétrica à 150° C até atingir 72° C (AMASA, 1978). Para determinação da maciez foi utilizada metodologia de Froning e Uijttenboogarte (1988), onde as amostras foram obtidas com amostrador cilíndrico de 1,27cm de diâmetro e posteriormente seccionadas no sentido transversal das fibras musculares, utilizando uma sonda Warner Bratzler acoplada a um Texturômetro modelo TA XT-2.

As amostras para a análise bromatológica foram preparadas com a retirada da pele, tecido adiposo e aponeuroses, seguida de homogeneização. As análises de umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas foram realizadas conforme Horwitz (2000), em duplicata.

## **2.6 Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1996). As variáveis com respostas de efeitos significativos na análise de variância (Teste F) para os fatores níveis de glicerina e sexo e/ou interação entre essas variáveis, foram submetidas à regressão e o teste de médias

Dunnett usado para comparar cada nível de glicerina com a dieta controle (sem glicerina), ( $\alpha= 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam ( $P < 0,05$ ) que suínos machos castrados possuem maior pH final no lombo quando comparados às fêmeas em terminação (Tabela 3).

Tabela 3 Médias dos componentes físico-químicos dos cortes do lombo de suínos em função do nível de glicerina da alimentação e sexo

Variável Lombo	controle	Glicerina				MÉDIA	CV(%)
		50	100	150	200		
PPD							
MACHO	15,21	15,76	16,31	16,69	15,07	15,81	15,21
FÊMEA	15,56	17,25	14,19	17,61	16,43	16,21	
MÉDIA	15,39	16,51	15,25	17,15	15,75		
L*							
MACHO	50,02	50,28	48,98	51,23	51,40	50,38	4,07
FÊMEA	49,24	50,60	49,58	49,47	48,82	49,54	
MÉDIA	49,63	50,44	49,28	50,35	50,11		
a*							
MACHO	7,160	6,93	6,60	6,42	7,56	6,93	13,72
FÊMEA	6,680	6,39	6,62	7,23	6,85	6,75	
MÉDIA	6,92	6,66	6,61	6,83	7,21		
b*							
MACHO	3,32	3,03	3,02	3,64	4,05	3,41	28,92
FÊMEA	2,68	3,10	3,38	2,83	3,10	3,02	
MÉDIA	3,00	3,07	3,20	3,24	3,58		
C*							
MACHO	7,99	7,63	7,29	7,40	8,60	7,78	14,3600
FÊMEA	7,29	7,13	7,44	7,78	7,58	7,44	
MÉDIA	7,64	7,38	7,37	7,59	8,09		
h*							
MACHO	24,63	22,98	24,55	29,29	28,05	25,90	23,1000
FÊMEA	20,72	25,40	26,86	21,07	24,65	23,74	
MÉDIA	22,68	24,19	25,71	25,18	26,35		
PPC							
MACHO	25,38	23,93	25,93	26,92	28,78	26,19	14,45
FÊMEA	24,53	25,19	26,71	27,65	25,61	25,94	
MÉDIA	24,96	24,56	26,32	27,29	27,20		
pHi							
MACHO	6,04	6,09	6,22	5,95	6,02	6,06	4,05
FÊMEA	6,09	6,04	6,08	6,03	6,07	6,06	
MÉDIA	6,07	6,07	6,15	5,99	6,05		

“Tabela 3, conclusão”

Variável	Lombo	Glicerina				MÉDIA	CV(%)
		controle	50	100	150		
pHf							
MACHO	5,33	5,34	5,40	5,32	5,33	5,34 A	1,14
FÊMEA	5,37	5,30	5,33	5,30	5,30	5,32 B	
MÉDIA	5,35	5,32	5,37	5,31	5,32		
FC (kgf)							
MACHO	4,41	4,26	4,17	4,16	4,24	4,25	18,07
FÊMEA	4,37	4,27	4,53	4,72	4,53	4,48	
MÉDIA	4,39	4,27	4,35	4,44	4,39		

PPD = Perda de Peso por Descongelamento; L\* = Luminosidade; a\* = Teor de vermelho; b\* = Teor de amarelo; C\* = Índice de saturação da cor; h\* = Ângulo de tonalidade da cor; pH<sub>i</sub> = pH inicial aos 45 minutos; pH<sub>f</sub> = pH final as 24 horas; PPC = Perda de Peso por Cozimento; FC = Força de Cisalhamento; CV = Coeficiente de Variação. \* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett (P<0,05) <sup>1</sup> Efeito quadrático significativo para níveis de glicerina (P<0,05).

Observa-se na tabela 4, que para os cortes de pernil foi verificado (P<0,05) interação da glicerina bruta com machos castrados para o teor de vermelho (a\*), sendo o pior nível o de 132,8 g/kg de glicerina bruta (Figura 1).

