



IMARA GUIMARÃES LIMA

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA E QUALIDADE DA CARNE DE
SUÍNOS ALIMENTADOS COM GLICERINA
BRUTA E RACTOPAMINA**

**LAVRAS - MG
2017**

IMARA GUIMARÃES LIMA

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE
DA CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM GLICERINA BRUTA E
RACTOPAMINA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, área de
concentração em Fisiologia e
Metabolismo Animal, para
obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Raimundo Vicente de Sousa

Orientador

Profa. Dra. Luciana de Paula Naves

Coorientadora

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Coorientador

LAVRAS - MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lima, Imara Guimarães.

Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de
suínos alimentados com glicerina bruta e ractopamina / Imara
Guimarães Lima. - 2017.

73 p.

Orientador(a): Raimundo Vicente de Sousa.

Coorientador(a): Luciana de Paula Naves, Márcio Gilberto
Zangeronimo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Biodiesel. 2. Coproduto. 3. Nutrição. I. de Sousa, Raimundo
Vicente. II. Naves, Luciana de Paula. III. Zangeronimo, Márcio
Gilberto. IV. Título.

IMARA GUIMARÃES LIMA

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE
DA CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM GLICERINA BRUTA E
RACTOPAMINA**

**PERFORMANCE, CARCASS CHARACTERISTICS AND QUALITY OF
SWINE'S MEAT FEEDING WITH GROSS GLYCERIN AND
RACTOPAMINE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, área de
concentração em Fisiologia e
Metabolismo Animal, para
obtenção do título de Mestre.

16 de agosto de 2017.

Dra. Luciana de Paula Naves

UNIFENAS

Dr. Peter Bitencourt Faria

UFLA

Dr. Raimundo Vicente de Sousa

Orientador

Dra. Luciana de Paula Naves

Coorientadora

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Coorientador

LAVRAS - MG

2017

À minha família, em especial aos meus queridos pais, Rosângela e Ronaldo,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos e proteção em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Medicina Veterinária (DMV), pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos e pelo suporte financeiro ao projeto.

Aos professores do DMV e Departamento de Zootecnia (DZO), em especial aos professores Dr. Vinicius de Souza Cantarelli, Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu e Dr. Rony Antonio Ferreira, pelos ensinamentos transmitidos, confiança e permissão para o uso da infraestrutura necessária para a condução do experimento.

Ao professor Dr. Raimundo Vicente de Sousa pela orientação, paciência, amizade, dedicação, confiança e ensinamentos que foram de grande relevância para realização deste trabalho e para meu crescimento profissional.

Às amigas professoras Dra. Luciana de Paula Naves e Doutoranda Adriana Brasil Ferreira Pinto, pela amizade, companheirismo e ensinamentos, os quais foram essenciais para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Produtos de Origem Animal do DMV (UFLA), na pessoa do professor Dr. Peter Bitencourt Faria e sua equipe, pelo apoio na avaliação das carcaças e nas análises da carne.

Ao Laboratório de Enzimologia do DZO (UFLA), na pessoa da professora Dra. Priscila Vieira Rosa, pelo apoio e estrutura disponibilizados para a realização de diversas análises.

Ao amigo professor Dr. César Augusto Pospissil Garbossa, pela paciência e importante auxílio no experimento de campo e nas análises estatísticas.

Às amigas pós-graduandas Tamira e Marina e aos amigos graduandos Aline, Andressa, Camila, Iana, Letícia, Maria Eduarda, Monique, Pedro, Renata, Sudário e Thamires, pela preciosa ajuda na condução do experimento e amizade.

Aos funcionários do DMV (UFLA) Willian, Marcos e Fidélis, ao funcionário Danilo do Setor de Suinocultura do DZO (UFLA) e aos técnicos do DZO (UFLA), em especial ao Márcio Nogueira, pelo grande apoio na fase de experimentação de campo, laboratorial e no que foi necessário.

À Usina da Petrobras Biocombustível S.A. localizada em Montes Claros, pelo fornecimento da glicerina bruta.

Ao frigorífico Nutrili Indústria e Comércio de Carnes Ltda., em especial à médica veterinária Pollyanna Souza Figueiredo, por proporcionar as condições adequadas para o abate dos animais, coleta das amostras e realização das análises químicas que precisavam ser feitas no frigorífico.

A todos os colegas do curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias do DMV (UFLA) e do curso de Pós-graduação em Zootecnia do DZO (UFLA).

À minha família, em especial aos meus pais, por todo apoio, confiança, incentivo e por serem exemplo de caráter e força de vontade.

Ao meu marido Thiago por todo apoio, companheirismo, incentivo e amor.

RESUMO GERAL

Foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis crescentes de glicerina bruta, associados ou não à ractopamina, na alimentação de suínos em terminação sobre o desempenho, qualidade da carcaça e da carne e viabilidade econômica. Para isso foram utilizados 64 suínos machos castrados (peso inicial $77,2 \pm 6,0$ kg). O delineamento utilizado foi DBC, em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de inclusão de glicerina bruta (0, 100, 150 e 200 g/kg) e dois níveis de inclusão de ractopamina (0 e 10 mg/kg), totalizando oito tratamentos avaliados em oito repetições de um animal cada uma. O critério utilizado para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais e o período experimental teve duração de 28 dias. Foram avaliados parâmetros de desempenho, características de carcaça e qualidade da carne dos suínos. Não houve interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição de ractopamina na ração para todos os parâmetros avaliados. A adição de ractopamina na ração aumentou o peso de carcaça quente e fria, rendimento de carcaça quente, força de cisalhamento, luminosidade da carne, ângulo de tonalidade e concentração de C16:1 no perfil lipídico do lombo, além de melhorar a conversão alimentar em 4,6% e diminuir a concentração de C18:0 e a atividade da Alongase^{C16-C18} no lombo. Tanto o consumo diário quanto o consumo total de ração foram influenciados pelo nível de inclusão da glicerina na ração. A receita bruta foi influenciada pelo nível de inclusão da glicerina bruta na ração, entretanto, a receita líquida não foi reduzida pela adição da ractopamina em rações contendo até 200g de glicerina bruta/kg. Conclui-se que, para suínos em fase de terminação, a inclusão de glicerina bruta na ração no nível de até 200g/kg pode ser utilizada, associada à ractopamina (10mg/kg), podendo ser uma estratégia nutricional vantajosa por diminuir a conversão alimentar e resultar em melhorias no peso das carcaças e em parâmetros de qualidade do lombo, além de não reduzir a receita líquida.

Palavras-chave: Biodiesel. Característica de carcaça. Coproduto. Desempenho. Nutrição. Perfil de ácidos graxos. Qualidade da carne. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effects of increasing levels of crude glycerin, associated or not to ractopamine, on feed finishing pigs on performance, carcass and meat quality, and economic viability. For this purpose 64 male castrated pigs (initial weight 77.2 ± 6.0 kg) were used. The design was DBC, in a 4 x 2 factorial scheme, with four inclusion levels of crude glycerin (0, 100, 150 and 200 g / kg) and two inclusion levels of ractopamine (0 and 10 mg / kg), totaling eight treatments evaluated in eight replicates of one animal each. The criterion used for the formation of the blocks was the initial weight of the animals and the experimental period lasted 28 days. Performance parameters, carcass characteristics and pork quality were evaluated. There was no interaction between the levels of crude glycerin and the addition of ractopamine in the diet for all evaluated parameters. The addition of ractopamine to the ration increased hot and cold carcass weight, warm carcass yield, shear force, flesh luminosity, hue angle and C16: 1 concentration in the lipid profile of the loin, besides improving feed conversion in 4.6% and decrease the concentration of C18: 0 and the activity of Alongase C16-C18 in the loin. Both daily consumption and total feed intake were influenced by the level of inclusion of glycerin in the diet. Gross income was influenced by the level of inclusion of crude glycerin in the ration, however, net revenue was not reduced by the addition of ractopamine in rations containing up to 200g of crude glycerine / kg. It is concluded that, for finishing pigs, the inclusion of crude glycerin in the feed at a level of up to 200 g / kg can be used, associated with ractopamine (10 mg / kg), and may be an advantageous nutritional strategy by reducing feed conversion and result in improvements in carcass weight and in loin quality parameters, in addition to not reducing net revenue.

Keywords: Biodiesel. Housing feature. Co-product. Performance. Nutrition. Profile of fatty acids. Quality of meat. Economic viability.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	10
1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Produção de biodiesel e glicerina	12
2.2	Uso da glicerina na alimentação de suínos	14
2.3	Metabolismo do glicerol	15
2.4	Efeitos da utilização de glicerina bruta sobre o desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e perfil lipídico de suínos	17
2.5	Ractopamina	21
2.5.1	Ação da ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça	23
2.5.2	Ação da ractopamina sobre a qualidade de carne suína	26
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	40
	ARTIGO 1 - Associação de glicerina bruta e agonista β- adrenérgico na alimentação de suínos em terminação	40
	RESUMO	41
1	INTRODUÇÃO	42
2	MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1	Local, delineamento experimental e instalações	43
2.2	Dietas e arraçoamento	44
2.3	Parâmetros avaliados	45
2.3.1	Desempenho	45
2.3.2	Características de carcaça	45

2.3.3	Qualidade de carne	46
2.3.4	Viabilidade econômica	48
2.4	Análises estatísticas	49
3	RESULTADOS	49
4	DISCUSSÃO	51
5	CONCLUSÃO	56
	AGRADECIMENTOS	56
	ABSTRACT	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	63

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), houve aumento da atuação brasileira no mercado internacional de produção de carne suína, sendo a perspectiva de que até 2020, a participação da carne suína nas exportações mundiais seja de 14,2%. Segundo a Central de Inteligência de Aves e Suínos – CIAS/EMPRABA (2017), a exportação de carne suína no Brasil ocupou a 4ª posição no ranking mundial em 2016, totalizando 900 mil toneladas exportadas.

A principal fonte energética na alimentação de suínos é o milho. Porém, além de seu uso na alimentação humana e animal, tal grão é utilizado para diversos fins industriais contribuindo para a elevação no seu preço, especialmente em épocas de menor produção. É importante ressaltar também que o milho apresenta grandes oscilações no mercado nacional e internacional por tratar-se de uma *commodity*. Diante desse cenário, faz-se necessária a busca por fontes alternativas de energia na dieta animal (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo e a glicerina bruta é um coproduto oriundo da produção do biodiesel. Como a produção deste biocombustível tem sido crescente nos últimos anos, a oferta de glicerina bruta no mercado também tem sido cada vez maior. Somente em 2016, foram produzidos 3,8 bilhões de litros de biodiesel e, conseqüentemente, 380 milhões de litros de glicerina bruta (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, 2017). Entretanto, a oferta de glicerina tem excedido sua demanda pelas indústrias química, farmacêutica e alimentícia havendo, portanto, a necessidade de se estabelecer novas alternativas para o seu adequado aproveitamento (MENTEN; ZAVARIZE; SILVA, 2010).

Devido ao alto teor de glicerol presente na glicerina bruta, normalmente entre 80 a 95%, e o elevado valor energético deste composto, aproximadamente 4.320 kcal de energia bruta/kg, similar ao do milho, a glicerina vem sendo avaliada como um possível ingrediente energético na alimentação de suínos (BERENCHTEIN et al., 2010; GOMIDE et al., 2012; CARVALHO et al., 2013; LAMMERS; KERR; HONEYMAN, 2015; EGEE et al., 2016).

Já a ractopamina tem sido adicionada na ração de suínos com o objetivo principal de se reduzir os teores de gordura nas carcaças e/ou aumentar a massa magra (ARAÚJO et al., 2014), o que torna a carne desses animais mais competitiva no mercado uma vez que os consumidores têm se tornado cada vez mais exigentes em priorizar a compra de alimentos de qualidade e que sejam mais saudáveis.

