



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Avaliação de diferentes metodologias na determinação do valor
nutricional da glicerina e níveis de inclusão em dietas para suínos**

Rafaeli Gonçalves Leite

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.
Área de concentração: Zootecnia.

Sinop, Mato Grosso
Fevereiro de 2016

RAFAELI GONÇALVES LEITE

**Avaliação de diferentes metodologias na determinação do valor
nutricional da glicerina e níveis de inclusão em dietas para suínos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso,
Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.
Área de concentração: Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Corassa

**Sinop, Mato Grosso
Fevereiro de 2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

G635a Gonçalves Leite, Rafaeli.

Avaliação de diferentes metodologias na determinação do valor nutricional da glicerina e níveis em dietas para suínos / Rafaeli Gonçalves Leite. -- 2016

76 f. ; 30 cm.

Orientador: Anderson Corassa.

Co-orientador: Ana Paula Silva Ton.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2016.

Inclui bibliografia.

1. alimento alternativo. 2. coproduto do biodiesel. 3. desempenho. 4. digestibilidade. 5. glicerol. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Avaliação de diferentes metodologias na determinação do valor nutricional da glicerina obtida da soja e níveis de inclusão em dietas de suínos em terminação"

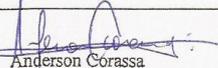
AUTOR : Mestranda RAFAELI GONÇALVES LEITE

Dissertação defendida e APROVADA em 05/02/2016.

Composição da Banca Examinadora:

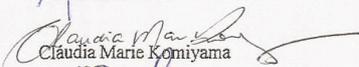
Presidente Banca / Orientador
Instituição : UFMT

Doutor(a)


Anderson Corassa

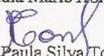
Examinador Interno
Instituição : UFMT

Doutor(a)


Cláudia Marie Komiyama

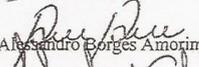
Examinador Interno
Instituição : UFMT

Doutor(a)


Ana Paula Silva Ton

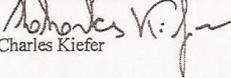
Examinador Externo
Instituição : UFMT

Doutor(a)


Alessandro Borges Amorim

Examinador Externo
Instituição : UFMS

Doutor(a)


Charles Kiefer

SINOP, 05/02/2016.

DEDICATÓRIA

À Deus e Nossa Senhora Aparecida por me proteger e iluminar o meu caminho...

Esse trabalho é dedicado às pessoas mais importantes da minha vida...

**À minha mãe Cristina, pelo exemplo de determinação e persistência com a qual
conduziu a sua vida...**

**Ao meu pai Osmar, por me passar carinho no olhar e me deixar de herança o amor pela
produção animal...**

**Ao meu irmão Ronaldo, por me mostrar que acreditar em um sonho é a melhor escolha
que pode ser feita na vida, pois os momentos difíceis serão compensados no futuro...**

**À minha irmã Rosana, pela paciência nesses dois anos de mestrado, além disso pelo
apoio familiar que me deu durante o mestrado, pelo exemplo de dedicação profissional e
por me mostrar a necessidade de entregar nosso destino a Deus e acreditar nessa
entrega...**

**Por fim aos meus cachorrinhos Juca e Monique pelo carinho que recebi, sem custo e sem
cobrança... Dedico.**

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos mais sinceros à Deus e Nossa Senhora Aparecida por iluminar meu caminho e à minha família pelo amor e exemplo de persistência;

À Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores que tive ao longo da vida, foram e são fonte de inspiração. Ao meu orientador Dr. Anderson Corassa pela orientação cedida e pela dedicação em me tornar melhor como profissional. Aos professores que de alguma maneira participaram da trajetória do mestrado, em especial a co-orientadora Dra. Ana Paula Silva Ton a quem além da co-orientação gostaria de agradecer por ensinamentos e dedicação cedidos fora dessa competência e ao co-orientador Dr. Douglas dos Santos Pina pela ajuda cedida na compreensão do trabalho. Aos membros da banca de defesa Cláudia Marie Komiyama, Charles Kiefer, Ana Paula Silva Ton e Alessandro Borges Amorim.

Aos colegas de pós-graduação e graduação que estiveram envolvidos na realização dos experimentos, pois sem eles não seria possível. Ao amigo Leandro Dominiciano pela ajuda na compreensão de alguns dados do trabalho. À amiga Taiara Rosa pela amizade verdadeira, pelo apoio e dedicação além da ajuda na dissertação.

À empresa Fiagril por disponibilizar a glicerina utilizada nos experimentos possibilitando que a caminhada científica continue. Ao senhor Nelson Roque Kappes por disponibilizar as instalações para a realização do experimento de desempenho. Ao frigorífico FrigoWeber por permitir a coleta de dados durante suas atividades.

EPÍGRAFE

“É impossível agradar a Deus sem a fé.

De fato, quem se aproxima de Deus

deve acreditar que ele existe

e que recompensa aqueles

que procuram”.

Hebreus, 11,6.

BIOGRAFIA

Rafaeli Gonçalves Leite, filha de Osmar Gonçalves Leite e Maria Cristina Tigre Leite, nascida em Tangará da Serra –MT em 06 de Junho de 1989.

Iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT) em Pontes e Lacerda – MT em 2007, finalizando em 2012.

Iniciou em 2014 o mestrado em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) na Universidade Federal do Mato Grosso, em Sinop-MT.

RESUMO

LEITE, Rafaeli Gonçalves. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Fevereiro de 2016, 76 f. Avaliação de diferentes metodologias na determinação do valor nutricional da glicerina e níveis de inclusão em dietas para suínos. Orientador Prof^o Dr. Anderson Corassa. Co-orientadores: Prof^o Dr. Douglas Santos Pina e Prof^a Dr^a Ana Paula Silva Ton.

Resumo: Buscando alternativas nutricionais para manter a viabilidade econômica e a qualidade nutricional de dietas para suínos, vários estudos consideram a utilização de coprodutos como a glicerina. Dessa forma, no capítulo 1 foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de conhecer as características nutricionais, metabolismo, possibilidades de inclusão da glicerina em dietas para suínos em terminação e seus efeitos sobre as características de carcaça e carne dos animais alimentados com esse ingrediente. No capítulo 2, foi realizado um experimento com objetivo de determinar a digestibilidade da glicerina oriunda do óleo de soja pela inclusão na mistura da ração e adição “on top” por meio dos métodos de coleta total e com uso de indicador para suínos. No capítulo 3 foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar o desempenho e características de carcaça e carne de suínos em terminação alimentados com inclusões de 0, 5, 10 e 15% de glicerina na dieta. A glicerina obtida do óleo de soja apresentou 3.443 e 3.411 Kcal/kg de energia digestível e 3.355 e 3.293 Kcal/kg de energia metabolizável determinados pelo método de coleta total e com uso de indicador, respectivamente e pode ser usada da maneira convencional e “on top”. A glicerina pode ser utilizada na dieta de suínos em terminação sem comprometer os resultados de desempenho desses animais até a inclusão de 15%. A maioria das características de carcaça e carne de suínos não foram alteradas quando os animais foram alimentados com dieta contendo até 15% de glicerina. O peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e valor de L* apresentam maiores valores quando os suínos são alimentados com 2,32; 2,43 e 2,61% de glicerina na dieta, respectivamente.

Palavras-chave: alimento alternativo, coproduto do biodiesel, desempenho, digestibilidade, glicerol.

ABSTRACT

LEITE, Rafaeli Gonçalves. Masters dissertation (Animal Science), Federal University of Mato Grosso, *Campus Sinop*, february 2016, 76 f,. Evaluation of diferente methodologies in determining the nutritional value of glycerin and inclusion levels in swine diets finishing. Advisers Prof^o Dr. Anderson Corassa. Co-advisers: Prof^o Dr. Douglas Santos Pina and Prof^a Dr^a Ana Paula Silva Ton.

Seeking nutritional alternatives to maintain economic viability and the nutritional quality of diets for pigs , several studies consider the use of co- products such as glycerine. Thus, in Chapter 1 , a review was carried out about getting glycerin , features and metabolism of glycerol , the possibilities and limitations of its use . In Chapter 2 , conducting an experiment was reported to determine the nutritional value of glycerin by using the total collection method of feces and urine , and the indicator method using chromium oxide , with treatments consisting of diet reference diet containing 10% glycerin and diet containing 10 % glycerin " on top" . In chapter 3 it was reported conducting an experiment on the performance of pigs in the finishing phase fed diets containing glycerin and influence of treatments on carcass traits and meat , the animals were fed diets with glycerin at levels of 0 , 5, 10 to 15%. The glycerin obtained from soy oil presented 3.443 and 3.411 Kcal/ kg of digestible energy and 3.355 and 3.293 Kcal/ kg metabolizable energy determined by total collection method and indicator respectively and can be used in the conventional manner and "on top" .Glycerin can be used in finishing swine diets without compromising performance results of these animals to the inclusion of 15 % . Most carcass characteristics and pork meat were not changed when the animals were fed a diet containing up to 15 % glycerin. Hot carcass weight , carcass yield and standard L* color present their higher values when pigs are fed 2.32 ; 2.43 and 2.61 % glycerin in the diet, respectively.

Key-words: alternative food, coproducts of biodiesel, digestibility, glycerol , performance.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	11
CAPÍTULO 1 – Glicerina na alimentação de suínos em terminação: revisão	13
1Introdução	15
2Processo de produção do Biodiesel	16
3Caracterização da Glicerina	19
4Absorção e Metabolismo do Glicerol	21
5Valor Nutricional da Glicerina	24
6Efeito da Glicerina no Desempenho de Suínos	25
7Efeito da Glicerina nas Características de Carcaça e de Carne Suína	27
8Limitações no Uso na Glicerina	29
9Considerações Finais	31
10Referências Bibliográficas	32
Capítulo 2 . Valor nutricional da glicerina para suínos com inclusão na mistura e “on top” ...	37
Introdução	39
Material e Métodos	40
Resultados e discussão	43
Conclusões	49
Agradecimentos	49
Referências Bibliográficas	50
Capítulo 3 – Desempenho e características de carcaça e carne de suínos alimentados com glicerina na fase de terminação	58
Introdução	60
Material e Métodos	61
Resultados e Discussão	64
Conclusões	67
Agradecimentos	67
Referências Bibliográficas	68
CONCLUSÕES FINAIS	74

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de produção e exportação da carne suína, sendo justificado pelos grandes avanços e investimentos estabelecidos para esse setor. Além disso, a grande escala de produção de insumos básicos e a grande área agrícola do país, tem possibilitam o aumento do rebanho suíno sem comprometer alguns componentes ambientais (ABIPECS, 2014). Isso abre espaço para a entrada de novos produtos e coprodutos que possam ser utilizados na alimentação de suínos, reduzindo assim, os custos de produção.

A produção de rações para suínos é bastante dependente do milho, já que esse grão corresponde por aproximadamente 70% da composição da dieta desses animais. O milho possui elevações e quedas quanto ao preço de comercialização por conta de oscilações referentes ao mercado nacional e internacional e ainda por fatores relacionados a sua produção, alterando então a relação oferta e procura desse ingrediente. Dessa forma, o preço do grão reflete diretamente nos custos de produção de rações para suínos. Sendo necessário o estudo de ingredientes alternativos que possam substituir parcial ou totalmente o milho para que seja possível amenizar o impacto da elevação do seu preço.

Em novembro de 2014 ocorreu um aumento na produção de combustíveis à base de produtos não fósseis, como é o caso do biodiesel produzidos à partir de grãos oleaginosos, resultando em maior produção de coprodutos como a glicerina. A Agência Nacional de Petróleo, relata que em 2005 a geração de glicerina foi de 69 m³, passando para 290.260 m³ em 2013, dando destaque à região centro-oeste do país (ANP, 2014).

Uma das maneiras de absorver o excedente de glicerina é a sua utilização para a alimentação animal, isso porque sua composição nutricional permite a substituição parcial do milho da dieta, devido ao seu alto valor energético que deve ser estudado quanto ao tipo de processamento utilizado, variando a composição em glicerol, ácidos graxos e impurezas.

Com o intuito de conhecer os efeitos da utilização da glicerina na dieta de suínos, Lammers et al (2008), realizaram estudos e concluíram que para suínos na fase de crescimento, pelo método do indicador encontrou-se 3.207 Kcal/kg como valor de energia metabolizável para glicerina bruta. Por sua vez, Rostagno et al. (2011), relataram que o valor de energia metabolizável aparente do milho para suínos de 3.340 Kcal/kg. Isso denota a similaridade energética entre os dois ingredientes e sugere o potencial de utilização desse ingrediente como fonte de energia para suínos.

Assim, entende-se a importância de avaliar metodologias na determinação do valor nutricional da glicerina obtida da soja, os níveis de inclusão em dietas de suínos em terminação e as influências desses níveis nas características de carcaça dos animais alimentados com o ingrediente.

CAPÍTULO 1 – GLICERINA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS: REVISÃO

Resumo: A produção brasileira de suínos tem se destacado mundialmente, sendo que atualmente o país tem ocupado o quarto lugar tanto em produção quanto em exportação de carne suína. Junto com essa importância, o governo brasileiro tornou obrigatório a adição de 7% de biodiesel no diesel fóssil, essa obrigatoriedade aumentou também o volume de glicerina que é um coproduto da produção de biodiesel por transesterificação que apresenta características nutricionais interessantes para a alimentação animal, inclusive para a alimentação de suínos. A glicerina, além de se apresentar como um ingrediente interessante na dieta, apresenta a possibilidade de diminuir o custo das dietas de suínos por ter valor de energia semelhante ao do milho. Para cada 90 m³ de biodiesel produzido pela reação de transesterificação de óleos vegetais são gerados 10 m³ de glicerina. O glicerol é um componente nutricional da gordura dietética (triglicerídeos). Sabe-se que o glicerol na dieta pode ser absorvido como constituinte de monoglicerídeos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos. No metabolismo de forma geral, o glicerol é uma molécula pequena que desempenha papel vital, sendo importante componente estrutural dos triglicerídeos e fosfolípidios. A variabilidade nos componentes da glicerina como teor de glicerol e de sódio são parâmetros que se não forem considerados podem limitar o uso da glicerina na alimentação animal. Os estudos do uso da glicerina na alimentação de suínos em terminação indicam que o ingrediente não compromete o desempenho dos animais e nem as características de carcaça e qualidade de carne, e em alguns estudos ainda apresentou melhoria na capacidade de retenção de água da carne.

Palavras-chave: alimento alternativo, coproduto do biodiesel, desempenho, glicerol, metabolismo.

CHAPTER 1 – GLYCERIN IN THE FEED PIGS: REVIEW

Abstract: Brazilian pig production has been highlighted worldwide and currently the country ranks fourth in production and export of pig meat. On the other hand, it became mandatory in the country the addition of 2% biodiesel in fossil diesel. This obligation has increased the volume of glycerin that is a biodiesel by-product by esterification, which presents interesting nutritional characteristics for animal feeding, including the feeding of pigs, besides being able to present itself as an interesting ingredient in the diet, meaning lessening of costs in diets for having energy value similar to corn. For each 90 m³ of biodiesel produced by esterification of vegetable oils, 10 m³ of glycerine is generated. Glycerol is a nutritional component of dietary fat (triglyceride). It is known that glycerol in the diet can be absorbed as monoglycerides after a partial hydrolysis of triglycerides. In general, glycerol is a small molecule which plays a vital role, being an important structural component of phospholipids and triglycerides. The variability in the components of glycerin as glycerol content and sodium are parameters that are not considered may limit the use of glycerin in animal feeding. Studies on the use of glycerin in the feeding of finishing pigs indicate that glycerin does not compromise the performance of the animals nor the carcass yield and meat quality, and in some studies also showed improved water retention capacity of the meat.