Tabela 4 Médias dos componentes físico-químicos dos cortes do pernil de suínos em função do nível de glicerina da alimentação e sexo

Variável	Pernil	Glicerina				MÉDIA	CV(%)
		controle	50	100	150		
PPD (g/100g)							
MACHO	12,98	15,81	14,56	14,50	14,70	14,51	16,3
FÊMEA	14,55	13,74	12,73	14,78	15,29	14,22	
MÉDIA	13,77	14,78	13,65	14,64	15,00		
L*							
MACHO	44,47	45,25	44,22	47,77	45,63	45,47	4,74
FÊMEA	45,43	45,50	46,51	45,44	44,11	45,40	
MÉDIA	44,95	45,38	45,37	46,61	44,87		
a*							
<sup>2</sup> MACHO <sup>1</sup>	8,56	8,80	8,40	7,16	8,78	8,34	12,8
FÊMEA	8,01	7,55	8,28	8,58	8,47	8,18	
MÉDIA	8,29	8,18	8,34	7,87	8,63		

“Tabela 4, conclusão”

Variável	Pernil	Glicerina				MÉDIA	CV(%)
		controle	50	100	150		
			b*				
MACHO	3,09	3,37	2,89	3,57	3,94	3,37	23,09
FÊMEA	3,20	2,90	3,76	3,26	3,33	3,29	
MÉDIA	3,15	3,14	3,33	3,42	3,64		
			C*				
MACHO	9,14	9,43	8,90	8,05	9,63	9,03	12,55
FÊMEA	8,67	8,12	9,13	9,20	9,12	8,85	
MÉDIA	8,91	8,78	9,02	8,63	9,38		
			h*				
MACHO	19,90	20,88	18,87	26,73	24,15	22,11	19,80
FÊMEA	21,51	21,29	24,12	20,82	21,45	21,84	
MÉDIA	20,71	21,09	21,50	23,78	22,80		
			PPC (g/100g)				
MACHO	22,99	23,71	20,39	27,55	23,92	23,71	20,07
FÊMEA	23,23	24,59	22,28	24,27	24,46	23,77	
MÉDIA	23,11	24,15	21,34	25,91	24,19		
			pHf				
MACHO	5,38	5,41	5,52	5,40	5,41	5,42	1,78
FÊMEA	5,46	5,41	5,44	5,43	5,37	5,42	
MÉDIA	5,42	5,41	5,48	5,42	5,39		
			FC (kgf)				
MACHO	4,86	4,42	4,37	4,91	4,30	4,57	14,85
FÊMEA	4,31	4,18	3,98	4,23	4,59	4,26	
MÉDIA	4,59	4,30	4,18	4,57	4,45		

PPD = Perda de Peso por Descongelamento; L\* = Luminosidade; a\* = Teor de vermelho; b\* = Teor de amarelo; C\* = Índice de saturação da cor; h\* = Ângulo de tonalidade da cor; pH<sub>i</sub> = pH inicial aos 45 minutos; pH<sub>f</sub> = pH final as 24 horas; PPC = Perda de Peso por Cozimento; FC = Força de Cisalhamento; CV = Coeficiente de Variação.

\* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett (P<0,05) <sup>1</sup> Efeito quadrático significativo para níveis de glicerina.(P<0,05); <sup>2</sup> $\hat{Y} = 0,0002x^2 - 0,0531x + 11,135$  (R<sup>2</sup> = 0,62).

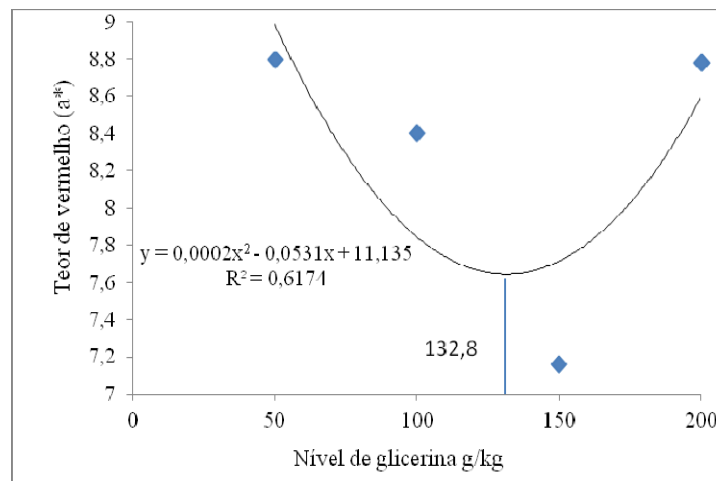


Figura 1 Teor de vermelho do pernil de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina

Na literatura alguns poucos trabalhos que foram desenvolvidos com o objetivo de determinar os efeitos da glicerina, oriunda de diferentes fontes sobre características de qualidade de carne suína, não relataram alterações dos parâmetros avaliados. Mendoza et al. (2010), trabalhando com nível de inclusão de até 150 g/kg de glicerina, reportaram um comportamento semelhante ao encontrado neste trabalho, apresentando resultados médios próximos aos deste estudo para o lombo.

Resultados semelhantes aos deste estudo também foram encontrados por Berenchtein et al. (2010) que, trabalhando com glicerina semipurificada (80g/100g de glicerol) como ingrediente energético das rações de suínos em crescimento e terminação até o nível de 90g/kg, não verificaram efeito ( $P < 0,05$ ) sobre os valores de pH, perda de peso por gotejamento e luminosidade. Lammers et al. (2008) avaliando níveis de 0, 50 e 100 g/kg de inclusão de glicerina na dieta, também não relataram influência da dieta sobre os parâmetros de qualidade de carne.