Além da vantagem econômica, a melhora no desempenho e na qualidade de carcaça e da carne dos suínos é observada na utilização isolada tanto de glicerina bruta (BERENCHTEIN et al., 2010; GOMIDE et al., 2012; CARVALHO et al., 2013; LAMMERS; KERR; HONEYMAN, 2015; EGEE et al., 2016) quanto de ractopamina (CANTARELLI et al., 2009; PATIENCE et al., 2009; ROSSI et al., 2010; ANDRETTA et al., 2012; FERREIRA et al., 2013) na dieta de suínos em terminação. Porém, até o presente momento, somente um relato foi encontrado na literatura científica sobre os efeitos do uso associado de glicerina e ractopamina na alimentação de suínos (DUTTLINGER, 2013), porém com concentrações diferentes das pesquisadas nesse estudo. Assim sendo, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de suínos alimentados com rações contendo glicerina bruta e/ou ractopamina, além da viabilidade econômica das rações avaliadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de biodiesel e glicerina

Os biocombustíveis, tais como o biodiesel, representam uma importante alternativa de substituição aos combustíveis derivados do petróleo que são combustíveis fósseis caros e derivados de fontes naturais não renováveis, além de causarem alto impacto ambiental (BOSO et al., 2013). A glicerina bruta é um coproduto resultante da produção do biodiesel, obtida a partir de reações de transesterificação entre ácidos graxos de uma fonte lipídica (vegetal ou animal) e um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador básico, ácido ou enzimático. Normalmente, o catalisador é uma substância básica, como o hidróxido de sódio ou o hidróxido de potássio. O ácido graxo, o álcool e o catalisador são agitados a uma temperatura de 50°C, havendo a transformação dos triacilgliceróis em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos, processo este chamado de transesterificação. No final do processo, o glicerol e os ésteres produzidos (biodiesel) são separados por decantação ou centrifugação. Na fase superior concentram-se os ésteres etílicos ou metílicos do biodiesel e na fase inferior, a glicerina bruta (BIODIESEL BR, 2017).

Aproximadamente 10% do volume total do biodiesel produzido correspondem à glicerina bruta (DASARI et al., 2005). Somente no Brasil, de 2012 até 2016 houve um aumento de 1,08 bilhões de litros na produção de biodiesel, resultando no aumento de 108 milhões de litros de glicerina bruta. Esse crescimento da produção de biodiesel a cada ano resulta em uma oferta de glicerina bruta em quantidade superior à capacidade de utilização desta pelo mercado químico (ANP, 2017) e, até o presente momento, não há nenhuma legislação estabelecida para regulamentar o descarte adequado da glicerina excedente, o que pode causar graves problemas ambientais caso toda a glicerina

produzida não seja aproveitada (MENTEN; ZAVARIZE; SILVA, 2010). Portanto, um dos grandes desafios da atualidade se refere ao desenvolvimento de tecnologias que permitam novas maneiras de utilização da glicerina, evitando seu descarte no ambiente e proporcionando novas formas de obtenção de lucro com este coproduto.

As matérias-primas para a produção de biodiesel podem ser óleos vegetais, como algodão, amendoim, babaçu, canola, dendê, girassol, mamona, soja, entre outros; gordura animal, como sebo bovino, óleos de peixes, banha suína ou até mesmo óleos e gorduras residuais provenientes do processamento doméstico, comercial e industrial (ANP, 2017). O tipo de matéria-prima, o processo de produção e o tipo de catálise do biodiesel influenciam nas características físicas, químicas, nutricionais e na qualidade que a glicerina bruta irá apresentar (HANSEN et al., 2009).

Além disso, a glicerina bruta pode passar por algum grau de processamento ou purificação, o que também pode afetar sua composição química e qualidade final. Os processos de purificação da glicerina incluem a filtração, destilação a vácuo, descoloração e troca de íons para a redução, principalmente, dos teores residuais, oriundos dos catalisadores utilizados durante a produção do biodiesel (OOI et al., 2004).

A glicerina pode ser classificada segundo o teor de glicerol, como glicerina de baixa pureza (50 a 70% de glicerol), glicerina de média pureza (71 a 90% de glicerol) ou glicerina de alta pureza (acima de 90% de glicerol) (BIODIESEL BR, 2017). A glicerina de baixa pureza normalmente não é comercializada para uso na ração animal, porque possui menor valor energético e alto teor residual de metanol. É importante considerar que, embora a glicerina de alta pureza tenha maior teor de glicerol e menor concentração de substâncias indesejáveis, o custo relativo à etapa de purificação eleva o preço da glicerina, o que pode inviabilizar seu uso na alimentação animal (GROESBECK et al., 2008).

Por esse motivo, pesquisas têm sido feitas sobre o uso da glicerina bruta de média pureza na nutrição animal, tendo em vista que este tipo de coproduto normalmente é mais barato do que as glicerinas purificadas.

2.2 Uso da glicerina na alimentação de suínos

Na criação de suínos, a alimentação representa cerca de 70% do custo de produção, sendo a energia um dos componentes mais caros das formulações (BERTECHINI, 2012), justificando o interesse de se avaliar alimentos energéticos alternativos que possam substituir os convencionais de forma eficiente, sem prejudicar o desempenho dos animais (GOMIDE et al., 2012). Neste sentido, a glicerina vem sendo estudada como um possível ingrediente energético na alimentação de suínos (MOUROT et al., 1994; BERENCHTEIN et al., 2010; GOMIDE et al., 2012; CARVALHO et al., 2013).

Nos Estados Unidos e Europa, a glicerina possui aplicação na indústria de alimentos como aditivo alimentar e possui status “GRAS” (*Generally Regarded as Safe*), ou seja, é reconhecida como um alimento seguro (MENTEN; ZAVARIZE; SILVA, 2010). No Brasil, a utilização da glicerina em produtos alimentícios destinados a humanos foi permitida pela resolução da ANVISA nº 386, de 5 de Agosto de 1999 (ANVISA, 1999). Já a autorização para uso da glicerina na alimentação animal foi autorizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento pela Instrução Normativa de N° 42, de 16 de dezembro de 2010 (MAPA, 2010). Todavia, para evitar casos de intoxicação nos animais e tentar padronizar a composição das glicerinas produzidas, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2016) recomendou que a glicerina adicionada como ingrediente na dieta de monogástricos tenha no máximo 150 mg/kg de metanol e 13% de umidade e, em contrapartida, tenha no mínimo 80% de glicerol e o mínimo possível de sódio ou outro eletrólito (LOPES

et al., 2012). Há grande variação dos níveis de metanol na glicerina bruta, que, em excesso, pode ser convertido a formaldeído e causar danos à retina, entre outras complicações (DASARI, 2007).

O valor energético das glicerinas provenientes do biodiesel é variável, pois depende do teor de glicerol e ácidos graxos presentes na glicerina e também da espécie e idade do animal em questão, entre outros fatores (DOZIER et al., 2008). Porém, de maneira geral, a glicerina tem se mostrado um bom ingrediente energético na ração de suínos em terminação com valores médios de energia estimados, na matéria natural, em 3.267 kcal de energia metabolizável (EM)/kg de glicerina bruta oriunda de óleo de colza (KOVÁCS et al., 2011) e 3.475 kcal de EM/kg de glicerina bruta oriunda de óleo de soja (MELO et al., 2014).

Porém, não basta conhecer apenas o valor energético da glicerina. É necessário ainda conhecer até que nível de inclusão a glicerina bruta pode ser adicionada na ração sem que haja saturação da capacidade metabólica do organismo, pois caso isso ocorra, haverá menor aproveitamento energético da glicerina, podendo até prejudicar o desempenho produtivo do animal (BARTELT; SCHNEIDER, 2002). Por exemplo, Melo et al. (2014) avaliou o efeito de níveis crescentes de inclusão de glicerina bruta (0; 5; 10; 15 e 20%) sobre o desempenho e qualidade da carcaça e carne, além da viabilidade econômica do uso deste coproduto na ração de suínos machos castrados em terminação. Ela concluiu que a inclusão da glicerina na dieta a partir de 15% comprometeu os parâmetros avaliados, sinalizando que utilizando-se níveis excessivos de glicerina na ração, parte do glicerol não será metabolizado e, portanto, deverá ser excretado na urina.

2.3 Metabolismo do glicerol

O glicerol pode ser proveniente da glicerina ou dos triacilgliceróis da dieta. Os triacilgliceróis oriundos da dieta são hidrolisados pela lipase pancreática

para formar ácidos graxos livres e glicerol, que é solúvel em água e facilmente absorvido no intestino delgado. Caso a hidrólise do triacilglicerol seja parcial, o organismo também consegue absorver monoacilglicerol. Além disso, o glicerol também pode ser absorvido pelo estômago, porém mais lentamente (TAO et al., 1983).

As Proteínas Integrais de Membrana (PIM) são componentes da membrana celular responsáveis pelo equilíbrio osmótico, realizando o transporte de água e pequenos solutos, como o glicerol. As PIM são classificadas em dois subgrupos: aquaporinas (transportadoras de água) e aquagliceroporinas (AQPs) (transportadoras de glicerol). A aquagliceroporina AQP3 é responsável pelo transporte de glicerol no intestino de ratos e humanos, sendo encontrada também nos olhos, rins, estômago, baço, eritrócitos e células da epiderme (MACDOUGALD; BURANT, 2005). A AQP7 é encontrada em alta quantidade no adipócito, sendo um canal de liberação do glicerol no tecido adiposo. No fígado encontra-se a AQP9 que regula a entrada de glicerol para ser utilizado com substrato gliconeogênico, por exemplo (MAEDA et al., 2004).

Em ratos, a absorção intestinal do glicerol varia de 70 a 80%, e em suínos e aves a absorção pode ser maior que 97% (BARTELT; SCHNEIDER, 2002). Essa alta absorção do glicerol ocorre devido ao seu baixo peso molecular, sendo realizada por transporte passivo (difusão facilitada) (GUYTON; HALL, 2017; ROBERGS; GRIFFIN, 1998). Após ser absorvido pelo intestino delgado, o glicerol é transportado para o fígado, onde é fosforilado a glicerol-3-fosfato pela enzima glicerol quinase. Posteriormente, a enzima glicerol-3-fosfato-desidrogenase converte o glicerol-3-fosfato em diidroxiacetona fosfato. No metabolismo celular, este composto é um metabólito intermediário da lipogênese, da via gliconeogênica e da via glicolítica associada ao Ciclo de Krebs e cadeia de transporte de elétrons (TAO et al., 1983). Porém o destino metabólico do glicerol depende do “status” energético do animal. Caso haja a oxidação completa do

glicerol, pode haver a produção de 22 ATP para cada mol de glicerol (BEST, 2006).

O fígado é responsável por, aproximadamente, 75% da capacidade de metabolização do glicerol, e o rim, por 20% dessa capacidade, além de ser essencial para a reabsorção do glicerol, evitando excessos de perdas na urina (LIN, 1977). Altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação de suínos proporcionam baixo conteúdo energético devido à limitação na ativação do sistema enzimático (glicerol quinase), levando à saturação na conversão do glicerol para glicerol-3-fosfato e eliminação pela urina do glicerol em excesso (DOPPENBERG; VAN AAR, 2007).

No período absorptivo ocorre aumento da concentração de glicose, sendo predominante a ação da insulina. O excesso de glicose estimula a glicogênese, a lipogênese e a síntese proteica. Nesse período anabólico, o glicerol proveniente da dieta pode ser majoritariamente direcionado para a lipogênese (TAO et al., 1983). No período pós-absorptivo e jejum, o hormônio com ação predominante é o glucagon. Nesse período, ocorre intensificação da lipólise, quebrando os triacilgliceróis em ácidos graxos e glicerol. Os ácidos graxos serão β -oxidados fornecendo energia e o glicerol transportado para o fígado onde participa da gliconeogênese (fornecendo o esqueleto de carbono) a fim de fornecer glicose para manutenção da glicemia (TAO et al., 1983).

2.4 Efeitos da utilização de glicerina bruta sobre o desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e perfil lipídico de suínos

A inclusão de até 9% de glicerina semipurificada oriunda de sebo bovino na dieta de suínos em fases de crescimento e terminação foi considerada segura por BERENCHTEIN et al. (2010), baseado nos parâmetros de desempenho, características de carcaça e qualidade da carne. Egea et al. (2016) verificaram

menor perda de água por cozimento na carne de suínos alimentados com 10% de glicerina. A menor perda de água na carne suína devido à adição de glicerina bruta na dieta desses animais pode estar relacionada a três hipóteses. A primeira é a de que parte do glicerol ingerido pode ser armazenado no tecido muscular e, como o glicerol pode exercer alta pressão osmótica na célula, esse composto pode induzir a uma maior capacidade de retenção de água na carne (MOUROT et al., 1994). A segunda hipótese se baseia na variação do teor de NaCl da glicerina bruta utilizada (VOYLE; JOLLEY; OFFER, 1984). O NaCl aumenta a capacidade de retenção de água pelo aumento da força iônica (HAMM, 1960), interferindo nas forças eletrostáticas que mantêm a estrutura miofibrilar, deixando mais espaço entre as fibras para a água se fixar. Por esse motivo, é importante considerar o teor de NaCl na formulação das dietas. A última hipótese é a de que o aumento do pH no músculo faz com que as proteínas não se encontrem em seu ponto isoelétrico e, assim, a água fica intimamente associada à essas proteínas por causa da diferença nas cargas elétricas, aumentando desse modo a capacidade de retenção de água (LAWRIE, 2005). Essa última relação foi evidenciada por Lammers et al. (2008), cujo experimento verificou que animais alimentados com dietas contendo glicerina (50 e 100 g/kg) apresentaram pH final maior no músculo *Longissimus dorsi*.