Keywords: alternative food, coproducts of biodiesel, glycerol, metabolism, performance.

1. Introdução

Estudos e investimentos na suinocultura posicionaram o Brasil em quarto lugar no *ranking* de produção e exportação mundial de carne suína. Alguns elementos como sanidade, nutrição, manejo na granja, produção integrada e, principalmente, aprimoramento gerencial dos produtores, contribuíram para aumentar a oferta interna e colocar o país em destaque no cenário mundial. Estima-se que a produção de carne suína atinja aumento médio anual de 2,84%, entre o período de 2008/2009 ao período de 2018/2019, e o seu consumo aumente 1,79%. Em relação as estimativas de exportações, a representatividade do mercado brasileiro de carne suína aumentará de 10,1%, em 2008, para 21% em 2018/2019 (MAPA, 2015).

A evolução da produção e a exportação da carne suína abre espaço no setor para ingredientes que possam substituir em algum nível, os principais ingredientes da dieta desses animais, uma vez que os custos com a alimentação chegam a 70% do custo total da atividade e a possibilidade de economia nesse setor apresenta grande impacto nos custos finais da produção.

Na tentativa de diminuir os custos com a dieta dos animais por meio de substituição dos alimentos principais, destaca-se a importância dos chamados coprodutos, que por sua vez possam apresentar características nutricionais interessantes para a espécie.

O aumento da produção de biodiesel no Brasil, por conta principalmente dos incentivos do governo, resultou em maior oferta dos coprodutos dessa produção. Isso é explicado pela criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) pelo Decreto da Lei de 23 de dezembro de 2003 e complementado pela Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, estabelecendo entre outros fatores que o uso de 2% de biodiesel ao diesel fóssil torna-se obrigatório, e autoriza o poder executivo a elevar esse nível até 5% (HOLANDA, 2005). Essa obrigatoriedade de inclusão do biodiesel no diesel fóssil passou a ser de 7% (PORTAL BRASIL, 2014).

Considerando que cada tonelada de biodiesel produzido resulta em aproximadamente 100kg de glicerina bruta (OLIVEIRA et al., 2013), e considerando ainda que a glicerina apresenta características nutricionais desejáveis para a alimentação animal como substituição parcial do milho, pode-se tornar uma alternativa viável a produção de suínos.

Estudos indicam que a glicerina possui elevado teor de energia, sendo de 3.207 Kcal (Lammer et al., 2008), se assemelhando ao do milho que apresenta aproximadamente 3.340 Kcal (ROSTAGNO et al., 2011). É considerada palatável para os suínos por ser um líquido de sabor adocicado, podendo ser utilizada pelos suínos como nutriente glicogênico ou lipogênico (JAGGER, 2008).

A utilização da glicerina como alimento para animais, incluindo os suínos, possibilita a destinação desse coproduto do biodiesel diminuindo o seu acúmulo no ambiente. Por isso, objetiva-se revisar as características nutricionais, metabolismo, possibilidade de utilização da glicerina em dietas para suínos em terminação e seus efeitos sobre as características de carcaça e carne dos animais alimentados com esse ingrediente.

2 Processo de produção do Biodiesel

Exposito (2003), define o biodiesel como um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto. Sua constituição é uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos de ácidos graxos, obtidos pela transesterificação de quaisquer triglicerídeos com álcool de cadeia curta como o metanol ou etanol. O tipo de óleo para produção do biodiesel pode ser de origens vegetais, gorduras animais e resíduos industriais e domésticos. Na área vegetal, as principais fontes de óleo são: soja, girassol, amendoim, colza, canola, palma, algodão e mamona.

O biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura. Além disso, por ser perfeitamente miscível e físico-quimicamente semelhante ao óleo diesel mineral, pode ser usado em motores do ciclo diesel sem a necessidade de significantes ou onerosas adaptações (APOLINÁRIO et al., 2012).

O principal método de produção do biodiesel é a transesterificação (Figura 1). Neste processo, um mol de triacilglicerol reage com três mols de álcool, usualmente o metanol ou o etanol, na presença de um catalisador, que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático. A reação é catalisada por um ácido ou uma base. Nessa reação, as moléculas de triacilgliceróis são separadas em ácidos graxos e glicerina, em seguida os ácidos graxos são reagrupados formando uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos (RAMOS et al., 2011).

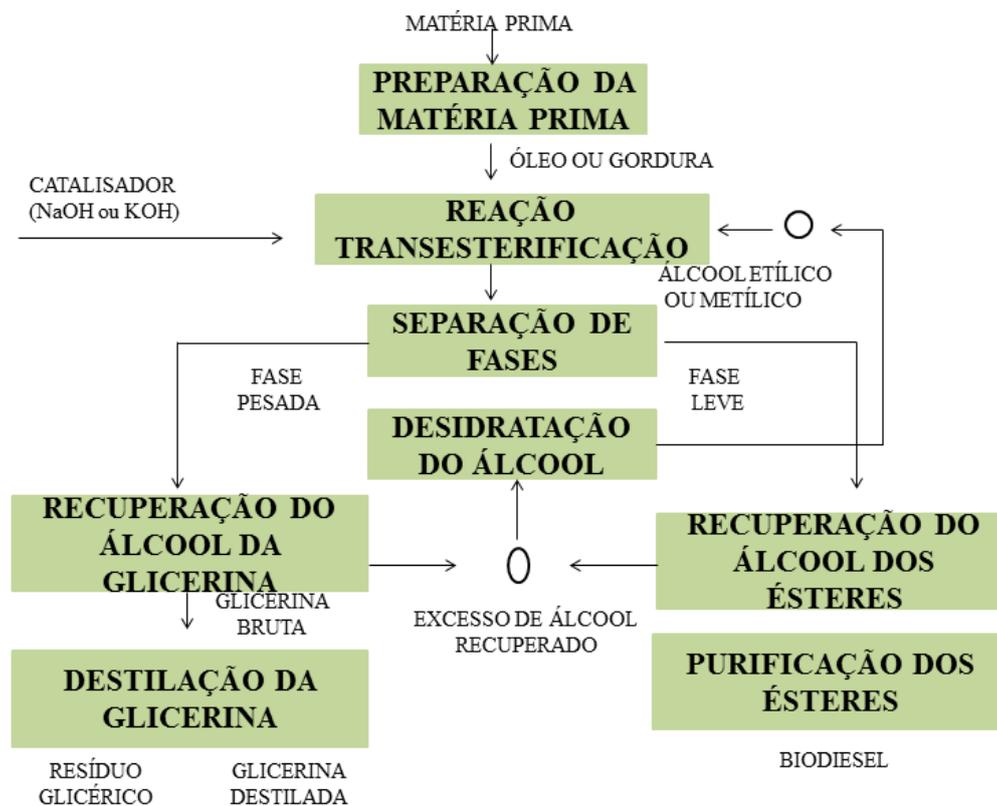


Figura 1. Processo de produção de biodiesel. Fonte: Adaptado de: Parente (2003)

Apolinário et al. (2012), ressaltam que desse processo resulta um óleo mais fino e menos viscoso, capaz de ser utilizado como combustível. O processo só ocorre na presença de um catalisador, que é normalmente usado para acelerar a reação, podendo ser básico, ácido ou enzimático. O catalisador mais usado tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado é o hidróxido de sódio. É importante destacar que as reações com catalisadores básicos são mais rápidas do que com catalisadores ácidos.

A transesterificação metílica de óleos vegetais em meio alcalino homogêneo é o processo mais comum de produção do biodiesel. Os alcóxidos metálicos são os catalisadores mais utilizados, sendo que estes podem ser adicionados diretamente ao meio de reação ou produzidos “in situ”, mediante a dissolução de hidróxido de sódio ou de potássio no álcool utilizado como agente de transesterificação. A adição direta de alcóxidos metálicos ao meio de reação é desejável, porque a reação dos íons hidróxido com o álcool gera alcóxido e água, e esta hidrolisa ésteres graxos, diminuindo assim o rendimento da alcoólise. Os íons alcóxidos, adicionados diretamente ao meio de reação levam a formação de um intermediário tetraédrico. Este intermediário elimina uma molécula de éster metílico e forma outro íon alcóxido que irá dar origem a um diacilglicerol. Com a repetição deste processo por mais dois ciclos tem-se a formação de mais duas moléculas de ésteres metílicos e uma molécula de glicerol (RAMOS et al., 2011).

Com o aumento da produção de biodiesel tem-se então aumento na produção de glicerina (para cada 90 m³ de biodiesel produzido pela reação de transesterificação de óleos vegetais são gerados 10 m³ de glicerina) que poderá ser adequadamente viabilizada se forem encontradas novas aplicações para o coproduto gerado, glicerol bruto ou glicerina (APOLINÁRIO et al., 2012).

O glicerol (Figura 2), na sua forma pura apresenta-se como um líquido viscoso, incolor, inodoro e higroscópico, com sabor doce, solúvel em água e álcool, insolúvel em éter e

em clorofórmio. Apresenta diferentes aplicações na indústria de cosméticos, farmacêutica, detergentes, na fabricação de resinas e aditivos e na indústria de alimentos. Apesar do glicerol apresentar estas aplicações na forma pura, poucos estudos estão sendo direcionados para a utilização de glicerol bruto na forma direta. Visto que na forma bruta, apresenta-se na forma de líquido viscoso pardo escuro, que contém quantidades variáveis de sabão, álcool (metanol ou etanol), monoacilglicerol, diacilglicerol, oligômeros de glicerol, polímeros e água (CÂMARA et al., 2006).

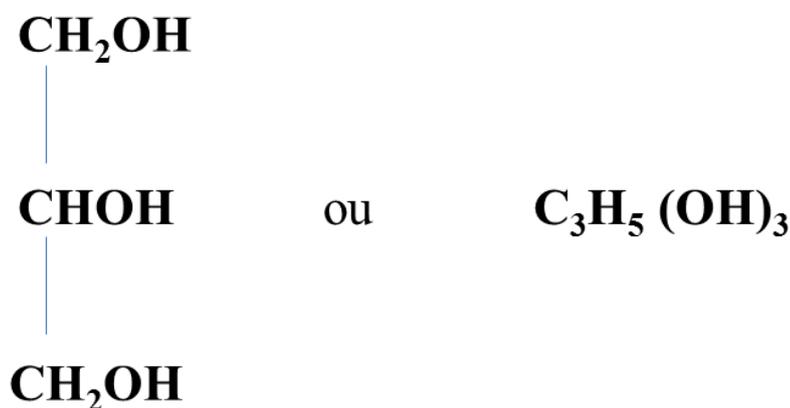


Figura 2. Molécula de glicerol. Fonte: Adaptado de: Câmara et al. (2006)

O glicerol raramente é encontrado em estado livre, sempre como um triglicerídeo, em combinação com ácidos graxos (KNOTHE et al., 2006), constituindo aproximadamente 10% destes materiais (CARDONA et al., 2010).

3 Caracterização da Glicerina

Glicerina e glicerol normalmente são entendidas como sinônimos, mas é importante lembrar que a glicerina é um produto constituído por algumas substâncias, dentre estas, o glicerol. A glicerina em estado puro é um líquido viscoso, inodoro e higroscópico, sendo que

o nome oficial é propano-1,2,3-triol. A molécula de glicerina (Figura 3) tem três grupos hidroxilas que são responsáveis por sua solubilidade em água. Ponto de fusão é de 17,8°C e evapora com decomposição à 290°C (RAMOS et al., 2011).

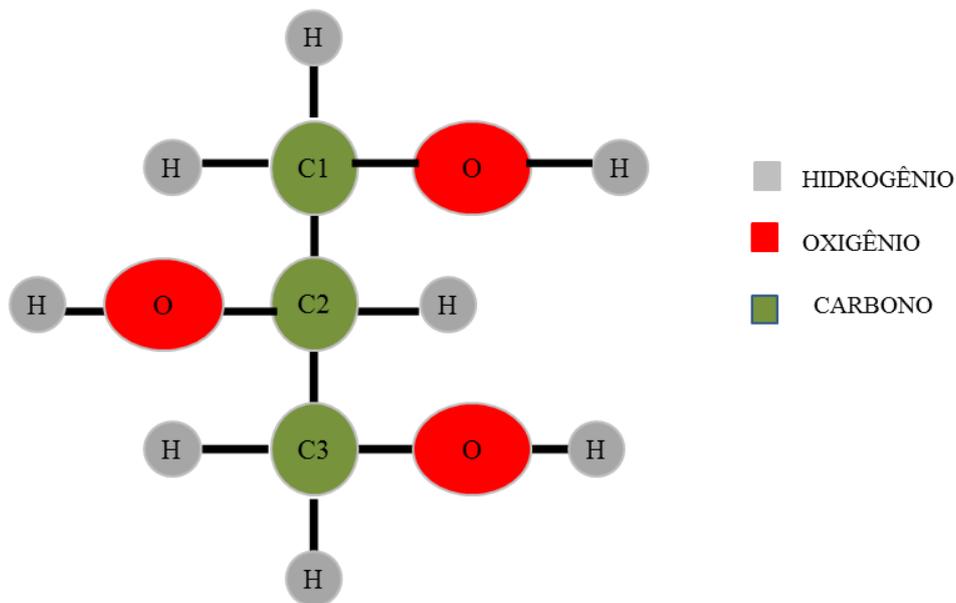


Figura 3. Representação da molécula de Glicerol. Fonte: Adaptado de: Arruda et al. (2007)

Após a reação de transesterificação, a massa final é constituída por duas fases, separadas por decantação ou centrifugação. A fase mais pesada é a glicerina bruta, com excessos de água e de impurezas presentes na matéria-prima. Segundo Arruda et al. (2007), a glicerina possui três graus de pureza devido às variações que ocorrem nos teores de resíduos de água, ácido graxo, metanol, fósforo, sódio e principalmente do glicerol, pelo qual ocorre sua classificação em baixa pureza com até 70% de glicerol, média pureza com 70 a 90% de glicerol e alta pureza com teores de glicerol acima de 90% (CARDONA et al., 2010).

Kerr et al. (2011), consideram que a composição química e o teor de glicerol contidos na glicerina dependem do tipo de matéria prima utilizada (óleo vegetal ou gordura animal) e da eficiência do processo de produção do biodiesel, sendo que quanto maior for o valor de

energia bruta juntamente com um menor teor de glicerol menos eficiente foi o processo de transformação, o qual gera como produto final a glicerina com maior teor de triglicerídeos intactos podendo interferir no valor de energia bruta.

Além de servir como fonte de energia, o glicerol também pode ter efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos ou nitrogênio. Pode inibir a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato carboxiquinase e glutamato desidrogenase e, por conseguinte, resultar em economia dos aminoácidos gliconeogênicos e assim favorecer a deposição de proteína corporal (CERRATE et al., 2006).

4 Absorção e Metabolismo do Glicerol

Dozier et al. (2008), esclarecem que o termo glicerina se refere ao produto gerado a partir dos biocombustíveis, considerando apenas como glicerol quando este é formado no metabolismo. O glicerol é um componente nutricional da gordura dietética (triglicerídeos). Sabe-se que o glicerol na dieta pode ser absorvido como constituinte de monoglicerídeos após uma hidrólise parcial dos triglicerídeos.

Os lipídeos dietéticos, como é o caso dos triglicerídeos, são digeridos e absorvidos basicamente no intestino delgado e podem seguir vários destinos metabólicos. Neste segmento do trato digestório, ocorre a emulsificação e hidrólise dos triglicerídeos, que formam micelas com ácidos e sais biliares e são absorvidas através do microvilos intestinal. Na mucosa intestinal, ocorre reesterificação dos ácidos graxos à molécula de glicerol, formando a partir daí, os quilomicrons, que são transportados na corrente sanguínea.