Não foi observado ( $P>0,05$ ) influência dos tratamentos e diferença ( $P>0,05$ ) entre machos castrados e fêmeas sobre os valores de perda de peso por descongelamento, entretanto, os valores foram superiores ao relatados por Bridi et al. (2003), Bridi et al. (2006) e Mendoza et al. (2010). Este comportamento pode ter ocorrido devido aos menores valores de pH da carne em ambos os cortes. Pois, a capacidade de retenção de água da carne depende da evolução do pH *post mortem* e quanto mais baixos esses valores, menor é a capacidade de retenção de água no músculo, implicando em maior exsudação de líquidos (PRICE; SCHWEIGERT, 1976).

Não foi verificada ( $P>0,05$ ) influência dos níveis de glicerina, sexo ou interação sobre os valores de  $L^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  dos cortes lombo e pernil (Tabela 3 e 4). Estes resultados indicam que independente do nível de utilização da glicerina, esta não promoveu redução, principalmente do teor de amarelo, na carne, como preconizados por alguns autores com uso de outros ingredientes em substituição ao milho (FRAGA et al., 2008; WATANABE et al., 2010). Entretanto, para o teor de vermelho ( $a^*$ ), houve interação da glicerina  $\times$  sexo. Todavia, Serrano et al. (2009) não verificaram interação glicerina  $\times$  sexo sobre os valores de cor.

O valor do índice de saturação da cor ( $C^*$ ) apresenta significado em relação à pureza e intensidade da cor, enquanto o ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) refere-se à cor propriamente dita (POMERANZ; MELOAN, 1971). Neste trabalho independente do nível de glicerina e sexo para o lombo, foi encontrado um valor de  $h^*$  variando de 22,68 a 26,35° o que mostra de acordo com escala de cor no Sistema CieLab, uma tonalidade variando de vermelho ao laranja (Vermelho de 0 a 25° e Laranja de 25 a 70°), porém com baixa intensidade, com  $C^*$  de 7,36 a 8,09. No pernil, foi encontrado valores de  $h^*$  entre 20,70 e 23,78°, mostrando uma cor predominantemente vermelha, porém, também com baixo índice de saturação (8,62 a 9,37), Tabela 4. Segundo Brown et al. (2008), a



presença de pigmentos carotenoides na alimentação dos animais pode influenciar esses índices, uma vez que eles são dependentes das variações da intensidade de  $a^*$  e  $b^*$  na carne.

Considerando os critérios adotados por Warner, Kauffman e Russel (1997), para classificar as carnes como PSE, normal e DFD de acordo os valores de pH final,  $L^*$  e a perda de água por gotejamento no lombo (carnes são classificadas como Normal quando apresentam valor de pH final menor que 6,0, valor de  $L^*$  entre 42 e 50 e perda de água menor que 5g/100g; PSE quando o valor de pH final é menor que 6,0, valor de  $L^*$  maior que 50 e perda de água maior que 5g/100g e DFD quando o valor de pH final é maior que 6,0, valor de  $L^*$  menor que 42 e perda de água por gotejamento menor que 5g/100g). Os resultados neste trabalho, não indicaram carnes com características de ocorrência de anomalias, apesar dos maiores valores de perda de peso por descongelamento e valores de Luminosidade próximos a 50. Essas alterações ocorreram devido à relação do pH com as miofibrilas e os pigmentos da carne, uma vez que o valor em que ele se estabiliza na carne, pode influenciar os parâmetros de cor e a capacidade de retenção de água da carne (FORREST et al., 1979; PRICE; SCHWEIGERT, 1976; QIAO et al., 2001).

Na avaliação de pH inicial, não houve diferença ( $P>0,05$ ) em relação aos tratamentos e sexo (Tabela 3) e os valores foram superiores a 5,8, indicando que não houve redução acentuada de pH com a carcaça ainda quente (temperaturas acima de 30°C), o que poderia segundo Forrest et al. (1979), ter causado desnaturação proteica no músculo.

Por outro lado, Mourot et al. (1994) utilizando 50 g/kg de glicerina, oriunda de sebo ou óleo vegetal em dietas para suínos em crescimento e terminação, verificaram que a glicerina acarretou maior capacidade de retenção de água no músculo *Longissimus dorsi* (lombo), proporcionando uma carne de qualidade superior. O mesmo foi observado por Gomide (2010), que encontrou

menor perda de líquido por descongelamento ao utilizar níveis crescentes de até 160g/kg de glicerina bruta para suínos em terminação. Contudo, neste trabalho não houve influência dos diferentes níveis de inclusão de glicerina sobre os parâmetros de perda de peso por descongelamento e perda de peso por cozimento.

Nas análises da composição bromatológica para cortes do lombo, verificou-se que os animais alimentados com ração sem glicerina bruta apresentaram maior ( $p<0,05$ ) teor proteico quando comparados aos animais alimentados com ração contendo 100g/kg de glicerina bruta (Tabela 5). Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) para umidade e cinzas no lombo. Entretanto, machos castrados apresentaram maior ( $p<0,05$ ) extrato etéreo quando comparados às fêmeas (Tabela 5).