Carvalho et al. (2013) não observaram prejuízo no desempenho, espessura de toucinho e profundidade de lombo quando suínos nas fases de crescimento e terminação foram alimentados com dietas contendo até 12% de glicerina bruta oriunda de óleo de soja ou glicerina mista oriunda de gordura animal e óleo de soja. Além disso, o uso das glicerinas não interferiu na palatabilidade da ração e mostrou-se viável economicamente porque possibilitou uma redução de aproximadamente 11% nos custos com a alimentação dos animais.

Gomide et al. (2012) também avaliaram o efeito da substituição parcial do milho por glicerina bruta em dietas para suínos machos castrados em fase de

terminação. Eles concluíram que o uso de até 16% da glicerina não afetou o desempenho e as características de carcaça (comprimento de carcaça, peso da carcaça quente e resfriada, rendimento estimado de carcaça, perda estimada de peso no resfriamento, área de olho de lombo, espessura de toucinho, profundidade de músculo e rendimento estimado de carne na carcaça resfriada), além de aumentar a capacidade de retenção de água e a maciez da carne, o que são características desejáveis pelo mercado consumidor e pela indústria de alimentos.

Em estudo de Hansen et al. (2009) com suínos em crescimento e terminação alimentados com diferentes níveis de glicerina bruta (0, 40, 80, 120 e 160 g/kg) foi observado uma diminuição linear no consumo de ração na primeira semana do experimento com o aumento dos níveis de glicerina. Entretanto, considerando todo o estudo, níveis crescentes de glicerina bruta não afetaram negativamente o desempenho dos animais, o que indica que os suínos podem se adaptar à inclusão de até 16% de glicerina na dieta.

De maneira semelhante, Gonçalves et al. (2014) não verificaram prejuízo do desempenho e da qualidade de carcaça com a inclusão na ração de até 16% de glicerina mista semipurificada (80% gordura animal + 20% de óleo de soja). Melo et al. (2014) também não observaram diferença significativa nos parâmetros de qualidade de carne (parâmetros físico-químicos) em cortes de lombo e pernil provenientes de suínos alimentados com ração contendo até 20% de inclusão de glicerina.

Níveis de inclusão de glicerina bruta de até 200 g/kg na dieta de suínos podem melhorar a rentabilidade na suinocultura, por diminuir os custos das dietas (MELO et al., 2014). Em estudo realizado por Gallego et al. (2014) verificou-se que a inclusão de até 140 g/kg de glicerina semipurificada na alimentação de suínos não alterou o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho. Porém, acima desse teor pode haver aumento de até 2,9% no custo da ração. Entretanto, na literatura são escassos os trabalhos que analisam a viabilidade econômica,

sendo esta importante, pois, além dos fatores nutricionais do alimento, leva-se em consideração o custo dos ingredientes na formulação das dietas.

Por outro lado, quando suínos em fases de crescimento e terminação foram alimentados com rações contendo 30% de glicerina bruta de origem vegetal, os animais apresentaram menor ganho de peso e pior conversão alimentar, sem qualquer efeito sobre o consumo de ração (KIJORA et al., 1995). Mendoza et al. (2010) também relataram efeito negativo devido à adição de 30% de glicerina purificada na ração de suínos, pois a oxidação completa da urina destes animais rendeu 540% mais energia bruta do que o determinado na urina dos suínos alimentados com dieta sem glicerina (dieta controle), representando uma perda energética muito grande. A explicação para o ocorrido é que o glicerol absorvido pode ser metabolizado no fígado, por exemplo. No entanto, níveis elevados de glicerol podem exceder a capacidade do fígado resultando em alta taxa de excreção de glicerol na urina (KIJORA et al., 1995). Assim, estes resultados sugerem que existe uma limitação metabólica no aproveitamento de altos níveis de glicerina adicionados à dieta.

Em geral, os suínos apresentam predominância dos ácidos graxos oleicos (C18: 1 ω 9), palmítico (C16: 0), linoleico (C18: 2 ω 6), esteárico (C18: 0) e araquidônico (C20: 4 ω 6) (NUERNBERG et al., 2005; TEYE et al., 2006). Entretanto, a alimentação fornecida para os animais é um dos principais responsáveis pela deposição de ácidos graxos e modificação no perfil lipídico (MITCHAOTHAI et al., 2007). Desta forma, a glicerina bruta, por conter altas quantidades de glicerol que é utilizado na lipogênese e mesmo na gliconeogênese, pode contribuir para o aumento do conteúdo lipídico e modificação do perfil lipídico na carne suína (FARIA et al., 2015).

A melhoria no nível de informação da população mundial quanto à importância de uma dieta com níveis mais baixos de gorduras saturadas levou a uma maior procura por carnes que apresentam melhor equilíbrio entre ácidos

graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, além de baixa razão $\omega 6 / \omega 3$. Além disso, os ácidos graxos essenciais desempenham um papel destacado na nutrição humana, pois são integrantes das estruturas celulares e precursores da síntese de várias substâncias essenciais à manutenção dos processos fisiológicos (PERINI et al., 2010).

2.5 Ractopamina

A ractopamina, 4-[3-[[2-hidroxi-2-(4-hidroxifenil)etil]amino]butil]fenol, possui fórmula molecular $C_{18}H_{23}NO_3$ e massa molar 301,39g. É um agonista beta-adrenérgico sintético do grupo das fenetanolaminas, com estrutura análoga às catecolaminas, que são hormônios aminoderivados do catecol. A ractopamina pode alterar o metabolismo lipídico, proteico e de carboidratos por meio de enzimas que são reguladas por modificação covalente (por fosforilação mediada por proteína quinase), como a enzima glicogênio fosforilase, que aumenta a atividade com a fosforilação, e a glicogênio sintase que diminui a atividade com a fosforilação. Desse modo, a ractopamina é considerada um aditivo modificador do metabolismo animal (SCHINCKEL et al., 2003) e da repartição dos nutrientes no organismo. As fenetanolaminas são caracterizadas pela presença de um anel aromático, uma cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (SMITH, 1998).

A ractopamina atua como primeiro mensageiro (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999) nos receptores do tipo β -adrenérgicos na membrana celular (GONZALEZ; SILVA, 2006), acoplados a uma proteína G_i , que consiste de subunidades alfa, beta e gama (NELSON; COX, 2007). Quando na forma desativada, a subunidade alfa encontra-se ligada à guanosina difosfato (GDP), mas com a ligação da ractopamina ao receptor o complexo alfa-GTP leva à modificação na fluidez da membrana, sendo deslocado lateralmente e estimulando

a ação catalítica da adenilato ciclase (BARROS; OKOSHI; CICOGNA, 1999) sobre o ATP, o que permite a formação do AMPc, o qual passa a atuar como segundo mensageiro (MCGRAW; LIGGETT, 2005). O AMPc, por sua vez, ativa a proteína quinase A (PKA) (LINHART et al., 2001) fosforilando-a e liberando diversos resíduos metabólicos hormonais que regulam processos metabólicos como a lipólise e glicogenólise (MCGRAW; LIGGETT, 2005).

Um dos produtos da fosforilação por parte da PKA é a lipase sensível a hormônio (LHS), que leva à parcial hidrólise do triacilglicerol (lipólise). Além disso, ocorre a fosforilação da acetil-CoA carboxilase, inibindo a síntese de novos ácidos graxos. Esses dois fenômenos reduzem a agregação de ácidos graxos no tecido adiposo (OSCAR, 1995). Com a hidrólise dos triacilgliceróis, os ácidos graxos não-esterificados são liberados no sangue, o que fornece energia para deposição de proteína (ANDERSON; JOHNSON; DIKEMAN, 2004).

A ação da ractopamina sobre a hipertrofia muscular pode ocorrer pela inibição do *turnover* proteico e pela síntese de proteína miofibrilar após o aumento da transcrição do gene dessa proteína. Esse *turnover* acontece pela diferença entre a síntese e a degradação miofibrilar no músculo esquelético e é ele que define se haverá deposição ou não de proteína. Além disso, o hormônio do crescimento semelhante a insulina (IGF-1) pode ter relação com o aumento de tecido muscular causado pela ractopamina. O IGF-1 estimula a proliferação e diferenciação das células satélites, que se unem às fibras musculares, primeiramente em sentido longitudinal (aumentando os sarcômeros) e depois aumenta a área pela deposição de proteínas miofibrilares, aumentando assim a massa muscular, mas sem aumentar o conteúdo de DNA (JOHNSON; SMITH; CHUNG, 2014).

Outro fator importante é que a ativação e fosforilação da proteína CREB (elemento resposta do AMPc junto a proteína de ligação) no núcleo celular pela PKA aumenta a expressão de alguns genes, como da calpastatina, que, ao se ligar

ao CRE (elemento de resposta do AMPc), estimula a transcrição de alguns genes, aumentando o RNAm em células musculares (LODISH et al., 2005).

2.5.1 Ação da ractopamina sobre o desempenho e características de carcaça

Os suínos são considerados os animais que respondem melhor à utilização da ractopamina como aditivo repartidor de energia, o que pode ser decorrente da maior quantidade de receptores do tipo β -adrenérgicos nos tecidos adiposo e muscular, e melhor afinidade dos mesmos pelo aditivo (MERSMANN, 1998).

A ractopamina tem sido avaliada na dieta de animais como os suínos com o intuito de aumentar a deposição proteica e reduzir o teor de gordura na carcaça, o que é desejável devido à maior aceitação deste produto pelo consumidor. A hipertrofia de fibras musculares, principalmente das intermediárias e brancas, conseqüentemente gera um aumento da musculatura esquelética (AALHUS et al., 1992) pela maior síntese proteica e/ou pela diminuição da degradação (ARMSTRONG et al., 2004).

Já a melhoria na redução do teor de gordura na carcaça tem sido observada em vários experimentos (SEE; ARMSTRONG; WELDON, 2004; MARINHO et al., 2007a; CARR et al., 2009; FERREIRA et al., 2011; ANDRETTA et al., 2012) porque a ractopamina pode inibir a lipogênese e/ou estimular a lipólise (MILLS, 2002). Todavia, em suínos os resultados de modo geral indicam que a ação da ractopamina em diminuir a deposição de lipídeos na carcaça é predominantemente explicada pela maior inibição da lipogênese do que por um maior estímulo da lipólise (FERREIRA et al., 2013). De acordo com Pereira et al. (2008), a ractopamina age redirecionando os nutrientes que seriam destinados à produção e deposição de lipídeos para a síntese de tecido magro, ocorrendo redução da síntese lipídica (lipogênese) concomitante ao aumento na síntese proteica.

Melhor ganho de peso em animais alimentados com ractopamina foi observado por diversos pesquisadores (SCHINCKEL et al., 2003; SEE; ARMSTRONG; WELDON, 2004; WEBER et al., 2006; MARINHO et al., 2007a; BRIDI et al., 2008; KIEFER; SANCHES, 2009; ROSSI et al., 2010; SANCHES et al., 2010). No trabalho de Schinckel, Richert e Herr (2002), em que a ractopamina foi administrada por cinco semanas até um ganho de 40 kg pré-abate, foi observado um aumento de 10 a 12% no peso dos suínos. Marinho et al. (2007b) verificaram melhora de aproximadamente 10% no ganho de peso em suínos alimentados com 5 ppm de ractopamina e 16% de proteína bruta.

