

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA NA
ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE PRÉ-INICIAL
(6 a 15 Kg)

Autor: Laura Marcela Diaz Huepa

Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março – 2013

GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA NA
ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE PRÉ-INICIAL
(6 a 15 Kg)

Autor: Laura Marcela Diaz Huepa

Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Março - 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

D542g Diaz Huepa, Laura Marcela
Glicerina semipurificada neutralizada na
alimentação de leitões na fase pré-inicial (6 a 15
kg) / Laura Marcela Diaz Huepa. -- Maringá, 2013.
xiii, 44 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, 2013.

1. Leitão - Desempenho. 2. Biodiesel - Coproduto.
3. Leitão - Alimentação - Glicerina semipurificada
neutralizada. 4. Glicerina semipurificada
neutralizada(GSPN)- Valor nutricional. I. Moreira,
Ivan, orient. II. Universidade Estadual de Maringá.
Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 21.ed. 636.4085

AMMA-00939



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

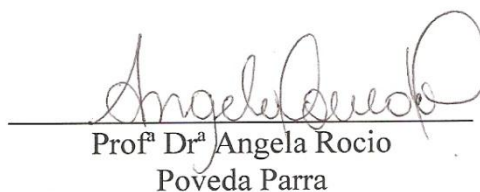
**GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA
NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE
PRÉ-INICIAL (6 A 15KG)**


Autora: Laura Marcela Diaz Huepa
Orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 28 de março de 2013.


Prof. Dr. Cláudio Scapinello


Profª Drª Angela Rocio
Poveda Parra


Prof. Dr. Ivan Moreira
(Orientador)

BUNDE TOLIMENSE

*Canta el alma de mi raza
En el bunde de castilla
Y este canto es sol que abraza.*

*Nacer, vivir, morir
Amando el magdalena
La pena se hace buena
Y alegre el existir.*

*Baila, baila, baila
Sus bambucos mi Tolima
Y el aguardiente
Es mas valiente y leal.*

*Soy vaquero Tolimense
Y en el pecho llevo espumas
Va mi potro entre las brumas
Con cocuyos en la frente
Y al sentir mi galopar
Galopa el amor del corazón.*

*Pues mi rejo va enlazar
Las dulzuras del amor
Con la voz de mi cantar
Mi Tolima*

Nicanor Velásquez Ortiz

A

Deus e à Virgem Maria, pela vida, pela força espiritual, pelas bênçãos recebidas e por me guiarem neste caminho.

Aos

Meus pais, Jover Diaz Rojas e Esperanza Huepa Esquivel, pessoas que admiro e amo com todo meu coração, pelo amor incondicional, pelo incentivo, pelo apoio nos momentos bons e difíceis, mesmo estando longe e pelas suas orações.

Ao

Meu irmão Andres Julian Diaz Huepa, por ser meu exemplo, pela sua incondicionalidade, pela sua preocupação e pelo apoio, e, por isso, o amo muito.

À

Fanny Huertas Urueña, pelo amor, seus conselhos e pelas suas orações. Obrigada, amo você.

Ao

Meu namorado, companheiro, amigo e colega de trabalho, Tiago Junior Pasquetti, por se converter em parte importante da minha vida, pelo seu amor e carinho, pela sua incondicionalidade e preocupação, e que me faz uma pessoa ainda mais feliz. Amo muito você.

Ao

Juan Jacobo Freyte Zarta (In memoriam), pelo carinho, pela amizade e companheirismo com o meu irmão e comigo, e que faz parte da nossa vida, sempre o levaremos em nossos corações.

Aos

Meus cachorrinhos Puppy e Bruno Diaz

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pelas experiências vividas e pela força que me permitiram chegar e me manter neste caminho.

À minha família, pela ajuda, pela confiança e pelas suas orações.

Às minhas tias, Jackeline Huepa, Lina Maria Huepa, Liliana Martinez, Blanca Huepa, Lucero Huepa, pelas orações, pelo amor e carinho sempre.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de realizar os meus estudos;

À empresa BSBIOS, pelo fornecimento da glicerina necessária para condução deste estudo;

Ao meu Orientador Prof. Ivan Moreira, pelo apoio e o trabalho constante, pela sua preocupação e seu interesse para eu continuar em frente.

Ao Prof. Antonio Claudio Furlan, pela coorientação;

Aos colegas do grupo de trabalho: Lina Maria Peñuela Sierra, Juliana Beatriz Toledo, Liliane Maria Piano, Paulo Carvalho de Oliveira, Tiago Junior Pasquetti, Adriana Gomez Gallego, Clodoaldo Filho, Dani Perondi, Marcelise Fachinello. Aos estagiários, Gabriel Moresco, Jocasta Carraro, Silvia

Leticia Ferreira, Gabriela Camargo, pela ajuda e colaboração;

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, Senhores João Salvalagio, Carlos José (Huk), Toninho (Fabrica de ração) e Mauro;

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA): Cleuza Volpato e Creuza de Azevedo, pelos momentos de amizade, paciência e auxílio na execução das análises;

Às minhas grandes amigas, Angélica Maria Cardona Perez, Ingrid Johanna Cardenas Rey, Edna Constanza Gomez Victoria, Paula Andrea Garzón Charry e Carolyn Diaz, pela sincera amizade e suas palavras de ânimo, mesmo estando longe.

À Yohanna Mora e Pilar Rodriguez, obrigada pelo tempo compartilhado, pelas risadas e pela ajuda.

Aos meus amigos Román David Castañeda e Paulo Levi Carvalho de Oliveira e minhas amigas Juliana Beatriz Toledo e Lina Maria Peñuela Sierra, pelos conselhos para minha vida e para meu trabalho, pelo apoio em cada etapa do meu experimento, pelas risadas e pelas conversas, amigos que conheci aqui e que ficaram para sempre na minha vida.

Ao meu namorado Tiago Junior Pasquetti, pela ajuda constante, pela companhia, pelos momentos de descontração, pelas risadas, pela paciência e amor.

Aos meus amigos Brian Alexander Effer e Alberto Lorente Saiz, pela amizade sincera e pelo carinho; agradeço.

À Sra. Gloria Rojas Guzman e Gabriel Arcangel Ospina (In memorian), pelo seu interesse constante para que eu estivesse no Brasil, pelos conselhos e carinho. Pessoas maravilhosas que Deus me permitiu conhecer.

E a todos que me ajudaram a alcançar esta etapa com êxito.... Muito Obrigada!!!

BIOGRAFIA

LAURA MARCELA DIAZ HUEPA, filha de Jover Diaz Rojas e Esperanza Huepa Esquivel, nasceu na cidade de Ibagué, Departamento do Tolima, Colômbia, no dia 28 de abril de 1985.

Em Dezembro de 2010, concluiu o curso de graduação em Medicina Veterinária e Zootecnia, pela Universidad del Tolima, Ibagué - Colômbia.

Em 2011, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Não Ruminantes.

Submeteu-se para defesa da dissertação no mês de março de 2013.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
I - INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Produção de Biocombustíveis	2
1.2. Produção Mundial e Nacional de Biodiesel	3
1.3. Etapas de Produção do Biodiesel e da Glicerina.	4
1.4. Mercado Nacional de Glicerina.....	6
1.5. Características Químicas, Metabolismo e Absorção do Glicerol.....	9
1.6. Restrições da Utilização da Glicerina na Alimentação Animal	12
1.7. Glicerina na Alimentação de Animais Não Ruminantes	13
Citação Bibliográfica.....	17
II - OBJETIVOS GERAIS.....	22
III - Glicerina Semipurificada Neutralizada na Alimentação de Leitões na Fase Pré- Inicial (6-15 kg).....	23
RESUMO	23
ABSTRACT	24
Introdução.....	25
Material e Métodos.	26
Resultados e Discussão	32
Conclusões.....	41
Citação Bibliográfica.....	42

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição química e energética da glicerina semipurificada neutralizada.....	27
Tabela 2. Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase pré-inicial I (6-10 kg).....	30
Tabela 3. Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase pré-inicial II (10-15 kg).....	31
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada neutralizada obtidos utilizando o método convencional (coleta total de fezes), em estudos com leitões.....	35
Tabela 5. Desempenho de leitões na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) e na fase total (6 a 15 kg) alimentados com glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).....	37
Tabela 6. Variáveis plasmáticas de leitões na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) e fase pré-inicial II (10 a 15 kg), alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).....	39
Tabela 7. Custo da ração (R\$), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR, R\$/kg PV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase pré-inicial I (6-10 kg) e na fase total (6-15 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).....	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Etapas de produção do biodiesel e das gliceras bruta, semipurificada e purificada e seu uso na indústria.....	7
Figura 2. Equação de regressão da EM da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), obtida a partir da regressão da energia metabolizável (kcal/kg) ingerida associada à glicerina vs. o consumo de GSPN (kg) durante 5 dias.....	36

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) e avaliar o desempenho de suínos na fase pré-inicial (6 a 15 kg), alimentados com rações contendo níveis crescentes de GSPN. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 30 leitões machos castrados, com $11,80 \pm 5,12$ kg de peso vivo, distribuídos em um delineamento em blocos casualizado. A unidade experimental constituiu-se de um leitão, totalizando seis unidades experimentais por ração. Os níveis de substituição da ração referência pela GSPN foram 3, 6, 9 e 12%. Os valores na matéria natural de ED e EM da GSPN foram 3535 kcal/kg e 3279 kcal/kg respectivamente, os quais foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (kcal/kg) associada à glicerina *vs.* consumo de GSPN (kg). Os resultados indicam que este coproduto é boa fonte de energia para a alimentação de leitões. No Experimento II, foram utilizados 135 leitões recém-desmamados com 21 dias de idade ($6,85 \pm 1,28$ a $15,04 \pm 2,06$ kg), distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizado. Os tratamentos consistiram de cinco rações, sendo quatro níveis de inclusão (3, 6, 9, 12%) de GSPN e uma ração testemunha (0% de GSPN), com cinco repetições e três leitões por unidade experimental. Os resultados demonstram que na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) a adição de GSPN promoveu melhora linear no ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA). Para o período total (6 a 15 kg), foi observado apenas melhora linear ($P \leq 0,05$) para GDP. As variáveis plasmáticas (Glicose, NUP, Creatinina, Triglicerídeos, Alanina amino-transferase e Aspartato

amino-transferase) não foram influenciadas de forma importante pela inclusão da GSPN, já que se mantiveram dentro da variação biológica da espécie. A inclusão de GSPN (3279 kcal de EM/kg) não interfere nas variáveis econômicas, dependendo da relação de preços entre os ingredientes (GSPN, milho e óleo de soja), o que evidencia o seu potencial como ingrediente alternativo para a alimentação de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg).

Palavras-chave: desempenho, biodiesel, coproduto, leitão.

ABSTRACT

Two experiments were carried out to determine the nutritional value of neutralized semi-purified glycerin (NSPG) and to evaluate performance of in the pre-starter piglets (6-15 kg) fed on diets containing increasing levels of NSPG. In Experiment I, we conducted a digestibility trial with 30 barrows with 11.80 ± 5.12 kg live weight, allotted in a randomized block design. The experimental unit consisted of a piglet, totaling six units per diets. Replacement levels of basal diet for GSPN were 3, 6, 9 and 12%. The values of natural matter of digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) were NSPG 3535 kcal/kg and 3279 kcal/kg, respectively, which were estimated by linear regression analysis of the DE and ME (kcal/kg) consumption associated with glycerin vs. NSPG intake (kg). The results indicate that this co-product is a good energy source for feeding piglets. In Experiment II, it were 135 piglets weaned at 21 days of age (6.85 ± 1.28 to 15.04 ± 2.06 kg) were allotted in a randomized block design experimental. Treatments consisted of five diets, four inclusion levels (3, 6, 9, 12%) of NSPG and a control diet (0% of NSPG), with five replications and three piglets per experimental unit. The results shown that in the pre-starter I (6-10 kg) phase, adding NSPG promoted linear improvement in ADG to F:G ratio. For the total period (6-15 kg), was observed only linear improves ($P \leq 0.05$) to ADG. The plasma variables (Glucose, PUN, Creatinine, Triglycerides, Alanine aminotransferase and Aspartate aminotransferase) were not influenced ($P \geq 0,05$) by the inclusion of NSPG as it remained within the biology range of the species. The inclusion of NSPG (3279 kcal of ME/kg) do not

interfere on economic variables, depending on the relationship between prices of ingredients (NSPG, corn and soybean oil), which point out its potential as alternative ingredient for pre-starter piglets (6 to 15 kg) feeding.

Keywords: performance, biodiesel, co-product, piglet

I - INTRODUÇÃO

A produção mundial de carne suína está em constante crescimento, sendo que dentre os principais países produtores e exportadores, encontra-se o Brasil, ocupando a quarta posição. Em setembro/2012, as exportações de carne suína totalizaram 60,44 mil toneladas, o que representa um avanço de 45,98%, em relação ao mesmo mês do ano de 2011. No acumulado de 2012, o país exportou 428,18 mil toneladas, 9,72% a mais que no mesmo período de 2011 (ABIPECS, 2012).

O crescimento nas exportações indica crescimento na suinocultura e isto sugere que os custos de produção também aumentam. Na produção suína, a alimentação representa o maior custo variável de produção que afeta aos suinocultores.

O milho pode representar até 40% do custo de produção, sendo o principal ingrediente utilizado como fonte de energia na alimentação de suínos. As variações de preço são influenciadas pelo mercado externo e refletem diretamente na margem de lucro dos suinocultores. Segundo a CONAB (2012), o milho é um dos grãos mais importantes a nível nacional, a produtividade média no ano 2011/12 foi 10,5% menor do que no ano 2010/11, contribuindo para o aumento no custo de produção e, conseqüentemente, para a redução na renda do suinocultor.

Assim, aumenta o interesse para procurar alimentos alternativos que permitam reduzir custos de produção e que garantam um bom desempenho dos animais. Segundo Cardoso (2012), as pesquisas com alimentos alternativos foram desenvolvidas com o

objetivo de identificar ingredientes não convencionais para substituir o milho e o farelo de soja na alimentação de suínos e aves, sem afetar negativamente o desempenho.

Dentre dos subprodutos advindos do processo de fabricação dos biocombustíveis, encontra-se a glicerina. Segundo Carvalho et al. (2010), a glicerina pode ser comercializada sem purificação como glicerina natural, na forma bruta (com alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada, mais conhecida como “Loira” (com baixo conteúdo de ácidos graxos).