Tabela 5 Composição bromatológica dos cortes de lombo de suínos em função do nível de glicerina na alimentação e sexo

Variável Lombo	controle	Glicerina (g/Kg)				MÉDIA	CV(%)
		50	100	150	200		
UMIDADE							
MACHO	73,22	73,76	73,96	73,59	73,71	73,65	1,71
FÊMEA	73,68	74,21	74,63	74,43	74,59	74,31	
MÉDIA	73,45	73,99	74,30	74,01	74,15		
CINZAS							
MACHO	1,21	1,12	1,07	1,26	1,20	1,17	14,36
FÊMEA	1,29	1,11	1,14	1,20	1,26	1,20	
MÉDIA	1,25	1,12	1,11	1,23	1,23		
PROTEÍNA							
MACHO	22,91	22,40	21,12	20,60	21,47	21,70	8,29
FÊMEA	22,98	20,83	20,29	21,54	22,09	21,54	
MÉDIA	22,95	21,62	20,71*	21,07	21,78		
E.ETÉREO							
MACHO	2,32	2,57	3,02	3,36	3,10	2,87A	41,55
FÊMEA	2,33	1,89	2,06	1,22	1,66	1,83B	
MÉDIA	2,33	2,23	2,54	2,29	2,38		

\* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett ( $P<0,05$ )

De acordo com (LIN, 1977; TAO et al., 1983), o glicerol é um precursor para a síntese de glicose, triacilgliceróis e de fosfolípidos no fígado e no tecido adiposo. Além disso, o glicerol atua como agente da gliconeogênese, o que resultaria na economia dos aminoácidos gliconeogênicos. Desta forma, sugere-se que a maior disponibilidade de glicerol na alimentação animal possa diminuir a catálise proteica. Porém essa redução da catálise proteica ocorreria à medida que o glicerol fosse utilizado na gliconeogênese. Porém, isso não foi verificado no atual trabalho, por causa de uma provável utilização de aminoácidos na gliconeogênese como fonte de energia.

Em relação aos cortes do pernil, as fêmeas apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) teor proteico e menor ( $p < 0,05$ ) extrato etéreo do que os machos castrados (Tabela 6).

Tabela 6 Composição bromatológica dos cortes de pernil de suínos em função do nível de glicerina na alimentação e sexo

Variável Pernil	Glicerina (g/Kg)					MÉDIA	CV(%)
	controle	50	100	150	200		
UMIDADE (g/100g)							
MACHO	74,18	74,88	73,75	73,12	72,14	73,61	2,36
FÊMEA	74,01	73,90	74,45	74,30	73,72	74,07	
MÉDIA	74,10	74,39	74,10	73,71	72,93		
CINZAS (g/100g)							
MACHO <sup>1</sup>	1,08	0,95	1,22	1,20	1,14	1,12	12,17
FÊMEA	1,33	1,20	1,20	1,14	1,22	1,22	
MÉDIA	1,21	1,08	1,21	1,17	1,18		
PROTEÍNA							
MACHO	22,12	21,94	20,75	23,01	21,58	21,88 B	7,43
FÊMEA	22,60	22,33	23,45	22,57	23,24	22,84 A	
MÉDIA	22,36	22,14	22,10	22,79	22,41		
E.ETÉREO							
MACHO	2,09	2,39	3,39	3,62	3,73	3,04 A	39,74
FÊMEA	1,90	2,10	1,96	1,75	1,83	1,91 B	
MÉDIA	2,00	2,25	2,68	2,69	2,78		

\* Difere do tratamento controle pelo teste Dunnett ( $P < 0,05$ ) <sup>1</sup> Efeito quadrático significativo para níveis de glicerina ( $P < 0,05$ ).

Os resultados deste trabalho corroboram com os resultados de Fialho et al. (1998), Latorre et al. (2003) e Rosa et al. (2008). Nestes trabalhos, os autores observaram que as fêmeas suínas são mais eficientes que os machos castrados na produção de carne, uma vez que estes tiveram de forma geral carcaças com maior quantidade de gordura que as fêmeas.

Para umidade não foi verificado ( $p>0,05$ ) efeito da glicerina bruta e diferença entre machos castrados e fêmeas (Tabela 6).

De forma geral, o uso de até 200 g/kg de glicerina na alimentação não promoveu alterações que prejudicassem os aspectos físico-químicos e da composição bromatológica da carne de suínos, mostrando ser um ingrediente com grande potencial de uso na suinocultura, melhorando os aspectos de produção através de redução de custos e aproveitamento sustentável deste resíduo da indústria do biodiesel.

#### **4 CONCLUSÃO**

Na alimentação de suínos, a glicerina bruta mostra ser um ingrediente que não ocasiona modificações dos aspectos físico-químicos e bromatológicos da carne de lombo e pernil, não influenciando as características de qualidade e valor nutricional, independente do nível de inclusão utilizado.

## REFERÊNCIAS

AMASA. Guidelines for cooking sensory evaluation of meat. **American Meat Science Association**, Chicago, 1978.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 28 set. 2011.

BRIDI, A. M. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, 2006.

BRIDI, A. et al. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1362-1370, 2003.

BROWN, S. N. et al. Aspects of meat and eating quality of broiler chickens reared under standard, maize-fed, free-range or organic systems. **British Poultry Science**, London, v. 49, n. 2, p. 118-124, 2008.