A ractopamina melhora a conversão e eficiência alimentar, o que foi observado em vários trabalhos (SCHINCKEL et al., 2003; STOLLER et al., 2003; SEE; ARMSTRONG; WELDON, 2004; MARINHO et al., 2007a,b; BRIDI et al., 2008; PEREIRA et al., 2008; RIKARD-BELL et al., 2009; KIEFER; SANCHES, 2009; ROSSI et al., 2010). Isto pode ser explicado por três vertentes. A primeira é pelo fato da síntese de tecido magro ser energeticamente mais eficiente que a de gordura, pois o destino metabólico dos nutrientes provenientes da dieta é mais eficiente em acréscimo de tecido muscular do que adiposo (DE LANGE; BIRKETT; MOREL, 2001). A segunda vertente é pela maior quantidade de água ligada em decorrência do maior depósito proteico (MARINHO et al., 2007a). A última é o efeito da ractopamina somente sobre o crescimento do músculo esquelético e não em outros órgãos (MILLS, 2002).

No tocante às características de carcaça, Cantarelli et al. (2009) verificaram melhoria no rendimento da carcaça e diminuição da porcentagem de gordura com a adição de 5 ppm de ractopamina na ração de suínos em fase de terminação. Armstrong et al. (2004) estimaram que a inclusão de ractopamina na dieta de suínos nas concentrações de 10 ou 20 ppm de 6 a 34 dias é capaz de aumentar o peso de carcaça quente. Diferentes níveis de ractopamina (5 e 10 ppm) na dieta foram avaliados em um estudo realizado por Amaral (2008), no qual

verificou-se que 5 ppm foram suficientes para melhorar o desempenho e composição da carcaça, entretanto 10 ppm proporcionou maior quantidade de carne na carcaça.

Garbossa (2010) verificou diminuição da perda de peso por gotejamento com a inclusão da ractopamina nas dietas, contrariamente ao encontrado por Apple et al. (2004), Bridi et al. (2006) e Stoller et al. (2003). Como a perda de água por gotejamento influencia no processamento industrial da carne (ROÇA, 2011), a menor perda de água induzida pela ractopamina favorece a fabricação de produtos cárneos nobres e também a venda de cortes, pois o produto apresenta melhor aspecto com menor acúmulo de água nas embalagens.

Após 28 dias de adição de ractopamina a dieta de suínos, pode ocorrer redução lenta das respostas metabólicas no organismo do animal devido ao fenômeno chamado *down-regulation*, ou dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos (MOODY; HANCOK; ANDERSON, 2000).

O uso da ractopamina pode ocasionar queda no consumo de ração (BRIDI et al., 2008; KIEFER; SANCHES, 2009; MARINHO et al., 2007a; ROSSI et al., 2010; SCHINCKEL et al., 2003). Porém esses animais apresentam melhor ganho de peso e, conseqüentemente, melhor conversão alimentar (SCHINCKEL et al., 2003). Uma das explicações para a diminuição no consumo da ração com o uso de ractopamina é o fato da ingestão de alimentos ser influenciada por vários hormônios, dentre eles a leptina, cuja síntese é diretamente proporcional ao acúmulo de tecido adiposo (HAVEL, 2000). A regulação das ações catabólicas do tecido adiposo é feita pelo sistema nervoso simpático (PÉNICAUD et al., 2000). Desse modo, se a inervação simpática for ativada pelos agonistas beta-adrenérgicos, ocorre redução da expressão gênica da leptina (HAVEL, 2000), o que pode ter ocorrido com os animais dos trabalhos anteriormente citados.

2.5.2 Ação da ractopamina sobre a qualidade da carne suína

Almeida (2008) não observou influência da ractopamina sobre a qualidade da carne em animais alimentados com 5 ppm desse aditivo. Nos trabalhos de Bridi et al. (2006), Carr et al. (2009) e Patience et al. (2009) a ractopamina não influenciou significativamente na perda de peso por gotejamento e perda de água durante a cocção. Entretanto, alguns trabalhos demonstraram impacto significativo da ractopamina sobre parâmetros de qualidade da carne suína, como cor, marmoreio, firmeza e valores de pH final (STITES et al., 1991; UTTARO et al., 1993).

O aumento na força de cisalhamento pode ser explicado por profundas mudanças no sistema de calpaínas quando animais recebem estímulo beta-adrenérgico devido ao aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (PARR et al., 2004). A calpastatina é uma enzima endógena inibidora das calpaínas, que são degradadoras das proteínas musculares (RUBENSAM; FELÍCIO; TERMIGNONI, 1998). Desse modo, quanto maior a atividade da calpastatina, maior a força necessária para o corte da carne e conseqüente menor maciez da mesma (DOUMIT; KOOHMARAIE, 1999).

Stites et al. (1991), Utaro et al. (1993), Stoller et al. (2003), Fernández-Dueñas et al. (2008) e Xiong et al. (2006) não observaram diferença significativa no pH inicial (48 minutos após o abate) e final (24 horas após o abate) para suínos que receberam ractopamina na dieta. Todavia, em outro estudo houve efeito da ractopamina sobre a coloração da carne pelo sistema de cor CIELAB, em que os valores para coloração a^* e b^* foram menores, indicando diminuição da intensidade de cor vermelha e amarela (PATIENCE et al., 2009), explicado em função de mudanças na composição das fibras musculares (CHANG et al., 2003; DEPREUX et al., 2002). Já os valores de L^* encontraram-se aumentados com a utilização de ractopamina e estão diretamente relacionados com o baixo pH final

da carne, devido ao rápido consumo anaeróbio de glicogênio, levando à maior produção de ácido láctico, que, em excesso, provoca a desnaturação proteica na carne, resultando em maior perda de água e reflexão da luz, proporcionando aparência pálida à carne (JUNCHER et al., 2001). Entretanto, apesar de serem observadas diferenças significativas na coloração da carne suína com a adição de ractopamina na dieta, estas diferenças na maioria das vezes não podem ser notadas pelos consumidores (APPLE et al., 2007).

Foi observado que o marmoreio da carne não sofreu alteração com a adição de 5 ppm de ractopamina na ração (STITES et al., 1991; UTARO et al., 1993; PATIENCE et al, 2009), mas a utilização de 10 ppm e 20 ppm aumentou o peso de diversos cortes cárneos e diminuiu a quantidade de gordura nos mesmos (CARR et al., 2005), indicando um efeito tecido específico.

Em animais alimentados com 20 ppm de ractopamina, a composição de proteína bruta, extrato etéreo e cinzas no músculo *Longissimus dorsi* não apresentaram diferenças significativas (ADEOLA; DARKO; YOUNG, 1990). Porém, outros autores verificaram valores aumentados para proteína bruta (ROSSI et al., 2010) e diminuição no percentual de gordura (UTTARO et al., 1993; XIAO; XU; CHEN, 1999). Garbossa (2010), avaliando a adição de ractopamina na dieta de suínos nos níveis 0, 5, 10, 15 e 20 ppm, evidenciaram melhora na composição química da carne, resultando em carcaças mais magras e, desse modo, atendendo essa exigência pelo mercado consumidor moderno.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da glicerina bruta na alimentação animal é uma alternativa viável e atrativa tanto produtiva quanto economicamente, assim como a utilização da ractopamina como aditivo na ração de suínos em fase de terminação. Entretanto, não são encontradas informações acerca da utilização da glicerina bruta associada à ractopamina na alimentação de suínos em terminação. Desse modo, a compreensão dessa associação é de fundamental importância para permitir a formulação de dietas mais balanceadas, promover melhores resultados zootécnicos, produzir carne suína com melhor qualidade e responsabilidade ambiental, além de colaborar na diminuição dos custos de produção. Por fim, a avaliação do perfil lipídico no lombo permitirá avaliar se os ácidos graxos de interesse para a saúde humana apresentam modificação quantitativa na carne dos animais submetidos às diferentes dietas avaliadas.

REFERÊNCIAS

AALHUS, J. L. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, Barking, v. 31, n. 4, p. 397-409, 1992.

ADEOLA, O.; DARKO, E. A.; YOUNG, L.G. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 3633-3641, 1990.

ALMEIDA, E. C. **Níveis de lisina e ractopamina em rações para suínos em terminação**. 2008. 76 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

AMARAL, N. O. **Ractopamina hidroclorada em rações formuladas para suínos machos castrados ou para fêmeas, dos 94 aos 130 kg**. 2008. 48 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ANDERSON, P. T.; JOHNSON, B. J.; DIKEMAN, M. Metabolic Modifiers. **Encyclopedia of Meat Sciences**, Firestone, v. 2, p. 538-546, 2004.

ANDRETTA, I. et al. Meta-analysis of the relationship between ractopamine and dietary lysine levels on carcass characteristics in pigs. **Livestock Science**, Santa Maria, v. 143, n. 1. p. 91-96, 2012.

ANP – **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 387, de 05 de agosto de 1999**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388729/Microsoft%2BWord%2B-%2BResolu%25C3%25A7%25C3%25A3o%2Bn%25C2%25BA%2B387%2Bde%2B05%2Bde%2Bagosto%2Bde%2B1999.pdf/1240800a-0d4b-4cc9-8d9c-5211e9c3fb93>>. Acesso em: 27 jun. 2017.

APPLE, J. K. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Fayetteville, v. 82, n. 11, p. 3277-3287, 2004.

APPLE, J. K. et al. Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, Fayetteville, v. 23, n. 3, p. 179-196, 2007.

ARAÚJO, T. S. et al. Ractopamine effect on lipid metabolism and GLUT4 amount of finishing pigs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 54-62, 2014.

ARMSTRONG, T. A. et al. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 82, n. 11, p. 3245-3253, 2004.

BARROS, R. D. A.; OKOSHI, M. P.; CICOONA, A. C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 72, n. 5, p. 641-648, 1999.

BARTELT, J., SCHNEIDER, D. **Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig**. In: Union for the Promotion of Oilseeds - Schriften Heft, 17. Union zur Forderung von Oel- Und Proteinpflanzen E.V., Berlin, p. 15-36, 2002.

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

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Editora UFPA: Universidade Federal de Lavras. 2012. 373p.

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

BIODIESEL BR. **Processo de Produção do Biodiesel**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/processo-producao/biodiesel-processo-producao.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

BOSO, K. M. O. et al. Fatty acid profile, performance and quality of eggs from laying hens fed with crude vegetable glycerine. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 12, n. 6, p. 341-347, 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 02 jun. 2017.

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

BRIDI, A. M. et al. Effects of ractopamina and gender on performance and carcass quality of swine with different halothane genotypes. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 713-722, 2008.

CANTARELLI, V. S. et al. Características de carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina pra suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 844-851, 2009.

CARR, S. N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 12, p. 2886-2893, 2005.

CARR, S. N. et al. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat Science**, Urbana, v. 81, n. 3, p. 533-539, 2009.

CARVALHO, P. L. O. et al. Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1399-1410, 2013.

CHANG, K. C. et al. Relationships of myosin heavy chain types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, Barking, v. 64, n. 1, p. 93-103, 2003.

DASARI, M. A. et al. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. **Applied Catalysis. A: General**, Missouri, v. 281, n.1-2, p.225-231, 2005.

DASARI, M. A. Crude glycerol potential described. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 79, n. 43, p. 1-3, 2007.

DE LANGE, C. F. M.; BIRKETT, S. H.; MOREL, P. C. H. Protein, fat, and bone tissue growth in swine. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Ed.). **Swine nutrition**. Florida: CRC Press, 2001. p. 65-81.

DEPREUX, F. F. S. et al. Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1888-1894, 2002.

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

DOUMIT, M. E.; KOOHMARAIE, M. Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, v. 77, n. 6, p. 1467-1473, 1999.

DOZIER, W. A. et al. Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, n. 4, p. 317-322, 2008.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Árvore do conhecimento: Milho. Importância Socioeconômica. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**, 2017. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 15 jun. 2017.

DUTTLINGER, A. W. **The effects of crude glycerol, dried distillers grains with solubles, ractopamine HCL, nutridense corn, and feeder adjustment on growing and finishing pig performance**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Estadual do Kansas, Manhattan, 2009.

EGEA, M. et al. Feeding Iberian x Duroc cross pigs with crude glycerine: Effects of diet and gender on carcass and meat quality. **Meat Science**, Murcia, v. 111, p. 78-84, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1992. **Análise Prospectiva do Complexo Agroindustrial de Suínos no Brasil**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/busca-de-publicacoes/-/publicacao/433994/analiseprospectiva-do-complexo-agroindustrial-de-suinos-no-brasil>>. Acesso em: 07 jun.2017.

FARIA, P. B. et al. Lipid profile and cholesterol of pork with the use of glycerin in feeding. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 2, p. 535-546, 2015.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 12, p. 3544-3550, 2008.