A glicerina semipurificada, sendo um coproduto da indústria do biodiesel, se postula como um alimento energético alternativo que pode ser utilizado nas diferentes fases de produção dos suínos (Carvalho et al., 2010; Piano et al., 2013; Moreira et al., 2012) sem prejudicar o desempenho, contribuindo para a diminuição dos custos de produção.

1.1. Produção de Biocombustíveis

Os recursos não renováveis são aqueles em que a fonte de energia é utilizada sem que seja concomitantemente reposta ou renovada, como é o caso dos combustíveis fósseis (Kotz et al., 2009). Porém, há um problema com esse tipo de produção de energia, o qual está relacionado à poluição ambiental e a variação do preço do petróleo.

Com as discussões relacionadas ao tema, outras fontes de energia (biofontes de energia) começam a ser avaliadas. Surge então o conceito dos biocombustíveis, os quais são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores à combustão ou em outro tipo de geração de energia (ANP, 2012a).

A história dos biocombustíveis no Brasil iniciou-se no ano 1525, após 25 anos de descoberta, Martim Afonso de Souza introduziu a cana de açúcar e, com efeito, deu-se início a um dos mais bem sucedidos negócios da história brasileira com produtos advindos do setor sucroalcooleiro (Távora 2011). Assim, começa um processo de industrialização dos biocombustíveis para serem utilizados como outra opção de energia como saída à forte dependência dos países em relação às fontes energéticas não renováveis e da preocupação com o meio ambiente.

Com este cenário, parte da produção agrícola se destina à produção de álcool sendo utilizados além da cana de açúcar, diferentes grãos como o milho e cereais de

inverno. Também, por meio da agricultura, se iniciou a viabilização da produção de biodiesel, tendo como fonte o óleo e subprodutos de várias matérias-primas vegetais (soja, girassol, canola, mamona, algodão, etc), bem como as gorduras de origem animal (frango, sebo bovino e banha suína) (Piano, 2012).

Na atualidade, a nível mundial, o Brasil ocupa o segundo lugar na produção de biocombustíveis (FAPRI, 2011) e, conforme Nogueira (2012) poderia melhorar sua posição se o Governo Federal incentivasse a cadeia produtiva.

Sendo assim, com o crescimento da produção de etanol e de biodiesel surgem dois fatos importantes na produção animal: 1) Os consumidores de energia renovável (à base de álcool e biodiesel) competirão diretamente com os animais, pelas mesmas fontes energéticas; 2) A produção de etanol e de biodiesel inevitavelmente gerará resíduos que deverão ser destinados a diferentes processos para obtenção de diferentes produtos úteis para a sociedade e para a alimentação animal, objetivando ter um equilíbrio com o meio ambiente. Dentre os resíduos da produção do etanol, destacam-se o bagaço de cana e o DDGS (grãos secos de destilaria com solúveis) e no caso do biodiesel, o glicerol (Piano, 2012).

1.2. Produção Mundial e Nacional de Biodiesel.

A demanda por biocombustíveis se expande rapidamente no mundo. Na medida em que o atual cenário de preços elevados do petróleo se consolida, apresenta-se a crise econômica mundial e aumenta o interesse pelo meio ambiente (Miranda et al., 2009). Já são 21 países no mundo que utilizam o biodiesel e 11 países estão implantando seus programas (Távora 2011). Entre os principais países produtores de biodiesel encontram-se em primeiro lugar a Alemanha, seguido da França e dos Estados Unidos (Lima et al. 2008).

O comércio mundial de biodiesel está impulsionado pela demanda de importação da União Europeia (EU) que, atualmente, atrai quase a totalidade dos fluxos de importações globais, e prevê um aumento de até 60% das importações líquidas entre 2011 e 2020. A Argentina poderá ser líder mundial em exportações de biodiesel com um aumento de até 15%. Da mesma forma, a Malásia e Indonésia aumentarão sua produção de biodiesel à base de óleo de palma e, assim, multiplicarão por quatro as suas exportações para a próxima década (FAPRI, 2011).

O Brasil ocupa atualmente a segunda posição como exportador de biodiesel a nível mundial (FAPRI, 2011). A produção brasileira de biodiesel para o ano de 2011 ficou em 2,554 bilhões de litros, 5,3% a mais que em 2010 (Nogueira 2012) e o objetivo é alcançar uma produção de 2,8 bilhões de litros até 2013. A vantagem que o Brasil apresenta, comparado com os outros países produtores de biodiesel, é a produção de oleaginosas, por sua diversidade de ecossistemas e, como consequência, a produção de biocombustíveis é cada vez maior. O objetivo é produzir mais do que se consome e assim aumentar as exportações a nível mundial.

1.3. Etapas de Produção do Biodiesel e da Glicerina.

Os principais processos utilizados para a produção de biodiesel são a hidroesterificação, o craqueamento e a transesterificação. A reação pode ocorrer na presença ou não de um catalisador (hidróxido de sódio, NaOH ou hidróxido de potássio, KOH), seja ele homogêneo ou heterogêneo (Morais, 2011). No momento, a obtenção de biodiesel por transesterificação é o processo mais utilizado nas plantas industriais, pois apresenta cinética bastante diferenciada em função do tipo de catalisador utilizado, sendo os básicos homogêneos aqueles que fornecem maior velocidade de reação. O etanol e metanol são os mais utilizados industrialmente, principalmente o metanol por que possui baixo custo e vantagens físicas e químicas (polaridade, álcool de cadeia mais curta, reação rápida com triglicerídeos e dissolução fácil com o catalisador básico) (Carvalho et al., 2007; Bonometo et al., 2010; Carvalho et al., 2010). A partir da produção do biodiesel, resulta um subproduto, a glicerina, que se caracteriza por ser incolor, inodora, viscosa e adocicada.

Quimicamente, o biodiesel é definido como um monoalquil éster de ácidos graxos, obtido através de um processo de transesterificação de óleos vegetais com álcoois através da catálise básica (base forte), utilizando como catalizadores, o hidróxido de sódio ou potássio (0,3 – 0,6%), ou ainda pela esterificação desses materiais na presença de catalisadores ácidos (ácido forte), no qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos, tendo como subproduto a glicerina bruta (Thompson & He, 2006; Holanda, 2004).

O processo de produção do biodiesel inicia com a preparação da matéria prima. O óleo vegetal utilizado deve apresentar características principais que dependerá de suas

respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental, e devem passar por importantes aspectos agronômicos, tais como: teor em óleos vegetais; produtividade por unidade de área; equilíbrio agronômico e demais aspectos relacionados como o ciclo de vida da planta (diferentes sistemas produtivos, sazonalidade da planta, adaptação territorial) (Ramos et al., 2003). A matéria prima é preparada com o objetivo de obter melhores resultados no momento da reação química, para uma máxima taxa de conversão. Inicialmente, a matéria prima deve ter o mínimo teor de umidade e acidez, o que é obtido submetendo-a à um processo de neutralização (lavagem com solução alcalina, NaOH ou KOH), seguida pelo processo de secagem (Parente, 2003).

No processo de transesterificação de óleos vegetais, o triacilglicerol reage com o metanol (rota metílica) ou etanol (rota etílica) na presença de um catalisador básico ou ácido, possibilitando a quebra das moléculas de triglicerídeos em ésteres alquílicos e glicerol (Oliveira, 2007). O rendimento da reação dependerá do deslocamento do equilíbrio químico em favor dos ésteres, através da otimização de fatores, tais como a temperatura de reação, a concentração e caráter ácido-base do catalisador, bem como o excesso estequiométrico do agente de transesterificação (álcool) (Ramos et al., 2003).

Segundo Pasquetti (2011), as reações reversíveis e consecutivas são resultado da etapa de transesterificação, sendo o primeiro processo, a quebra dos triglicerídeos em diglicerídeos, seguida da conversão deste em monoglicerídeos, para finalmente ser convertido de glicerídeos a glicerol, rendendo uma molécula de éster de álcool para cada glicerídeo, em cada etapa de reação.

Ocorre então, a separação por decantação ou centrifugação em que o glicerol e ésteres formam uma massa líquida de duas fases, e, a camada superior, a mais leve, contém os ésteres metílicos ou etílicos, constituintes do biodiesel. A fase pesada encontra-se composta de glicerol bruto e impurezas, e constituem a glicerina (Rivaldi et al. 2007). Sendo a glicerina um subproduto final, ela precisa ser removida, utilizando-se de 10 a 15% de etanol ou metanol (Costa & Oliveira, 2006).

Segundo Piano (2012), a fase que contém glicerina, água e álcool é denominada fase pesada, sendo submetida a um processo de hidrólise ácida para remoção dos sabões. A glicerina, após a hidrólise, é denominada glicerina loira. Depois da remoção dos sabões, continua um processo de evaporação, eliminando da glicerina loira, constituintes voláteis, cujos vapores são liquefeitos em um condensador apropriado. O processo de recuperação e evaporação do álcool acontece por separado. Neste processo, o álcool residual é recuperado da fase leve, sendo o produto final, o biodiesel. O

excesso residual de álcool contém quantidades significativas de água, necessitando de mais uma separação. A desidratação deste álcool é feita normalmente por destilação, sendo, no caso do metanol um processo bastante simples.

Para a separação e purificação da glicerina (na fase pesada), o processo inicia com a adição e mistura de ácido fosfórico (H_3PO_4). A adição deste ácido permite a separação de três camadas distintas, uma translúcida de glicerina que se forma abaixo da camada de ácidos graxos, e logo o catalisador se precipita ao fundo em forma de fosfatos de sódio (se for usado como catalisador) (Figura 1) (Oliveira, 2009).

Conforme Oliveira et al. (2011), na indústria do biodiesel, podem ser obtidas quatro tipos de glicerina; a glicerina bruta, obtida logo após a separação do biodiesel que contém níveis baixos de glicerol (40 a 70%), elevados níveis de catalizadores, álcool, água, ácidos graxos e sabões, com pH elevado (> 12); a glicerina bruta “loira”, é a glicerina bruta após sofrer tratamento ácido seguido de remoção dos ácidos graxos e sabões, possui de 75 a 90% de glicerol; o resto é constituído por água, sais e metanol com pH em torno de 5 a 6, e é o principal tipo de glicerina obtida das indústrias de biodiesel; a glicerina grau farmacêutico (grau USP), é a glicerina bruta “loira” após sofrer bidestilação a vácuo e tratamento com absorventes, contém mais de 99% de glicerol tendo grande aplicação nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos, higiene pessoal e fumo; e, finalmente, a glicerina grau alimentício (food grade), que é completamente isenta de metanol.

1.4. Mercado Nacional de Glicerina

O setor de biodiesel está em constante evolução, especialmente quando se dirige a atenção a aspectos como produção, capacidade instalada e abastecimento. Segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2012b), atualmente existem 64 plantas produtoras de biodiesel autorizadas para operação no Brasil, correspondendo a uma capacidade total de 19.533,95 m³/dia. Destas empresas, 61 têm autorização para comercializar o biodiesel produzido com capacidade diária de 18.606,25 m³. Há ainda 10 novas plantas de biodiesel para construção no país e oito para ampliação de capacidade. Com a finalização e posterior autorização para operação, a capacidade total autorizada no Brasil poderá ser aumentada em 4.775,79 m³/dia.

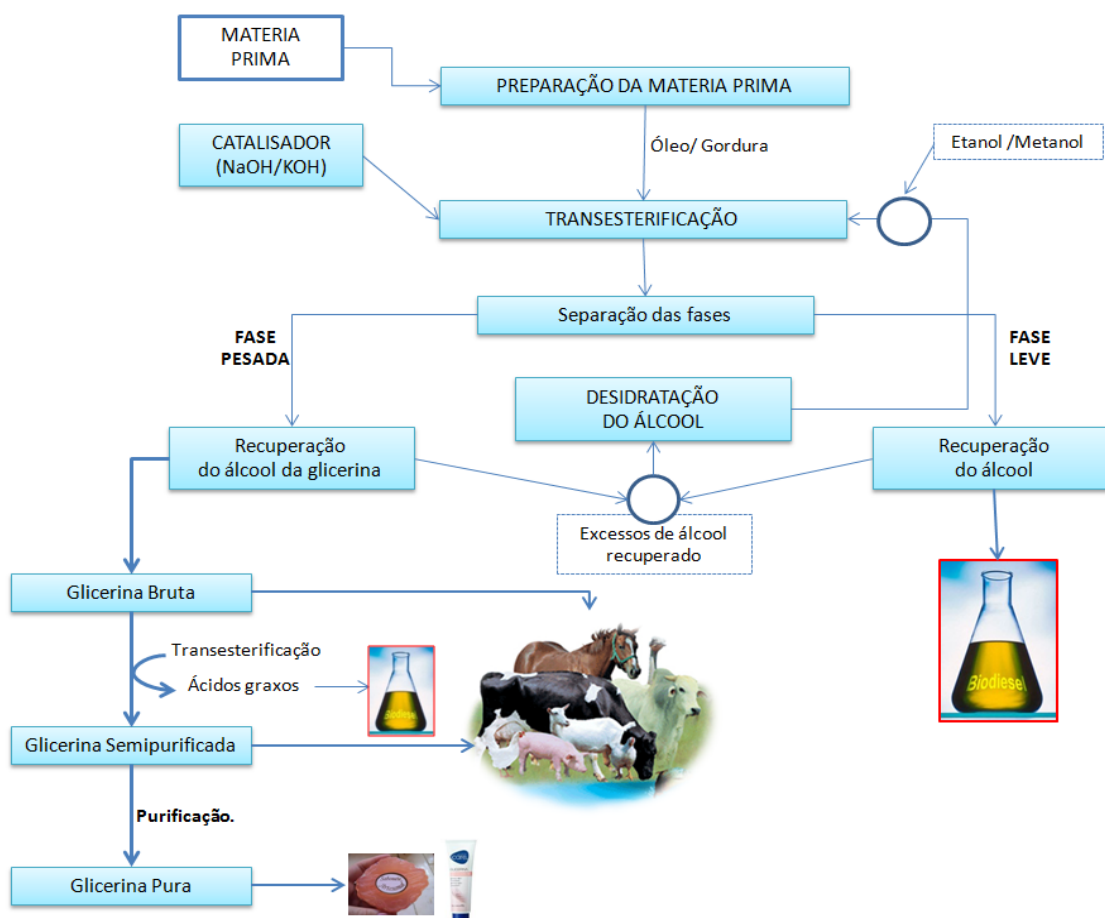


Figura 1. Etapas de produção do biodiesel e das glicerinas bruta, semipurificada e purificada e seu uso na indústria (Fonte: adaptado de Carvalho 2011).