FIALHO, E. T. et al. Influência de planos de nutrição sobre as características de carcaça de suínos de diferentes genótipos abatidos entre 80 e 120kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, p. 1140-1146, 1998.

FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p.

FRAGA, A. L. et al. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, p. 869-875, 2008.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking loses of hot and cold deboned chicken broiler breastmeat. **Poultry Science**, Champaign, v. 67, n. 11, p.1536-1544, 1988.

GOMIDE, A. P. C. **Substituição do milho por glicerina bruta em dietas para suínos em terminação**. 2010. 35 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 17th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.

LAMMERS, P. J. 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. 86, p. 2962–2970, 2008.

LATORRE, M. A. et al. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117kg body weight. **Meat Science**, Barking, v. 65, p. 1369-1377, 2003.

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

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

MENDOZA, O. F. et al. Metabolizable energy content of refined of glycerin and its effects on growth performance and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3887–3895, 2010.

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

POMERANZ, Y; MELOAN, C. E. **Food analysis: theory and practice**. 1st ed. Westpot Connecticut: The AVI, 1971. 669 p.

PRICE, J. F.; SCHWEIGGERT, B. S. **Ciência de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 668 p.

QIAO, M. et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.

ROSA, A. F. et al. Características de carcaça de suínos de três linhagens genéticas em diferentes idades ao abate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1718-1724, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics. Cary, 1996.

SERRANO, M. P. et al. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 1676–1685, 2009.

TAO, R. C. et al. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Baltimore, v. 7, p. 479-488, 1983.

WARNER, R. D.; KAUFFMAN, R. G.; RUSSEL, R. L. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, Barking, v. 45, p. 339-352, 1997.

WATANABE, P. H. et al. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 4, p. 921-929, 2010.



## ANEXOS

## ANEXO A - TABELAS

Tabela 1 A Análise de variância e coeficiente de variação para ganho de peso diário de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	87058,267	17411,65	6,01	0,0015
Glicerina	3	329445,458	109815,2	37,88	0,0000
Linear	1	125259,408	125259,4	43,21	0,0000
Quadrático	1	191352,041	191352	66,01	0,0000
Desvio	1	12834,008	12834,01	4,43	0,0482
Adicional	1	40004,008	40004,01	13,80	0,0014
Erro	20	57975,733	2898,787		
CV (%) =	6,02				

Tabela 2 A Análise de variância e coeficiente de variação para consumo de ração diário de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	620705,467	124141,1	2,31	0,0820
Glicerina	3	349424,458	116474,8	2,17	0,1231
Adicional	1	93019,008	93019,01	1,73	0,2028
Erro	20	1072752,533	53637,63		
CV (%) =	8,08				

Tabela 3 A Análise de variância e coeficiente de variação para conversão alimentar de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	2,43835	0,48767	7,24	0,0005
Glicerina	3	5,76881	1,922937	28,53	0,0000
Linear	1	4,088521	4,088521	60,67	0,0000
Quadrático	1	1,680104	1,680104	24,93	0,0001
Desvio	1	0,000188	0,000188	0,00	0,9584
Adicional	1	1,28754	1,28754	19,10	0,0003
Erro	20	1,34789	0,067395		

CV (%) = 7,92

Tabela 4 A Análise de variância e coeficiente de variação para rendimento da carcaça quente de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	4,196	0,839	0,650	0,6631
Glicerina (G)	3	11,699	3,900	3,019	0,0395
Sexo (S)	1	5,590	5,590	4,328	0,0432
G*S	3	29,784	9,928	7,686	0,0003
Glicerina da fêmea	3	36,414	12,138	9,397	0,0001
Linear	1	3,816	3,816	2,955	0,0925
Quadrático	1	22,272	22,272	17,243	0,0001
Desvio	1	10,325	10,325	7,994	0,0070
Glicerina do macho	3	5,069	1,690	1,308	0,2834
Adicional	2	5,243	2,622	2,030	0,1432
Erro	45	58,124	1,292		

CV (%) = 1,40

Tabela 5 A Análise de variância e coeficiente de variação para rendimento de carne da carcaça resfriada de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	19,861	3,972	1,64	0,1701
Glicerina (G)	3	3,385	1,128	0,46	0,7084
Sexo (S)	1	134,536	134,536	55,40	0,0000
G*S	3	7,164	2,388	0,98	0,4091
Adicional	2	60,874	30,437	12,53	0,0000
Erro	45	109,288	2,429		
CV (%) =	2,63				

Tabela 6 A Análise de variância e coeficiente de variação para perda de líquido da carcaça resfriada suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	2,166	0,433	1,52	0,2015
Glicerina (G)	3	0,403	0,134	0,47	0,7031
Sexo (S)	1	0,166	0,166	0,58	0,4484
G*S	3	1,073	0,358	1,26	0,3001
Adicional	2	0,535	0,268	0,94	0,3974
Erro	45	12,792	0,284		
CV (%) =	17,67				

Tabela 7 A Análise de variância e coeficiente de variação para espessura de toucinho de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	49,321	9,864	2,76	0,0295
Glicerina (G)	3	5,578	1,859	0,52	0,6706
Sexo (S)	1	232,100	232,100	64,92	0,0000
G*S	3	10,521	3,507	0,98	0,4102
Adicional	2	98,819	49,409	13,82	0,0000
Erro	45	160,895	3,575		
CV (%) =	11,81				