FERREIRA, M. S. S. et al. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá v. 33, n. 1, p. 25-32, 2011.

FERREIRA, M. S. S. et al. Effect of ractopamine on lipid metabolism in vivo – a systematic review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 56, n. 1, p. 35-43, 2013.

GALLEGO, A. G. et al. Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2831-2842. 2014.

GARBOSSA, C. A. P. **Composição química, características físicas e peroxidação lipídica da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GOMIDE, A. P. C. et al. Substituição de milho por glicerina bruta em dietas para suínos em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 5, p. 1309-1316, 2012.

GONÇALVES L. M. P. et al. Semi purified glycerins in growing and finishing pigs feeding (30-90 kg). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 15, n. 1, p. 221-226, 2014.

GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução a bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 360 p.

GROESBECK, C. N. et al. Effect of glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 9 p. 2228-2236, 2008.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Fundamentos de Fisiologia**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 1176 p.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, New York, v. 10, p. 355-463, 1960.

HANSEN, C. F. 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**, Murdoch, v. 49, n. 2, p. 154-161, 2009.

HAVEL, P. J. Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptin production and energy balance. **Proceedings of the Nutrition Society**, Davis, v. 59, n. 3, p. 359-371, 2000.

JOHNSON, B. J.; SMITH, S. B.; CHUNG, K. Y. Historical Overview of the Effect of B-Adrenergic Agonists on Beef Cattle Production. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Lubbock, v. 27, n. 5, p. 757-766, 2014.

JUNCHER, D. et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. **Meat Science**, Barking, v. 58, n. 4, p. 347-357, 2001.

KIEFER, C.; SANCHES, J. F. Metanálise dos níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 10337-1044, 2009.

KIJORA, C. et al. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. **Archiv für Tierernährung**, Berlin, v. 47, n. 4, p.345-360, 1995.

KOVÁCS, P. et al. Apparent digestible and metabolizable energy content of glycerol in feed of growing pigs. **Livestock Science**, Wageningen, v. 142, n. 1, p. 229-234, 2011.

LAMMERS, P. J.; KERR, B. J.; HONEYMAN, M. S. Biofuel co-products as swine feed ingredients: Combining corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and crude glycerin. **Animal Feed Science and Technology**, Illinois, v. 201, p. 110-114, 2015.

LAMMERS, P. J. et al. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 2962-2970, 2008.

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

LIN, E. C. Glycerol utilization and its regulation in mammals. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 46, p. 756-795, 1977.

LINHART, H. G. et al. C/EBP α is required for differentiation of white, but not brown, adipose tissue. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 22, p. 12532-12537, 2001.

LODISH, H. et al. **Biologia Celular e Molecular**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LOPES, M. et al. Glicerina na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 34, p. 1-14, 2012.

LUDKE, J. V. et al. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J. et al. (Ed.) **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: EMBRAPA, 1998, 388 p.

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

MAEDA, et al. Pmr1, a P-type ATPase, and Pdt1, an Nramp homologue, cooperatively regulate cell morphogenesis in fission yeast: the importance of Mn²⁺ homeostasis. **Genes Cells**, Kobe, v. 9, n. 1, p. 71-82, 2004.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa de N° 42**. 16 dez. 2010

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2017. **Exportação**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animale-vegetal/saude-animal/exportacao>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

MARINHO, P. C. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1061-1068, 2007a.

MARINHO, P. C. et al. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, 2007b.

MCGRAW, D. W.; LIGGETT, S. B. Molecular mechanisms of {beta}2-adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, New York, v. 2, n. 4, p. 292-296, 2005.

- MELO, D.S. et al. Qualidade da carne suína com uso de glicerina na alimentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 2, p. 583-592, 2014.
- MENDOZA, O. F. et al. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance, and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Urbana, v. 88, n. 12, p. 3887-3895, 2010.
- MENTEN, J. F. M.; ZAVARIZE, K. C.; SILVA, C. L. S. **Biodiesel: oportunidades do uso de glicerina na nutrição avícola**. In: IV Congresso Latino Americano de Nutrição Animal (CLANA). Estância de São Pedro, São Paulo, Brasil: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. p. 43-56, 2010.
- MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 160-172, 1998.
- MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamina response. **Journal of Animal Science**, West Lafayette, v. 80, n. 2, p. 28-32, 2002.
- MITCHAOTHAI, J., C. et al. Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. **Meat Science**. Bangkok, v. 7, p. 95-101, 2007.
- MOODY, D. E.; HANCOK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB, 2000. cap. 4, p. 65-95.
- MOUROT, J. et al. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. **Livestock Production Science**, Gilles, v. 38, n. 3, p.237-244, 1994.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2007. 1232 p.
- NUERNBERG, K. et al. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. **Meat Science**, Dummerstorf, v. 70, p. 63-74, 2005.
- OOI, T. L. et al. Glycerol residue – a rich source of glycerol medium chain fatty acids. **Journal od Oleo Science**, Tokyo, v. 53, n. 1, p. 29-33, 2004.

OSCAR, T. P. **Lipid mobilization from children fat cells**. In: SMITH, S. B.; SMITH, D. *Biology of Fat in Meat Animals: Current Advances*. Champaign: Ed. American Society of Animal Science, 1995. p. 93-112.

PARR, T. et al. Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, San Diego, v. 427, n. 1, p. 8-15, 2004.

PATIENCE, J. F. et al. The effect of ractopamine supplementation of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, n. 1, p. 53-66, 2009.

PÉNICAUD, L. et al. The autonomic nervous system, adipose tissue plasticity, and energy balance. **Nutrition**, Toulouse, v. 16, n. 10, p. 903-908, 2000.

PEREIRA, F. A. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 4, p. 943-952, 2008.

PERINI, J. A. L. et al. Ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6: metabolismo em mamíferos e resposta imune. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n. 6, p. 1075-1086, 2010.

RIKARD-BELL, C. et al. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 11, p. 3536-3543, 2009.

RINCKER, P. J. et al. The effect of ractopamine and intramuscular fat content on sensory attributes of pork from pigs of similar genetics. **Journal of Muscle Foods**, Hoboken, v. 20, p. 79-88, 2009.

ROBERGS, R. A.; GRIFFIN, S. E. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics, clinical and applied applications. **The American Journal of Sports Medicine**, Auckland, v. 26, n. 3, p. 145-167, 1998. 1998.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Botucatu. 2011. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca107.pdp>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

ROSSI, C. A. R. et al. Pigs fed containing ractopamina and citrus extracts: performance and carcass characteristics. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2343-2349, 2010.

RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E. D; TERMIGNONI, C. Influência do genotipo bos indicus na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 405-409, 1998.

SANCHES, J. F. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 373-378, 2010.

SCHINCKEL, A. P. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1106-1119, 2003.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 2, p. 85-89, 2002.

SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.8, p.2474-80, 2004.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 173-194, 1998.

STITES, C. R. et al. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 8, p. 3094-3101, 1991.

STOLLER, G. M. et al. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 6, p. 1508-1516, 2003.

- TAO, R. C. et al. Glycerol: Its metabolism and use as a n intravenous energy source. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Baltimore, v. 7, n. 5, p. 479-488, 1983.
- TEYE, G. A. et al. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. **Meat Science**, Langford, v. 73, p. 157-165, 2006.
- UTTARO, B. E. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass, characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 9, p. 2439-2449, 1993.
- VOYLE, C. A.; JOLLEY, P. D.; OFFER, G. W. The effect of salt and pyrophosphate on the structure of meat. **Food Microstructure**, Chicago, v. 3, p. 113-126, 1984.
- WARRIS, P. D. et al. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, Barking, v. 30, n. 1, p. 75-80, 1991.
- WEBER, T. E. et al. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 720-732, 2006.
- XIAO, R. J.; XU, Z. R.; CHEN, H. L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, n. 1-2, p. 119-127, 1999.
- XIONG, Y. L. et al. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 4, p. 600-604, 2006.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1 Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de suínos alimentados com glicerina bruta e ractopamina

Imara Guimarães Lima¹

Artigo formatado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003), conforme exigido pela UFLA.

¹Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Lavras-MG, 37.200-000. E-mail: limaimara@gmail.com

RESUMO

Foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis crescentes de glicerina bruta, associados ou não à ractopamina, na alimentação de suínos em terminação sobre o desempenho, qualidade da carcaça e da carne e viabilidade econômica. Para isso foram utilizados 64 suínos machos castrados (peso inicial $77,2 \pm 6,0$ kg). O delineamento utilizado foi DBC, em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de inclusão de glicerina bruta (0, 100, 150 e 200 g/kg) e dois níveis de inclusão de ractopamina (0 e 10 mg/kg), totalizando oito tratamentos avaliados em oito repetições de um animal cada uma. O critério utilizado para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais e o período experimental teve duração de 28 dias. Foram avaliados parâmetros de desempenho, características de carcaça e qualidade da carne dos suínos. Não houve interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição de ractopamina na ração para todos os parâmetros avaliados. A adição de ractopamina na ração aumentou o peso de carcaça quente e fria, rendimento de carcaça quente, força de cisalhamento, luminosidade da carne, ângulo de tonalidade e concentração de C16:1 no perfil lipídico do lombo, além de melhorar a conversão alimentar em 4,6% e diminuir a concentração de C18:0 e a atividade da Alongase^{C16-C18} no lombo. Tanto o consumo diário quanto o consumo total de ração foram influenciados pelo nível de inclusão da glicerina na ração. A receita bruta foi influenciada pelo nível de inclusão da glicerina bruta na ração, entretanto, a receita líquida não foi reduzida pela adição da ractopamina em rações contendo até 200g de glicerina bruta/kg. Conclui-se que, para suínos em fase de terminação, a inclusão de glicerina bruta na ração no nível de até 200g/kg pode ser utilizada, associada à ractopamina (10mg/kg), podendo ser uma estratégia nutricional vantajosa por diminuir a conversão alimentar e resultar em melhorias no peso das carcaças e em parâmetros de qualidade do lombo, além de não reduzir a receita líquida.

Palavras-chave: Biodiesel. Característica de carcaça. Coproduto. Desempenho. Nutrição. Perfil de ácidos graxos. Qualidade da carne. Viabilidade econômica.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), houve aumento da atuação brasileira no mercado internacional de produção de carne suína, sendo a perspectiva de que até 2020, a participação da carne suína nas exportações mundiais seja de 14,2%. Segundo a Central de Inteligência de Aves e Suínos – CIAS/EMPRABA (2017), a exportação de carne suína no Brasil ocupou a 4ª posição no ranking mundial em 2016, totalizando 900 mil toneladas exportadas.

A principal fonte energética na alimentação de suínos é o milho. Porém, além de seu uso na alimentação humana e animal, tal grão é utilizado para diversos fins industriais contribuindo para a elevação no seu preço, especialmente em épocas de menor produção. É importante ressaltar também que o milho apresenta grandes oscilações no mercado nacional e internacional por tratar-se de uma *commodity*. Diante desse cenário, faz-se necessária a busca por fontes alternativas de energia na dieta animal (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2017).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo e a glicerina bruta é um coproduto oriundo da produção do biodiesel. Como a produção deste biocombustível tem sido crescente nos últimos anos, a oferta de glicerina bruta no mercado também tem sido cada vez maior. Somente em 2016, foram produzidos 3,8 bilhões de litros de biodiesel e, conseqüentemente, 380 milhões de litros de glicerina bruta (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP, 2017). Entretanto, a oferta de glicerina tem excedido sua demanda pelas indústrias química, farmacêutica e alimentícia havendo, portanto, a necessidade de se estabelecer novas alternativas para o seu adequado aproveitamento (BESERRA; CESAR; PERES, 2016).

Devido ao alto teor de glicerol presente na glicerina bruta, normalmente entre 80 a 95%, e o elevado valor energético deste composto, aproximadamente

4.320 kcal de energia bruta/kg, similar ao do milho, a glicerina vem sendo avaliada como um possível ingrediente energético na alimentação de suínos (BERENCHTEIN et al., 2010; GOMIDE et al., 2012; CARVALHO et al., 2013; LAMMERS; KERR; HONEYMAN, 2015; EGEA et al., 2016).

Já a ractopamina tem sido adicionada na ração de suínos com o objetivo principal de se reduzir os teores de gordura nas carcaças e/ou aumentar a massa magra (ARAÚJO et al., 2014), o que torna a carne desses animais mais competitiva no mercado uma vez que os consumidores têm se tornado cada vez mais exigentes em priorizar a compra de alimentos de qualidade e que sejam mais saudáveis.