Nos suínos, a absorção se faz através dos vasos linfáticos, caindo no fígado onde ocorre o metabolismo maior dos lipídeos. O fígado distribui os lipídeos para as células gerais por oxidação, para a síntese de gorduras modificadas, envia os ácidos graxos para a formação de

lipídeos de reserva, como por exemplo a gordura subcutânea (toucinho) na espécie suína (BERTECHINI, 2006). 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 (LIN, 1977). O destino metabólico do glicerol irá depender do aporte energético do animal. O glicerol sofre ação da enzima glicerol-quinase e é convertido em glicerol 3-fosfato que poderá seguir duas rotas: com o animal em déficit de energia o glicerol 3-fosfato segue a rota da glicólise; com a o animal em excesso de energia será destinado a deposição ou excreção de gordura. A oxidação do glicerol produz 22 ATP para cada mol de glicerol (Figura 4).

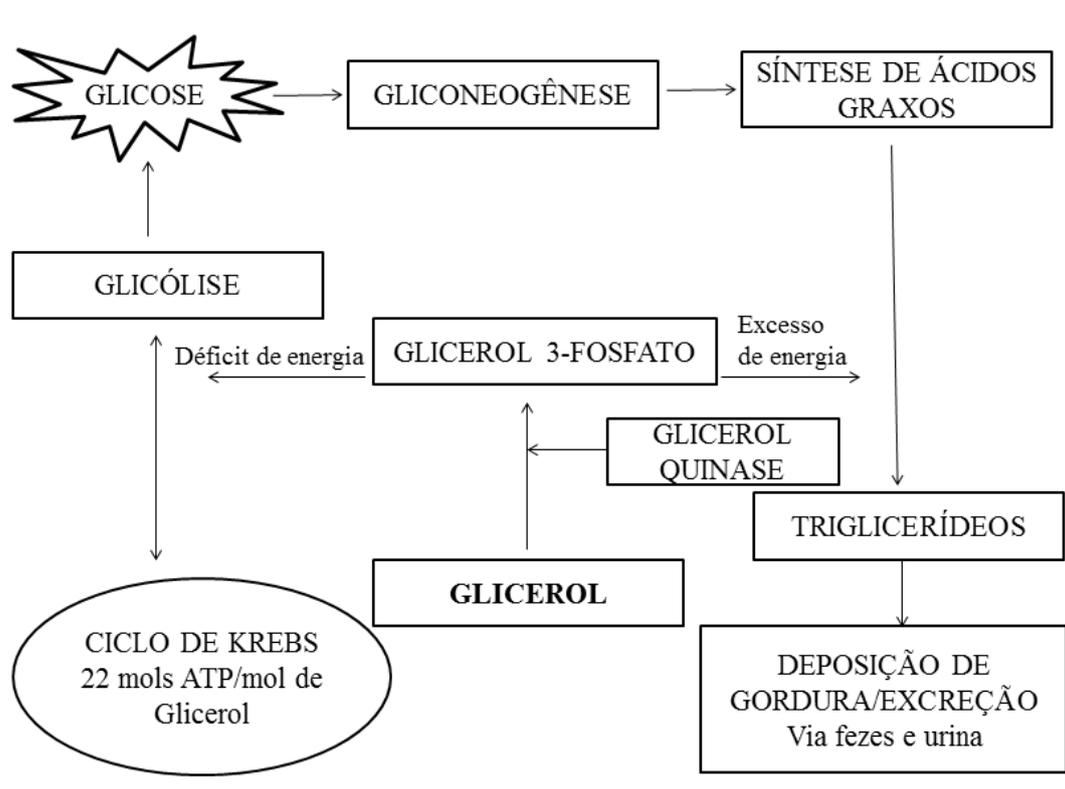


Figura 4. Metabolismo do Glicerol. Fonte: Adaptado de Best (2006)

Lin (1977), afirma que o fígado é responsável por aproximadamente 3/4 da capacidade total do corpo metabolizar o glicerol. Por sua vez os rins são os órgãos responsáveis 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. No entanto, o glicerol, em concentração sérica de 1 mm³, pode ser totalmente eliminado pelos rins. Nos suínos, a lipogênese ocorre praticamente no tecido adiposo. A presença de glicerolquinase no tecido adiposo dos suínos favorece a mudança rápida do perfil de ácidos graxos no triglicerídeo dos adipócitos, em função do tipo de gordura ingerida. Esta característica dos suínos permite que se modifique rapidamente a textura da gordura depositada através da manipulação da composição da dieta (BERTECHINI, 2006).

Algumas proteínas integrais de membrana (PIM) facilitam a circulação de água pelas membranas celulares formando um canal de água nas células intestinais, denominadas de aquaporinas (AQPs). Sabe-se que um grupo de AQPs específicas podem agir como canais também para os pequenos solutos neutros, normalmente glicerol e uréia, sendo estas denominadas de Aquagliceroporinas (KATO et al., 2005).

No metabolismo, de forma geral, o glicerol é uma molécula pequena que desempenha papel vital, sendo importante componente estrutural dos triglicerídeos e fosfolipídios. Além disso, é precursor do gliceraldeído-3-fosfato, um intermediário na lipogênese e na via gliconeogênica, e produz energia através das vias glicolítica e do ácido tricarbóxico (LIN, 1977; TAO et al., 1983). No metabolismo celular, o glicerol-3-fosfato (G3P) 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 lipídios glicerídeos.

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 e VANDER AR, 2007).

5 Valor Nutricional da Glicerina

Como diferentes matérias primas e diferentes processos podem ser utilizados na produção de biodiesel, podemos obter glicerina de diferentes composições e de diferentes graus de pureza (OLIVEIRA et al., 2013), algumas composições seguem expressas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das glicerinas utilizadas em experimentos

Glicerol (%)	Definição	AGTotais (%)	Na (%)	Metanol (%)	ED (Kcal/kg)	EM (Kcal/kg)	Referências
55,45	GBM	21,5	1,99	5,05	---	5.242	Carvalho et al. (2013)
55,95	GBV	23,3	1,62	10,96	---	5.247	Carvalho et al. (2013)
68,66	GSM	5,1	---	6,28	3.090	2.210	Gonçalves et al. (2014)
74,4	GB	---	2,8	---	---	---	Oliveira et al. (2013)
74,94	GSV	9	---	10,32	3.777	2.731	Gonçalves et al. (2014)
80,2	GSPN	---	3,52	0,01	3.298	2.531	Gallego et al. (2014)
83	GB	---	2,51	0,2	---	---	Melo et al. (2014)

GBV = glicerina bruta vegetal; GBM = glicerina bruta mista; GSPN = glicerina semipurificada neutralizada; GSV = glicerina semipurificada vegetal; GSM = glicerina semipurificada mista; GB = glicerina bruta; Na = Sódio; ED = energia digestível para suínos; EM = energia metabolizável para suínos

Kerr et al. (2009), ajustaram modelos de regressão para caracterizar a relação da composição da glicerina com o valor de energia bruta e metabolizável: $EB \text{ (Kcal/kg)} = -236 + (46,08 \times \% \text{ de glicerol}) + (61,78\% \times \% \text{ de metanol}) + (103,62 \times \% \text{ de ácidos graxos})$, ($R^2 = 0,99$, $P < 0,01$) e $EM \text{ Kcal/kg} = (37,09 \times \% \text{ de glicerol}) + (97,15\% \times \% \text{ ácidos graxos})$, ($R^2 = 0,41$; $P < 0,01$). Os resultados obtidos com a regressão foram similares aos valores reais, sugerindo que a estimativa da energia bruta e metabolizável da glicerina a partir de sua composição foi precisa.

Carvalho (2011), utilizou em seu trabalho duas glicerinas, a glicerina bruta vegetal obtida do óleo de soja (GBV) e a glicerina bruta mista oriunda de 80% de gordura animal + 20% de óleo de soja (GBM). Gallego et al. (2014) utilizaram glicerina semipurificada neutralizada em seu experimento. O processo de neutralização da glicerina é um tratamento prévio, onde todo o álcool utilizado na transesterificação, metanol ou etanol é retirado através de destilação da glicerina e a mesma, ainda, é submetida a um tratamento ácido para retirada dos sais de catalisador também oriundo da produção do biodiesel (MENDES e SERRA, 2012).

Gonçalves et al. (2014) utilizaram em seu experimento a glicerina semipurificada vegetal, sendo obtida de óleo de soja (GSV) e a glicerina semipurificada mista, obtida de gordura animal e óleo de soja (GSM). Melo (2012), utilizou a glicerina bruta obtida de óleo de soja e Oliveira et al. (2013) traz a média da composição de glicerina obtida de 16 usinas brasileiras.

6 Efeito da Glicerina no Desempenho de Suínos

Huepa et al. (2015), avaliaram glicerina na fase pré-inicial, sendo que a adição de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) promoveu melhora no ganho de peso e na conversão alimentar. Nesse caso, a dieta referência foi substituída pela GSPN em quatro níveis (3, 6, 9 e 12%) e quanto maior o nível avaliado melhor foi o resultado encontrado.

Aliando vários níveis de glicerina bruta na dieta de suínos em terminação, sendo esses níveis de 0, 4, 8, 12, e 16%, Hansen et al. (2009) observaram queda no consumo dos animais conforme foi aumentado o nível de glicerina nas primeiras semanas do fornecimento, mas quando analisado todo o período experimental, nenhum dos níveis avaliados apresentaram prejuízos ao desempenho dos animais. Concluindo então que a queda no consumo nos primeiros dias esteja relacionado com o período de adaptação dos animais ao novo ingrediente. Berenchtein et al. (2010), relataram que o nível de até 9% de glicerina purificada

na ração pode ser usado sem prejudicar desempenho de animais na terminação. Mendonza et al. (2010) concluíram que até 15% de glicerina na ração para suínos em terminação não apresenta efeito negativo no desempenho dos animais.

Gomide et al. (2012), avaliaram os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta na dieta de suínos em terminação nos níveis de 0; 4; 8; 12 e 16% de substituição e não observaram efeito no desempenho desses animais, concluindo que a glicerina pode ser usada na dieta de suínos em terminação até 16%. No experimento realizado por Hanczakowska et al. (2010), os resultados de desempenho relacionados com o uso de 10% de glicerina bruta apresentaram queda no ganho de peso dos animais, mas com a glicerina refinada não houve essa situação.

No experimento realizado por Gonçalves et al. (2014), foi avaliado o desempenho de suínos em terminação alimentados com dois tipos de glicerina semipurificadas, uma de óleo vegetal e uma mista (óleo de soja + gordura animal) em níveis de inclusão de: 4, 8, 12 e 16%, comparando com uma dieta sem inclusão de glicerina. Os resultados encontrados por esses autores sugerem que ambas as gliceras avaliadas podem ser incluídas em até 16% sem prejuízos ao desempenho dos animais.

Avaliando trabalhos que utilizaram glicerina e glicerol na dieta de suínos em crescimento e a influência no consumo de ração, ganho de peso diário e conversão alimentar, Drosghic et al. (2013), concluíram que o melhor nível de inclusão da glicerina bruta vegetal e glicerina bruta mista é de 12% nas fases de 15 a 30 kg, para glicerina semipurificada neutralizada para as categorias de 15 a 90 kg o melhor nível é de 14%, para a inclusão de glicerol nas categorias de 33 a 100 kg o melhor nível é de 9% e de glicerina para animais entre 67 e 107 kg o melhor nível de inclusão é de 16%.

7 Efeito da Glicerina nas Características de Carcaça e de Carne Suína

Mendoza et al. (2010), concluíram com o trabalho realizado que a inclusão em até 15% de glicerina purificada em dietas de suínos em terminação não proporcionaram efeitos prejudiciais sobre as características quantitativas e qualidade da carne. Resultados similares foram obtidos por Airhart et al. (2002), que também não verificaram efeito nas características quantitativas e qualidade da carne de suínos alimentados com dietas com glicerina purificada e suplementada com betaína. Pesquisa realizada por Della Casa et al. (2009), usando níveis de 0, 5, e 10% de glicerol na dieta de suínos em terminação indica que não houve influência nas características de carcaça desses animais.

Kijora e Kupsch (1996), em estudo semelhante, não verificaram efeito significativo nas características qualitativas de carne, como perdas por gotejamento e cocção quando a glicerina foi incluída em 10% na alimentação de suínos. De modo similar, Mourot (2009), indicou que a inclusão em até 5% da glicerina semipurificada, proveniente da gordura animal e óleo de colza, propicia melhorias nos parâmetros quantitativos e qualitativos da carcaça e carne, como redução na perda de água por gotejamento e cocção, aumento do teor de lipídios e melhoria na qualidade sensorial nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranoso*, além do aumento no rendimento no cozimento do presunto (CERNEAU et al., 1994).

Berenchtein et al. (2010), realizaram estudo utilizando glicerina semipurificada proveniente de sebo bovino e nos estudos de Della Casa et al. (2009) e Mendoza et al. (2010), utilizaram glicerina purificada, nesses casos citados não detectaram efeitos, nem de melhoria nem danos nas variáveis de força de cisalhamento, perda por cocção e características sensoriais com utilização de glicerina na alimentação de suínos em terminação.

Quanto à capacidade de retenção de água (CRA) na carne dos animais alimentados com glicerol na fase de terminação, Mourot et al. (1994), encontraram melhoria nessa

característica com o nível de 10% de glicerina, o mesmo resultado foi obtido por Doppenber e Van Der Aar (2007).

Do ponto de vista industrial, a CRA é importante devido às perdas de peso durante armazenamento e processamento, influenciando o rendimento, a cor em produtos de carne curados e a avaliação do consumidor (VAN OECKEL et al., 1999). Segundo MOURA (2000), um músculo com alta CRA é suculento e qualificado com alta pontuação organoléptica. Aquele com baixa CRA perde a maior parte de sua água durante o cozimento e parece estar seco ao ser consumido.

A capacidade de retenção de água é uma ótima característica para se estimar a suculência atribuída pelo consumidor à carne. É definida como a habilidade da carne em reter água durante a aplicação de alguma força externa (corte, aquecimento, moagem ou prensagem), podendo ser influenciada pelas condições iniciais da proteína, pelo pH do meio, pela força iônica e pela temperatura (JUDGE et al., 1989).

Gomide et al. (2012), avaliaram os efeitos da substituição do milho por glicerina bruta na dieta de suínos em terminação nos níveis de 0; 4; 8; 12 e 16% de substituição e observaram efeito linear crescente de tratamento sobre a espessura de toucinho e efeito linear decrescente na perda de líquido por descongelamento e na força de cisalhamento, concluindo então que até o nível máximo de substituição estudado, a glicerina promoveu melhorias nos parâmetros avaliados.

Melo (2012), em sua pesquisa, avaliou os níveis de inclusão de glicerina bruta de 5, 10, 15 e 20% de glicerina na dieta comparando com uma dieta sem inclusão de glicerina e analisou parâmetros de qualidade de carne: componentes físico-químicos e composição bromatológica dos cortes do lombo e do pernil e não observou nenhuma diferença significativa relacionada ao uso de glicerina e nem aos níveis estudados, indicando que a glicerina pode ser um ingrediente para a alimentação de suínos nos níveis avaliados.

8 Limitações no Uso na Glicerina

Em maio de 2010, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2010) autorizou o uso da glicerina bruta como insumo para alimentação animal e estabeleceu um padrão mínimo de qualidade, como: glicerol (mínimo de 800 g/kg), umidade (máximo 130 g/kg), metanol (máximo 159 mg/kg), sódio e matéria mineral sendo os valores garantidos pelo fabricante g/kg, podendo variar pelo processo produtivo.