Tabela 8 A Análise de variância e coeficiente de variação para área de olho de lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	50,043	10,0086	1,04	0,4055
Glicerina (G)	3	93,189	31,0630	3,23	0,0310
Linear	1	77,748167	77,7482	8,09	0,0067
Quadrático	1	8,840833	8,8408	0,92	0,3427
Desvio	1	6,600167	6,6002	0,69	0,4117
Sexo (S)	1	219,308	219,3080	22,81	0,0000
G*S	3	38,456	12,8187	1,33	0,2754
Adicional	2	174,995	87,4975	9,10	0,0005
Erro	45	432,657	9,6146		
CV (%) =		7,04			

Tabela 9 A Análise de variância e coeficiente de variação para receita bruta de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	1813,823	362,7647	14,71	0,0000
Glicerina	3	2724,104	908,0346	36,83	0,0000
Linear	1	1022,759	1022,759	41,49	0,0000
Quadrático	1	1594,955	1594,955	64,70	0,0000
Desvio	1	106,3895	106,3895	4,32	0,0509
Adicional	1	347,5824	347,5824	14,10	0,0012
Erro	20	493,067	24,65335		
CV (%) =		1,53			

Tabela 10 A Análise de variância e coeficiente de variação para custo total de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	5879,532	1175,906	53,04	0,0000
Glicerina	3	61,11948	20,37316	0,92	0,4496
Adicional	1	10,36056	10,36056	0,47	0,5021
Erro	20	443,4256	22,17128		
CV (%) =	1,61				

Tabela 11 A Análise de variância e coeficiente de variação para receita líquida de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	1287,563	257,5126	7,70	0,0004
Glicerina	3	2112,434	704,1446	21,06	0,0000
Linear	1	986,3053	986,3053	29,49	0,0000
Quadrático	1	1072,675	1072,675	32,08	0,0000
Desvio	1	53,4534	53,4534	1,60	0,2207
Adicional	1	237,7549	237,7549	7,11	0,0148
Erro	20	668,8488	33,44244		
CV (%) =	18,42				

Tabela 12 A Análise de variância e coeficiente de variação para rentabilidade de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	150,6776	30,13552	10,53	0,0000
Glicerina	3	168,8462	56,28208	19,66	0,0000
Linear	1	82,90056	82,90056	28,96	0,0000
Quadrático	1	83,17927	83,17927	29,05	0,0000
Desvio	1	2,766403	2,766403	0,97	0,3374
Adicional	1	17,91041	17,91041	6,26	0,0212
Erro	20	57,25943	2,862972		

CV (%) = 17,59

Tabela 13 A Análise de variância e coeficiente de variação para o teor de vermelho do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	4,58080000	0,91616000	0,82	0,5426
Glicerina (G)	3	3,57924167	1,19308056	1,07	0,3742
Sexo (S)	1	0,05333333	0,05333333	0,05	0,8281
G*S	3	10,97955000	3,65985000	3,28	0,0321
Adicional	1	0,00840167	0,00840167	0,01	0,9269
Erro	45				

CV (%) = 12,80

Tabela 14 A Análise de variância e coeficiente de variação para luminosidade do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	24,26916667	4,85383333	1,04	0,4100
Glicerina (G)	3	19,61585000	6,53861667	1,40	0,2590
Sexo (S)	1	1,32003333	1,32003333	0,28	0,5983
G*S	3	37,70065000	12,56688333	2,69	0,0611
Adicional	1	3,46560667	3,46560667	0,76	0,3886
Erro	45				

CV (%) = 4,74

Tabela 15 A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de amarelo do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	2,71008542	0,54201708	0,89	0,4972
Glicerina (G)	3	1,53340625	0,51113542	0,84	0,4807
Sexo (S)	1	0,19891875	0,19891875	0,33	0,5709
G*S	3	4,07193958	1,35731319	2,23	0,1016
Adicional	1	0,51615375	0,51615375	0,73	0,3985
Erro	45				

CV (%) = 23,09

Tabela 16 A Análise de variância e coeficiente de variação para perda peso por descongelamento do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	30,12288542	6,02457708	1,08	0,3900
Glicerina (G)	3	12,89063958	4,29687986	0,77	0,5197
Sexo (S)	1	6,87810208	6,87810208	1,23	0,2751
G*S	3	17,34425625	5,78141875	1,03	0,3897
Adicional	1	5,39100375	5,39100375	1,12	0,2963
Erro	45				

CV (%) = 16,30

Tabela 17 A Análise de variância e coeficiente de variação para perda peso por cocção do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	85,0890167	17,0178033	0,74	0,5988
Glicerina (G)	3	129,3877417	43,1292472	1,88	0,1518
Sexo (S)	1	0,0004083	0,0004083	0,00	0,9967
G*S	3	46,2069083	15,4023028	0,67	0,5764
Adicional	1	5,95980167	5,95980167	0,29	0,5925
Erro	45				