Em 2004, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), com o objetivo de incentivar a produção e uso do mesmo, sendo o enfoque principal a obtenção de fontes combustíveis alternativas aos combustíveis fósseis e no desenvolvimento econômico do país. No ano de 2005, foi publicada a Lei 11.097, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. A adição de 2% de biodiesel ao diesel (B2) tornou-se obrigatória até 2008 e a adição de 5% (B5) até 2013. No ano 2008, o diesel comercializado passou a conter 3% de biodiesel (B3), projetando, assim, uma produção de glicerol de 100 mil t/ano no mercado brasileiro. Desde 2010, a mistura de biodiesel ao diesel é de 5% (B5), conforme a Resolução CNPE nº6 de 16/09/2009, tendo uma previsão para o ano 2013 de uma produção de 250 mil t/ano de glicerol (Freire, 2012).

Segundo Dasari et al. (2005), estima-se que aproximadamente 10% do volume total de biodiesel produzido correspondem a glicerina. Apolinário et al. (2012)

indicaram que para cada 90 m³ produzidos de biodiesel são gerados 10 m³ de glicerina. A projeção da produção de glicerol, segundo Adilson et al. (2011), estaria ao redor de 1,2 milhões de t/ano até o ano 2010, mas com o avanço do programa nacional do biodiesel, o volume de glicerol gerado da produção de biodiesel é enorme e muito acima da demanda. Segundo Vasconcelos (2012), em 2010 atingiu cerca de 260 mil toneladas apenas como subproduto do biodiesel, volume quase oito vezes superior à demanda, estimada em cerca de 40 mil toneladas.

Portanto, é consenso na comunidade científica e nas indústrias do setor que o glicerol é um sério problema para a produção de biodiesel em grandes quantidades (Adilson et al. 2011) e é fundamental buscar alternativas para o consumo desse volume extra de glicerol, na forma bruta ou como derivados de alto valor agregado, viabilizando, economicamente, o aumento da produção de biodiesel e tornando esta indústria mais competitiva.

Os principais mercados que utilizam o subproduto do biodiesel, a glicerina com uma pureza acima de 95% são as indústrias de cosméticos, de farmacêuticos (composição de cápsulas, xaropes e pomadas), de alimentos (para conservar bebidas, refrigerantes, balas, bolos, carnes e rações) e química (tintas) (Vasconcelos, 2012). Segundo Adilson et al. (2011), a glicerina é distribuída para setores da indústria nacional, sendo para cosméticos e fármacos (28%), revenda (15%), ésteres (13%), poliglicerina (12%), alimentos e bebidas (8%), resinas alquídicas (6%), filmes de celulose (5%), tabaco (3%), papel (1%), outros (10%). Além destes mercados, é utilizada na fabricação de resinas e aditivos e na produção de plástico. Na indústria do tabaco, a glicerina torna as fibras do fumo mais resistentes e evita o ressecamento das folhas, da mesma forma que é usada para amaciar e aumentar a flexibilidade de fibras têxteis (Apolinário et al. 2012).

O uso da glicerina loira derivada da produção do biodiesel não tem um mercado definido, embora, está sendo pesquisada sua utilização como alimento alternativo para produção animal (Piano, 2012; Pasquetti, 2011) e como plastificante aditivo que confere maior resistência e elasticidade dos plásticos, melhorando as propriedades mecânicas (Apolinário et al. 2012).

1.5. Características químicas, metabolismo e absorção do glicerol.

O glicerol é um termo que se aplica, geralmente, ao composto puro. Trata-se de um trihidroxipropano (1,2,3-propanotriol), um líquido incolor, com gosto adocicado, sem cheiro e muito viscoso, derivado de fontes naturais ou petroquímicas (Mota et al, 2009). A presença de três grupos hidroxila na estrutura do glicerol é responsável pela solubilidade em água e sua natureza higroscópica, sendo uma molécula altamente flexível, formando ligações de hidrogênio intra e intermoleculares (Adilson et al., 2011). O glicerol pode ser encontrado em todas as gorduras e é um intermediário importante no metabolismo dos seres vivos (Felizardo et al., 2006).

Quanto ao termo glicerina, este se aplica aos produtos comerciais que contenham, na sua composição, 95% ou mais de glicerol (Felizardo et al., 2006). Em consequência da alta concentração de glicerol, a glicerina, às vezes, é tratada como tal. Entretanto, neste trabalho será mantida a diferença entre glicerina e glicerol.

O glicerol é uma das mais versáteis e valiosas substâncias químicas conhecidas pelo homem. Foi preparada pela primeira vez mediante o aquecimento do óleo de oliva com litargírio (PbO, usado no esmalte de cerâmicas) por Carl W. Scheele, um químico sueco no ano de 1779. Na lavagem com água se obtêm uma solução adocicada que resulta com a evaporação da água em um líquido pesado e viscoso, denominando-a “o princípio doce das gorduras”. No ano 1846, Ascanio Sobrero, um químico italiano, produziu pela primeira vez a nitroglicerina, e em 1876, Alfred Nobel absorveu-a em diatomita, tornando segura sua manipulação como dinamite (Adilson et al., 2011). Até 1949, toda a glicerina era obtida a partir de glicerídeos existente em gorduras e óleos, mas a descoberta de novas vias para produzir glicerol a partir de propileno e açúcar aumentou a produção de glicerina sintética até atingir um máximo (60% da produção) em 1965 (Felizardo et al., 2006).

Devido à presença de glicerol, a glicerina apresenta potencial uso na alimentação animal como fonte energética em substituição a cereais ricos em amido (Oliveira et al., 2011; Kovács, 2011; Berenchtein et al., 2010).

A glicerina é reconhecida como substância atóxica desde 1959, e também considerada como substância “GRAS” (*Generally Regradede as Safe*) pelo FDA (*Food and Drug Administration*) dos EUA. No Brasil, seu uso em produtos alimentícios é assegurado pela resolução de nº 386, de cinco de agosto de 1999 (Piano, 2012); e na

Comunidade Europeia, está registrada como aditivo de alimento, sem limite de inclusão (No 1831/2003) (Piesker & Dersjant-Li, 2006).

Em setembro de 2010, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabeleceu os padrões de qualidade para a utilização da glicerina bruta e loira na alimentação animal. Estas devem conter, no mínimo, 80% de glicerol, no máximo 13% de umidade e 150 mg/kg de metanol; os teores mínimos de sódio e de matéria mineral, devem ser garantidos pelo fabricante dependendo, assim, do processo produtivo para a obtenção desse glicerol. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da resolução 386/1999, já colocava o glicerol como umectante na lista de aditivos permitidos para a alimentação humana e animal, entretanto, não havia critérios de conformidade e qualidade da glicerina.

O glicerol é parte fundamental na estrutura dos triacilgliceróis (lipídios de armazenamento, ligado a ácidos graxos tais como o ácido esteárico, oléico, linoléico, palmítico e láurico) (Menten et al., 2010) e dos glicerofosfolipídios (lipídios de membrana presente em bactérias, fungos, protozoários e mamíferos) (Rieger, 2011). Sendo parte fundamental no sistema metabólico de microrganismos, atua como precursor de numerosos compostos e regulador de vários mecanismos bioquímicos intracelulares. Sua função principal nos microrganismos eucarióticos é regular as variáveis de atividade da água em ambientes osmofílicos (Rivaldi et al., 2007). Seu papel como osmorregulador ocorre como reação a fatores ambientais para manter sua estabilidade; diminuindo a permeabilidade da membrana e restabelecendo a atividade celular (Arruda et al. 2007).

Em humanos, o glicerol participa na termorregulação do corpo, resistência a altas temperaturas, resistência dos músculos em atividades físicas e na resposta neural da variação da glicemia (Rivaldi et al., 2007). Pela sua capacidade de contrabalancear a pressão hídrica, pode ser empregado no tratamento de edemas cerebrais e intraoculares (glaucoma) e também na hipertensão intracranial (Arruda et al., 2007).

A ingestão de glicerol por atletas mostrou aumentar a resistência destes à atividade física em, aproximadamente, 24% do tempo de tolerância de exercício em relação àqueles que não utilizaram. Isto é devido à combinação da ingestão de glicerol e líquido, pois há um aumento do volume de água do corpo, mantendo uma maior hidratação através da redução da velocidade de eliminação de água do organismo (Brisson et al., 2001).

A metabolização do glicerol é feita principalmente pelo fígado e pelo rim (responsável pela metabolização de, aproximadamente, 20% do glicerol total no organismo), mas também pode ser metabolizado no tecido cerebral, na mucosa intestinal, pulmão, tecido adiposo, músculo esquelético e cardíaco, leucócitos, fibroblastos e espermatozóides (Lin, 1977).

Quando o corpo utiliza as reservas de gordura corporal como fonte de energia, o glicerol e ácidos graxos são liberados na corrente sanguínea (Brody, 1994). Os triacilglicerídeos são hidrolisados durante a digestão pela lipase pancreática, formando-se ácidos graxos livres e glicerol, sendo este último solúvel em água é rapidamente absorvido pelo intestino delgado (Carvalho, 2011), seguido deste processo, o glicerol é transportado para o interior das células por proteínas carreadoras, as aquaporinas (AQP); especificamente, as aquaporinas 3, 7 e 9, chamadas de aquagliceroporinas, um subgrupo que permite a difusão facilitada de glicerol pela membrana plasmática dos hepatócitos e adipócitos (Rieger, 2011; Guerra et al., 2011).

Já sua metabolização inicia pela enzima glicerol cinase (GK), que permite sua fosforilação para L-glicerol 3-fosfato (G3P). Logo a enzima glicerol 3-fosfato desidrogenase (GPDH) catalisa a oxidação reversível do G3P em diidroxiacetona-fosfato (DHAP) que pela ação de uma triose 3-fosfato isomerase pode ser convertido D-gliceraldeído 3-fosfato. O DHAP e seu isômero são substratos da glicólise e gliconeogênese e precursores da síntese de triacilgliceróis (Rieger, 2011).

A GK encontra-se, principalmente, nos rins e no fígado e, em menor concentração, na mucosa intestinal, tecido adiposo, músculo esquelético e cardíaco, sendo que a atividade do glicerol nestes tecidos é proporcional à sua concentração (Lin, 1977).

O G3P pode continuar duas rotas metabólicas diferentes: a glicose/gliconeogênese e formação de triacilgliceróis. Na primeira rota, um 70 a 90% do G3P é oxidado para produzir DHAP que é convertido em gliceraldeído 3-fosfato, que então será utilizado para produção de ATP na via da glicólise ou para produção de glicose pela gliconeogênese. Na segunda rota, o G3P (10 a 30%) é esterificado por três moléculas de ácidos graxos para formar um triacilglicerol (Nelson & Robergs, 2007).

Assim, o destino metabólico do glicerol pode ser dirigido, dependendo do tecido e do estado nutricional do animal para:

- O fornecimento de esqueleto carbônico para a gluconeogênese,

- Para transferência de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria (com geração de 22 ATP)
- Como precursor da síntese de triglicerídeos (Menten et al., 2010).

O G3P, além de ser um intermediário metabólico, participa no sistema energético da mitocôndria a nível celular. Na membrana mitocondrial externa, a GK se associa às porinas, as quais se unem a translocadores de nucleotídeo adenina na membrana interna; este complexo estimula o movimento de nucleotídeos adenina através da membrana e permite o acesso à GK ao ATP mitocondrial (Brisson et al., 2001).

Acontece liberação de ácidos graxos não esterificados e glicerol do tecido adiposo em um período de jejum, assim, quando um animal reestabelece sua condição glicêmica os ácidos graxos são incorporados ao tecido adiposo, mas o glicerol não; o tecido adiposo tem dificuldade em incorporar o glicerol livre, e como consequência a formação de G3P no tecido adiposo capaz de esterificar os ácidos graxos, é utilizada a glicose (Leão et al., 2012).

Segundo Doppenberg & Van Der Aar (2007), nos suínos, para a utilização do glicerol existe uma limitante, referente à ativação das enzimas. Com altos níveis de inclusão de glicerina, oferece-se uma baixa concentração de energia nas rações, sendo que o sistema enzimático (glicerol-quinase) torna-se saturado, limitando a conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato, assim, o excesso do glicerol é excretado na urina.

1.6. Restrições da Utilização da Glicerina na Alimentação Animal

Como indicado anteriormente, a glicerina já é reconhecida como uma substância atóxica, sendo utilizada, primeiramente, como um aditivo na nutrição humana e animal; em maio de 2010, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), liberou-a para registro como ingrediente na alimentação animal, tendo em consideração determinada concentração de metanol, umidade e glicerol.

É necessária uma atenção especial com os fatores de qualidade relacionados com a produção da glicerina, porque os resíduos, provenientes dos reagentes utilizados durante a produção do biodiesel (sódio, potássio, metanol, umidade) podem intoxicar os animais. Um estudo realizado por Silva et al. (2012) demonstrou que só 4 de 16 usinas produtoras de biodiesel cumprem com os valores médios permitidos pelo MAPA,

indicando uma grande variação na composição das glicerinas disponibilizadas pelas indústrias, tornando-se recomendável analisá-las quanto aos teores de umidade e glicerol se estas forem destinadas para o uso na alimentação animal.

O metanol ingerido é oxidado no fígado pela ação da enzima álcool desidrogenase (ADH) e convertido em formaldeído e ácido fórmico (estes se acumulam no organismo e são os responsáveis da toxicidade). O formaldeído é tóxico, mas sua vida média não permite maior significância, ao contrário do ácido fórmico, sendo um ácido exógeno que contribui à acidose metabólica e inibe o citocromo oxidase mitocondrial (atuando como uma toxina mitocondrial), impedindo a respiração celular, gerando hipóxia tissular. A respiração celular passa à anaeróbia e produz lactato, como consequência gera uma severa hipóxia, acidose metabólica grave e toxicidade ocular (Zavarize, 2012).