De acordo com o Departamento de Fiscalização dos Insumos Pecuários do MAPA, existem algumas limitações para o uso da glicerina na ração de ordem tecnológica, zootécnica e econômica, pois para se tornar viável, o preço da glicerina precisa ser competitivo em relação ao preço do milho, seu principal concorrente.

A preocupação quanto a utilização da glicerina na alimentação animal está relacionada aos níveis residuais da produção do biodiesel afetando a composição da glicerina em sódio, potássio e metanol. Oliveira et al. (2013), avaliaram a composição da glicerina oriundas de 16 indústrias localizadas nas principais regiões produtoras do Brasil (Tabela 2) e relataram que apesar da variabilidade na produção, componentes como cádmio, cromo e chumbo não foram detectados nas amostras avaliadas.

Tabela 2. Valores médios e variações observadas no pH e principais componentes da glicerina produzida em 16 usinas de Biodiesel do Brasil

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo
Glicerol(%)	74,4	30,4	90,1
Umidade(%)	9,7	0,8	26,6
Lipídios Totais(%)	7,8	0	37,7
Cinzas(%)	5,3	2,3	12,1
Sódio(g kg ⁻¹)	20,8	6,1	28,2
Fósforo(mg kg ⁻¹)	541	17	2.111
Cálcio(mg kg ⁻¹)	36,2	0	153
pH	7,2	2,3	12,7

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2013)

Os eletrólitos da ração consumida pelos animais exercem influência no equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, afetam processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à sobrevivência ao estresse e aos parâmetros de desempenho (ARAÚJO et al., 2010). O excesso de sódio na dieta de suínos pode aumentar a osmolalidade da digesta, o fluxo de água da mucosa intestinal para o lúmen e aumentar a incidência de fezes pastosas ou líquidas. Dessa forma, níveis de sódio acima da exigência podem interferir negativamente no balanço intestinal da água e prejudicar o desempenho dos animais (PATIENCE e ZIJLSTRA, 2001).

No metabolismo do metanol são formados dióxido de carbono e água e os intermediários, o formaldeído e o formato. Os efeitos tóxicos decorrentes de envenenamento por metanol são, na verdade, pela formação, acúmulo e metabolismo lento de formato em algumas espécies (SKRZYDLEWSKA, 2003). Estudos de Lammers et al. (2008) não verificaram frequência de lesões histológicas no rim, fígado e olhos devido a toxicidade do metanol presente na glicerina.

Van Gerpen (2005), destaca que no processo de produção do biodiesel, a recuperação de metanol está relacionada à eficiência da planta da usina, porque o metanol recuperado é reutilizado em novo processo, diminuindo a incidência de resíduo desse na glicerina.

Outro problema destacado na literatura está na fluidez correta das rações nos alimentadores em dietas com até 10% de inclusão, promovendo inibição no consumo de ração, podendo resultar em um crescimento mais lento e baixa conversão alimentar (CARVALHO, 2011).

9 Considerações Finais

Com base nos estudos revisados, pode-se recomendar a utilização da glicerina na alimentação de suínos em terminação, em níveis de até 20% (conforme os trabalhos apresentados), sem prejudicar o desempenho e as características de carcaça e carne dos animais. Mas é importante ressaltar que a composição da glicerina pode influenciar os resultados, sendo necessário respeitar as concentrações máximas permitidas para os níveis de sódio e metanol.

10 Referências Bibliográficas

- ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Estatística de produção 2014**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial/producao-2.html>> Acesso em: 23/10/2015.
- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Boletins ANP 2014**. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=71976&m=glicerina&t1=&t2=glicerina&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1431680682744>> Acesso em: 04/11/2015.
- AIRHART, J. C.; BIDNER, T. D.; SOUTHERN, L. L. Effect of oral glycerol administration with and without dietary betaine on carcass composition and meat quality of late-finishing barrows. **Journal of Animal Science**.v. 80(Suppl. 2), n.71 (Abstr.), 2002.
- APOLINARIO, F.D.B.; PEREIRA, G.F.; FERREIRA, J.P. Biodiesel e alternativas para utilização da glicerina resultante do processo de produção de biodiesel. Bolsista de Valor: **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense** v. 2, n. 1, p. 141-146, 2012.
- ARAUJO, W.A.G; ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T; CARVALHO, T.A.; RIBEIRO NETO, A.C. Potássio na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 117 v. 7, nº 04 p.1280-1291, 2010.
- ARRUDA, P.V.; RODRIGUES, R.C.L.B.; FELIPE, M.G.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**, n.26, 2007.
- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Editora: UFLA, 2006, 300p.
- BEST, P. **Increased biofull production will grow supplies of by-products: Glycerine gives na energy option**. Feed Internacional, Los Gatos, v. 55, n.12, p. 20-21. Dec. 2006.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C.; FREITAS, U.M.; et al. **SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling**. Computers and Graphics, v.15, n.6, p. 13-22, 2006.
- CARDONA, C., POSADA, J., & QUINTERO, J. 2010. **Aprovechamiento de subproductos y residuos agroindustriales: glicerina y lignocelulosicos**. 2010. ISBN 978-95-44-7611-1.
- CARVALHO, P. L. O. **Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos**. 2011. 92 p. Tese de dissertação (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR – 2011.

- CARVALHO, P.L.O.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; PIANO, L.M.; GALLEGGO, A.G.; MORESCO, G. **Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1399-1410, 2013.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. Evaluation of glicerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *Inter. J. Poul. Sci.*, v.5, p.1001-1007, 2006.
- CERNEAU, P.; MOUROT, J.; PEYRONNET, C. Effet du glycerol alimentaire sur la qualite de la viande de porc et le rendement technologique du jambon cuit. **Journées Recherche Porcine em France**. V.26, p.193-198, 1994.
- DELLA CASA, G.; BOCHICCHIO, D.; FAETI, V. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, v.81, p.238-244, 2009.
- DOPPENBERG, J.;VAN DER AAR, P.J. Biofuels: Implications for the feed industry. **Wageningen Academic Publishers**, p. 73–88, 2007.
- DOZIER III, W.A.; KERR, B. J.; CORZO, A.; KIDD, M. T.; WEBER, T. E.; BREGENDAHL, K. Apparent Metabolizable Energy of Glycerin for Broiler Chickens. **Journal Poultry Science**, v.87, p.317–322, 2008.
- DROSGHIC, L. C. A., PEREIRA, T. L. e CORASSA, A. Inclusão de glicerol e glicerina em dietas para suínos determinados no Brasil: revisão. **Scientific Eletronic Archives**. Volume 2. p. 46-49. 2013.
- EXPEDITO, J. de S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Salvador: Rede Baiana de Biocombustíveis, 2003.
- GALLEGGO, A.G.; MOREIRA, I.; POZZA, P.C.; CARVALHO, P.L.O.; SIERRA, L.M.P.; COSTA FILHO, C.L. **Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2831-2842. 2014.
- GOMIDE, A. P. C., BRUSTOLINI, P. C., FERREIRA, A. S. et al. Substituição de Milho por Glicerina Bruta em Dietas para Suínos em Terminação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.5, p.1309-1316, 2012.
- GONÇALVES, L. M. P., MOREIRA, I., POZZA, P.C., et al. Semi purified glycerins in growing and finishing pigs feeding (30-90 kg). **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.15, n.1, p.221-226 jan./mar., 2014.
- HANCZAKOWSKA, E.; WĘGLARZY, K.; BEATA SZYMCZYK, B.; HANCZAKOWSKI, P. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. **Annals of Animal Science.**, Vol. 10, N. 1 p. 67–73. 2010.
- HANSEN, C. F.; HERNANDEZA, A.; MULLAN, B. P.; MOORES, K.; TREZONAMURRAYS, M.; KINGC, R.H.; PLUSKE, J.R. 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**, v.49, p.154–161, 2009.

- HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social. Brasília:** Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2005. p.13-60. (Série Cadernos de Altos Estudos; n.1).
- HUEPA, L.M.D., MOREIRA, I., POZZA, P. C., et al. Glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2839-2848, jul./ago. 2015.
- JAGGER, S. **Proceedings of the British Society of Animal Science.** In: The implications of biofuel production on intensive livestock production in the United States. Comerford, I p. 286-287, 2008.
- JUDGE, M. D. et al. Principles of meat science. 2. ed. Kendall: **Hunt Publishing Company**, 1989. 351 p.
- KATO, T.; HAYASHI, Y.; INOUE, K.; YUASA, H.; Glycerol Absorption by Na-Dependent Carrier-Mediated Transport in the Closed Loop of the Rat Small Intestine. **Biological & Pharmaceutical Bulletin.** v.28, n.3, p.553-555, 2005.
- KERR, B.J.; SHURSON, G.C.; JOHNSTON, L.J.; DOZIER, W.A. **Utilization of Crude Glycerin in Nonruminants.** Biodiesel- Quality, Emissions and By-Products, P. 365-380. 2011.
- KERR, B.J.; WEBER, T.E.; DOZIER, W.A.; KIDD, M.T. Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. **Journal of Animal Science.** v.87, p.4042-4049, 2009.
- KIJORA, C.; KUPSCH, S.-D. **Evaluation of technical glycerols from "biodiesel" production as a feed component in fattening of pigs.** Lipid-Fett, v.98,n.7,p.240-245, 1996.
- KNOTHE, G., GERPEN, J., KRAHL, J., RAMOS, L. **Manual do Biodiesel.** (E. Blucher, Ed.) São Paulo, 2006.
- LAMMERS, P.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; DOZIER, W. A.; KIDD, M. T.; BREGENDAHL, K; HONEYMAN, M. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science, Champaign**, v. 86, p. 602-608, 2008.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review Biochemistry**, v.46, p.765-795, 1977.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina 2010.** Disponível em: http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972 Itemid=1. Acesso em: 15/10/2015.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Uso de Subprodutos 2015.** Disponível em: http://www.sindiracoes.org.br/index.php?option=com_content&task=view&id=972 Itemid=1. Acesso em: 15/10/2015.

- MELO, D. S. **Viabilidade da Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos em Terminação**. 2012. 106 p. Tese de dissertação (Mestrado em Zootecnia – Nutrição de Monogástrico). Universidade Federal de Lavras. Lavras MG –2012.
- MELO, D. S. FARIA, P. B., CANTARELLI, V. S., et al. Qualidade de carne de suínos com o uso da glicerina na alimentação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 66, n. 2, p. 583-592, 2014.
- MENDES, D. B. e SERRA, J. C. V. Glicerina: Uma abordagem sobre a produção e o tratamento. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 13, n. 20, p. 01-XX, jul/dez. 2012.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. 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**, v.30, 2010.
- MOURA, O. M. **Efeito de métodos de insensibilização e sangria sobre características de qualidade da carne de rã-touro e perfil das indústrias de abate**. 2000. 208 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- MOUROT, J. **Utilisation du glycérol en alimentation porcine**. Inra Productions Animales, n.5, v.22, p.409-414, 2009.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. 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**, v.38, p.237–244, 1994.
- OLIVEIRA, J. S., ANTONIASSE, R., FREITAS, S. C., MULLER, M D. Composição Química da Glicerina Produzidas por Usinas de Biodiesel no Brasil e Potencial de Uso na Alimentação Animal. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.43, n.3, p.509-512, mar, 2013.
- PARENTE, E. J. S. **Biodiesel. Uma aventura tecnológica em um país engraçado**. Fortaleza. Unigráfica, 2003. 66 p.
- PATIENCE, J.F., ZIJLSTRA, R.T. **Sodium, potassium, chloride, magnesium, and sulfur in swine nutrition**. **Swine Nutrition**. 2.ed. Washington, 2001. p.213-227.
- PORTAL BRASIL, **Governo anuncia mudanças no setor de biodiesel**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/05/governo-anuncia-mudancas-para-o-setor-de-biodiesel>> Acesso em: 05/01/2016.
- RAMOS, L.P. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas a agro-industriais**. http://www.asfagro.org.br/trabalhos_tecnicos/biodiesel/combustivel.pdf > 2011. Acesso em: 21/08/2015.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

- SKRZYDLEWSKA, E. **Toxicological and metabolic consequences of metanol poisoning.** Toxicology Mechanisms Methods. v.13, p.277-293, 2003.
- TAO, R.C.; KELLEY, R.E.; YOSHIMURA N.N.; BENJAMIN, F. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. **Journal Parenteral Enteral Nutrition**, v.7, p.479-488, 1983.
- VAN GERPEN, J. **Biodiesel processing and production.** **Fuel Processing Technology**, v.86, p. 1097-1107, 2005.
- VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUÉ, C. V. Comparison of different methods for measuring water holding capacity and juiciness of pork versus on-line screening methods. **Meat Science**, Barking, v. 51, n. 4, p. 313-320, 1999.

Capítulo 2 . Valor nutricional da glicerina para suínos com inclusão na mistura e “on top”

Autores: Rafaeli Gonçalves Leite¹, Anderson Corassa², Ana Paula Silva Ton³, Claudia Marie Komiyama⁴, Alessandro Borges Amorim⁵, Charles Kiefer⁶.

Universidade Federal do Mato Grosso: Avenida Alexandre Ferronato, Nº 1.200, Setor Industrial, Sinop – MT:

⁽¹⁾rafaelizootecnia@hotmail.com, ⁽²⁾anderson_corassa@ufmt.br, ⁽³⁾anatonn4@hotmail.com, ⁽⁴⁾claudiamarie@ufmt.br.

Universidade Federal do Mato Grosso: Rua Ca-7 – Jardim Atlântico, Rondonópolis – MT: ⁽⁵⁾alessandrozoo@gmail.com.

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul: Cidade Universitária, s/n, Universitário, Campo Grande – MS:

⁽⁶⁾charles.kiefer@ufms.br.

O capítulo 2 foi escrito seguindo as normas da revista “Pesquisa Agropecuária Brasileira”.

Resumo – Objetivou-se determinar a digestibilidade da glicerina oriunda do óleo de soja pela inclusão na mistura da ração e adição “on top” através dos métodos de coleta total e de indicador. Foram utilizados 12 suínos, geneticamente homogêneos, com peso médio inicial de $42,63 \pm 4,23$ kg, constituído de três tratamentos e quatro repetições, sendo cada animal uma unidade experimental. O período experimental teve duração de oito dias, sendo três de adaptação, e cinco de coleta de fezes e urina. Os tratamentos foram compostos por dieta referência, dieta com 10% de glicerina e dieta com 10% de glicerina “on top”. Foram realizadas análises de MS, PB, EE, FB, FDN, MM e EB dos alimentos, fezes e urina, análises do teor de cromo nas rações, fezes e nitrogênio na urina. Os valores de energia digestível da glicerina obtidos foram 3.443Kcal/kg pelo método de coleta total e 3.411 pelo método do indicador e energia metabolizável de 3.355 no método de coleta total e 3.292,69 Kcal/kg no método de uso de indicador. Concluiu-se que a glicerina obtida do óleo de soja pode ser usada como ingrediente na dieta de suínos pois não prejudica o desempenho dos animais.

Termos para indexação: alimento alternativo, coproduto do biodiesel, digestibilidade, energia digestível, energia metabolizável..

Chapter 2: Nutritional value of glycerin for pigs included in the mix and “on top”

Abstract – Glycerin has potential for use in swine diets. Aimed to determine the digestibility of glycerin derived from soybean oil by inclusion in the feed mixture and added “on top” through the total collection methods and indicator. 12 pigs were used, genetically homogeneous, with average initial weight of 42.63 ± 4.23 kg, made up of three treatments and four replications, each animal being an experimental unit. The trial lasted eight days, three days of adaptation and five collection of feces and urine. The treatments consisted of reference diet, diet with 10% glycerin and 10% diet with glycerin “on top”. Analyses were carried out in DM, CP, EE, CF, NDF, MM, CE from food, feces and urine. The digestible energy values of glycerin obtained were 3.443 Kcal/kg by the total collection method and 3.411 by the indicator method and the metabolizable energy values were 3.355 total collection method and 3.292,69 Kcal/kg in indicator method. Glycerin obtained from soybean oil can be used as an ingredient in the diet of pigs it presents no damage to animal performance.