Além da vantagem econômica, a melhora no desempenho e na qualidade de carcaça e da carne dos suínos é observada na utilização isolada tanto de glicerina bruta (BERENCHTEIN et al., 2010; GOMIDE et al., 2012; CARVALHO et al., 2013; LAMMERS; KERR; HONEYMAN, 2015; EGEA et al., 2016) quanto de ractopamina (CANTARELLI et al., 2009; PATIENCE et al., 2009; ROSSI et al., 2010; ANDRETTA et al., 2012; FERREIRA et al., 2013) na dieta de suínos em terminação. Porém, até o presente momento, não foi encontrado nenhum relato na literatura científica sobre os efeitos do uso associado de glicerina e ractopamina na alimentação de suínos. Assim sendo, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de suínos alimentados com rações contendo glicerina bruta e/ou ractopamina, além da viabilidade econômica das rações avaliadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, delineamento experimental e instalações

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Todos os procedimentos experimentais usados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFLA, sob protocolo número 040/15.

Foram utilizados 64 suínos machos castrados da genética Topigs®, com peso médio inicial de $77,2 \pm 6,0$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados (DBC), com esquema fatorial 4 x 2, correspondendo a quatro níveis de inclusão de glicerina bruta (0; 100; 150 e 200 g/kg) em rações contendo ou não ractopamina (10 mg/kg). Portanto, foram avaliados oito tratamentos, em oito repetições de um suíno cada uma (unidade experimental). O critério utilizado para a formação dos blocos foi o peso inicial dos animais. Os animais foram distribuídos individualmente em baias de piso de concreto (2,3 x 1,5 m), contendo comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta. A temperatura mínima do galpão durante o período experimental foi de $20,6 \pm 1,1$ °C e a máxima foi de $27,7 \pm 1,4$ °C.

2.2 Dietas e arraçoamento

A glicerina bruta avaliada neste estudo possui origem mista, pois é oriunda da produção de biodiesel utilizando-se como matéria-prima o óleo de soja e a gordura animal (60% : 40%, respectivamente). Sua composição química foi determinada em laboratório (TABELA 1, APÊNDICE A) e posteriormente foi considerada na formulação das dietas experimentais.

As rações experimentais (TABELA 2, APÊNDICE A) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais, vitaminas e aminoácidos, para atender às exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2011) para machos castrados de alto potencial genético, dos 70 aos 100kg. Todas as dietas foram isonutritivas e isocalóricas. A glicerina bruta foi incluída

na ração em substituição ao milho, considerando-se o valor de energia metabolizável de 3.475 kcal/kg (MELO et al., 2014). A ractopamina foi adicionada na ração na forma de cloridrato de ractopamina (Ractosuin[®], Ouro-Fino Saúde Animal, São Paulo, Brasil).

O experimento teve duração de 28 dias. Os animais receberam água à vontade. Porém, como a glicerina pode afetar o consumo de ração (HANSEN et al., 2009), o consumo foi controlado de acordo com uma curva de consumo de ração estabelecida durante um período pré-experimental, a fim de assegurar que o experimento fosse de dose-resposta. A ração foi fornecida duas vezes ao dia, totalizando 3 kg diários nos 18 primeiros dias do experimento e 4 kg diários durante os 10 dias seguintes. As eventuais sobras de ração foram pesadas e consideradas em todos os arraçamentos realizados.

2.3 Parâmetros avaliados

2.3.1 Desempenho

Após a pesagem dos suínos no início e no fim do período experimental, foram calculados o ganho de peso diário (GPD) dos animais. As pesagens da ração fornecida e das sobras foram consideradas para os cálculos do consumo diário de ração (CDR) e consumo diário de glicerina (CDG). A conversão alimentar (CA) foi calculada dividindo-se o CDR pelo GPD de cada suíno.

2.3.2 Características de carcaça

Ao final do período experimental, os animais foram submetidos a um jejum alimentar de 8 horas. Posteriormente, foram encaminhados para um

frigorífico onde foram insensibilizados por eletronarcose e abatidos segundo a legislação vigente.

Após as etapas de sangria e evisceração, as carcaças foram pesadas para determinação do peso de carcaça quente (PCQ). Após o resfriamento por 24 horas, mensurou-se o peso de carcaça fria (PCF), além do comprimento de carcaça (CC), área de gordura de lombo (AGL), espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), avaliados na altura da última costela, segundo Bridi e Silva (2009).

Os rendimentos da carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) foram estimados pela equação $\%RC = (\text{Peso Carcaça} \times 100) / \text{Peso Vivo}$. A determinação da perda de peso por gotejamento (PPG) foi realizada por meio da técnica de suspensão descrita por Honikel (1998).

2.3.3 Qualidade de carne

As análises físico-químicas no lombo (*Longissimus dorsi*) foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Pescado do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Os valores de pH e temperatura na porção *Longissimus thoracis* foram determinados utilizando-se um pHmetro Hanna Instruments® HI 99163 (Romênia). O pH inicial (pHi) e temperatura inicial foram mensurados 45 minutos após o abate, enquanto que o pH final (pHf) e temperatura final foram mensurados 24 horas após o resfriamento da carcaça.

A avaliação objetiva da cor foi feita às 24 horas *post mortem*, utilizando o colorímetro (Konica Minolta® CM-700, Singapura), operando no sistema CIELAB, com iluminante D65, para a obtenção dos índices de luminosidade (L^*), vermelho (a^*), amarelo (b^*), saturação (C^*) e ângulo de tonalidade (h^*) (RAMOS; GOMIDE, 2012).

A perda de peso por cozimento (PPC) foi avaliada segundo a técnica descrita por Ramos e Gomide (2012) e Bridi e Silva (2009). Para determinação da

força de cisalhamento (FC) as amostras foram seccionadas transversalmente por sonda *Warner Bratzler* acoplada a um aparelho texturômetro (Extralab, modelo TA.XT plus), sendo a FC expressa em newtons (SILVA et al., 2015).

Amostras de lombo também foram destinadas à determinação da composição centesimal (teores de umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas), sendo avaliada de acordo com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (LATIMER, 2016). O teor de colesterol no lombo foi determinado colorimetricamente segundo método de Bohac e Rhee (1988), adaptado por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1995).

Já a classificação da qualidade da carne foi realizada segundo parâmetros de pH 24h, L* e PPG, adotados por Warner, Kauffman e Greaser (1997). Segundo esses autores, as carnes são classificadas como PSE quando apresentam pH 24h menor que 6, L* maior que 50 e PPG maior que 5; RSE quando apresentam pH 24h menor que 6, L* entre 42 e 50 e PPG maior que 5; RFN quando o pH 24h é menor que 6, L* de 42 a 50 e PPG menor que 5 e DFD quando o pH 24h é maior ou igual a 6, L* menor que 42 e PPG menor que 5.

O perfil de ácidos graxos no lombo foi realizado através do método de extração descrito por Folch, Lees e Sloanestanley (1957) e esterificação de Hartman e Lago (1973). Os extratos foram submetidos à cromatografia gasosa em cromatógrafo Shimadzu CG 2010 (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA), equipado com autoamostrador AOC 20 I, injetor split na razão 1:100 e coluna capilar Supelco SPTM-2560, 100m X 0,25mm X 0,20 µm (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA). As condições cromatográficas foram temperatura inicial da coluna de 140°C/5 minutos, elevação de 4°C/minuto até 240°C e manutenção por 30 minutos, totalizando 60 minutos. As temperaturas do injetor e do amostrador foram mantidas a 260°C. O gás de arraste utilizado foi o hélio. A velocidade linear foi de 28 cm/ segundo e o fluxo da coluna de 2 ml/minuto.

Os ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção apresentados pelo padrão cromatográfico Supelco™37 standard FAME Mix 47885-U (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA) e expressos em porcentagem do total de ácidos graxos identificados. Posteriormente, os ácidos graxos foram agrupados em total de ácidos graxos saturados (SFA), total de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), total de ácidos graxos polinsaturados (AGPI), total de ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 e suas relações.

Os índices de aterogenicidade e trombogenicidade, considerados como indicadores de saúde relacionados ao risco de doença cardiovascular, foram calculados de acordo com a descrição de Ulbricht e Southgate (1991). As atividades das enzimas $\Delta 9$ -dessaturase, alongase e tioesterase foram estimadas de acordo com Kazala et al. (1999) e Malau-Aduli et al. (1998).

2.3.4 Viabilidade econômica

Para a análise da viabilidade econômica das rações testadas foram considerados os preços dos ingredientes utilizados nas dietas (obtidos pela Coperoeste Pará de Minas – MG e fornecedores, no mês de julho de 2017, em dólar): milho seco, U\$0.171/kg; glicerina, U\$0.178/kg; farelo de soja, U\$0.4/kg; óleo de soja, U\$1.216/kg; fosfato bicálcico, U\$0.73/kg; calcário, U\$0.041/kg; sal comum, U\$0.114/kg; Qualitec S. Acabamento, U\$3.174/kg; DL-Metionina, U\$3.333/kg; L-Lisina, U\$1.73/kg; L-Treonina, 2.507/kg; Ractopamina, U\$11.904/kg; caulim, U\$0.095. Com esses dados, calculou-se o custo de cada ração, segundo Cantarelli et al. (2009).

O custo bruto com a alimentação ($C_{\text{alimentação}}$) de cada suíno foi determinado com base no custo das dietas experimentais, estimados considerando-se os preços dos ingredientes das dietas, e no consumo total de ração

de cada animal, de acordo com a fórmula: $C_{\text{alimentação}} = \text{consumo total de ração} \times \text{custo da dieta}$ (CANTARELLI et al., 2009).

O custo inicial do suíno ($C_{\text{suíno}}$) foi calculado por meio do preço do quilograma do suíno praticado pela Bolsa de Suínos de Minas Gerais no mês de julho de 2017, cujo cálculo foi realizado pela fórmula: $C_{\text{suíno}} = \text{peso inicial do animal} \times \text{preço do quilograma do suíno vivo}$. Assim o custo total (C_{total}) foi obtido por meio da soma do $C_{\text{alimentação}}$ e o $C_{\text{suíno}}$ (CANTARELLI et al., 2009).

A Receita Bruta (RB) foi calculada considerando-se o peso vivo final (PVf) dos animais e o valor, em dólar, recebido pelo quilograma do suíno vivo, de acordo com a Bolsa de Suínos de Minas Gerais: $RB = PVf \times U\$$. A Receita Líquida (RL) foi calculada pela subtração do custo total (C_{total}) da RB (CANTARELLI et al., 2009).

2.4 Análises estatísticas

Os dados referentes a cada parâmetro avaliado foram submetidos à análise de variância utilizando-se o General Linear Model (GLM) do software SAS® versão 9.3 (2012) e, quando significativa, modelos de regressão polinomial ($P < 0,05$) foram utilizados para avaliar o efeito dos níveis de inclusão da glicerina bruta na ração. A significância do efeito da presença/ausência da ractopamina na ração foi avaliada pelo próprio Teste de F, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS

Não houve ($P > 0,05$) interação entre o nível de inclusão da glicerina bruta e a adição ou não da ractopamina na ração para todos os parâmetros de desempenho avaliados (TABELA 3, APÊNDICE A). Além disso, tanto o ganho de peso diário quanto o registrado durante todo o período experimental não foram

afetados ($P>0,05$) pelo nível de inclusão da glicerina bruta nem pela adição ou não de ractopamina na ração, resultando em um peso final médio semelhante ($P>0,05$) entre todos os tratamentos ($103,2 \pm 0,78$ kg).

Todavia, tanto o consumo diário quanto o consumo total de ração pelos animais foram influenciados ($P<0,05$) pelo nível de inclusão da glicerina bruta na ração (TABELA 3, APÊNDICE A). Para ambos os parâmetros de consumo de ração, tal efeito pode ser explicado por equações quadráticas que, de modo geral, indicam que há aumento do consumo de ração até quando esta contém até aproximadamente 100 a 150g de glicerina por quilo de ração. Já o consumo diário de glicerina pelos animais aumentou linearmente ($P<0,05$) conforme o aumento do nível de inclusão da glicerina bruta na ração.

Embora tenham sido observadas variações no consumo, conforme a quantidade de glicerina presente na ração, tais variações não foram suficientes ($P>0,05$) para promover alteração na conversão alimentar (TABELA 3, APÊNDICE A). Por outro lado, a adição de ractopamina na ração na concentração de 10 mg/kg melhorou ($P<0,05$) a conversão alimentar em 4,6% (TABELA 3, APÊNDICE A).