Se existe uma intoxicação por metanol em humanos, seus sintomas iniciam entre 12 e 24 horas após a ingestão. Após este período, a acidose metabólica produz distúrbios visuais que são acompanhados por náuseas, vômitos, dor abdominal e dor de cabeça, podendo levar em casos extremos a uma cegueira, como causa de edema do disco óptico nas pessoas afetadas (Carrete et al., 1994). Uma intoxicação por metanol em animais é identificada pela excreção de ácido fórmico na urina (Zavarize, 2012).

Outro resíduo que tem importância é o sódio; quando o hidróxido de sódio é utilizado no processo de obtenção do biodiesel, obtêm-se a glicerina com quantidade considerável de cloreto de sódio. Assim, quando não é conhecida a real concentração presente nas glicerinas e na ausência do seu ajuste nutricional, na hora da formulação das dietas, haverá excesso deste eletrólito, sendo a principal problemática, ocasionando aumento no consumo de água, e conseguinte excreção pelos animais (Menten et al., 2009).

1.7. Glicerina na Alimentação de Animais não Ruminantes

Por ser um líquido doce e energético, a glicerina pode ser utilizada pelos suínos como um nutriente glicogênico ou lipogênico, dependendo das demandas energéticas que o animal apresente (Jagger, 2008). Assim, diferentes pesquisas têm sido realizadas demonstrando que a inclusão deste subproduto do biodiesel, melhora as variáveis de desempenho dos animais, sendo uma boa alternativa energética na substituição dos cereais, como o milho ou trigo (Kijora & Kupsch, 1996; Mourot et al., 1994; Kovács,

2011). Apesar disto, deve-se ter em conta que o excesso de glicerina pode ser prejudicial para os animais.

Berenchtein et al. (2010) trabalhando com diferentes níveis de inclusão (0, 3, 6, e 9%) da glicerina nas fases de crescimento e terminação de suínos Topig não obtiveram efeito nas variáveis de desempenho estudadas. Porém, os autores observaram redução no consumo diário de ração, piora na conversão alimentar e menor ganho de peso diário para os animais que consumiram glicerina, o que pode ser devido à baixa qualidade do pellet. Os autores concluíram que o glicerol pode ser incluído em até 9% nas dietas de suínos na fase de crescimento e terminação, sem afetar as características de carcaça dos animais, nem suas variáveis de desempenho.

Resultados similares foram obtidos num estudo realizado por Kijora et al. (1995). Os autores concluíram que níveis de inclusão (5, 10, 20 e 30%) de glicerol nas dietas de suínos na fase de crescimento pode ocasionar menor ganho de peso e pior conversão alimentar, sem, no entanto, afetar o consumo diário de ração. Segundo os autores, este nível de inclusão comprometeu a qualidade e forma física da ração, com a formação de grumos, prejudicando a fluidez nos comedouros e, conseqüentemente, o desempenho dos animais.

Por outro lado, estudos realizados por Piano (2012) e Carvalho (2011) concluíram que a inclusão de gliceras semipurificada e bruta de origem vegetal e mista na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação podem ser utilizadas em até 16 e 12% respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Gallego (2012) que adicionou níveis crescentes de glicerina semipurificada neutralizada nas dietas de suínos nas fases inicial, de crescimento e terminação e concluiu que a adição de até 14% não afeta o desempenho dos animais, nem as características de carcaça ou a qualidade da carne. Lammers et al. (2008) afirmaram que a inclusão de até 10% da glicerina semipurificada não prejudicou nenhuma das variáveis de desempenho dos leitões na fase inicial.

Mendoza et al. (2010) concluíram que a inclusão de até 15% de glicerina purificada nas rações de suínos em terminação não afetou as variáveis de desempenho dos animais, nem as características quantitativas e qualidade da carne. Melhoras na qualidade da carne também foram relatadas por Mourot et al. (1993) e Mourot, (2009), os quais indicaram que uma inclusão de até 5% de glicerina semipurificada melhorou os parâmetros quantitativos e qualitativos da carcaça, reduzindo a perda de água por

gotejamento e cocção, aumentando o teor de lipídios e promovendo melhoria na qualidade sensorial nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*.

Por outro lado, Gallego (2012) que trabalhou com glicerina semipurificada neutralizada, Piano (2012) que utilizou gliceras semipurificadas de origem mista e vegetal, e Carvalho (2011) que estudou a glicerina bruta vegetal e mista na alimentação de suínos, nas fases de crescimento e terminação, não encontraram efeito nas variáveis de força de cisalhamento e perda por cocção.

Estudos realizados por Schieck et al. (2010), demonstraram que a inclusão de até 9% de glicerina bruta para fêmeas suínas, na fase de lactação promoveu melhora no desempenho, diminuindo o incremento calórico e o estresse térmico.

A inclusão de glicerina na alimentação de leitões na fase pré-inicial indica que uma inclusão de até 12% de glicerina bruta nas rações melhora o CDR e GDP, sem nenhuma diferença na CA (Groesbeck et al., 2008). Ao contrário, Christopher (2009) recomendou inclusão de até 5% de glicerina na substituição de lactose em leitões recém-desmamados, para obter uma melhora na durabilidade do pellet, fluidez, eficiência e temperatura da peletizadora, sem prejudicar o desempenho dos animais.

Do mesmo modo, Shields et al. (2011) estudaram a inclusão de glicerina como substituto da fonte energética (lactose e milho) das rações dos leitões recém desmamados e observaram melhora nas variáveis de desempenho estudadas com a inclusão de até 10% de glicerina bruta.

Em outros estudos realizados com frangos de corte, Cerrate et al. (2006) concluíram que a inclusão de 5% de glicerina bruta nas dietas não afetou o desempenho das aves, e os resultados foram similares às aves alimentadas com a ração testemunha. Estes resultados estão em acordo com os encontrados por Vieira et al. (2008), que determinaram que é possível o uso da glicerina na alimentação destas aves, dependendo do nível de inclusão que deve ser menor que 10%. Outro estudo realizado por Waldroup (2007) demonstrou que a inclusão de 5% e 10% de glicerina nas rações de frangos de corte melhorou as variáveis de desempenho destas aves. Embora a característica negativa destacada nestas pesquisas é o aumento na umidade da cama das aves, o que significa o aumento na umidade das excretas. Gianfelici (2009) atribuiu o aumento da perda de água por frangos que consomem glicerina, às perdas por via urinária, sendo o resultado de menor reabsorção de água no intestino e, como consequência, há maior excreção renal.

Trabalhando com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada mista e bruta mista em codornas de corte, Pasquetti (2011) observou aumento linear na umidade da cama. Segundo Min et al. (2010), altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação das aves ocasiona uma capacidade limitada de metabolização do glicerol, já que, o glicerol ingerido não é totalmente metabolizado, devido à saturação da enzima glicerol quinase que transforma o glicerol em glicerol-3-fosfato.

Estudos realizados por Neto (2011) e Lima et al. (2010) com glicerina semipurificada na alimentação de cães concluíram que a inclusão de até 9% melhora a palatabilidade do alimento e promove o aumento da digestibilidade energética. No entanto, níveis mais elevados podem ocasionar produção de fezes inconsistentes pelos animais.

Citação Bibliográfica

- ABIPECS [2012]. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/news/608/99/Exportacao-de-carne-suina-do-Brasil-sobe-46-em-setembro.html>>. Acesso em: oct. 12, 2012.
- ADILSON, B.; YARA J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: Um Breve Histórico e Aplicação em Sínteses Estereosseletivas. **Revista Química Nova**, v. 34, p. 306-319, 2011.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). [1999]. **Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999**. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo boas praticas de fabricação e suas funções. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/386_99.htm> Acesso em: nov. 10, 2012.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis** [2012]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: oct. 17, 2012a.
- ANP – Agência Nacional de Petróleo. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim Mensal de Biodiesel** [2012]. Disponível em: <<http://ubrabilio.com.br/sites/1800/1891/PDFs/InformacaodoSetor/BoletimMensaldoBiodieselANPjulho2012.pdf>> Acesso em: oct. 17, 2012b.
- APOLINÁRIO, 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**, v. 2, p. 141-146, 2012.
- ARRUDA, P.V.; RODRIGUES, R.C.; ALMEIDA, M.G. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. Escola de Engenharia de Lorena – EEL/USP. **Revista Analytica**, v. 26 p. 56-62, 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.
- BONOMETO, R.P.; JUSTI, A.L.; BUCHI, A.T. et al. Análise Energética do processo experimental de Produção de Biodiesel a partir de óleo de frango. **Revista Energia na Agricultura**, v. 25, p. 130-140, 2010.
- BRISSON, D.; VOHL, M.C; ST-PIERRE, J. et al. [2001]. **Glycerol: a neglected variable in metabolic process?** In: Bio Essays v.23, p.534-542, 2001. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bies.1073/pdf>> Acesso em: nov. 25, 2012.
- BRODY, T., 1994. **Nutritional Biochemistry**. Academic Press Inc, San Diego, CA.
- CARDOSO, L.S. **Alimentos alternativos podem diminuir custos na suinocultura**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=135> Acesso em: set. 20, 2012.
- CARRETE H.Jr. NOGUEIRA R.G.; ABDALA N. et al. Tomografia computadorizada na intoxicação por Metanol (relato de caso). **Arquivo de Neuropsiquiatria**. v. 52, p. 93–95, 1994.
- CARVALHO, P.L.O. **Glicerina Bruta na Alimentação de Suínos**. 2011. 9f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- CARVALHO, P.L.; MOREIRA, I.; PIANO, L.M. Valor nutricional da glicerina bruta e semipurificada na alimentação de suínos na fase de crescimento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2010.

- CARVALHO, S.C.; OLIVEIRA, M.E.; FRANÇA, L.F. Modelagem e Simulação da cinética de transesterificação de Óleos Vegetais para Produção de Biodiesel. **Anais... Brasília: II Congresso da Rede Brasileira de Biodiesel**, 2007.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**. v.11, p.1001-1007, 2006.
- CHRISTOPHER, S.M. **Evaluation of the Nutritional Value of glycerol, a byproduct of biodiesel production, for swine**. 2009. 54f. (Master Animal Science). North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira**. Grãos, safra 2011/2012 [2012]. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_03_13_11_04_08_boletim_marco_2012.pdf>. Acesso em: oct. 17, 2012.
- COSTA, B.J.; OLIVEIRA, S.M.M. Produção de biodiesel (Dossiê Técnico). [2006]. **Instituto de Tecnologia do Paraná**. Disponível em: <http://146.164.33.61/termo/seminarios09/Producao_de_biodiesel_Dossie_Tecnico.pdf>. Acesso em: jul. 25, 2011.
- DASARI, M.A.; KIATSIMKUL, P.P.; SUTTERLIN, W.R. et al. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis A: General**, v.281, p.225-231, 2005.
- DOPPENBERG, J.; VAN DER, A.A.R. Biofuels: Implications for the feed industry. **Wageningen Academic Publishers**, p. 73–88, 2007.
- FAPRI - Food and Agricultural Policy Research Institute and EUROPEAN COMMISSION: Agriculture and Rural Development. **Agricultural Commodity Markets Outlook 2011-2020: A COMPARATIVE ANALYSIS**. European Union, 2011.
- FELIZARDO, P.; CORREIA, M.J.N.; RAPOSO, I. et al. Production of biodiesel from waste frying oils. **Waste Management**, v.26, p.487-494, 2006.
- FREIRE, L. Biodiesel e os desafios desta importante fonte de energia sustentável. **Revista Graxaria Brasileira, Reciclagem Animal**, v. 28, p. 40-49, 2012.
- GALLEGO, A.G. **Glicerina Semipurificada Neutralizada na Alimentação de suínos**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2012. 54p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- GIANFELICI, M.F. **Uso de glicerol como fonte de energia para frangos de corte**. 2009. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- 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.
- GUERRA, R.L.H.; MURAKAMI A.E.; GARCIA A.F. et al. Glicerina Bruta Mista na Alimentação de Frangos de Corte (1 a 42 dias). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, p. 1038-1005, 2011.
- HOLANDA, A. **Cadernos de Altos Estudos - biodiesel e inclusão social**. Câmara dos Deputados: Brasília, 2004. 189p.
- JAGGER, S. **Proceedings of the British Society of Animal Science**. In: The implications of biofuel production on intensive livestock production in the United States. p. 286-287, 2008.
- JUNIOR N.T. **Suinocultores reclamam de preços baixos e alto custo de produção**. Campo & Lavoura. Disponível em: <<http://wp.clicrbs>>.

- com.br/campoelavouranagaucha/2012/05/08/suinocultores-reclamam-de-precos-baixos-e-alto-custo-deprodução/?topo=52,1,171,77>. Acesso em: set. 20, 2012.
- KIJORA, C.; BERGNER, H.; KUPSCH, R.D. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**. v.47, p. 345-360, 1995.
- KIJORA, C.; KUPSCH, S.D. Evaluation of technical glycerols from "biodiesel" production as a feed component in fattening of pigs. **Lipid-Fett**, v.98, p.240-245, 1996.
- KOTZ, J.C.; TREICHEL, P.M.; WEAVER, G.C. **Química geral e reações químicas**. 2 ed. Connecticut, 2009. Pag. 242.
- KOVÁCS, P. **The Use of glycerol Generated During the biodiesel Production for Feeding Pig**. 2011. 2 f. Thesis of Doctoral. Institute Of Animal Sciences. Ijhelyi Imre Animal Sciences School of Doctor's. Mosonmagyaróvár.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin supplemented diets. **Journal of Animal Science**. v.86, p.2962-2970, 2008.
- LEÃO, J.P.; RAMOS, T.A.; MARUO, V.M. et al. Anatomopatologia de amostras de bovinos alimentados com glicerol. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1253-1256, 2012
- LIMA D.O.; SOGABE V.P.; CALARGE T.C.C. Uma Análise sobre o Mercado Mundial do Biodiesel. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2008-
- LIMA, D.C.; NETTO, M.V.T.; FELIZ, A.P. et al. Digestibilidade de dietas contendo crescentes níveis de glicerina em cães. In: Congresso Internacional sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2010. **Anais...** Campinas: CNBA, 2010.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, v. 46, p. 765-795, 1977.
- 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, p. 3887-3895, 2010.
- MENTEN, J.F.; ZAVARIZE, K.C.; DA SILVA C.L. Biodiesel: Oportunidades do Uso da Glicerina na Nutrição de Aves. In: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal - IV CLANA CBNA/AMENA, 2010. **Anais...** São Paulo: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal, 2010.
- MENTEN, J.F.M.; MIYADA, V.S.; BERENCHTEIN, B. [2009]. Glicerol na alimentação animal. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf> Acesso em: 17/10/2012.
- MIN, Y.N.; YAN, F.; LIU, F.Z. et al. Glycerin-A New Energy Source for Poultry. **International Journal of Poultry Science**. v. 9, p. 1-4, 2010.
- MIRANDA H.P.; CARMO G.E. [2009]. **Agro e Biocombustíveis: O cenário Brasileiro atual e as perspectivas futuras**. Universidade federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.uff.br/vsinga/trabalhos/Trabalhos%20Completo/Helisson%20de%20Paiva%20Miranda.pdf>>. Acesso em: set. 20, 2012.
- MORAIS, F.R. **Desenvolvimento de um Processo Contínuo para Produção de Biodiesel a Baixas Temperaturas**. 2011. 16f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão.
- MOREIRA, I.; GALLEGO, A.G.; POZZA, P.C. et al. Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding in Brazil. In: ADSA-ASAS Joint Annual Meeting v. 30, 2012. **Anais...** Phoenix: **ADSA-ASAS Joint Annual Meeting**, 2012.