Index terms: digestibility, digestible energy, metabolizable energy.

Introdução

A glicerina apresenta valor energético semelhante ao do milho, podendo substituí-lo em determinadas proporções, porém apresenta variabilidade na composição em função do processo de produção, da matéria prima utilizada e do grau de pureza, sugerindo que suas composições e seus efeitos sobre a digestibilidade dos coprodutos devem ser conhecidos antes da utilização destes em dietas para suínos.

Os suínos possuem preferência pelo sabor adocicado (BERTECHINI, 2006) e a glicerina é um produto que possui esta característica. Logo, surge a hipótese que a mistura da glicerina na dieta no momento do fornecimento, conhecida como “on top”, pode ser mais atrativa para o consumo desses animais quando comparado com a glicerina adicionada na ração da maneira convencional, podendo apresentar influência no nível de seu aproveitamento pelos animais.

Para avaliar a digestibilidade dos alimentos, pode ser utilizado o método de coleta total de fezes e urina que se baseia no princípio de mensurar o total de alimento consumido e o total de excretas produzidas durante um certo período de tempo. A precisão dos resultados depende da quantificação total do consumo do alimento e do total de fezes e urina (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

A digestibilidade também pode ser determinada pelo método do indicador que consiste na utilização de substâncias indigestíveis na dieta para determinar um valor de indigestibilidade e assim estimar a quantidade de fezes que corresponde a uma unidade consumida, podendo assim, calcular a quantidade de nutrientes presentes na dieta que foi digerida e absorvida pelo animal (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Com base no exposto, objetivou-se determinar a digestibilidade da glicerina oriunda do óleo de soja pela inclusão na mistura da ração e adição “on top” através dos métodos de coleta total e de indicador para suínos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop - MT, no mês de abril de 2014, estando de acordo com os princípios éticos na experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMT sob N° 23108.700673/14-4.

Foram utilizados 12 suínos, machos castrados, geneticamente homogêneos, oriundos de cruzamentos industriais, com peso médio inicial de $42,63 \pm 4,23$ kg distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por PEKAS (1968). Foi utilizado um delineamento experimental em esquema fatorial 3x2 (3 dietas = DR, GLI e GLI ONTOP x 2 métodos = coleta total e indicador. O peso inicial dos animais foi utilizado como critério na formação dos blocos.

O período experimental teve duração de oito dias, sendo três dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina.

No período de adaptação, a ração foi fornecida à vontade, e as sobras contabilizadas para posterior cálculo de consumo baseado no peso metabólico ($PV^{0,75}$). Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram devidamente pesadas e umedecidas na proporção 1:1 e fornecidas duas vezes ao dia (7:00 e 17:00 horas).

À partir dos dados de consumo no período de adaptação e com base no peso metabólico ($PV^{0,75}$) foram calculadas as quantidades de ração fornecidas a cada animal no período de coleta, sendo que as sobras foram quantificadas para a mensuração do consumo de cada animal.

Os três tratamentos foram compostos por uma dieta referência (DR) à base de milho e farelo de soja; DR com substituição de 10% por glicerina (GLI); e DR com substituição de 10% por glicerina adicionada no momento do arrazoamento e denominada “on top” (GLI

ONTOP). A substituição da dieta referencia pelo alimento teste seguiu metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007). A DR foi formulada para atender às exigências da categoria animal (Tabela 1), conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011). A glicerina utilizada (Tabela 2) foi obtida à partir da produção de biodiesel, tendo óleo de soja como matéria prima. Para se obter a composição bromatológica das rações foram realizadas análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e energia bruta (EB), de acordo com Silva e Queiróz (2002) (Tabela 3), no Laboratório de Nutrição Animal da UFMT, Campus Universitário de Sinop.

Foram utilizados simultâneamente dois métodos de avaliação de digestibilidade dos nutrientes das dietas, sendo o método de coleta total de fezes e urina e o método de uso de indicador na determinação da digestibilidade.

No método do indicador utilizou-se o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador na determinação de digestibilidade, com inclusão de 0,5% da dieta.

As coletas de fezes e urina foram realizadas uma vez ao dia, pela manhã. As fezes foram coletadas, pesadas, homogeneizadas e em seguida retiradas amostras equivalentes a 20% do total, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em congelador (-10°C), até o final do período de coleta para análises posteriores. A urina foi filtrada à medida que foi sendo excretada, através de um tecido filtro acoplado no funil da caixa coletora de urina e então colhida em baldes plásticos que continham 10 ml de HCl 1:1 com o intuito de conservação. O volume total de urina de cada animal foi contabilizado através de uma proveta com graduação de 5 ml, do qual foram retiradas alíquotas de 20% para amostragem, que foram acondicionadas em embalagens plásticas com tampa, identificadas e armazenadas em congelador, para análises posteriores.

As análises químicas das amostras de fezes foram realizadas utilizando as mesmas técnicas empregada para as análises das rações, enquanto à partir das amostras de urina foram

analisados teores de nitrogênio e energia bruta. As análises do teor de cromo nas fezes foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica (WILLIANS et al., 1962). As amostras de urina foram descongeladas e homogeneizadas para determinação de nitrogênio total conforme descrito por Silva e Queiróz (2002). Os teores de energia bruta (EB) dos alimentos e fezes foram determinados através de análise calorimétrica pelo uso de bomba calorimétrica. A determinação destes teores foi utilizada para cálculo dos coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade da energia da glicerina, bem como, para cálculo dos valores de energia digestível e metabolizável do alimento teste.

Foram calculados os coeficientes de digestibilidade e teores digestíveis da MS, PB, EE, FB, FDN e MM, valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) e suas correções pelo teor de nitrogênio (EDn e EMn, respectivamente) de acordo com Sakomura e Rostagno (2007).

Os animais foram pesados no início e no final do período, e o consumo de ração foi registrado para cálculo do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

Os dados de digestibilidade foram submetidos a análise de variância utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + M_j + Br + T \times B_{ij} + e_{ijk} ;$$

Em que: Y_{ij} = variáveis observadas; μ = média geral; T = efeito dos tipo de inclusão de Glicerina i (1 e 2); B_j = efeito do bloco j (j = 1, 2, 3 e 4); E_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 1998). A comparação de médias, quando necessária, foi feita pelo teste de Tukey (5%).

Resultados e discussão

O desempenho dos animais durante o período do ensaio de digestibilidade apresentou alteração no peso final (PF), sendo que os animais alimentados com a dieta referência (DR) apresentaram PF maior ($P = 0,0002$) quando comparado com os animais que receberam as dietas com glicerina da maneira convencional (GLI) e com glicerina da maneira “on top” (GLI ON TOP) (Tabela 4).

Animais alimentados com a DR apresentaram maior consumo de ração (CRD) ($P = 0,0231$) e maior consumo de nitrogênio (Ncon) ($P = 0,0005$) quando comparados aos alimentados com os tratamentos com glicerina. Os animais alimentados com GLI apresentaram menor porcentagem de nitrogênio retido (Nretido) ($P = 0,0171$) quando comparado aos animais alimentados com DR e GLI ON TOP.

Os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) nos resultados de ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), nitrogênio presente nas fezes (Nfezes) e nitrogênio presente na urina (Nurina).

De acordo com os resultados encontrados a adição de 10% de glicerina, tanto com a mistura convencional (GLI) quanto a adição “on top” (GLI ON TOP) influenciaram no consumo de ração e por consequência disso, no consumo de nitrogênio. Além disso, a DR apresentou em sua composição 20,97% de proteína bruta, enquanto as dietas com 10% de glicerina apresentaram 19,18% de proteína bruta. Embora ambos valores sejam superiores a exigência de 16,82% de proteína bruta para esta categoria (ROSTAGNO et al., 2011). Os animais não apresentaram diferença nos valores de Nfezes e Nurina, sugerindo que o teor de proteína presente na dieta tenha sido utilizado pelos animais em ambos os tratamentos. Provavelmente a diferença no nível proteico das dietas resultou em menor peso final dos animais alimentados com 10% de glicerina quando comparados aos animais alimentados com a dieta sem inclusão de glicerina.

Esses resultados sugerem maior atenção quanto ao uso de glicerina na dieta dos animais na categoria de peso estudada. Apesar da glicerina apresentar sabor adocicado que pode aumentar o consumo (JAGGER 2008), também pode conter valor elevado de sódio que pode prejudicar o consumo, uma vez que os suínos apresentam tendência de regular o consumo de alimento com base nas suas exigências em sódio (BERTECHINI, 2006). Todavia, não é possível confirmar essa hipótese já que a empresa não informou o valor de sódio da glicerina, portanto fica subjetivo que esse possa ter sido o motivo no menor consumo.

Resultados diferentes foram encontrados através da realização de estudos que avaliaram a influência do uso da glicerina na produção de suínos e concluíram que no nível de inclusão de até 10% não prejudicou o desempenho dos animais (GOMIDE et al., 2012; CARVALHO et al., 2013; GONÇALVES et al., 2014;). Gallego et al. (2014), indicaram o uso da glicerina, pois em seu experimento não encontraram diferença no desempenho de leitões alimentados com glicerina em níveis de até 14%. Groesbeck et al. (2008), avaliando efeitos de inclusão de 3 e 6% de glicerina e 6 e 12% de glicerina associada ao óleo de soja sobre o desempenho de leitões na fase de creche, observaram efeito linear crescente no ganho diário de peso dos leitões que receberam glicerina na dieta sem afetar o consumo diário de ração e a conversão alimentar. Berenchtein et al. (2010) e Mendonza et al. (2010), concluíram que a glicerina semi-purificada pode ser usada nas dietas de suínos em crescimento e terminação até o nível de 9% sem afetar o desempenho, as características de carcaça e de carne dos animais.

As diferenças nos resultados encontrados no presente trabalho comparando com os citados anteriormente, podem ser explicadas pela composição da glicerina utilizada em cada estudo e ainda ao desequilíbrio nas composições das dietas que possa ter ocorrido com a substituição da dieta referência pelo alimento teste. É importante lembrar que apesar dos

parâmetros de PF, CRD e Ncon terem sido influenciados pela adição de glicerina, outros parâmetros como GP, GPD, CA, Nfezes e Nurina não foram influenciados pela adição de glicerina, de modo similar aos trabalhos referenciados.

Os valores de coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, PB, MM, MO, FDN nas dietas, não foram influenciados pela inclusão da glicerina (Tabela 5). O CDEE se mostrou superior ($P = 0,0007$) quando adicionado glicerina, tanto da maneira convencional quanto “on top”.

O CDMM apresentou menor valor ($P < 0,001$) no método do indicador (Tabela 5). Os valores de CDMS, CDPB, CDMO, CDFDN e CDEE não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos métodos de avaliação de digestibilidade.

Valores de CDMS, CDPB, CDMM, CDMO, CDFDN das dietas não sofreram influência do tratamento ($P > 0,05$), indicando que o uso de glicerina no nível de 10% não altera a digestibilidade desses nutrientes. Observou-se maiores valores de CDEE quando utilizado glicerina na dieta no nível de 10%, tanto da maneira convencional quanto da maneira “on top”. Uma vantagem da adição “on top” da glicerina na dieta é a eliminação do processo de mistura desse ingrediente durante a fabricação da ração.

Verussa (2015), observou em seu trabalho que os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e EE aumentaram de acordo com a adição de glicerina na dieta, nos níveis de 0, 5, 10 e 15%, o que pode ser explicado pelo fato de que a adição de glicerina nas rações representa também uma adição indireta de matéria orgânica, a qual se inclui o EE, o que pode ter proporcionado o melhor aproveitamento dessas frações. Outro fato que pode explicar o aumento do CDEE das dietas com glicerina é o valor de ED da glicerina (87%) para suínos, citado por Rostagno et al. (2011) de 3.652 Kcal/kg, enquanto a ED do milho para suínos é de 3.460 Kcal/kg. Embora os resultados obtidos sejam diferentes nos dois trabalhos, o fato da adição de glicerina não ter influenciado no CD dos nutrientes no nível de 10%, indicando que

esse nível pode ser elevado em um novo ensaio para que se encontre o nível de utilização máximo sem que influencie na digestibilidade dos nutrientes.

Suínos alimentados com a DR expressaram maiores valores ($P < 0,001$) para proteína bruta digestível (PBDG) e matéria mineral digestível (MMDG) e menores ($P < 0,001$) para FDN digestível (FDNDG) e extrato etéreo digestível (EEDG) comparados aos tratamentos com glicerina (GLI e GLI ONTOP) que não diferiram entre si, o que indica que a presença de glicerina apresenta influência nessas frações. Os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) nas variáveis de matéria seca digestível (MSDG) e matéria orgânica digestível (MODG) (Tabela 6).

O método do indicador apresentou menor ($P < 0,001$) valor para a matéria mineral digestível (MMDG) comparados com o método de coleta total que é usado como referência. Ambos métodos de avaliação de digestibilidade avaliados podem ser utilizados para as variáveis de MSDG, PBDG, MODG, FDNDG e EEDG, pois os resultados encontrados não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças entre si (Tabela 6).

Os animais alimentados com DR, GLI e GLI ON TOP não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) para o coeficiente de digestibilidade da energia da dieta (CDenergia), energia digestível da dieta (ED), energia digestível corrigida para nitrogênio da dieta (EDn), coeficientes metabolizáveis da energia (CMenergia) das dietas, energia metabolizável das dietas (EM), energia metabolizável corrigida para nitrogênio da ração (EMn), relação entre energia metabolizável e energia digestível da dieta (EM ED) e relação entre energia metabolizável e energia digestível corrigidas para nitrogênio da dieta, indicando que a glicerina pode ser utilizada no nível de 10% nas dietas de suínos sem comprometer a digestibilidade e metabolizabilidade da energia (Tabela 7).

Apenas o valor de CDEE da glicerina foi maior no tratamento GLI ON TOP, os demais valores de CD da glicerina não expressaram diferenças significativas entre os

tratamentos GLI e GLI ON TOP (Tabela 8). A ausência de diferença significativa nos valores de ED_{GLI}, ED_n, EM_{GLI}, EM_{nGLI}, EMED_{GLI} e EMED_{nGLI} referentes aos tratamentos GLI e GLI ON TOP junto com o que foi exposto, indica que a glicerina pode ser utilizado como ingrediente na dieta de suínos na proporção de 10% e que a mistura pode ser realizada da maneira que mais adequar às possibilidades existentes.

Foram encontrados valores de ED de 3.426 Kcal/kg e 3.428 Kcal/kg, e valores de EM de 3.322 Kcal/kg e 3.326 Kcal/kg de glicerina nos tratamentos GLI e GLI ON TOP, respectivamente, sendo importante lembrar que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 9). Esses resultados são semelhantes aos citados por Rostagno et al. (2011) que relatam valores de 3.652 Kcal/kg de ED e 3.579 Kcal/kg de EM de glicerina 87%. Gonçalves et al. (2014) estudando a inclusão de glicerina semipurificada na alimentação de suínos, encontraram valores de EM de 3.638 Kcal/kg. Por outro lado, Zijlstra et al. (2009), trabalhando com diferentes níveis de 5, 10 e 15% de inclusão de glicerina purificada obtiveram valores de EM de 4.177, 3.436 e 2.524 Kcal/kg, respectivamente.

Os valores encontrados para EM da glicerina, no presente estudo, se assemelham ao valor de EM do milho que é de 3.340 Kcal/kg o que ressalta ainda mais a possibilidade de uso da glicerina na dieta de suínos (Rostagno et al., 2011).