Não houve ($P>0,05$) interação entre a ractopamina e a glicerina nem efeito isolado ($P>0,05$) dos níveis de glicerina bruta da ração para todas as características de carcaça avaliadas (TABELA 4, APÊNDICE A). Por outro lado, independente do nível de glicerina na ração, o uso da ractopamina aumentou ($P<0,05$) o peso da carcaça quente, rendimento da carcaça quente e peso da carcaça fria, sem afetar os parâmetros rendimento da carcaça fria, comprimento de carcaça, perda de peso por gotejamento às 24 h e 48h, área de gordura de lombo, profundidade de lombo e espessura de toucinho.

Não houve ($P>0,05$) interação entre a ractopamina e a glicerina nem efeito isolado ($P>0,05$) dos níveis de glicerina bruta da ração para os parâmetros de qualidade da carne, cor e composição centesimal do lombo dos suínos (TABELA

5, ANEXO A). No entanto, o uso da ractopamina aumentou ($P < 0,05$) a força de cisalhamento e os índices de L^* (luminosidade) e h^* (ângulo de tonalidade) e, em contrapartida, diminuiu ($P < 0,05$) o valor de a^* (teor de vermelho) na carne.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre a ractopamina e a glicerina na ração nem efeito isolado da glicerina bruta ($P > 0,05$) no perfil de ácidos graxos do lombo dos suínos (TABELA 7, APÊNDICE A). Porém a adição de ractopamina aumentou ($P < 0,05$) a concentração de C16:1 e diminuiu a concentração de C18:0 e a estimativa da atividade da Alongase^{C16-C18}. Não houve ($P > 0,05$) diferenças entre os tratamentos para os índices de aterogenicidade e trombogenicidade.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre a ractopamina e a glicerina na ração nem efeito isolado da ractopamina ($P > 0,05$) sobre os resultados de viabilidade econômica (TABELA 8, APÊNDICE A). Observou-se que a receita bruta foi influenciada ($P < 0,05$) pelo nível de inclusão da glicerina bruta na ração. O efeito pode ser explicado por uma equação quadrática, que indica aumento da receita bruta com a venda do suíno quando os animais foram alimentados com ração contendo até aproximadamente 100g de glicerina por quilo de ração, seguindo-se de diminuição progressiva na presença de 150 a 200 g de glicerina por quilo de ração. Houve melhora na receita bruta com o nível de inclusão de 100g/kg glicerina foi de U\$2,97, resultando em um aumento de 2,14%. Já a redução na receita bruta com o nível de inclusão de 200g/kg foi U\$0,62, resultando em uma diminuição de 0,45%. Entretanto, a receita líquida foi semelhante ($P > 0,05$) para todos os tratamentos avaliados.

4 DISCUSSÃO

O aumento do consumo de ração até a inclusão de aproximadamente 150 g de glicerina por kg de ração pode ser explicado pelo aumento da palatabilidade do alimento, devido ao sabor adocicado (PEISKER; DERSJANT-LI, 2006).

Apesar do consumo de ração ter variado, o consumo diário de glicerina foi linear em todos os tratamentos.

A melhoria na conversão alimentar em 4,6% causada pela adição de ractopamina representa um importante resultado, pois, embora este β -adrenérgico seja reconhecido como um melhorador do desempenho de suínos em terminação (PATIENCE et al., 2009), ainda era desconhecido se tal efeito benéfico também ocorreria quando houvesse glicerina bruta na ração. Ressalta-se que com as variações constantes do preço do milho, ingredientes energéticos alternativos, como a glicerina bruta, que venham a substituir parcialmente sua inclusão na ração representam importantes estratégias visando reduzir os custos de produção (BERENCHTEIN et al., 2010).

A glicerina bruta não aumentou o peso final dos animais e a espessura de toucinho, assim como observado no trabalho de Egea et al. (2016). Hanczakowska et al. (2010) verificou que a espessura de toucinho de animais alimentados com glicerina bruta era mais fina (1,92 cm) do que a espessura de toucinho de animais alimentado com glicerina purificada (2,09 cm), porém as espessuras de toucinho encontradas nesse trabalho mostraram-se bem abaixo do encontrado por esse autor (1,35 cm), provavelmente pela genética dos animais.

O aumento no peso de carcaça quente e fria corroboram com o encontrado no estudo de Silva et al. (2013), assim como o aumento do rendimento da carcaça quente neste estudo corrobora com o observado por Gerlemann et al. (2014) e Rickard et al. (2017) em suínos alimentados com ração contendo ractopamina. Esses resultados são explicados pelo fato da diminuição da gordura na carcaça ser acompanhada pelo aumento do teor de água que está associado ao correspondente incremento de proteína (CARDOSO; STOCK, 1996).

De modo geral, os resultados referentes às características de carcaça observados no presente estudo foram semelhantes aos relatados por outros pesquisadores que também verificaram que rações contendo glicerina não

influenciaram as características de carcaça de suínos (BERENCHTEIN et al., 2010; MENDOZA et al., 2010).

A adição de ractopamina à ração não alterou o pH e a temperatura da carne, assim como verificado em outra pesquisa (AMIN et al., 2016). A adição de glicerina bruta também não alterou o pH da carne, como verificado no trabalho de EGEE et al. (2016) com o uso de glicerina até 10 mg/kg.

Os resultados obtidos para qualidade da carne do lombo de suínos, apesar de ser com a glicerina associada à ractopamina, corroboram com os relatos de Melo et al. (2014), que concluíram que o uso de glicerina não promoveu modificações nos parâmetros de qualidade luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade de amarelo, índice de saturação da cor, ângulo de tonalidade da cor, pH inicial aos 45 minutos, pH final às 24 horas; perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. Os teores de cinzas, umidade, proteína e extrato etéreo no lombo determinados neste trabalho não sofreram influência dos níveis de glicerina bruta, assim como relatado por Melo et al. (2014) e Egee et al. (2016). A influência da ractopamina no aumento da força de cisalhamento do lombo também foi verificada em outros trabalhos (PARR et al., 2004; APPLE et al., 2007; PATIENCE et al., 2009) e pode estar relacionada à redução da atuação das proteases calpaínas (XIONG et al., 2006) e ao aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (PARR et al., 2004).

Os valores médios observados na presente pesquisa para índice de amarelo (11,34) e índice de saturação ou croma (11,37) estão de acordo com os valores citados na literatura (SILVA, 2013). Suínos alimentados com ração contendo ractopamina (10mg/kg) durante a fase de terminação podem apresentar a carne mais clara devido a uma redução no teor de vermelho e concomitante aumento da luminosidade. Esta diminuição do teor de vermelho sugere que na presença deste aditivo há uma redução na concentração de oximioglobina resultando em uma carne mais clara (LINDAHL et al., 2001) pela menor

quantidade de ferro presente no tecido (JUNCHER et al., 2001). Assim como verificado neste estudo, Agostini et al. (2011) também verificaram que a carne suína apresenta menor intensidade de vermelho quando se adiciona ractopamina na ração.

O índice de carcaças classificadas como PSE (pálida, mole e exsudativa) PFN (pálida, firme e não exsudativa), RSE (vermelha, mole e exsudativa), RFN (vermelha, firme, não exsudativa) e DFD (escura, dura e seca) variaram de 0 a 100%, dependendo dos parâmetros físico-químicos considerados pelos autores na avaliação (TABELA 6, APÊNDICE A). No geral, considerando os parâmetros adotados por Warner, Kauffman e Greaser (1997) (pH as 24 horas, L* e perda de peso por gotejamento), verificou-se uma variação média de 86,36 a 100% na prevalência de carnes PSE e, de 0 a 4,76% para RFN (normal) independente dos tratamentos utilizados. De maneira geral não observou-se influência isolada ou da associação de ractopamina e glicerina na ocorrência de carnes PSE.

A constância no perfil de ácidos graxos da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de glicerina neste estudo é controversa ao encontrado no trabalho de Faria et al. (2015), que verificaram modificações na deposição de ácidos graxos, com maiores quantidades de glicerina na alimentação de suínos. Esse resultado é interessante já que o sabor da carne é influenciado pela composição intramuscular de ácidos graxos (MURIEL et al., 2004).

Neste estudo não foram observadas alterações nas concentrações de AGMI, AGPI, e ácido linoleico na carne de suínos alimentados com adição de ractopamina, assim como relatado por Weber et al. (2006). No entanto observou-se diminuição de ácido esteárico e aumento de ácido palmitoleico com a adição de ractopamina na dieta desses animais. Em contraste com nosso estudo, Apple et al. (2008) observou aumento nas concentrações de AGPI e ácido linoleico e diminuição nas concentrações de SFA e AGMI na carne de suínos alimentados com adição de ractopamina. Esses dados mostram que a pesquisa de qualidade da

gordura em suínos alimentados com ractopamina é variável. Entretanto, Banon et al. (2000) relatou que, quando a porcentagem de carne magra aumenta, os ácidos graxos saturados diminuem e os ácidos graxos não saturados aumentam. Desse modo, a diminuição dos valores estimados da atividade da enzima Alongase^{C16-C18} pela adição de ractopamina pode estar relacionada à diminuição da síntese de triacilgliceróis (NAKAMURA; NARA, 2004).

Quando comparado ao trabalho de Faria et al. (2015), este estudo apresentou dois ácidos graxos diferentes, o ácido cáprico (C10:0) e o ácido heneicosanoico (C21:0), não apresentou o ácido erúico (C22:1 ω 9), além dos ácidos heptadecanoico (C17:0) e trans-9-octadecanoico (C18:1 ω 9t) apresentarem valores mais altos e o ácido linoleico (C18:2 ω 6c) apresentar valor mais baixo, o que pode melhorar a relação ω -6 / ω -3.

Os índices de aterogenicidade e trombogenicidade estão relacionados às quantidades de ácidos graxos saturados e polinsaturados e da série ω 6, sendo um indicador de saúde associado ao risco de doença cardiovascular (TURAN; SÖNMEZ; KAYA, 2007). Desta forma, quanto menores os índices de aterogenicidade e trombogenicidade de um determinado produto, melhores poderão ser os benefícios à saúde. Os índices de aterogenicidade encontrados nesse estudo se mostraram um pouco mais elevados que os encontrados no trabalho de Faria et al. (2015) para machos, já os índices de trombogenicidade apresentaram valores bem maiores que o verificado neste mesmo estudo (FARIA et al., 2015). Porém, como a elevação desses índices não foram relacionados com a adição de ractopamina ou ao nível de glicerina da dieta, podemos associar esses resultados à genética dos animais.

O uso isolado ou associado de até 20g/kg de glicerina bruta e ractopamina não diminuiu a receita líquida, o que indica que é possível a utilização tanto de glicerina bruta quanto da ractopamina na alimentação suína sem prejuízo econômico. Gallego et al. (2014) verificou que a inclusão acima de 140g/kg de

glicerina semipurificada na alimentação de suínos aumenta em até 2,9% o custo da ração, fato não verificado neste estudo provavelmente pela glicerina utilizada ser bruta.

5 CONCLUSÃO

Para suínos em fase de terminação, a inclusão de glicerina bruta na ração no nível de até 200g/kg pode ser utilizada em substituição parcial ao milho da dieta, associada ou não à ractopamina (10mg/kg), podendo ser uma estratégia nutricional vantajosa por diminuir a conversão alimentar, resultar em melhorias no peso das carcaças e em parâmetros de qualidade do lombo, além de não reduzir a receita líquida. Entretanto, a associação de glicerina bruta com ractopamina não aumentou o aproveitamento da glicerina pelo animal e nem intensificou a ação da ractopamina no metabolismo suíno, o que indica que o uso associado de glicerina e ractopamina pode não ser tão proveitoso.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), CAPES e CNPq que possibilitaram a realização deste estudo devido ao auxílio financeiro concedido.

À Usina da Petrobras Biocombustível S.A. localizada em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, pelo fornecimento da glicerina bruta.