CV (%) = 20,07



Tabela 18 A Análise de variância e coeficiente de variação para força de cisalhamento do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	1,42004167	0,28400833	0,67	0,6454
Glicerina (G)	3	1,05004167	0,35001389	0,83	0,4856
Sexo (S)	1	0,78030000	0,78030000	1,85	0,1821
G*S	3	1,50095000	0,50031667	1,19	0,3282
Adicional	1	0,44548167	0,44548167	1,19	0,2809
Erro	45				

CV (%) = 14,85

Tabela 19 A Análise de variância e coeficiente de variação para pH final do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	0,07763542	0,01552708	1,67	0,1680
Glicerina (G)	3	0,05510625	0,01836875	1,97	0,1358
Sexo (S)	1	0,00725208	0,00725208	0,78	0,3834
G*S	3	0,01982292	0,00660764	0,71	0,5525
Adicional	1	0,00018375	0,00018375	0,02	0,8911
Erro	45				

CV (%) = 1,78

Tabela 20 A Análise de variância e coeficiente de variação para índice de saturação da cor do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	4,07744167	0,81548833	0,65	0,6656
Glicerina (G)	3	3,84300833	1,28100278	1,02	0,3972
Sexo (S)	1	0,15413333	0,15413333	0,12	0,7287
G*S	3	9,91831667	3,30610556	2,62	0,0659
Adicional	1	0,01568167	0,01568167	0,01	0,9070
Erro	45				

CV (%) = 12,55

Tabela 21 A Análise de variância e coeficiente de variação para ângulo de tonalidade para a cor do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	154,8217937	30,9643587	1,59	0,1886
Glicerina (G)	3	54,5275729	18,1758576	0,93	0,4350
Sexo (S)	1	6,5195021	6,5195021	0,33	0,5666
G*S	3	202,9487063	67,6495688	3,47	0,0262
Adicional	1	24,08567042	24,0856704 2	1,02	0,3177
Erro	45				

CV (%) = 19,80

Tabela 22 A Análise de variância e coeficiente de variação para cinzas do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	0,16706667	0,03341333	1,68	0,1649
Glicerina (G)	3	0,12056667	0,04018889	2,02	0,1287
Sexo (S)	1	0,04687500	0,04687500	2,36	0,1336
G*S	3	0,17602500	0,05867500	2,95	0,0459
Adicional	1	0,01944000	0,01944000	1,05	0,3117
Erro	45				

CV (%) = 12,17

Tabela 23 A Análise de variância e coeficiente de variação para umidade do pernil em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	19,41341875	3,88268375	1,28	0,2937
Glicerina (G)	3	14,47753958	4,82584653	1,59	0,2084
Sexo (S)	1	4,61900208	4,61900208	1,53	0,2251
G*S	3	11,47457292	3,82485764	1,26	0,3021
Adicional	1	0,95634375	0,95634375	0,37	0,5461
Erro	45				

CV (%) = 2,36

Tabela 24 A Análise de variância e coeficiente de variação para proteína do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	26,62561042	5,32512208	1,93	0,1139
Glicerina (G)	3	3,68788958	1,22929653	0,45	0,7217
Sexo (S)	1	14,00760208	14,0076020 8	5,08	0,0306
G*S	3	17,16738958	5,72246319	2,08	0,1212
Adicional	1	0,0000005	0,0000005	0,00	0,9997
Erro	45				

CV (%) = 7,43

Tabela 25 A Análise de variância e coeficiente de variação para extrato etéreo do pernil de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	7,71391042	1,54278208	1,45	0,2309
Glicerina (G)	3	2,02110625	0,67370208	0,63	0,5984
Sexo (S)	1	22,70125208	22,7012520 8	21,34	0,0001
G*S	3	5,10598958	1,70199653	1,60	0,2069
Adicional	1	3,45840042	3,45840042	3,55	0,0662
Erro	45				

CV (%) = 39,74

Tabela 26 A Análise de variância e coeficiente de variação para índice de saturação da cor do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	4,79201042	0,95840208	0,80	0,5541
Glicerina (G)	3	4,12918958	1,37639653	1,16	0,3405
Sexo (S)	1	0,74251875	0,74251875	0,62	0,4351
G*S	3	3,63725625	1,21241875	1,02	0,3965
Adicional	1	0,01276042	0,01276042	0,01	0,9172
Erro	45				

CV (%) = 14,36

Tabela 27 A Análise de variância e coeficiente de variação para ângulo de tonalidade da cor do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	137,0786687	27,4157337	0,80	0,5576
Glicerina (G)	3	29,8575396	9,9525132	0,29	0,8322
Sexo (S)	1	35,5868521	35,5868521	1,04	0,3153
G*S	3	235,1413729	78,3804576	2,29	0,0958
Adicional	1	68,87602042	68,8760204 2	1,42	0,2394
Erro	45				

CV (%) = 23,10

Tabela 28 A Análise de variância e coeficiente de variação para luminosidade do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	21,46328542	4,29265708	1,04	0,4119
Glicerina (G)	3	10,08623958	3,36207986	0,81	0,4961
Sexo (S)	1	8,71255208	8,71255208	2,10	0,1559
G*S	3	21,85835625	7,28611875	1,76	0,1730
Adicional	1	1,65502042	1,65502042	0,33	0,5677
Erro	45				