- MOTA, C.J.; DA SILVA, C.X.; GONÇALVES, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da Glicerina de produção de biodiesel. Instituto de Bioquímica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Química Nova**, v. 32, p. 639-648, 2009.
- MOUROT, J. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. **Inra Productions Animales**, v.22, p.409-414, 2009.
- MOUROT, J.; AUMAITRE, A.; MOUNIER, A. et al. Effect du glycerol alimentaire sur les performances de croissance et la qualité de la viande chez le porc Large White. **Journées Recherche Porcine en France**, v.25, p.29-35, 1993.
- 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.
- NELSON J.L.; ROBERGS R.A. Exploring the potential ergogenic effects of glycerol hyperhydration. **Sports Med.** v. 37, p. 981-1000. 2007.
- NETO, B.P. Uso de glicerina na alimentação de cães adultos. 2011. 40f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- NOGUEIRA M. [2012]. **Produção de biodiesel ainda derrapa**. Disponível em: <http://www.valor.com.br/imprimir/noticia_impreso/2567280> Acesso em: 17/03/12.
- OLIVEIRA A. S.; OLIVEIRA M. R. C.; SOUZA G. J. et al. [2011]. **Perspectiva da utilização dos coprodutos do Biodiesel na produção de bovinos de Corte**. Disponível em: <<http://www.amazoniaphos.com.br/TNX/imprime.php?cid=564&sid=44>>. Acesso em: nov. 10, 2012
- OLIVEIRA, A.P.C. **Preparação e Caracterização de Compósitos de Poliuretanas Elastoméricas Rígidas Obtidas a partir de Fontes Renováveis**. 2007. 7f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- OLIVEIRA, M.F. **Purificação da Glicerina bruta obtida a partir da transesterificação do óleo de algodão**. 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- PARENTE, E.J.S. **Biodiesel: Uma aventura Tecnológica num País Engraçado**. 1.ed. Fortaleza-CE, 2003. p. 66.
- PASQUETTI, T.J. **Avaliação nutricional da Glicerina bruta ou semipurificada, oriundas de gordura animal e óleo vegetal, para codornas de corte**. 2011. 110f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- PIANO, L.M. **Glicerinas Semipurificadas na Alimentação de suínos**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2012. 32p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- PIANO, L.M.; MOREIRA, I.; FURLAN A.C. et al. Semipurified glycerins on starting piglets feeding (15-30 Kg). **Acta Scientiarum**, v. 35, p. 159-164, 2013.
- PIESKER, M.; DERSJANT-LI. Y. Glycerol in Animal Nutrition - Versatile co- product of biodiesel production. **Feed magazine Kraftfutter**. Pork Cooperative Research Center, 2006. 200p. (Supplement).
- RAMOS, L.P.; KUCEK K.T.; DOMINGOS A.K. et al. [2003]. **BIODIESEL - Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil**. Universidade federal do Paraná. Available at: <<http://www.resol.com.br/textos/Biodiesel.pdf>>. Accessed on: set. 20, 2012.

- RIEGER, E. **Efeito da Administração Intraperitoneal de Glicerol sobre Parâmetros Bioquímicos e Estruturais em Rim de Ratos Jovens**. 2011. 8f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RIVALDI, J.D.; SARROUH, B.F.; FIORILO, R. et al. Glicerol de Biodiesel: Estratégias Biotecnológicas para o Aproveitamento do Glicerol Gerado da Produção de Biodiesel. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 37, p. 44-51, 2007.
- RIVALDI, J.D.; SARROUB, B.F.; FIORILO, R. et al. Glicerol de Biodiesel. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. p.44-51, Ano x, n.37, 2007/2008.
- SCHIECK, S.; KERR, B.J.; BAIDOO S.K. et al. Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. **Journal of Animal Science**, v. 88, p.2648-2656, 2010.
- SHIELDS, M.C.; VAN HEUGTEN, E.; LIN, X. et al. Evaluation of the nutritional value of glycerol for nursery pigs. **Journal of Animal Science**. v. 89, p. 2145–2153, 2011.
- SILVA J.O.; ANTONIASSI, R.; FREITAS S.C. et al. Glicerina, coproduto do biodiesel: restrições qualitativas para uso na alimentação animal. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 5. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 8. 2012. **Anais...** Salvador: Biodiesel, inovação e desenvolvimento regional, 2012.
- TÁVORA F.L. **História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil**. Centro de Estudos da Consultoria do Estado. 2011. Texto para Discussão 89.
- THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, p.261–265, 2006.
- VASCONCELOS Y. [2012]. **Resíduos bem-vindos: Subproduto do biodiesel pode ser usado para suprimir poeira de vagões de minério**. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/06/14/residuos-bem-vindos/>> Acesso em: nov. 1, 2012.
- VIEIRA M.M.; GIANFELICI M.F.; KESSLER A.M. et al. Uso da glicerina proveniente de produção de biodiesel como fonte de energia para dietas de frangos de corte. . In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, 2008. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.
- WALDROUP, P.W. Biofuels and broilers – competitors or cooperators? In: Proceedings of the 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference, 2007. **Anais...** Maryland: 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference, 2007.
- ZAVARIZE K.C. **Utilização de glicerina proveniente da produção de biodiesel na dieta de frangos de corte**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” 2012. 28p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) Universidade de São Paulo, Piracicaba.

II - OBJETIVOS GERAIS

A) Avaliar a composição nutricional (química, energética) e digestibilidade da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).

B) Avaliar a utilização da GSPN na alimentação de leitões na fase pré-inicial e seus efeitos sobre o desempenho e parâmetros sanguíneos.

C) Identificar qual é o nível máximo de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada nas rações dos leitões (6 a 15 kg), e verificar a viabilidade econômica de sua utilização.

III - Glicerina Semipurificada Neutralizada na Alimentação de Leitões na Fase Pré-Inicial (6 a 15 kg).

RESUMO – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de determinar o valor nutricional da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) e avaliar o desempenho de suínos na fase pré-inicial (6 a 15 kg), alimentados com rações contendo níveis crescentes de GSPN. No Experimento I, foi conduzido um ensaio de digestibilidade com 30 leitões machos castrados, com $11,80 \pm 5,12$ kg de peso vivo, distribuídos em um delineamento em blocos casualizado. A unidade experimental constituiu-se de um leitão, totalizando seis unidades experimentais por ração. Os níveis de substituição da ração referência pela GSPN foram 3, 6, 9 e 12%. Os valores na matéria natural de ED e EM da GSPN foram 3535 kcal/kg e 3279 kcal/kg respectivamente, os quais foram estimados pela análise de regressão do consumo de ED e EM (kcal/kg) associada à glicerina vs. consumo de GSPN (kg). Os resultados indicam que este coproduto é boa fonte de energia para a alimentação de leitões. No Experimento II, foram utilizados 135 leitões recém-desmamados com 21 dias de idade ($6,85 \pm 1,28$ a $15,04 \pm 2,06$ kg), distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizado. Os tratamentos consistiram de cinco rações, sendo quatro níveis de inclusão (3, 6, 9, 12%) de GSPN e uma ração testemunha (0% de GSPN), com cinco repetições e três leitões por unidade experimental. Os resultados demonstram que na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) a adição de GSPN promoveu melhora linear no ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA). Para o período total (6 a 15 kg), foi observado apenas melhora linear ($P \leq 0,05$) para GDP. As variáveis plasmáticas (Glicose, NUP, Creatinina, Triglicérides, Alanina amino-transferase e Aspartato amino-transferase) não foram influenciadas de forma importante pela inclusão da GSPN, já que se mantiveram dentro da variação biológica da espécie. A inclusão de GSPN (3279 kcal de EM/kg) não interfere nas variáveis econômicas, dependendo da relação de preços entre os ingredientes (GSPN, milho e óleo de soja), o que evidencia o seu potencial como ingrediente alternativo para a alimentação de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg).

Palavras-chave: desempenho, biodiesel, coproduto, leitão.

III - Neutralized Semi-purified Glycerin in piglets feeding in the Pre-Starting Phase (6 to 15 kg)

ABSTRACT – Two experiments were carried out to determine the nutritional value of neutralized semi-purified glycerin (NSPG) and to evaluate performance of in the pre-starter piglets (6-15 kg) fed on diets containing increasing levels of NSPG. In Experiment I, we conducted a digestibility trial with 30 barrows with 11.80 ± 5.12 kg live weight, allotted in a randomized block design. The experimental unit consisted of a piglet, totaling six units per diets. Replacement levels of basal diet for GSPN were 3, 6, 9 and 12%. The values of natural matter of digestible energy (DE) and metabolizable energy (ME) were NSPG 3535 kcal/kg and 3279 kcal/kg, respectively, which were estimated by linear regression analysis of the DE and ME (kcal/kg) consumption associated with glycerin vs. NSPG intake (kg). The results indicate that this co-product is a good energy source for feeding piglets. In Experiment II, it were 135 piglets weaned at 21 days of age (6.85 ± 1.28 to 15.04 ± 2.06 kg) were allotted in a randomized block design experimental. Treatments consisted of five diets, four inclusion levels (3, 6, 9, 12%) of NSPG and a control diet (0% of NSPG), with five replications and three piglets per experimental unit. The results shown that in the pre-starter I (6-10 kg) phase, adding NSPG promoted linear improvement in ADG to F:G ratio. For the total period (6-15 kg), was observed only linear improves ($P \leq 0.05$) to ADG. The plasma variables (Glucose, PUN, Creatinine, Triglycerides, Alanine aminotransferase and Aspartate aminotransferase) were not influenced ($P \geq 0,05$) by the inclusion of NSPG as it remained within the biology range of the species. The inclusion of NSPG (3279 kcal of ME/kg) do not interfere on economic variables, depending on the relationship between prices of ingredients (NSPG, corn and soybean oil), which point out its potential as alternative ingredient for pre-starter piglets (6 to 15 kg) feeding.

Keywords: performance, biodiesel, co-product, piglet

Introdução

O Brasil ocupa a quarta posição a nível mundial na produção e exportação de carne suína. Nos últimos 10 anos, a produção suína no Brasil tem aumentado aproximadamente 18%. No ano de 2012, um censo realizado mostrou que existem 39 milhões de suínos, dos quais 85% estão em produção intensiva e 15% em produção de subsistência. No Brasil, existem 190 milhões de habitantes, que consomem, aproximadamente, 85% da produção suína (15,1 kg/pessoa/ano) (Roppa, 2012).

As exportações brasileiras no mês de dezembro de 2012 foram 9,54% maiores do que as registradas no ano de 2011 para o mesmo período; assim, o crescimento na exportação e produção teve um aumento de, aproximadamente, 12,60%, em volume e 4,21% em valor com relação ao ano de 2011 (ABIEPCS, 2013).

Com a forte demanda que aumenta a cada ano, as produções suínas são cada vez mais exigentes quanto à qualidade do produto final que vai ser oferecido ao consumidor ou aos países importadores. Sabe-se que na suinocultura, a alimentação representa, aproximadamente, 70 a 80% do custo da produção e, por isto, se faz necessária a procura de alimentos alternativos que possam substituir, se não totalmente, pelo menos parcialmente, os ingredientes tradicionais, proteicos ou energéticos de uma ração para suínos em cada etapa da sua produção.

Dentre os alimentos alternativos energéticos, encontra-se a glicerina, um subproduto originado pela produção do biodiesel, biocombustível originado de fontes renováveis, como óleos vegetais ou gorduras animais; produzido para diminuir a dependência dos países produtores de petróleo e contribuir com menor poluição ambiental (De Boni, 2008).

Com a crescente demanda e produção do biodiesel, há um aumento na disponibilidade da glicerina, refletindo na necessidade de utilização deste subproduto (Adilson et al. 2011). A glicerina se caracteriza por ser um líquido adocicado, apresenta um valor energético similar ao do milho (Groesbeck et al. 2008) e pode ser comercializada na sua forma bruta (alto conteúdo de ácidos graxos) ou semipurificada (baixo conteúdo de ácidos graxos) (Carvalho et al. 2012). Sendo assim, este ingrediente se postula como uma boa opção na hora de substituir uma porcentagem do milho nas rações como fonte energética na alimentação de diferentes espécies animais.

Quando a glicerina é absorvida no organismo do animal, ela pode participar de diferentes processos fisiológicos; como na formação de lipídios, ou pode ser convertida

em glicose através da via gliconeogênese, ou ainda pode ser oxidada para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico (Lin, 1977).

Diferentes pesquisas têm sido realizadas em aves (Menten et al. 2008; Gianfelici, 2009) e suínos (Berenchtein et al., 2010, Carvalho et al. 2012; Gomide et al., 2012; Gallego, 2012) demonstrando que a glicerina pode se constituir em um ingrediente com ótimo potencial para seu uso, apresentando um bom teor energético e sendo eficientemente utilizada pelos animais.

Neste contexto, este trabalho foi conduzido objetivando determinar o valor nutricional da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) e avaliar os efeitos dos níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%) da GSPN nas rações, sobre o desempenho de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg), assim, como, verificar a viabilidade econômica de sua utilização.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná.