Hanczakowska et al. (2010), encontraram valor de 3.279 Kcal/kg de EM para glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) pelo método de coleta total. Os autores relatam que a medida que aumentaram os níveis de inclusão da GSPN, o consumo também aumentou. Do mesmo modo, a relação EM:ED para a GSPN foi maior (93%) à relação obtida por Gallego et al. (2014), que estudaram a inclusão de GSPN na alimentação de suínos em crescimento.

O método de coleta total apresentou valores maiores para as variáveis CM_{energia} (P = 0,0466), EM (P = 0,0467) e EM_n (P = 0,0427) das rações em comparação ao método de

indicador. Para as variáveis referentes as rações, o CDenergia, ED, EDn, EMED e EMEDn não foram influenciadas ($P > 0,05$) método de avaliação (Tabela 7).

O método de coleta total é o método tradicional de avaliação de digestibilidade, sendo então os valores encontrados nesse método os que servem como referência. Foram encontrados pelo método Cr alguns valores divergentes dos encontrados pelo CT, segundo Sibbald (1987), um dos motivos para valores divergentes nesse método que pode ser explicado por ineficiência de mistura do indicador nas dietas. Para que se obtenha resultados confiáveis no método do uso de indicador, é necessário que estes estejam uniformemente misturados à ração e sejam padronizadas as análises químicas para determinar a sua concentração nas rações e fezes.

Existem estudo em que o método do indicador foi bem sucedido como no experimento de Lôbo et al. (2001) que compararam os métodos de indicador e de coleta total de fezes em cães e concluíram que ambos podem ser utilizados sem prejuízos quanto a eficiência dos resultados.

O coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo da glicerina (CDEEGli) foi maior no tratamento GLI ON TOP quando comparado ao GLI ($P = 0,0441$). O coeficiente de digestibilidade dos outros nutrientes (CDMSGli, CDPBGli, CDMMGli, CDMOgli, CDFDNgli) não apresentaram ($P > 0,05$) diferenças comparando os tratamentos GLI e GLI ON TOP, como apenas o CDEEGli apresentou diferença entre os tratamentos, ambas maneiras de fornecimento da glicerina podem ser empregadas, deixando a escolha para a disponibilidade da estrutura (Tabela 8).

O valor apresentado para CDMSGli foi menor ($P < 0,0001$) no método de coleta total quando comparado ao método do indicador. Os valores de CDPBGli, CDMMGli, CDMOgli, CDFDNgli foram maiores no método de coleta total quando comparado ao método do indicador (Tabela 8), lembrando que o método de coleta total é utilizado como referência.

Os parâmetros (EDGLI), (EDnGli), (EMGli), (EMnGli), (EMEDGli) e (EMEDnGli) não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) entre GLI e GLI ON TOP (Tabela 9), indicando que ambas maneiras de fornecimento podem ser utilizadas sem que haja diferenças na digestibilidade e metabolizabilidade da fração de energia da glicerina. Os valores de EDGLi, EDnGli, EMGLi, EMnGli, EMEDGLi e EMEDnGli foram maiores no método de coleta total quando comparado ao método do indicador (Tabela 9).

Conclusões

1. A glicerina obtida do óleo de soja apresenta 3.443 Kcal/kg e 3.411 Kcal/kg de energia digestível e 3.356 Kcal/kg e 3.293 Kcal/kg de energia metabolizável determinados pelo método de coleta total e indicador, respectivamente
2. A glicerina pode ser incluída na dieta de suínos tanto da maneira convencional quanto “on top”, sendo a escolha dependente da estrutura na confecção das dietas
3. A maioria dos coeficientes de digestibilidade e dos valores de energia digestível e metabolizável da glicerina para suínos determinados pelo método de indicador apresentaram valores inferiores àqueles determinados pelo método de coleta total, sendo nesse caso indicado o uso do método de coleta total para tal avaliação.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento da pesquisa;

À empresa Bunge por disponibilizar a glicerina utilizada.

Referências Bibliográficas

- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Editora: UFLA, 2006, 300p.
- CARVALHO, P.L.O.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C.; PIANO, L.M.; GALLEGO, A.G.; MORESCO, G. **Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1399-1410, 2013.
- GALLEGO, A.G.; MOREIRA, I.; POZZA, P.C.; CARVALHO, P.L.O.; SIERRA, L.M.P.; COSTA FILHO, C.L. **Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2831-2842. 2014.
- GOMIDE, A. P. C., BRUSTOLINI, P. C., FERREIRA, A. S. et al. Substituição de Milho por Glicerina Bruta em Dietas para Suínos em Terminação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.5, p.1309-1316, 2012.
- GONÇALVES, L. M. P., MOREIRA, I., POZZA, P.C., et al. Semi purified glycerins in growing and finishing pigs feeding (30-90 kg). **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.15, n.1, p.221-226 jan./mar., 2014.
- GROESBECK, C. N.; MCKINNEY, L. J.; DEROUCHÉY, J. M.; et al., Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**. v.86, p.2228-2236, 2008.
- HANCZAKOWSKA, E.; WĘGLARZY, K.; BEATA SZYMCZYK, B.; HANCZAKOWSKI, P. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. **Annals of Animal Science.**, Vol. 10, N. 1 p. 67–73. 2010.
- JAGGER, S. Proceedings of the British Society of Animal Science. In: **The implications of biofuel production on intensive livestock production in the United States**. Comerford,1 p. 286-287, 2008.
- LÔBO JR, M.F.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S.; SAMPAIO, I.B.M. Coeficientes de digestibilidade aparente pelos métodos de indicadores e coleta total de fezes em cães. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.**, v.53, n.6, p.691-694, 2001.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. 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**, v.30, 2010.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5, p.1303-1309, 1968.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas**

- brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.**
2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K. e ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.
- SIBBALD, I. R. Measurement of bioavailable energy poltry feeding stuffs: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 62, p. 983-1048, 1987.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).**
3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- STATISTICAL ANALYSiS SYSTEM - SAS. **SAS Language Reference.** Version 6. Cary, NC: SAS Institute, 1998. 1042p.
- VERUSSA, G. H. **Valor Nutricional da Glicerina Determinado com Diferentes Metodologias sobre o Desempenho e Parâmetros Séricos em Suínos.** 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop.
- WILLIANS, C.H.; DAVID, D.J.; ILSMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal Agriculture Science**, v.59, n.1, p.381-385, 1962.
- ZIJLSTRA, R. T.; MENJIVAR, K.; LAWRENCE, E.; BELTRANENA, E. The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. **Journal of Animal Science.**v.89, n.1,p.85-89, 2009.

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional calculada da dieta referência

Composição centesimal	Dieta referência
Milho	60,48
Soja Farelo	30,26
Farelo de arroz	3,00
Óleo de Soja	1,89
Calcário Calcítico	0,52
Fosfato Bicálcico	1,75
Suplemento Mineral*	0,50
Suplemento Vitamínico*	0,50
Sal Comum	0,46
L-lisina	0,15
Óxido crômico	0,50
Total(%)	100
Composição nutricional	
Energia Met. Suínos(Kcal/kg)	3230
Proteína Bruta(%)	18,99
Cálcio(%)	0,72
Fósforo disponível(%)	0,36
Potássio(%)	0,77
Sódio(%)	0,20
Lisina Digestível(%)	1,01
Metionina Digestível(%)	0,26
Met + Cis Digestível(%)	0,54
Treonina Digestível(%)	0,64
Triptofano Digestível(%)	0,21
Gordura(%)	5,04

*Composição do suplemento por kg do produto: Vitamina A(2750000 UI), vitamina B1(400 mg), vitamina B2(250 mg), vitamina B6 (800 mg), vitamina B12 (900 mcg), vitamina D3 (600000 UI), vitamina E (15000 mg), vitamina K3 (1250 mg), ácido Nicotínico (10000 mg), ácido Pantotênico (6000 mg), ácido Fólico (125 mg), Cobalto (250 mg), Cobre (5000 mg), Ferro (30000 mg), Zinco (40000 mg), Manganês (15000 mg), Selênio (140 mg), Iodo (400 mg), Colina (50000 mg), Biotina (5000 mcg), E-toxiquim (5000 mg), BHT (10000 mg), Bacitracina de Zinco (15000 mg).

Tabela 2: Composição química da glicerina de origem vegetal

Análise	Resultado
Umidade(%)	0,49
Glicerol(%)	86,5
Teor de metanol(%)	0,05
Ácido graxo total(%)	0,30
Energia bruta(Kcal/kg)	5397

Fonte: Laudo técnico fornecido pela empresa Bunge Alimentos

Tabela 3. Composição bromatológica das rações.

Análise	DR	GLI	GLI ONTOP
Matéria Seca(%)	89,99	88,0	88,0
Matéria Orgânica(%)	89,76	91,07	91,07
Proteína Bruta(%)	20,97	19,18	19,18
Extrato Etéreo(%)	4,09	6,72	6,72
Matéria Mineral(%)	10,24	9,69	9,69
Fibra em Detergente Neutro(%)	14,74	17,79	17,79
Energia Bruta(Kcal/kg)	3943	3980	3980

DR= dieta referência; GLI = dieta com 10% de glicerina misturada na ração da maneira convencional; GLI ONTOP = dieta com 10% de glicerina misturada na ração da maneira “on top”.

Tabela 4. Peso final (PF), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), consumo de ração diário (CRD), nitrogênio consumido (Ncon), nitrogênio nas fezes (Nfezes), nitrogênio na urina (Nurina) e nitrogênio retido (Nretido) de suínos alimentados com dieta referência (DR), com glicerina (GLI) e com glicerina adicionada “on top” (GLI ONTOP).

Item	Tratamento (T)			P - valor	CV(%)
	DR	GLI	GLI ON TOP		
PF (kg)	46,04 ^a	45,47 ^b	45,76 ^b	0,0002	1,46
GP(kg)	3,40	2,84	3,13	0,3139	21,37
GPD(g/dia)	621	517	596	0,3706	16,95
CA(g/g)	3,15	3,65	3,03	0,4487	15,78
CRD(g/dia)	1886 ^a	1764 ^b	1800 ^b	0,0231	4,05
Ncon(g)	51,18 ^a	42,01 ^b	42,63 ^b	0,0005	4,49
Nfezes(%)	7,32	6,92	5,90	0,6182	17,60
Nurina(%)	6,25	7,68	2,23	0,1230	63,16
Nretido(%)	37,59 ^a	27,38 ^b	34,56 ^a	0,0171	13,42

Nível de significância = 5%; CV = coeficiente de variação.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), matéria mineral (CDMM), matéria orgânica (CDMO), fibra em detergente neutro (CDFDN), extrato etéreo (CDEE), de dietas para suínos alimentados com dieta referência (DR), com glicerina (GLI) e com glicerina adicionada “on top” (GLI ONTOP) determinados com as metodologias de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).

CD(%)	Tratamentos (T)			P - valor	Métodos (M)		P- valor	T x M	CV(%)
	DR	GLI	GLI ONTOP		CT	Cr			
MS	91,55	91,74	91,95	0,861	87,39	86,17	0,1073	0,8883	1,63
PB	86,34	84,35	86,85	0,124	86,47	85,22	0,1326	0,8895	2,16
MM	84,87	82,78	83,58	0,272	93,83 ^a	73,65 ^b	<0,001	0,5191	1,99
MO	87,97	87,97	88,24	0,941	88,61	87,51	0,0986	0,8581	1,65
FDN	73,09	76,80	82,02	0,322	78,45	76,16	0,1616	0,8870	4,77
EE	75,68 ^b	83,52 ^a	88,78 ^a	0,0007	83,38	81,94	0,0888	0,9989	2,24

Nível de significância = 5%; T x M = interação entre tratamento e método de determinação de digestibilidade; CV = coeficiente de variação.

Tabela 6. Matéria seca digestível (MSDG), proteína bruta digestível (PBDG), matéria mineral digestível (MMDG), matéria orgânica digestível (MODG), FDN digestível (FDNDG), extrato etéreo digestível (EEDG), de dietas para suínos alimentados com dieta referência (DR), com glicerina (GLI) e com glicerina adicionada “on top” (GLI ONTOP) determinados com as metodologias de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).

Item	Tratamentos (T)			P - valor	Métodos (M)		P- valor	T x M	CV(%)
	DR	GLI	GLI ONTOP		CT	Cr			
MSDG	82,39	80,73	80,91	0,0553	77,47	76,40	0,1090	0,8495	1,62
PBDG	18,10 ^a	16,18 ^b	16,66 ^b	<0,001	17,10	16,86	0,1267	0,9097	2,10
MMDG	8,69 ^a	8,02 ^b	8,10 ^b	0,0006	9,27 ^a	7,27 ^b	<0,001	0,5723	1,97
MODG	78,96	79,45	79,69	0,6766	79,86	78,87	0,0984	0,8556	1,65
FDNDG	10,77 ^b	13,67 ^a	14,60 ^a	0,0052	13,21	12,81	0,1740	0,8568	5,04
EEDG	3,09 ^b	5,61 ^a	5,96 ^a	<0,001	4,93	4,85	0,9289	0,9289	2,53

Nível de significância = 5%; T x M = interação entre tratamento e método de determinação de digestibilidade; CV = coeficiente de variação.

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade da energia (CDenergia), energia digestível (ED), energia digestível corrigida (EDn), coeficiente de metabolizabilidade da energia (CMenergia), energia metabolizável (EM), energia metabolizável corrigida (EMn), relação energia metabolizável e energia digestível (EM ED) e relação entre energia metabolizável e energia digestível corrigidas (EM EDn) de dietas para suínos alimentados com dieta referência (DR), com glicerina (GLI) e com glicerina adicionada “on top” (GLI ONTOP) determinados com as metodologias de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).

	Tratamento (T)			P - valor	Método (M)		P-valor	T x M	CV(%)
	DR	GLI	GLI ONTOP		CT	Cr			
CDenergia (%)	86,83	86,76	87,17	0,8967	87,53	86,31	0,0936	0,8415	1,82
ED (Kcal/kg)	3.423	3.452	3.469	0,4600	3.473	3.425	0,0934	0,8441	1,83
EDn (Kcal/kg)	3.409	3.441	3.457	0,4387	3.460	3.412	0,0978	0,8412	1,83
CMenergia(%)	84,27	83,75	84,76	0,6567	85,29 ^a	83,20 ^b	0,0466	0,6001	2,64
EM (Kcal/kg)	3.321	3.333	3.374	0,4567	3.384 ^a	3.301 ^b	0,0467	0,5934	2,64
EMn (Kcal/kg)	3.308	3.323	3.362	0,4543	3.373 ^a	3.289 ^b	0,0427	0,6123	2,63
EM ED	0,97	0,96	0,97	0,5421	0,97	0,96	0,1058	0,4841	1,64
EM EDn	0,97	0,96	0,97	0,5419	0,97	0,96	0,1058	0,4834	1,64

Nível de significância = 5%; CV = coeficiente de variação; TxM = interação entre tratamento e método de determinação de digestibilidade.

Tabela 8. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria mineral (CDMM), matéria orgânica (CDMO) e extrato etéreo (CDEE) da glicerina para suínos alimentados com glicerina (GLI) e com glicerina adicionada “on top” (GLI ONTOP) e determinados através das metodologias de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).

CD de cada fração da glicerina (%)	Tratamento (T)		P-valor	Método (M)		P-valor	TxM	CV(%)
	GLI	GLIONTOP		CT	Cr			
MS	91,57	91,59	0,8185	87,13 ^a	86,02 ^b	<0,0001	0,7396	0,20
MM	84,66	84,74	0,5279	94,56 ^a	74,84 ^b	<0,0001	0,4170	0,24
MO	87,97	87,99	0,8213	88,35 ^a	87,61 ^b	0,0002	0,8174	0,20
EE	76,47 ^b	76,99 ^a	0,0441	77,43 ^a	76,03 ^b	<0,0001	0,9913	0,29

Nível de significância de 5%; CV = coeficiente de variação; TxM = interação entre tratamento e método de determinação de digestibilidade.