CV (%) = 4,07

Tabela 29 A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de vermelho do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	4,45610000	0,89122000	1,02	0,4222
Glicerina (G)	3	2,58821667	0,86273889	0,99	0,4110
Sexo (S)	1	0,13230000	0,13230000	0,15	0,6999
G*S	3	4,17841667	1,39280556	1,59	0,2092
Adicional	1	0,08816667	0,08816667	0,11	0,7453
Erro	45				

CV (%) = 13,72

Tabela 30 A Análise de variância e coeficiente de variação para teor de amarelo do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	2,65157500	0,53031500	0,59	0,7047
Glicerina (G)	3	1,72275000	0,53031500	0,64	0,5925
Sexo (S)	1	1,34000833	1,34000833	1,50	0,2288
G*S	3	3,73074167	1,24358056	1,39	0,2613
Adicional	1	0,69984000	0,69984000	0,59	0,4466
Erro	45				
CV (%) =	28,92				

Tabela 31 A Análise de variância e coeficiente de variação para perda de peso por cocção do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	65,08274167	13,01654833	0,90	0,4932
Glicerina (G)	3	57,58981667	19,19660556	1,32	0,2820
Sexo (S)	1	0,12403333	0,12403333	0,01	0,9268
G*S	3	38,04225000	12,68075000	0,87	0,4634
Adicional	1	18,37066667	18,37066667	1,16	0,2868
Erro	45				
CV (%) =	14,45				

Tabela 32 A Análise de variância e coeficiente de variação para perda de peso por descongelamento do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	12,58048542	2,51609708	0,42	0,8342
Glicerina (G)	3	25,10882292	8,36960764	1,38	0,2636
Sexo (S)	1	2,01310208	2,01310208	0,33	0,5675
G*S	3	26,10935625	8,70311875	1,44	0,2477
Adicional	1	5,80637042	5,80637042	1,05	0,3118
Erro	45				

CV (%) = 15,21

Tabela 33 A Análise de variância e coeficiente de variação para força de cisalhamento do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	3,77909167	0,75581833	1,22	0,3214
Glicerina (G)	3	0,19602500	0,06534167	0,11	0,9564
Sexo (S)	1	1,12240833	1,12240833	1,81	0,1874
G*S	3	0,46229167	0,15409722	0,25	0,8620
Adicional	1	0,00748167	0,00748167	0,01	0,9154
Erro	45				

CV (%) = 18,07



Tabela 34 A Análise de variância e coeficiente de variação para pH final do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	0,02977500	0,00595500	1,61	0,1831
Glicerina (G)	3	0,02475000	0,00825000	2,23	0,1019
Sexo (S)	1	0,01920000	0,01920000	5,19	0,0289
G*S	3	0,00431667	0,00143889	0,39	0,7616
Adicional	1	0,00600000	0,00600000	1,26	0,2671
Erro	45				

CV (%) = 1,14

Tabela 34 A Análise de variância e coeficiente de variação para pH inicial do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	0,239835	0,047967	0,80	0,5609
Glicerina (G)	3	0,161190	0,053730	0,89	0,4558
Sexo (S)	1	0,002852	0,002852	0,05	0,8292
G*S	3	0,091023	0,030341	0,50	0,8292
Adicional	1	0,000070	0,000070	0,00	0,9717
Erro	45				

CV (%) = 4,05

Tabela 35 A Análise de variância e coeficiente de variação para proteína do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta Variável analisada: Proteína - lombo

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	7,40591875	1,48118375	0,48	0,7917
Glicerina (G)	3	8,87558958	2,95852986	0,95	0,4268
Sexo (S)	1	0,53130208	0,53130208	0,17	0,6820
G*S	3	12,69577292	4,23192431	1,36	0,2711
Adicional	1	26,16901042	26,16901042	7,51	0,0088
Erro	45				
CV (%) =	8,29				

Tabela 36 A Análise de variância e coeficiente de variação para umidade do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	3,20583542	0,64116708	0,40	0,8473
Glicerina (G)	3	0,73305625	0,24435208	0,15	0,9281
Sexo (S)	1	6,05630208	6,05630208	3,75	0,0608
G*S	3	0,35620625	0,11873542	0,07	0,9738
Adicional	1	4,17384375	4,17384375	2,63	0,1116
Erro	45				
CV (%) =	1,71				

Tabela 37A Análise de variância e coeficiente de variação para extrato etéreo do lombo de suínos em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	4,99936042	0,99987208	1,04	0,4097
Glicerina (G)	3	0,66857292	0,22285764	0,23	0,8736
			20,4232520		
Sexo (S)	1	20,42325208	8	21,25	0,0001
G*S	3	3,65042292	1,21680764	1,27	0,3011
Adicional	1	0,01001042	0,01001042	0,01	0,9231
Erro	45				
CV (%) =	41,55				

Tabela 38 A Análise de variância e coeficiente de variação para cinzas do lombo em terminação alimentados com níveis crescentes de glicerina bruta

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	P>F
Bloco	5	0,19814167	0,03962833	1,41	0,2450
Glicerina (G)	3	0,17657500	0,05885833	2,09	0,1188
Sexo (S)	1	0,00300833	0,00300833	0,11	0,7455
G*S	3	0,03360833	0,01120278	0,40	0,7549
Adicional	1	0,06868167	0,06868167	2,72	0,1063
Erro	45				
CV (%) =	14,36				