Foi estudada uma glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), obtida na empresa BSBIOS, indústria produtora de biocombustíveis, no município de Marialva, Paraná.

Para determinação da composição química e energética (Tabela 1), foram realizadas as análises de teor de umidade, glicerol total, metanol e densidade no Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR. As análises para determinação de pH, proteína bruta, minerais, energia bruta (Calorímetro adiabático – Parr Instrument Co.) e cloreto de sódio foram realizados no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual de Maringá, segundo os procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). O teor de lipídeos totais, perfil de ácidos graxos e índice de acidez foram analisados pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). A matéria orgânica não-glicerol (MONG) foi calculada segundo a equação indicada por Hansen et al. (2009) em que $MONG = 100 - (\% \text{ glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

Tabela 1. Composição química e energética da glicerina semipurificada neutralizada

Nutrientes	Glicerina Semipurificada Neutralizada
Umidade, %	11,89
Glicerol, %	80,20
Proteína bruta, %	0,90
Energia bruta, kcal/kg	3,535
MONG ¹ , %	1,73
Lipídios totais (g/100g)	< 0,10
Ácido graxo saturado %	22,70
Monoinsaturado %	31,30
Poliinsaturado %	43,70
Ômega 3	6,50
Ômega 6	37,20
Metanol, %	0,01
Cinzas, %	6,18
Cloreto de Sódio, %	5,86
Cálcio, ppm	92,18
Fósforo, ppm	158,52
Potássio, %	0,42
Sódio, %	3,52
Cloreto, %	2,34
Magnésio, ppm	45,13
Cobre, ppm	0,24
Cromo, ppm	0,63
Ferro, ppm	23,72
Zinco, ppm	0,39
Manganês, ppm	0,80
Alumínio, ppm	30,65
Cobalto, ppm	0,83
Molibdênio, ppm	0,16
Chumbo, ppm	0,98
pH	6,70
Densidade, kg/m ³	1,27
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,20

¹MONG: Matéria orgânica não-glicerol, calculada pela fórmula $100 - (\% \text{ Glicerol} + \% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas})$.

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade

Foi conduzido um ensaio de digestibilidade, utilizando 30 leitões mestiços machos castrados com $11,80 \pm 5,12$ kg de peso vivo, os quais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968) em sala de metabolismo com ambiente controlado. As temperaturas mínimas e máximas médias, registradas no período experimental foram de $24,10 \pm 1,03^\circ\text{C}$ e $25,40 \pm 0,77^\circ\text{C}$, respectivamente.

A ração referência à base de milho e farelo de soja, foi formulada para atender às exigências indicadas por Rostagno et al. (2011). Os níveis de substituição da ração referência pela GSPN foram 3, 6, 9 e 12% resultando em quatro rações testes, mais a ração referência, completando assim, cinco dietas experimentais. O delineamento

experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo um leitão por unidade experimental (UE), totalizando seis UE por tratamento.

Os leitões receberam quatro refeições diárias, fornecidas às 7h30, 10h30, 13h30 e 16h00, nas proporções de 35, 28, 22 e 15% da quantidade total, respectivamente, semelhante aos trabalhos realizados por Moreira et al. (2001) e Sakomura & Rostagno, (2007). A quantidade total diária foi estabelecida de acordo com o consumo na fase de adaptação, baseado no peso metabólico ($\text{kg}^{0.75}$). Para evitar o desperdício e facilitar o manejo, as rações foram umedecidas com 15% de água, e após cada refeição, foi fornecida água no comedouros, na proporção de 3 mL/g de ração, calculada para cada UE, para evitar o excesso de consumo de água.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes e feita adição de 2% de óxido férrico (Fe_2O_3) às rações como marcador do início e fim das coletas de fezes.

As fezes totais produzidas foram coletadas uma vez por dia em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em congelador a -18°C . Posteriormente, foram homogeneizadas e uma amostra de 20% foi retirada, seca em estufa de ventilação forçada (55°C) e moída para análises posteriores.

A urina foi coletada diariamente em baldes plásticos contendo 20 mL de HCL 1:1, para evitar proliferação bacteriana. Uma alíquota de 10% foi acumulada diariamente e congelada a -18°C , posteriormente, foram homogeneizadas e retiradas amostras para determinação de energia bruta.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da matéria orgânica (CDMO), da energia bruta (CDEB) e o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) da GSPN foram calculados conforme Matterson et al. (1965). Os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) foram estimados pela análise de regressão (Adeola & Ileleji, 2009) da ED e EM (kcal/kg) ingerida associada à glicerina vs. consumo da GSPN (kg), referente a 30 leitões no período de 5 dias.

Experimento II – Desempenho de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg)

O experimento foi realizado no período de novembro de 2011 a abril de 2012. Foram utilizados 135 leitões mestiços de linhagem comercial, com peso vivo inicial de $6,85 \pm 1,28$ e final de $15,04 \pm 2,06$ kg.

As dietas experimentais para a fase pré-inicial I (6 a 10 kg) (Tabela 2) e fase pré-inicial II (10 a 15 kg) (Tabela 3), foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais indicadas por Rostagno et al. (2011), utilizando a composição química e

energética da GSPN obtida no ensaio da digestibilidade (Tabela 1), sendo que o valor de energia metabolizável é de 3279 kcal/kg (Tabela 4). Para os demais ingredientes (milho, farelo de soja, soro em pó e leite desnatado em pó), foram determinados os valores de proteína bruta, fosforo e cálcio.

Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados e alojados em creche de alvenaria, com baias do tipo suspensas (1,32 m²), com piso de plástico, equipadas com comedouro de cinco bocas, localizado na parte frontal e um bebedouro tipo chupeta na parte posterior, cobertas com telhas de fibrocimento, dispostas em quatro salas, cada uma possuindo dez baias, divididas por um corredor central. Os tratamentos (Tabela 2 e Tabela 3) consistiram em quatro níveis de inclusão (3, 6, 9 e 12%) de GSPN, com nove repetições e três leitões por unidade experimental (UE). Adicionalmente, foi formulada uma ração testemunha (RT), sem inclusão de GSPN.

Durante todo o período experimental (6 a 15 kg), os animais receberam os mesmos tratamentos (níveis de GSPN), sendo alteradas somente as exigências nutricionais em cada fase estudada (6 a 10 e 10 a 15 kg).

Os animais foram pesados no início e no final da fase pré-inicial I e II, e o consumo de ração computado, calculando-se o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA).

No início (baseline) e no final de cada período experimental, foram colhidas amostras de sangue via veia cava cranial (6 mL) e transferidas em tubos com heparina (Cai et al. 1994) para análise de triglicerídeos, Alanina aminotransferase (ALT), Aspartato aminotransferase (AST), Nitrogênio da Uréia Plasmática (NUP) e Creatinina. Para determinação de Glicose, foram realizadas colheitas no final de cada período experimental, após jejum de 8 horas e colhendo o sangue em tubos contendo Fluoreto de Sódio + Oxalato de Potássio.

Após as colheitas, as amostras foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para a obtenção do plasma; e para glicose foram centrifugadas por 30 minutos. Em seguida, 3 mL de plasma (em duplicata) foram transferidos para tubos tipo eppendorf[®] que foram devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C).

Para as análises de Glicose, NUP, Creatinina, Triglicerídeos, ALT e AST, foram utilizados kits da empresa Gold Analisa Diagnostica Ltda. Os valores de *baseline* do NUP no início do experimento foram utilizados como covariável para as análises estatísticas.

Tabela 2. Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase pré-inicial I (6-10 kg)

Itens, %	Níveis de inclusão da GSPN, %				
	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0
Milho	47,67	44,46	41,13	37,65	34,09
Glicerina neutralizada	----	3,00	6,00	9,00	12,0
Farelo de soja	25,94	26,49	27,14	27,65	28,26
Soro de leite	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Leite desnatado	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Óleo de soja	3,20	3,07	2,94	2,91	2,89
Calcário	0,81	0,81	0,81	0,81	0,80
Fosfato bicálcico	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Sal comum	0,35	0,17	0,00	0,00	0,00
Suplemento vit+mineral ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Promotor ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-Lisina HCL	0,45	0,43	0,42	0,41	0,39
DL-Metionina	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26
L-Treonina	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
L-Triptofano	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Valores calculados ³					
EM ³ , Kcal/kg	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Proteína bruta ³ , %	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Lactose	12,10	12,10	12,10	12,10	12,10
Cálcio ³ , %	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Fósforo disponível ³ , %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Lisina digestível ³ , %	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Met + Cist digestível ³ , %	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Treonina digestível ³ , %	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Triptofano digestível ³ , %	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Sódio %	0,28	0,28	0,28	0,35	0,41
Glicerol ³ , %	----	2,40	4,81	7,21	9,62
Custo ⁴ , R\$/kg	2,15	2,14	2,13	2,13	2,12

¹- Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ²- Lincomicina (30%); ³- Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2011) e/ou estimados; ⁴- Custo no mercado local.

Tabela 3. Composição centesimal, química, energética e custos das rações, contendo diferentes níveis de inclusão da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), para suínos na fase pré-inicial II (10-15 kg)

Itens, %	Níveis de inclusão da GSPN, %				
	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0
Milho	49,27	46,07	43,97	40,70	37,46
Glicerina neutralizada	----	3,00	6,00	9,00	12,00
Farelo de soja	33,82	34,34	33,69	33,95	34,22
Soro de leite	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	3,12	2,99	2,85	2,83	2,81
Calcário	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90
Fosfato bicálcico	1,44	1,44	1,45	1,46	1,46
Sal comum	0,34	0,16	0,00	0,00	0,00
Suplemento vit+mineral ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Promotor ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-Lisina HCL	0,26	0,25	0,27	0,27	0,27
DL-Metionina	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19
L-Treonina	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14
L-Triptofano	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valores calculados ³					
EM ³ , Kcal/kg	3,374	3,374	3,375	3,375	3,375
Proteína bruta ³ , %	21,16	21,15	20,73	20,61	20,49
Lactose	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Cálcio ³ , %	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Fósforo disponível ³ , %	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45
Lisina digestível ³ , %	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
Meti + Cis digestível ³ , %	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Treonina digestível ³ , %	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Triptofano digestível ³ , %	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Sódio %	0,22	0,22	0,23	0,30	0,37
Glicerol ³ , %	----	2,40	4,81	7,21	9,62
Custo ⁴ , R\$/kg	1,44	1,44	1,43	1,42	1,42

¹- Suplemento vitamínico e mineral para suínos na fase inicial; ²- Lincomicina (30%); ³- Calculados com base na composição dos alimentos indicados por Rostagno et al. (2011) e/ou estimados; ⁴- Custo no mercado local.

Para avaliar a viabilidade econômica da GSPN, foram utilizados os preços das matérias-primas no mercado da região de Maringá-PR (preços do mês 11/2012), sendo: farelo de soja, R\$ 1,302/kg; milho grão, R\$ 0,566/kg; leite desnatado (pó), R\$ 10,500/kg; leite soro (pó), R\$ 4,700/kg; óleo de soja R\$ 3,433/kg; fosfato bicálcico, R\$ 1,600/kg; calcário, R\$ 0,28; L-Lisina, R\$ 4,920/kg; DL-Metionina, R\$ 9,124/kg; L-Treonina, R\$ 6,262/kg; L-Triptofano, R\$ 67,00/kg; premix mineral e vitamínico R\$ 7,360/kg; sal comum, R\$ 0,352/kg; leucomag, R\$ 96,00/kg; e GSPN, R\$ 0,317/kg; e foi

calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho segundo Bellaver et al. (1985), conforme descrito em continuação:

Y_i (R\$/kg) = $Q_i \times P_i / G_i$, em que Y_i = custo em ração por kg de peso vivo ganho no i -enésimo tratamento; Q_i = quantidade de ração consumida no i -enésimo tratamento; P_i = preço por kg da ração utilizada no i -enésimo tratamento; G_i = ganho de peso do i -enésimo tratamento.

Foi calculado também o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo (IC), segundo metodologia proposta por Gomes et al. (1991). IEE (%) = $M_{Ce}/C_{Tei} \times 100$ e IC (%) = $C_{Tei}/M_{Ce} \times 100$ em que: M_{Ce} = menor custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos; C_{Tei} = custo do tratamento i considerado.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{jkm} = \mu + S_j + N_k + e_{jkm}$, em que Y_{jkm} = observação do animal m , nível de inclusão k ; μ = constante associada a todas as observações; N_k = efeito dos níveis de GSPN, sendo $k = 3, 6, 9$ e 12% ; e e_{jkm} = erro aleatório associado à observação.

As análises estatísticas foram efetuadas utilizando o pacote estatístico SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2000). Os graus de liberdade referentes aos níveis de inclusão da GSPN foram desdobrados em polinômios ortogonais, para obtenção das equações de regressão.

No experimento de desempenho, o peso inicial dos leitões foi utilizado como covariável.

No estudo da viabilidade econômica, foi aplicado o teste de Dunnett (Sampaio, 1998), para a comparação do custo em ração por kg/PV ganho (CR, R\$/kg PV), da ração testemunha (0% de GSPN), com cada um dos níveis de inclusão da GSPN.

Resultados e Discussão

Os valores da composição química e energética da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN) (Tabela 1) foram semelhantes aos obtidos por Gallego (2012), que estudou o efeito da GSPN na alimentação de suínos nas fases inicial, crescimento e terminação.

Da mesma forma, foi similar aos apresentados por Kerr et al. (2009) que encontraram 86,95% de glicerol e 0,03% de metanol. A porcentagem de glicerol (80,20%) foi próximo aos 80% estabelecido pelo MAPA (2010), e ao encontrado (80% de glicerol) por Berenchein et al. (2010), que avaliaram a inclusão da glicerina

semipurificada oriunda de sebo bovino na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação.

No processamento para a obtenção do biodiesel, as distintas etapas contribuem para que a glicerina obtida como subproduto, apresente diferenças na sua composição química e física. Várias pesquisas mostram que os diferentes tipos de glicerinas apresentam grande variação na composição química e física, como foi verificado por Carvalho et al. (2012), que estudaram dois tipos de glicerina bruta, uma de origem vegetal e outra de origem mista, as quais possuíam 5247 e 5242 kcal/kg de energia bruta, e 55,95 e 55,45% de glicerol, respectivamente; e Piano (2012) que estudou duas glicerinas semipurificadas, uma de origem vegetal e a outra de origem mista, e encontrou valores de energia bruta de 3760 e 3217 kcal/kg e porcentagem de glicerol de 74,94 e 68,66%, respectivamente.