Tabela 9. Energia digestível (ED_Gli), energia digestível corrigida para nitrogênio (EDn_Gli), energia metabolizável (EM_Gli), energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMn_Gli), relação entre energia metabolizável e energia digestível (EM_ED_Gli) e relação entre energia metabolizável e energia digestível corrigida para nitrogênio (ED_EMn_Gli) da glicerina para suínos determinados com glicerina (GLI) e com glicerina adicionada “on top” (GLI ONTOP) através das metodologias de coleta total (CT) e indicador cromo (Cr).

Energia da glicerina	Tratamento		P-valor	Método		P-valor	TxM	CV
	GLI	GLIONTOP		CT	Cr			
ED(Kcal/kg)	3426	3428	0,7045	3443 ^a	3411 ^b	0,0002	0,8337	0,22
EDn(Kcal/kg)	3413	3414	0,7092	3429 ^a	3398 ^b	0,0002	0,8334	0,22
EM(Kcal/kg)	3322	3326	0,4030	3356 ^a	3293 ^b	<0,0001	0,4224	0,29
EMn(Kcal/kg)	3310	3314	0,4157	3344 ^a	3279 ^b	<0,0001	0,4301	0,29
EM:ED(%)	0,9695	0,9702	0,3109	0,9746 ^a	0,9652 ^b	<0,0001	0,1745	0,13
EM:EDn(%)	0,9698	0,9704	0,3385	0,9751 ^a	0,9651 ^b	<0,0001	0,1791	0,13

Nível de significância de 5%; CV = coeficiente de variação; TxM = interação entre tratamento e método de determinação de digestibilidade.

|

Capítulo 3 – Desempenho e características de carcaça e carne de suínos alimentados com glicerina na fase de terminação

Autores: Rafaeli Gonçalves Leite¹, Anderson Corassa², Ana Paula Silva Ton³, Claudia Marie Komiyama⁴, Alessandro Borges Amorim⁵, Charles Kiefer⁶.

Universidade Federal do Mato Grosso: Avenida Alexandre Ferronato, Nº 1.200, Setor Industrial, Sinop – MT:

⁽¹⁾rafaelizootecnia@hotmail.com, ⁽²⁾anderson_corassa@ufmt.br, ⁽³⁾anatonn4@hotmail.com, ⁽⁴⁾claudiamarie@ufmt.br.

Universidade Federal do Mato Grosso: Rua Ca-7 – Jardim Atlântico, Rondonópolis – MT: ⁽⁵⁾alessandrozoo@gmail.com.

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul: Cidade Universitária, s/n, Universitário, Campo Grande – MS:

⁽⁶⁾Charles.kiefer@ufms.br.

O capítulo 3 foi escrito seguindo as normas da revista “Pesquisa Agropecuária Brasileira”.

Resumo – A produção de glicerina aumentou com a produção de biodiesel. Objetivou-se avaliar o desempenho e características de carcaça e carne de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina. Foram utilizados 40 suínos machos castrados, com peso inicial de $97,20 \pm 13,44$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições. Os níveis de glicerina foram de 0, 5, 10 e 15%. Foram mensurados a espessura de toucinho *in vivo*, CDR, GDP e CA. Ao final do período de desempenho os animais seguiram para o frigorífico. Foram mensurados o pH e a temperatura 45 minutos e 24 horas pós-abate e avaliadas ET, AOL, perda de água por gotejamento e colorimetria. A glicerina pode ser utilizada na dieta de suínos em terminação, até o nível de 15% sem comprometer os resultados de desempenho. A maioria das avaliações de características de carcaça e carne não foram influenciadas pelo uso do ingrediente. Peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e padrão de cor L* apresentam seus maiores valores quando suínos são alimentados com 2,32; 2,43 e 2,61% de glicerina na dieta, respectivamente.

Palavras-chaves: alimento alternativo, carne suína, coproduto do biodiesel, conversão alimentar, ganho de peso, glicerol.

Chapter 3 – Performance and carcass characteristics and meat from pigs fed with glycerine in finishing phase.

Abstract – Glycerine production increased with the production of biodiesel. Aimed to evaluate the performance and carcass characteristics and pork meat in termination fed with glycerine differentr inclusions. 40 barrows were used, with initial weight of $97, 20 \pm 13.44$ kg .The animals were distributed in a randomized block design with four treatments and five repetitions.The treatments consisted of diets based on corn and soybean meal with added glycerin at levels of 5 , 10 and 15 % .The animals were weighed at the beginning and end of each period , measured the thickness of subcutaneous fat in vivo, DFI, DWG and CA. The end of the performance, the animals were identified by means of tattooing and subjected to 12 hours of fasting for the transport. The animals were stunned, slaughtered , hair and eviscerated. Measurements were pH and temperature 45 minutes and 24 hours after slaughter and evauated back fat thickness, REA, LWD and colorimetry. Glycerin may be used in finishing swine diets at the levels studied without compromising performance results . Most evaluations of carcass characteristics and meat were not affected by the use of the ingredient.

Index terms: glycerol, weight gain, feed conversion.

Introdução

A busca por combustíveis alternativos que possam ser utilizados junto com o diesel vindo do petróleo, abriu espaço para a expansão da produção de biodiesel. O biodiesel apresenta a grande vantagem de ser produzido através de fontes renováveis, como grãos oleaginosos. O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel no mundo. A produção de biodiesel em 2005 era de 736 m³ passando para 2944.592 m³ em 2015 (ANP, 2015). Esse aumento na produção aumentou também o volume da glicerina que é o coproduto obtido, e é importante que esse tenha destinação para evitar acúmulo. Ching e Rodrigues (2007), relataram que em média a quantidade de glicerina obtida é de 9% em relação à produção de biodiesel, estimando então que em 2015 a produção de glicerina alcance 265.01 m³.

O principal componente da glicerina, o glicerol, é altamente energético, está presente em alimentos e no metabolismo animal e tem potencial de uso como substituto parcial dos grãos de cereais ou outros ingredientes ricos em amido na alimentação animal (DEFRAIN et al., 2004; LAMMERS et al., 2008), podendo diminuir os custos com a alimentação. Lin (1977) relata que o glicerol é utilizado na lipogênese e na gliconeogênese e isso poderia contribuir para o aumento nos teores de lipídeos na carne, redução da catálise de aminoácidos e maior acúmulo de proteína no músculo, além da possibilidade de alteração nos parâmetros de qualidade de carne dependendo do nível de inclusão da dieta, se tornando ainda mais importante quando a inclusão é feita na fase de terminação.

Existe então a necessidade de encontrar o nível ideal para a utilização da glicerina na alimentação de suínos em terminação sem interferir negativamente nos parâmetros de desempenho e ainda para que esses causem prejuízos relacionados às características de carcaça e carne. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho e características de

carcaça e carne de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina na dieta.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em junho de 2015 em Santa Carmem, MT, estando de acordo com os princípios éticos na experimentação animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal e tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFMT sob N^o 23108.700673/14-4.

Foram utilizados 40 suínos machos castrados, mestiços de linhagem comercial, com peso inicial de $97,20 \pm 13,44$ kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições, dois animais por unidade experimental, sendo o peso inicial dos suínos utilizado como critério para a composição dos blocos. Os animais foram alojados em 20 baias de um galpão de alvenaria, coberto com telhas de fibrocimento, com baias contendo comedouros na parte frontal e bebedouros tipo chupeta na parte distal.

Os tratamentos (Tabela 1) foram compostos por dietas à base de milho e farelo de soja com adição de glicerina nos níveis de 5, 10 e 15%, formuladas para atender às exigências da categoria seguindo recomendações de Rostagno et al. (2011).

As inclusões de sal e bicarbonato de sódio foram ajustados de forma a tentar equilibrar o teor de sódio e o balanço eletrolítico das dietas em função das inclusões de glicerina. A glicerina utilizada foi obtida à partir da produção de biodiesel tendo como matéria prima o óleo de soja (Tabela 2), apresentando 3.280 Kcal/kg de energia metabolizável (VERUSSA, 2015).

As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. A limpeza das baias foi realizada diariamente com raspagem dos dejetos e semanalmente com

lavagem das baias. O período experimental teve duração de vinte e um dias divididos em dois períodos, o período 1 com quatorze dias e o período 2 com sete dias. Os animais foram pesados no início e no final de cada período, mensurado a espessura de toucinho *in vivo* (ETiv) através de aparelho de ultra som, próximo à última costela e 5 cm ao lado direito e esquerdo da espinha dorsal, com o animal em pé em posição natural, sendo considerado ao final o valor médio das duas observações. Foram avaliados o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

Ao final do período de desempenho, todos os animais foram identificados por meio de tatuagem e, em seguida, submetidos a jejum alimentar, mas não hídrico, de 12 horas para serem transportados até o frigorífico. Os animais foram insensibilizados, abatidos, depilados e eviscerados segundo procedimentos do frigorífico localizado a 40 km do local experimental.

As mensurações de pH foram feitas com peagâmetro portátil AK86 interface (modelo CE RS232, Akso®) com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura e eletrodo de vidro (sc18) apropriado. Para determinação de pH em profundidade foram utilizados o *Musculos longissimus thoracis* (LT), localizado entre 13° e 14° espaço intercostal, perpendicularmente a linha média da meia carcaça esquerda com profundidade média de 3,5 cm, nos períodos de 45 minutos (pH inicial) e 24 horas *post-mortem* (pH final).

Com 24 horas *post mortem*, foram realizadas as análises de cor e perda por exsudação, em amostras de 100 gramas do músculo *Longissimus thoracis* (LT), extraído entre a 6ª e 7ª vértebra torácica, pesadas em balança semi-analítica. As avaliações de cor foram analisadas seguindo o sistema CIELAB (colorímetro Minolta DL65, modelo CR400) através da leitura em triplicata de reflectância da luz em três dimensões como L* (luminosidade), a* (variação entre a coloração vermelha a verde) e b* (variação entre a coloração amarelo a azul) no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, após um período padronizado de exposição ao ar atmosférico de 30 minutos. Para as avaliações de perda por exsudação foram baseadas na

suspensão das amostras em sacos plásticos inflados, sob atuação da gravidade, por um período de 48 horas à temperatura de 4°C, conforme método descrita por Honikel (1998).

Foi mensurada a espessura de toucinho das carcaças na altura da última costela. As medidas foram feitas perpendicularmente à linha dorso-lombar, com auxílio de um paquímetro digital. Uma extremidade do paquímetro foi colocada acima do couro, enquanto que a outra colocada na linha de separação da manta de toucinho com a carne, conforme orientações da Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS, 1973).

Foi avaliada a área de olho de lombo (AOL) à partir de amostras do músculo *Longissimus dorsi* obtidas na altura da última costela das carcaças com 24 horas após o abate dos animais. A AOL de cada amostra foi registrada em papel vegetal através do desenho do contorno do músculo, os desenhos foram digitalizados e inseridos no Software de engenharia AutoCAD®. Em cada figura foi determinada inicialmente a escala e feito o contorno de cada região individualmente. Em seguida foram obtidas as medidas de AOL de cada amostra, seguindo o mesmo procedimento utilizado por Peres et al. (2011).

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento em Blocos Completos Casualizados, tendo o peso inicial dos animais utilizado para a formação dos blocos. A análise de variância foi realizada de acordo com o modelo estatístico abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} : observação referente ao efeito do nível de glicerina i , no bloco j , na repetição k ; μ : média geral; G_i : efeito dos níveis de inclusão de glicerina; B_j : efeito dos blocos j ; ϵ_{ijk} : erro aleatório associado a cada observação.

As avaliações dos efeitos relacionados ao nível de glicerina foram realizadas através da partição da soma de quadrado de tratamentos em contrastes ortogonais para avaliar os efeitos linear, quadrático e cúbico. As avaliações foram realizadas considerando probabilidade de

0,05 para erro do tipo I. Os dados foram submetidos ao procedimento Mixed do programa SAS (2001) considerando nível de probabilidade de 5%.

Resultados e Discussão

Os níveis de 0, 5, 10 e 15% de glicerina, não influenciaram ($P>0,05$) as variáveis de consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) no período 1 (de 0 a 14º dia), período 2 (15ª a 21º dia) e período total (Tabela 3). Também não houve diferença significativa quanto ao peso dos animais e espessura de toucinho nos períodos 1, 2 e período total.

Os resultados de desempenho dos animais, indicaram que a glicerina pode ser usada como ingrediente alternativo na dieta de suínos em terminação até o nível máximo avaliado de 15%. Esses resultados se devem às atenções dadas no momento da formulação das dietas que possibilitaram que essas apresentassem valores ajustados garantindo que a composição nutricional das quatro dietas estivessem o mais próximas possível, ressaltando que as dietas foram isoenergéticas e que o balanço eletrolítico foi mantido o mesmo para todas as dietas. Esses resultados apresentam coerência com os resultados encontrados por outros autores como Berenchtein et al. (2010), que em estudo com glicerol na dieta de suínos em terminação nos níveis de 3, 6 e 9%, não observaram efeitos do ingrediente no desempenho dos animais, indicando o uso do ingrediente até o nível máximo estudado.

Resultados semelhantes foram encontrados por Gallego et al. (2014) que estudando a glicerina semipurificada neutralizada nos níveis de 0; 3,5; 7,0; 10,5 e 14% não constataram influência dos níveis nos parâmetros de desempenho.

Gomide et al. (2012), não observaram efeito da substituição do milho da dieta de suínos em terminação por glicerina bruta nos níveis de 0, 4, 8, 12 e 16% em nenhuma das

características de desempenho analisadas. Resultados similares foram encontrados por Lammers et al. (2007) e Berenchtein et al. (2010). Huepa et al. (2015), recomendaram o uso de glicerina semipurificada neutralizada para suínos em crescimento até o nível de 12%, pois não encontraram efeitos que possam comprometer o desempenho dos animais.

Melo et al. (2012), relataram que a glicerina não influenciou nos valores de consumo de ração diária, concordando com resultados de Berenchtein et al. (2010) e Mendonza et al. (2010), mas diferindo do resultado encontrado por Della Casa et al. (2009), que encontraram efeito negativo com o uso de 10%. A divergência de resultados pode ser explicada pela composição da glicerina que pode possuir diferenças relacionadas a fatores como matéria prima utilizada e método de processamento. A composição química e o teor de glicerol contidos na glicerina dependem da matéria prima utilizada, e da eficiência do processo de produção do biodiesel, sendo que quanto maior for o valor de energia bruta juntamente com um menor teor de glicerol, menos eficiente foi o processo de transformação, o qual gera a glicerina com maior teor de triglicerídeos intactos podendo interferir no valor de energia bruta (KERR et al., 2011).

Além de servir como fonte de energia, o glicerol também pode ter efeito positivo sobre a retenção de aminoácidos ou nitrogênio. Pode inibir a atividade das enzimas fosfoenolpiruvato carboxiquinase e glutamato desidrogenase e, resultar em economia dos aminoácidos gliconeogênicos e assim favorecer a deposição de proteína corporal (CERRATE et al., 2006). Deve-se também ter atenção ao teor de sódio presente na glicerina utilizada, uma vez que os animais tendem a regular o consumo de ração em função da sua necessidade em sódio (BERTECHINI, 2006).