A glicerina bruta, por não sofrer nenhum processo de purificação, é caracterizada pela sua alta concentração de resíduos de catalizadores (sódio ou potássio) e de ácidos graxos (Carvalho et al., 2012), por isso são altos os valores de energia bruta e metanol, que estão acima dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura (MAPA, 2010).

Por outro lado, a glicerina semipurificada possui reduzidos teores de ácidos graxos e também resíduos catalizadores na sua composição, tornando-a um ingrediente de melhor qualidade para uso na alimentação de diferentes espécies animais de interesse comercial como suínos (Lammers, et al. 2008; Carvalho et al. 2012; Piano et al. 2013), frangos (Guerra et al., 2011, Cerrate et al. 2006) codornas (Pasquetti, 2011) e coelhos (Retore et al. 2012). Segundo Oliveira et al. (2011), a glicerina de grau alimentício é aquela que esta isenta de metanol e é segura para o consumo animal, no entanto, nas recomendações da FDA (2010), a glicerina pode ser utilizada com uma concentração de metanol menor que 150 ppm.

Trabalhando com diferentes glicerinas (16 amostras de óleo de soja, óleo de canola, sebo e resíduos de restaurante), obtidas da indústria do biodiesel, Gott (2009) afirma que o teor de cinzas apresenta grande variação dependendo da quantidade dos catalisadores utilizados em cada indústria e dos passos utilizados na purificação. De acordo com o autor, os valores de glicerol, metanol, umidade e pH apresentaram muita variação, e a alta concentração de metanol deve ser uma limitante na alimentação animal. Segundo Hansen et al. (2009), é necessário considerar na formulação de dietas

para animais a concentração de minerais e a variação nos parâmetros de pH e teor de matéria orgânica não-glicerol (MONG).

No presente trabalho, não foram observados sintomas de intoxicação (cegueira, vômito, depressão do sistema nervoso e alteração motora) nos animais que consumiram glicerina. Diferentes pesquisas realizadas anteriormente (Kerr et al. 2009; Lammers et al. 2008b; Schieck et al. 2010a; Shields et al. 2011; Berenchtein et al. 2010, Gallego, 2012) também não relataram lesões relacionadas à toxicidade do metanol nos diferentes órgãos dos suínos (olhos, rins, fígado).

Embora existam, na atualidade, diferentes pesquisas com o uso da glicerina na alimentação animal, há pouca literatura com informações sobre o uso da glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de leitões, especificamente.

Segundo Menten et al. (2010), a qualidade da glicerina produzida industrialmente pode ser variável e seu uso deve ser feito com cautela até que novos estudos estabeleçam todos os efeitos adversos quando utilizado como um ingrediente na alimentação de animais.

Experimento I – Ensaio de Digestibilidade

Os valores dos coeficientes de digestibilidade (CDMS, 88,08%; CDMO, 106,93%; CD EB, 99,99%), o coeficiente de metabolização da EB (92,77%) e os nutrientes digestíveis da GSPN (Tabela 4) obtidos pelo método de coleta total evidenciam que este coproduto apresenta-se como uma boa fonte de energia para leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg).

Os valores de coeficiente de metabolização (Tabela 4) da EB (92,77%) e os nutrientes digestíveis (MSD: 77,61%, ED: 3535 kcal/kg, EM/ED: 93%) são maiores que os obtidos (71,60%; 74,73%; 3298 kcal/kg; 77%, respectivamente) por Gallego (2012), trabalhando com GSPN para leitões de 15 a 30 kg. Da mesma forma, o coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (106,93%), foi similar ao encontrado (106,87%,) por Piano (2012), para glicerina semipurificada vegetal.

Estudando a inclusão de glicerina semipurificada na alimentação de suínos, contendo 80% de glicerol, Lammers et al. (2008b) encontraram valores de EM de 3638 kcal/kg. Por outro lado, Bartelt & Schneider (2002), trabalhando com diferentes níveis de inclusão (5; 10 e 15%) de glicerina purificada, obtiveram valores de EM 4177, 3436 e 2524 kcal/kg, respectivamente.

Segundo Carvalho et al. (2012), o alto valor energético encontrado na glicerina bruta é influenciado pela alta concentração de ácidos graxos totais, assim, é de esperar que as glicerinas melhor processadas (semipurificadas e purificadas) apresentem valores energéticos menores como os encontrados neste trabalho.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente (CD), coeficiente de metabolização (CM) e valores digestíveis da glicerina semipurificada neutralizada obtidos utilizando o método convencional (coleta total de fezes), em estudos com leitões.

Digestibilidade (%)	GSPN
CD da Matéria seca	88,08
CD da Matéria orgânica	106,93
CD da Energia bruta	99,99
CM da Energia bruta	92,77
Nutrientes Digestíveis	MN ¹
MSD, %	77,61
MOD, %	90,07
ED, kcal/kg	3535
EM, kcal/kg	3279
EM:ED	0,93

¹Matéria natural, MSD: Matéria seca digestível; MOD: Matéria orgânica digestível; ED: Energia digestível; EM: Energia metabolizável.

Os valores de energia e composição química das diferentes glicerinas apresentam grande variação, e isto é dependente da matéria prima utilizada (grãos, gordura animal, gordura vegetal) e das etapas de produção. No estudo realizado por Kerr et al. (2009), as glicerinas brutas obtidas em diferentes indústrias, tinham níveis de purificação distinta, e por conseguinte, a variação na sua composição química mostrou diferença nas concentrações de glicerol, ácidos graxos e metanol.

O valor de EM da GSPN estimado pela análise de regressão foi de 3279 kcal/kg pelo método de coleta total (Tabela 4 e Figura 2). Esta relação demonstra que, na medida em 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 (2012) que estudou a inclusão de GSPN na alimentação de suínos em crescimento.

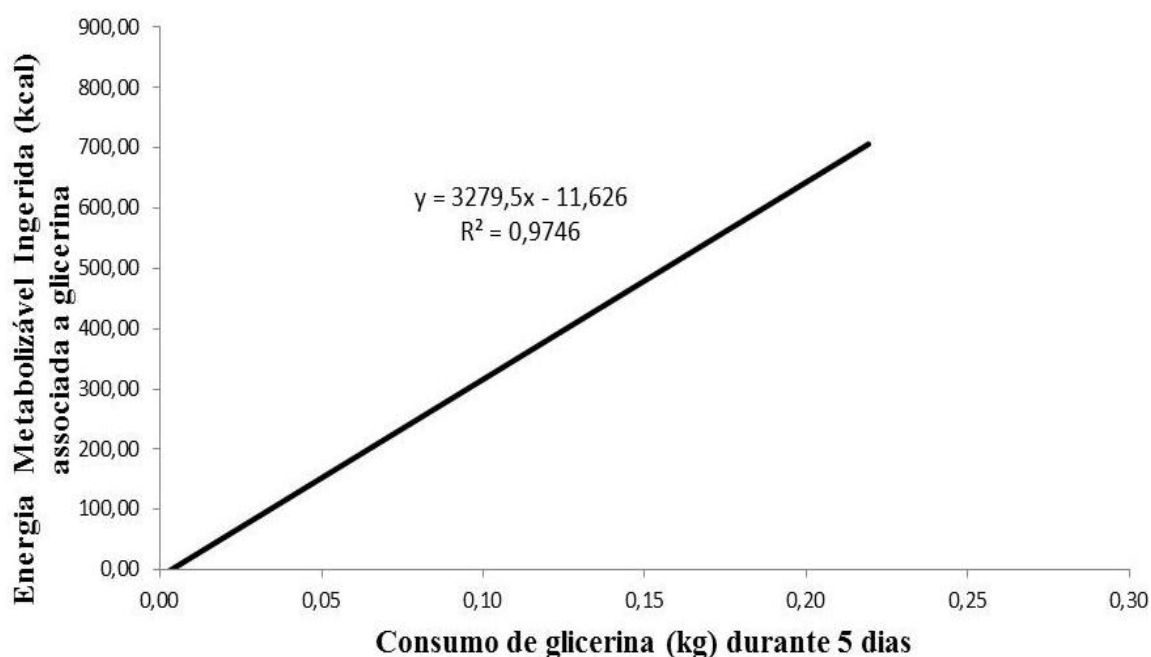


Figura 2. Equação de regressão da EM da glicerina semipurificada neutralizada (GSPN), obtida a partir da regressão da energia metabolizável (kcal/kg) ingerida associada à glicerina vs. o consumo de GSPN (kg) durante 5 dias.

Experimento II – Experimento de Desempenho pré-inicial (6 a 15 kg)

Apesar de não influenciar o CDR ($P \geq 0,05$), a análise de regressão indica que a adição crescente de GSPN na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) promoveu aumento linear ($P \leq 0,05$) no GDP, contribuindo, assim, para a melhora na CA (Tabela 5). No período total (6 a 15 kg), apenas o GDP apresentou aumento linear ($P \leq 0,05$). Isso sugere que a GSPN, além de promover melhoria no desempenho, não possui componentes nocivos que prejudiquem o consumo de ração e a saúde dos leitões, visto que não foram observados efeitos adversos sobre o desempenho.

Poucos estudos têm sido realizados com GSPN na alimentação de leitões na fase pré-inicial. No entanto, Gallego (2012), trabalhando com inclusão de até 14% de GSPN (a mesma utilizada no presente estudo) na alimentação de leitões de 15 a 30 kg, não encontrou efeito para as variáveis CDR, GDP e CA.

Leitões recém-desmamados foram objeto de estudo de Shields et al. (2011) que incluíram nas rações níveis crescentes da glicerina bruta em substituição à lactose como fonte energética. Estes pesquisadores encontraram resposta linear crescente para GDP e melhora linear para CA nos primeiros 14 dias após o desmame, atribuindo esses

resultados ao efeito da glicerina em substituição da lactose. Por outro lado, Groesbeck et al. (2008) indicaram que a inclusão de até 12% de glicerina bruta em dietas para leitões contribuiu para o aumento linear do CDR e GDP, mas nenhuma diferença foi observada para a CA.

Tabela 5. Desempenho de leitões na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) e na fase total (6 a 15 kg) alimentados com glicerina semipurificada neutralizada (GSPN)

Itens	Níveis de inclusão de GSPN, %					Média±EP	Regressão	
	0	3	6	9	12		Lin	Quad
Fase Pré-Inicial I (6 a 10 kg)								
CDR ¹ , kg	0,368	0,388	0,379	0,380	0,398	0,387±0,007	0,171	0,868
GDP ² , kg	0,240	0,268	0,262	0,276	0,299	0,269±0,005	0,001	0,798
CA ³	1,61	1,50	1,51	1,45	1,38	1,51±0,024	0,015	0,829
Período Total (6 a 15 kg)								
CDR ¹ , kg	0,469	0,522	0,497	0,518	0,518	0,505±0,008	0,170	0,427
GDP ² , kg	0,305	0,347	0,346	0,356	0,361	0,343±0,005	0,005	0,179
CA ³	1,60	1,52	1,45	1,48	1,45	1,50±0,024	0,077	0,406

¹CDR= consumo diário de ração; ²GDP=Ganho diário de peso; ³CA= Conversão alimentar; Fase Pré-inicial - GDP: (Y=0,24715 + 0,00363762X); CA: (Y= 1,59310 – 0,0164028X); Período Total - GDP: (Y= 0,321829 + 0,00350389X).

Carvalho et al. (2012) estudaram níveis de inclusão de dois tipos de glicerina bruta, uma do tipo vegetal e outra mista, na alimentação de leitões (15 a 30 kg), sem encontrar efeito para as variáveis de desempenho. Resultados similares foram obtidos por Piano et al. (2013), que estudaram níveis crescentes de gliceras semipurificadas (vegetal e mista) na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação, e verificaram que este subproduto pode ser incluído na dieta em até 16% sem afetar o desempenho dos suínos.

Trabalhando com glicerina semipurificada proveniente de sebo bovino, Berenchtein et al. (2010) utilizaram suínos nas fases de crescimento e terminação e não encontraram efeito sobre as variáveis de desempenho. Estes autores sugerem que a glicerina semipurificada pode ser incluída em até 9% nas dietas dos suínos.

Da mesma forma, Kijora et al. (1995) pesquisaram a inclusão de glicerina em até 30% nas fases de crescimento e terminação e observaram redução no GDP e CA. Os autores justificam estes resultados em função da formação de grumos da ração, influenciada pela quantidade de glicerina adicionada, o que prejudicou a fluidez nos comedouros e, por conseguinte, a performance dos animais. Baixa qualidade do pellet também foi reportada por Berenchtein et al. (2010), o que provocou menores consumos diários, redução no GDP e piores conversões alimentares.

No presente estudo, à medida que foi aumentando a inclusão de GSPN, houve alterações na estrutura da ração, principalmente, para os níveis de 9 e 12%, que caracterizaram-se por apresentar grande quantidade de grânulos, e portanto, maior consistência. Possivelmente, a mistura da glicerina com o soro de leite e o leite em pó, presentes nas rações, contribuiu para esta característica.

Estudo com fêmeas suínas na fase de lactação, realizado por Shieck et al. (2010b), demonstrou que a glicerina bruta pode ser incluída em até 9% sem comprometer o desempenho das fêmeas lactantes, mostrando efeito positivo sobre ganho de peso da leitegada ao desmame, além de reduzir o incremento calórico, e também o estresse térmico das fêmeas.

Os resultados das análises plasmáticas (Tabela 6) mostram que a inclusão da GSPN na fase pré-inicial I (6-10 kg) promoveu efeito linear crescente ($P \leq 0,05$) para Triglicerídeos e Aspartato aminotransferase (AST), e efeito quadrático ($P \leq 0,05$) para Alanina aminotransferase (ALT), valor máximo com inclusão de 5,49% de GSPN. Por outro lado, não foram observados efeitos sobre a glicose, NUP e creatinina. Possivelmente, o aumento de Triglicerídeos no sangue está associado ao aumento da concentração de glicerol e ácidos graxos livres, sendo que, parte destes últimos são conduzidos da corrente sanguínea até os tecidos para produção de energia. O glicerol, por outro lado, é captado pelo fígado juntamente com os ácidos graxos livres remanescentes (que não foram utilizados nos tecidos) para serem metabolizados de novo em triacilglicerol. No entanto, Lin et al. (1976) relataram que o glicerol não influencia a síntese de triglicerídeos, apresentando também efeito negativo na síntese de ácidos graxos.

A elevação da AST, enzima citoplasmática e mitocondrial, provavelmente está relacionada à produção de energia no ciclo de Krebs, já que essa enzima é responsável pela catálise e transformação do aminoácido aspartato em oxaloacetato que será utilizado para obtenção de energia por meio do ciclo de Krebs.

Os valores plasmáticos da ALT (28-32 U/L) estão dentro da faixa biológica normal (23-45 U/L) para leitões na fase pré-inicial, segundo Shields et al. (2011), sendo um indicativo de que a inclusão de GSPN não causou danos hepáticos aos animais.

Tabela 6. Variáveis plasmáticas de leitões na fase pré-inicial I (6 a 10 kg) e fase pré-inicial II (10 a 15 kg), alimentados com rações contendo níveis crescentes de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).

Parâmetros	Níveis de inclusão da GSPN, %					Média \pm EP ¹	Lin ²	Quad ³
	0	3	6	9	12			
Pré-inicial I (6 a 10 kg)								
Glicose (mg/dL)	98,722	90,417	94,222	92,065	91,898	93,465 \pm 0,886	0,057	0,166
NUP ⁴ (mg/dL)	10,023	9,630	9,435	9,622	9,534	9,649 \pm 0,149	0,409	0,353
Creatinina (mg/dL)	1,020	0,987	0,968	0,948	0,843	0,953 \pm 0,029	0,060	0,554
Triglicerídeos (mg/dL)	28,269	28,323	32,798	39,034	35,157	32,716 \pm 0,742	0,010	0,327
ALT ⁵ (U/L)	28,796	31,491	31,213	30,037	28,352	29,978 \pm 0,492	0,502	0,020
AST ⁶ (U/L)	38,583	42,102	40,635	40,787	44,906	41,403 \pm 0,814	0,050	0,680
Pré-inicial II (10 a 15 kg)								
Glicose (mg/dL)	93,741	94,917	96,537	94,342	94,435	94,794 \pm 0,946	0,902	0,451
NUP ⁴ (mg/dL)	12,393	13,134	11,377	11,459	11,673	12,007 \pm 0,185	0,018	0,659
Creatinina (mg/dL)	0,938	0,902	0,950	0,885	0,889	0,913 \pm 0,009	0,073	0,659
Triglicerídeos (mg/dL)	28,972	37,120	39,843	38,704	40,315	36,991 \pm 0,959	0,010	0,036
ALT ⁵ (U/L)	32,278	31,204	31,574	30,324	28,148	30,706 \pm 0,503	0,011	0,365
AST ⁶ (U/L)	45,806	41,167	42,296	43,380	37,787	42,087 \pm 1,038	0,060	0,821

¹Erro padrão; ² Efeito linear; ³ Efeito quadrático; ⁴ Nitrogênio ureia plasmática; ⁵ Alanina aminotransferase; ⁶ Aspartato aminotransferase; NS = não significativo; Fase Pré-inicial I - Triglicerídeos: (Y= 27,8183 + 0,81628X); ALT: (Y= 29,0667 + 0,841666X - 0,0766461X²); AST: (Y= 39,1366 + 0,377701X); Fase Pré-inicial II - NUP: (Y=12,6434 - 0,105989X); Triglicerídeos: (Y= 32,1370 + 0,808950X), (Y= 29,7178 + 2,42181X - 0,134405X²); ALT: (Y= 32,5333 - 0,304630X)

Para a fase pré-inicial II (10 a 15 kg), a inclusão de GSPN promoveu resposta linear decrescente ($P \leq 0,05$) para as variáveis plasmáticas NUP e ALT. Possivelmente, isso está relacionado com a redução da concentração de proteína bruta na ração à medida que aumentaram os níveis de GSPN. Por outro lado, observou-se efeito linear crescente para Triglicerídeos.

Os valores obtidos neste estudo (Tabela 6) são diferentes dos encontrados por Shields et al. (2011), sendo que nas duas primeiras semanas do experimento, os pesquisadores encontraram níveis lineares decrescentes de glicerol e bilirrubina, e ausência de efeito sobre as demais variáveis estudadas (NUP, proteínas totais, albumina, fosfatase alcalina, ALT, AST, creatina fosfoquinase, colesterol, Ca, P, Na, K, Cl, albumina e globulina).

Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2012), os quais incluíram níveis crescentes de glicerina bruta na alimentação de suínos na fase inicial e não encontraram efeito sobre a glicose, mas observaram efeito nas variáveis de Triglicerídeos e NUP. Para Triglicerídeos os autores observaram maior valor com a inclusão de 6,35% de glicerina bruta vegetal (GBV) e para NUP, encontraram maior valor com 7,30% de inclusão de glicerina bruta mista (GBM).

Estudos de Piano (2012) e Gallego (2012), realizados com suínos na fase inicial (15 a 30 kg) alimentados com glicerinas semipurificadas (vegetal e mista) e GSPN, respectivamente, não apresentaram efeito para as variáveis plasmáticas (Glicose, Triglicerídeos, NUP). Os autores atribuíram estes resultados a uma boa metabolização do glicerol no organismo dos leitões.

As concentrações plasmáticas das variáveis estudadas no presente trabalho estão dentro dos limites normais para leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg), o que se refletiu na ausência de problemas evidentes com a inclusão da GSPN nas dietas. Resultados similares foram apresentados por Shields et al. (2011), indicando que todas as concentrações séricas se encontravam dentro os limites normais, sugerindo que se pode incluir glicerina bruta nas dietas de leitões recém-desmamados.

A análise econômica (Tabela 7) mostrou que a inclusão de GSPN não interferiu ($P \geq 0,05$) no CR (R\$/kg PV), IEE e IC, o que evidencia o seu potencial econômico como alimento alternativo para a alimentação de leitões na fase pré-inicial (6 a 15 kg), entretanto deve se considerar a relação de preços entre os ingredientes (GSPN, milho e óleo de soja).

Tabela 7. Custo da ração (R\$), custo em ração por quilograma de peso vivo ganho (CR, R\$/kg PV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) de suínos na fase pré-inicial I (6-10 kg) e na fase total (6-15 kg), alimentados com níveis crescentes de inclusão de glicerina semipurificada neutralizada (GSPN).

Itens	Níveis de inclusão da GSPN					CV ¹	Dun ²
	0	3	6	9	12		
Fase pré-inicial I (6 a 10 Kg)							
Peso inicial, kg	6,50	6,45	6,44	6,44	6,46		
Peso final, kg	10,35	10,66	10,66	10,67	11,18		
Custo da ração, R\$	2,157	2,149	2,136	2,131	2,127		
CR, R\$/kg PV ³	3,432	3,219	3,235	3,109	2,955	22,725	P≥0,05
IEE	85,85	91,52	90,41	95,06	100,00		
IC	116,48	109,27	110,61	105,19	100,00		
Fase Total (6 a 15 kg)							
Peso inicial, kg	6,50	6,45	6,44	6,44	6,46		
Peso final, kg	14,28	15,14	15,10	15,20	15,47		
Custo da ração, R\$	1,791	1,776	1,769	1,758	1,767		
CR, R\$/kg PV ³	2,897	2,689	2,583	2,580	2,535	15,884	P≥0,05
IEE	87,50	94,27	98,12	98,24	100,00		
IC	114,29	106,08	101,91	101,79	100,00		

¹- Coeficiente de variação; ²- Teste de Dunnett; ³- Custo em ração por kg de peso vivo ganho.

Conclusões

O valor de energia metabolizável (na matéria natural) da glicerina semipurificada neutralizada é de 3.279 kcal/kg.

É possível a inclusão de até 12% de glicerina semipurificada neutralizada em rações de leitões (6 a 15 kg) sem prejudicar o desempenho e as variáveis plasmáticas.

Citação Bibliográfica

- ABIPECS [2013]. **ABIPECS: 2013 começa com otimismo para o setor de carne suína**. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/news/633/101/ABIPECS-2013-comeca-com-otimismo-para-o-setor-de-carne-suina.html>> Acesso em: jan. 15, 2013.
- ADEOLA, O.; ILELEJI, K. Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with soluble for broiler chickens by regression method. **Poultry Science**. v.88, p.579-585, 2009.
- ADILSON, B.; YARA J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: Um Breve Histórico e Aplicação em Sínteses Estereosseletivas. **Revista Química Nova**, v. 34, p. 306-319, 2011.
- BARTELT, J.; SCHNEIDER, D. Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. In: Union for the Promotion of Oilseeds- Schriften Heft p. 15-36, 2012. **Anais...** Berlin: Union for the Promotion of Oilseeds- Schriften Heft 17, 2002.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 20, p. 969-74, 1985.
- 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.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**. v.124, p.1088-1093, 1994.
- CARVALHO, P.L.O.; MOREIRA, I.; MARTINS, E.N. et al. Crude Glycerin in Diets Piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1654-1661, 2012.
- CERRATE, S.; YAN, F.; WANG, Z. et al. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. **International Journal of Poultry Science**. v.11, p.1001-1007, 2006.
- DE BONI, L.A.B. **Tratamento da glicerina bruta e subprodutos obtidos da reação de transesterificação de sebo bovino utilizada para a produção de biodiesel**. 2008. 117f. Dissertação (Mestrado profissional em engenharia) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas.
- FDA - Food and Drug Administration. [2010]. **Food additives permitted in feed and drinking water of animals**. Methyl esters of higher fatty acids. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=172.2%25&SearchTerm=fatty%20acids>> Acesso em: nov. 27, 2012.
- GALLEGO, A.G. **Glicerina Semipurificada neutralizada na Alimentação de Suínos**. 2012. 36p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- GIANFELICI, M.F. **Uso de glicerol como fonte de energia para frangos de corte**. 2009. 129f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- GOMES, M.F.M.; BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T. et al. **Análise econômica da utilização de trigo para suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, p.1-2, 1991, (Comunicado Técnico).
- GOMIDE, A.P.C.; BRUSTOLINI P.C.; FERREIRA, A.S. et al. Substituição do milho por glicerina bruta em dietas para suínos em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 64, p. 1309-1316, 2012
- GOTT, P. [2009]. **Variation in the Chemical Composition of Crude Glycerin**. The Ohio State University. Disponível em:

- <<https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/37082>>. Acesso em: nov. 29, 2012
- 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.
- HANSEN, C.F.; HERNANDEZA, A.; MULLAN, B.P. et al. A chemical analysis of samples of crude glycerol from the production of biodiesel in Australia, and the effects of feeding crude glycerol to growing-finishing pigs on performance, plasma metabolites and meat quality at slaughter. **Animal Production Science**. v. 49, p.154–161, 2009.
- 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., BERGNER, H.; KUPSCH, R.D. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archives of Animal Nutrition**. v.47, p. 345-360, 1995.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E.; et al. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 602-608, 2008a.
- LAMMERS, P.J.; KERR, B.J.; WEBER, T.E. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2962-2970, 2008b.
- LIN, E.C.C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review Biochemistry**. v.46, p.765-795, 1977.
- LIN, E.C.C.; ROMSONS, R.R.; LEVEILLE, A.G. Effect of Glycerol on Lipogenic Enzyme Activities and on Fatty Acid Synthesis in the Rat and Chicken. **Journal of Nutrition**. v. 106, p. 1668-1677, 1976.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Ministério da agricultura autoriza novo uso da glicerina**. Disponível em: <[http://editorastilo.com.br/portal/pdf/revistas/graxaria/ed%20\(17\)%20outubro%202010.pdf](http://editorastilo.com.br/portal/pdf/revistas/graxaria/ed%20(17)%20outubro%202010.pdf)>. Acesso em: set. 20, 2012.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. p. 11-14. (Research Report)
- MENTEN, J.F.M.; PEREIRA, P.W.Z.; RACANICCI, A.M.C. Avaliação da glicerina proveniente do biodiesel como ingrediente para rações de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 2008 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2008. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2008.
- MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G.C.; FURLAN, A.C. et al. Utilização da farinha pré-gelatinizada na alimentação de leitões na fase de creche. Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, p. 440-448, 2001.
- OLIVEIRA A.S.; OLIVEIRA M.R.C.; SOUZA G.J. et al. [2011]. **Perspectiva da utilização dos coprodutos do Biodiesel na produção de bovinos de Corte**. Disponível em: <<http://www.amazoniaphos.com.br/TNX/imprime.php?cid=564&sid=44>> Acesso em: nov. 10, 2012
- PASQUETTI, T.J. **Avaliação nutricional da Glicerina bruta ou semipurificada, oriundas de gordura animal e óleo vegetal, para codornas de corte**. 2011. 110f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

- PIANO, L.M. **Glicerinas Semipurificadas na Alimentação de suínos**. 2012. 24p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- PIANO, L.M.; MOREIRA, I.; FURLAN A.C. et al. Semipurified glycerins on starting piglets feeding (15-30 Kg). **Acta Scientiarum**, v. 35, p. 159-164, 2013.
- RETORE, M.L.; SCAPINELLO, C.; MOREIRA, I. et al. Glicerina semipurificada vegetal e mista na alimentação de coelhos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 64, p.1723-1731, 2012.
- ROPPA, L. [2012]. **Producción Porcina en Brasil**. Topigs World Prok event. Disponível em: <www.3tres3.com/print/31884>. Acesso em: jan. 15, 2013.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 221, 1998.
- SHIECK, S.J.; SHURSON, G.C.; KERR, B.J. et al. Evaluation of Glycerol, a Biodiesel Coproduct, in Grow-finish Pig Diets to Support Growth and Pork Quality. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 3927-3935, 2010a.
- SHIECK, S.J.; KERR, B.J.; BAIDOO, S.K. et al. Use of Crude Glycerol, a Biodiesel Coproduct, in Diets for Lactating Sows. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 2648-2656, 2010b.
- SHIELDS, M.C.; VAN HEUGTEN, E.; LIN, X. et al. Evaluation of the nutritional value of glycerol for nursery pigs. **Journal of Animal Science**. v. 89, p. 2145–2153, 2011.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