O peso de peso de carcaça quente (PCQ) apresentou efeito quadrático ($P=0,0495$) (Tabela 4), expressando maior valor (83,36%) ao nível de 2,32% de glicerina. O rendimento de carcaça (RC) também apresentou efeito quadrático ($P=0,0382$), expressando maior valor

(72,80%) ao nível de 2,43% de glicerina. O valor de de cor L, variável que representa a luminosidade da cor, apresentou efeito quadrático ($P=0,0493$) expressando maior valor (57,82) ao nível de 2,61% de glicerina.

As demais características de carcaça e de carne, ETC, pH45, pH24, T° 45, T° 24, PG, cor a* e cor b*, não foram influenciadas ($P>0,05$) pelo nível de inclusão de glicerina.

Embora tenham sido observados efeitos quadráticos no PCQ, RC e cor L*, todos os outros parâmetros não foram influenciados pelos tratamentos, podendo ser indicado o uso de glicerina na dieta de suínos em terminação sem prejuízos nas características de carcaça e carne. Della Casa et al. (2009) não encontraram diferenças de carcaça com adição de glicerina semipurificada nos níveis de 0, 5 e 10%. Melo et al. (2014) avaliaram a glicerina como ingrediente da dieta de suínos em terminação e encontraram diferença significativa quanto ao teor de vermelho, mas como não houve diferença em nenhuma outra variável, os autores recomendam o uso de glicerina até o nível de 20% sem influenciar na qualidade de carne e características de carcaça suína.

Berenchtein et al. (2010) e Mendonza et al. (2010) indicam o uso de glicerina purificada até 15% na dieta de suínos sem prejuízos a características de carcaça desses animais. Gonçalves et al. (2014) avaliando até o nível de 16% de inclusão de glicerina semipurificada de origem vegetal e de glicerina semipurificada mista (óleo de soja + gordura animal) não encontraram efeitos nas características de carcaça dos animais. Resultados semelhantes também foram encontrados por Hanczakowska et al. (2010) avaliando glicerina bruta e semipurificada.

Não foi observado efeito na PG em função da adição de glicerina na dieta dos suínos em terminação em nenhum dos níveis utilizados, embora Mourot et al. (1994) tenham relatado que o uso de glicerina melhora a capacidade de retenção de água da carne de suínos. Isso não

foi observado nos resultados desse estudo pelo ajuste do teor de sódio nas dietas utilizadas na avaliação.

Conclusões

1. A glicerina pode ser utilizada na dieta de suínos em terminação sem comprometer os resultados de desempenho até a inclusão de 15%.
2. A maioria das características de carcaça e carne de suínos não são alteradas quando os animais foram alimentados com dieta contendo até 15% de glicerina.
3. Peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e padrão de cor L* apresentam seus maiores valores quando suínos são alimentados com 2,32; 2,43 e 2,61% de glicerina na dieta, respectivamente.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento da pesquisa;

À empresa Fiagril por disponibilizar a glicerina utilizada.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - ABCS. **Método brasileiro de classificação de carcaças**. Estrela: ABCS, 1973. 17p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, **Relatório 2015**. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CC0QFjACahUKEwj9nr_hlpDJAhWIj5AKHegdBQk&url=http%3A%2F%2Fwww.anp.gov.br%2F%3Fdw%3D61630&usq=AFQjCNGO6XtN-jIItqITr0JjJlinOd-SOQ&bvm=bv.107467506,d.Y2I> acesso em: 14/11/2015.
- BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Editora: UFLA, 2006, 300p.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. Evaluation of glicerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **Inter. J. Poul. Sci.**, v.5, p.1001-1007, 2006.
- CHING W. H.; RODRIGUES C. W. (Coord.). **Cartilha biodiesel**. SEBRAE, 2007. 61p.
- DEFRAIN, J.M. et al. Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.12, p.4195-4206, 2004.
- DELLA CASA, G.; BOCHICCHIO, D.; FAETI, V. et al. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. **Meat Science**, v.81, p.238-244, 2009.
- GALLEGO, A.G.; MOREIRA, I.; POZZA, P.C.; CARVALHO, P.L.O.; SIERRA, L.M.P.; COSTA FILHO, C.L. Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de leitões. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 35, n. 5, p. 2831-2842, 2014.
- GONÇALVES, L. M. P., MOREIRA, I., POZZA, P.C., et al. Semi purified glycerins in growing and finishing pigs feeding (30-90 kg). **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.15, n.1, p.221-226 jan./mar., 2014.
- GOMIDE, A. P. C., BRUSTOLINI, P. C., FERREIRA, A. S. et al. Substituição de Milho por Glicerina Bruta em Dietas para Suínos em Terminação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.5, p.1309-1316, 2012.
- HANCZAKOWSKA, E.; WĘGLARZY, K.; BEATA SZYMCZYK, B.; HANCZAKOWSKI, P. Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. **Annals of Animal Science.**, Vol. 10, N. 1 p. 67-73. 2010.
- HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, p. 447-457, 1998.

- HUEPA, L.M.D., MOREIRA, I., POZZA, P.C., et al. Neutralized semi-purified in pre-starting piglet feeding (6 to 15 kg). **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n. 4, p. 2839-2848, jul./ago. 2015.
- KERR, B.J.; SHURSON, G.C.; JOHNSTON, L.J.; DOZIER, W.A. **Utilization of Crude Glycerin in Nonruminants**. Biodiesel- Quality, Emissions and By-Products, P. 365-380. 2011.
- LAMMERS, P.; HONEYMAN, M.; KERR, B.J. et al. **Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol**. Ames: Iowa State University Animal Industry Report, 2007. 3p.
- LAMMERS, P.; KERR, B. J.; WEBER, T. E.; DOZIER, W. A.; KIDD, M. T.; BREGENDAHL, K; HONEYMAN, M. Diestible and metabolizable energy of crud 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 Biochemistry, v.46, p.765-795, 1977.
- MELO, D. S. **Viabilidade da Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos em Terminação**. 2012. 106 p. Tese de dissertação (Mestrado em Zootecnia – Nutrição de Monogástrico). Universidade Federal de Lavras. Lavras MG –2012.
- MELO, D. S., FARIA, P. B., CANTARELLI, V. S., et al. Qualidade de carne de suínos com o uso de glicerina na alimentação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.66, n.2, p.583-592, 2014.
- MENDOZA, O.F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. 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**, v.30, 2010.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. 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**, v.38, p.237–244, 1994.
- PERES, J.R.R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis. Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 1, p. 31-41, 2011.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. SAS Language Reference. Version 6. Cary, NC: SAS Institute, 2001. 1042p.

VERUSSA, G. H. Valor Nutricional da Glicerina Determinado com Diferentes Metodologias sobre o Desempenho e Parâmetros Séricos em Suínos. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop.

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional calculada das dietas

Composição Centesimal(%)	Níveis de glicerina nas dietas (%)			
	0	5	10	15
Milho	56,59	51,38	46,34	40,18
Soja Farelo -45%	10,27	10,75	10,85	12,00
DDGS ¹	30,00	30,00	30,00	30,00
Glicerina	0,00	5,00	10,00	15,00
Fosfato Bicálcico	0,90	0,95	0,96	1,00
Calcário Calcítico	0,44	0,41	0,40	0,39
Sal Comum	0,40	0,09	0,00	0,00
Lisina – HCL	0,34	0,34	0,34	0,32
Premix Minerais vitaminas*	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,00	0,01	0,03	0,05
Bicarbonato de sódio	0,86	0,87	0,88	0,86
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional				
Energia Met. Suínos (Kcal/kg)	3300	3300	3300	3300
Proteína Bruta (%)	17,99	17,81	17,45	17,50
Cálcio (%)	0,44	0,44	0,44	0,44
Fósforo disponível (%)	0,28	0,28	0,28	0,28
Potássio (%)	0,65	0,65	0,64	0,64
Sódio (%)	0,41	0,41	0,50	0,61
Cloro (%)	0,34	0,34	0,46	0,63
Lisina Digestível (%)	0,70	0,70	0,70	0,70
Metionina Digestível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30
Met + Cis Digestível (%)	0,54	0,54	0,54	0,54
Treonina Digestível (%)	0,70	0,70	0,70	0,70
Triptofano Digestível (%)	0,13	0,13	0,13	0,13
Gordura (%)	4,18	4,00	3,81	3,61
Fibra bruta (%)	1,52	1,46	1,38	1,33
FDN (%)	8,17	7,61	7,03	6,45
BE = Na+K-Cl (mEq/kg)	250	250	250	250
K +Cl (mEq/kg)	263	260	291	341
Na (mEq/kg)	180	180	217	266
RE = (K+Cl)/Na	1,47	1,45	1,34	1,28

*Composição do suplemento por kg do produto: Vitamina A(2750000 UI), vitamina B1(400 mg), vitamina B2(250 mg), vitamina B6 (800 mg), vitamina B12 (900 mcg), vitamina D3 (600000 UI), vitamina E (15000 mg), vitamina K3 (1250 mg), ácido Nicotínico (10000 mg), ácido Pantotênico (6000 mg), ácido Fólico (125 mg), Cobalto (250 mg), Cobre (5000 mg), Ferro (30000 mg), Zinco (40000 mg), Manganês (15000 mg), Selênio (140 mg), Iodo (400 mg), Colina (50000 mg), Biotina (5000 mcg), E-toxiquim (5000 mg), BHT (10000 mg), Bacitracina de Zinco (15000 mg). ¹ DDGS: dried distillers grains with solubles ou grãos secos destilados com solúveis.

Tabela 2. Composição química da glicerina

Análise	Resultado
Umidade(%)	11,99
Cinzas Sulfatadas(%)	6,57
Glicerol(%)	78,50
Metanol(%)	0,08
Cloreto(%)	3,65
Cloreto com NaCl(%)	6,00
pH	3,00

Fonte: Laudo técnico fornecido pela empresa Fiagril S.A.

Tabela 3. Consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e espessura de toucinho *in vivo* de suínos alimentados com diferentes níveis de glicerina na fase de terminação

	Glicerina (%)				Valor de Significância*			CV (%)
	0	5	10	15	Linear	Quadrático	Cúbico	
0 a 14 dias								
CRD (g/dia)	3,79	3,75	3,75	3,77	0,9006	0,8485	0,9528	7,91
GPD (g/dia)	862	874	779	785	0,1380	0,9558	0,3493	12,93
CA (g:g)	4,52	4,35	4,84	4,95	0,2481	0,6277	0,4268	13,58
15 a 21 dias								
CRD (g/dia)	3,35	3,23	3,32	3,49	0,7297	0,2200	0,7893	7,44
GPD (g/dia)	684	700	702	697	0,8612	0,8729	0,9768	19,87
CA (g:g)	5,02	4,70	5,09	5,14	0,8079	0,7561	0,6914	26,36
0 a 21 dias								
CRD (g/dia)	3,62	3,46	3,59	3,67	0,8274	0,3225	0,5020	7,01
GPD (g/dia)	803	816	753	756	0,1116	0,8488	0,2704	7,78
CA (g:g)	4,55	4,30	4,79	4,92	0,1700	0,3845	0,2541	9,88
Pesos (kg)								
Dia 0	97,14	97,96	97,77	97,54	0,9007	0,8416	0,9339	1,90
Dia 14	109,21	110,19	108,67	108,53	0,4672	0,5779	0,3927	2,00
Dia 21	114,00	115,09	113,58	113,41	0,5333	0,5509	0,4076	2,01
Espessura de toucinho <i>in vivo</i> (mm)								
Dia 0	13,20	13,77	13,12	13,47	0,8678	0,8788	0,5012	11,90
Dia 14	13,62	14,47	13,50	14,63	0,9510	0,8369	0,2254	10,89
Dia 21	13,90	15,60	14,60	15,30	0,5535	0,4635	0,1620	9,94

*Nível de significância <0,05.

Tabela 4. Características de carcaça e de carne de suínos alimentados com diferentes níveis de glicerina na fase de terminação.

	Glicerina (%)				Valor de Significância*			CV (%)
	0	5	10	15	Linear	Quadrático	Cúbico	
PCQ(kg)	81,67	83,54	82,66	80,83	0,9423	0,0495	0,6434	2,31
RC(%)	71,61	72,54	72,75	71,26	0,3762	0,0382	0,6749	1,61
ETC (mm)	13,66	15,73	14,02	14,60	0,9845	0,3799	0,1194	12,51
pH45	6,33	6,32	6,30	6,35	0,8335	0,7152	0,8154	2,65
pH24	5,71	5,67	5,70	5,68	0,8748	0,7252	0,4367	1,31
T° 45(°C)	31,09	31,54	30,64	30,92	0,3694	0,8602	0,2570	3,40
T° 24(°C)	3,46	3,50	3,43	3,44	0,8777	0,9531	0,8453	15,09
PG (%)	7,91	7,48	8,31	8,34	0,3943	0,6683	0,3988	14,68
Cor a*	8,62	8,14	8,89	8,18	0,5910	0,7366	0,1002	8,91
Cor b*	0,642	0,726	0,906	0,668	0,3969	0,4057	0,5499	56,79
Cor L*	49,67	48,23	47,79	49,30	0,1541	0,0493	0,7540	3,09
AOL(cm ²)	47,86	47,90	47,31	46,04	0,5750	0,6441	0,9952	6,48

Nível de significância <0,05. PCQ = peso de carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; ETC = espessura de toucinho da carcaça; pH45 = pH mensurado 45 minutos após o abate; pH24 = pH mensurado 24 horas após o abate; T°45 = temperatura mensurada 45 minutos após o abate; T°24 = temperatura mensurada 24 horas após o abate; PG = perda por gotejamento; Cor a = variação entre verde e vermelho; Cor b* = variação entre azul e amarelo; Cor L* = variação entre cor viva ou fosca; AOL = área de olho de lombo.

Carcaça quente: $Y = 78,39 + 4,292x - 0,926x^2$ ($R^2: 0,05$); Rendimento de carcaça: $Y = 69,2295 + 2,9371x - 0,6045x^2$ ($R^2: 0,16$); Cor L*: $Y = 52,8205 - 3,8387x + 0,7365x^2$ ($R^2: 0,28$).

CONCLUSÕES FINAIS

O estudo realizado no capítulo 1 trouxe evidências e constatações de indicação no uso da glicerina na dieta de suínos. Porém, alguns fatores como composição, nível de sódio e metanol presentes na glicerina podem levar a resultados diferentes dos esperados. Sendo assim, a glicerina é um ingrediente interessante para a dieta de suínos desde que seja dada a atenção necessária a sua composição.

Os valores de desempenho e de digestibilidade encontrados no capítulo 2, mostram que a glicerina obtida do óleo de soja é um ingrediente com potencial de uso na dieta de suínos. O uso do ingrediente além da maneira convencional de mistura também pode ser feito por meio de administração “on top” sem prejudicar os parâmetros de digestibilidade e desempenho dos animais. A maneira de fornecimento de glicerina “on top” pode vir a facilitar a administração do ingrediente que dependendo das possibilidades de mistura pode ser dificultoso. Quanto ao método de avaliação de digestibilidade os valores encontrados no método de uso do indicador se mostraram, para vários parâmetros, divergentes dos valores encontrados pelo método de coleta total que por sua vez é o método de referência.

Com base nos dados apresentados no capítulo 3, a glicerina pode ser utilizada na dieta de suínos em terminação sem comprometer os resultados de desempenho desses animais nos níveis de 0, 5, 10 e 15%, desde que haja correção no balanço eletrolítico das dietas. Quanto às características de carcaça e carne, houve efeito quadrático no peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e padrão de cor L*, indicando que o uso de 15% de glicerina na dieta de suínos merece mais estudos. Como o efeito observado foi quadrático, comparando com a dieta sem glicerina houve melhora nesses resultados nos níveis de 2,32; 2,43 e 2,61% de inclusão para as variáveis peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e padrão de cor L*, respectivamente, tornando interessante para essas variáveis o uso da glicerina até o nível apresentado.