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the effects of increasing levels of crude glycerin, associated or not to ractopamine, on feed finishing pigs on performance, carcass and meat quality, and economic viability. For this purpose 64 male castrated pigs (initial weight 77.2 ± 6.0 kg) were used. The design was DBC, in a 4 x 2 factorial scheme, with four inclusion levels of crude glycerin (0, 100, 150 and 200 g / kg) and two inclusion levels of ractopamine (0 and 10 mg / kg), totaling eight treatments evaluated in eight replicates of one animal each. The criterion used for the formation of the blocks was the initial weight of the animals and the experimental period lasted 28 days. Performance parameters, carcass characteristics and pork quality were evaluated. There was no interaction between the levels of crude glycerin and the addition of ractopamine in the diet for all evaluated parameters. The addition of ractopamine to the ration increased hot and cold carcass weight, warm carcass yield, shear force, flesh luminosity, hue angle and C16: 1 concentration in the lipid profile of the loin, besides improving feed conversion in 4.6% and decrease the concentration of C18: 0 and the activity of Alongase C16-C18 in the loin. Both daily consumption and total feed intake were influenced by the level of inclusion of glycerin in the diet. Gross income was influenced by the level of inclusion of crude glycerin in the ration, however, net revenue was not reduced by the addition of ractopamine in rations containing up to 200g of crude glycerine / kg. It is concluded that, for finishing pigs, the inclusion of crude glycerin in the feed at a level of up to 200 g / kg can be used, associated with ractopamine (10 mg / kg), and may be an advantageous nutritional strategy by reducing feed conversion and result in improvements in carcass weight and in loin quality parameters, in addition to not reducing net revenue.

Keywords: Biodiesel. Housing feature. Co-product. Performance. Nutrition. Profile of fatty acids. Quality of meat. Economic viability.

REFERÊNCIAS

ABCS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. 2. ed. Rio Grande do Sul: Estrela, 1973. 17 p.

AGOSTINI, P. S. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, Londrina, v. 60, n. 231, p. 659-670, 2011.

AMIN, M. et al. Efeito do período de suplementação de ractopamina na dieta em relação à qualidade da carne suína. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Campo Grande, v. 13, 2016.

ANP – **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

APPLE, J. K. et al. Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, Fayetteville, v. 23, n. 3, p. 179-196, 2007.

APPLE, J. K. et al. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2711-2722, 2008.

ARAÚJO, T. S. et al. Ractopamine effect on lipid metabolism and GLUT4 amount of finishing pigs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 54-62, 2014.

BANON, S., M. V. et al. Fat quality from lean pigs. **Anales de Veterinaria de Murcia**, v. 16, p. 77-88, 2000.

BARTELT, J., SCHNEIDER, D. **Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig**. In: Union for the Promotion of Oilseeds - Schriften Heft, 17. Union zur Forderung von Oel- Und Proteinpflanzen E.V., Berlin, p. 15-36, 2002.

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

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

BESERRA, V. A.; CESAR, A. S.; PERES, A. A. C. Adoção da glicerina bruta na dieta animal e seu impacto no produto final. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 65, n. 250, p. 259-265.

BOHAC, C. E.; RHEE, K. S. Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. **Meat Science**, v. 23, p. 71-75, 1988.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, p. 11-17, 1995.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Avaliação da carne suína**. 1. ed. Londrina: Midiograf, 2009. 120 p.

CANTARELLI, V. S. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 844-851, 2009.

CARDOSO, L. A.; STOCK, M. J. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. **Journal of Animal Science**, Chicago, v. 74, n. 9, p. 2245-2252, 1996.

CARVALHO, P. L. O. et al. Crude glycerine in growing and finishing pigs feeding. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1399-1410, 2013.

CAZEDEY, H. P. et al. Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 12, p. 2241-2248, 2016.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Árvore do conhecimento: Milho. Importância Socioeconômica. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**, 2017. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 15 jun. 2017.

FARIA, P. B. et al. Lipid profile and cholesterol of pork with the use of glycerin in feeding. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 2, p. 535-546, 2015.

FOLCH, J.; LEES. M.; SLOANESTANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v. 226, p. 497-509, 1957.

GALLEGO, A. G. et al. Neutral semi-purified glycerin in starting pigs feeding. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2831-2842. 2014.

GERLEMANN, G. D. et al. Impact of ractopamine hydrochloride on growth, efficiency, and carcass traits of finishing pigs in a three-phase marketing strategy. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1200–1207, 2014.

GOMIDE, A. P. C. et al. Substituição de milho por glicerina bruta em dietas para suínos em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 5, p. 1309-1316, 2012.

HANSEN, C. F. 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**, Melville, v. 49, n. 2, p. 154-161, 2009.

HARTMAN, L., LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, London, v. 22, p. 475-476, 1973.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, n. 4, p. 447-457, 1998.

JUNCHER, D. et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. **Meat Science**, Barking, v. 58, n. 4, p. 347-357, 2001.

KAZALA, E. C. et al. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 1717-1725, 1999.

LATIMER, G. W. JR. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 20.ed. Washington: AOAC International, 2016. 3172 p.

LINDAHL, G.; LUNDSTROM, K.; TORNBERG, E. Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. **Meat Science**, v. 59, p. 141-151, 2001.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. Breed comparison of muscle phospholipids in Jersey and limousine cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 3, p. 766-773, 1998.

MELO, D. S. et al. Qualidade da carne suína com uso de glicerina na alimentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 2, p. 583-592, 2014.

MENDOZA, O. F. et al. Metabolizable energy content of refined glycerin and its effects on growth performance, and carcass and pork quality characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Urbana, v. 88, n. 12, p.3887-3895, 2010.

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

MURIEL, E. t al. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. **Meat Science**, v. 67, p. 299–307, 2004.

NAKAMURA, M. T.; NARA, T. Y. Structure, function, and dietary regulation of delta 6, delta 5, and delta 9 desaturases. **Annual Review of Nutrition**, Urbana, v. 24, p. 345–376, 2004.

PARR, T. et al. Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, San Diego, v. 427, n. 1, p. 8-15, 2004.

PATIENCE, J. F. et al. The effect of ractopamine supplementation of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 89, n. 1, p. 53-66, 2009.

PEISKER, M.; DERSJANT-LI, Y. Glycerol in animal nutrition: versatile co-product of biodiesel production. **Journal Kraftfutter**, v. 89, n. 10, p. 16-23, 2006.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Vol. 1, 2. ed. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2012.

RICKARD, J. W. et al. 206 Impact of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on performance of heavy finishing pigs using a 3-cut marketing strategy. **Journal of Animal Science**, Madison, v. 95, n. 2, p. 98, 2017.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV. 2011. 252p.

SILVA, D. R. G. et al. Comparison of Warner–Bratzler shear force values between round and square cross-section cores from cooked beef and pork *Longissimus* muscle. **Meat Science**, v. 103, p. 1–6, 2015.

SILVA, L. R. **Ractopamina para suínos machos imunocastrados**. 2013. 129 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, R. A. M. et al. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 2, p. 3971-3982, 2013.

TURAN, H.; SÖNMEZ, G.; KAYA, Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. **Journal of Fisheries Science**, Sinop, v. 1, n. 2, p. 97-103, 2007.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, p. 985-992, 1991.

WARNER, R. D.; KAUFFMAN, R. G.; GREASER, M. L. Muscle Protein Changes Post Mortem Quality Traits Relation. **Meat Science**, Madison, v. 45, n. 3, p. 339–352, 1997.

WEBER, T. E. et al. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 720–732, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabelas

Tabela 1 - Composição química e energética da glicerina bruta mista¹.

Umidade (g/kg)	132,9
Glicerol (g/kg)	803,0
Energia bruta (Kcal/kg)	3.413
Proteína bruta (g/kg)	0,35
Metanol (g/kg)	12,0
Sódio (g/kg)	19,7
Potássio (g/kg)	0,5
Cinzas (g/kg)	52,4
pH	7,0

¹Análises químicas realizadas pelo Laboratório de Análises CBO (Campinas, São Paulo, Brasil).

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 2 - Composição e valores calculados das dietas experimentais. (conclusão)

Sódio	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09
Metionina digestível	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Metionina + Cistina	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Lisina digestível	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
Treonina digestível	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6

¹Composição, por kg de produto (Qualitec S. Acabamento[®]): Vitamina A, 2.500.000 U.I.; Vitamina B1, 250 mg; Vitamina B12, 5.000 mcg; Vitamina B2, 1200 mg; Vitamina B6, 400 mg; Vitamina D3, 300.000 U.I.; Vitamina E, 4.000 U.I.; Vitamina K3, 500 mg; Biotina, 5 mg; Colina, 32,5 g; Niacina, 7.500 mg; Ácido Pantotênico, 3600 mg; Cobalto, 100 mg; Cobre, 22,5 g; Ferro, 40 g; Iodo, 100 mg; Manganês, 21 g; Selênio, 75 mg; Zinco, 40 g; Lisina, 113,1 g; *Bacillus subtilis* 75 x 10⁹ UFC.

²Cloridrato de ractopamina (Ractosuín[®]) 20 g/kg.

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 3 - Desempenho de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina.

Parâmetros	Ractopamina (mg/kg)		Glicerina (g/kg)				EPM	Valor de P ¹	
	0	10	0	100	150	200		RAC	GLI
Peso inicial (kg)	77,2	76,7	77,0	76,9	76,9	76,9	2,79	0,299	0,999
Peso final (kg)	103,2	104,5	104,0	104,9	103,8	102,8	2,59	0,155	0,439
GPD (kg)	0,968	1,024	0,992	1,038	0,991	0,962	0,03	0,082	0,361
CDR (kg)	2,928	2,933	2,868	2,979	2,981	2,893	0,04	0,732	0,032 ²
CDG (kg)	0,328	0,333	0,000	0,298	0,447	0,575	0,004	0,122	<0,0001 ³
CA (kg/kg)	3,043 ^A	2,903 ^B	2,900	2,903	3,040	3,049	0,09	0,039	0,239

Médias com letras maiúsculas diferentes na linha indicam que houve diferença estatística ($P < 0,05$) para a variável em questão quando foi adicionado ou não ractopamina à dieta. EPM: erro padrão da média; GPD: ganho de peso diário; CDR: consumo diário de ração; CDG: consumo diário de glicerina; CA: conversão alimentar.

¹Para todos os parâmetros de desempenho, a interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição ou não de ractopamina foi não significativa ($P > 0,05$).

²Efeito do nível de inclusão da glicerina bruta na dieta sobre o consumo diário de ração: $y = -0,000011x^2 + 0,002273x + 2,866518$ ($R^2 = 0,98$).

³Efeito do nível de inclusão da glicerina bruta na dieta sobre o consumo diário de glicerina: $y = 0,002896x + 0,004200$ ($R^2 = 0,999$).

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 4 - Características da carcaça de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina.

Parâmetros	Ractopamina (mg/kg)		Glicerina (g/kg)				EPM	Valor de P ¹	
	0	10	0	100	150	200		RAC	GLI
PCQ (kg)	81,2 ^B	83,2 ^A	82,0	82,8	82,2	81,8	2,35	0,021	0,831
RCQ (%)	78,7 ^B	79,6 ^A	78,9	78,9	79,3	79,5	0,51	0,038	0,720
PCF (kg)	79,0 ^B	80,9 ^A	79,9	80,4	79,9	79,7	2,35	0,020	0,918
RCF (%)	76,6	77,4	76,8	76,6	77,0	77,5	0,55	0,061	0,774
CC (cm)	95,3	94,4	95,8	94,1	94,4	95,2	0,76	0,222	0,375
PPG 24h (%)	4,6	4,8	4,5	4,7	5,0	4,5	0,40	0,849	0,840
PPG 48h (%)	6,0	6,1	6,1	5,8	6,4	5,8	0,40	0,688	0,765
AGL (cm ²)	51,8	52,5	52,7	52,3	51,8	51,9	1,15	0,425	0,869
ET (mm)	13,9	13,1	13,6	13,6	13,2	13,5	0,70	0,228	0,987
PL (mm)	73,6	73,5	74,7	75,1	72,2	72,2	1,23	0,935	0,198
AGL (cm ²)	17,5	17,1	17,1	18,6	16,5	17,2	0,95	0,674	0,462

Médias com letras maiúsculas diferentes na linha indicam que houve diferença estatística ($P < 0,05$) para o parâmetro em questão quando foi adicionado ou não ractopamina. EPM: erro padrão da média; PCQ: peso da carcaça quente; RCQ: rendimento da carcaça quente; PCF: peso da carcaça fria; RCF: rendimento da carcaça fria; CC: comprimento de carcaça; PPG: perda de peso por gotejamento; AGL: área de gordura de lombo; ET: espessura de toucinho; PL: profundidade de lombo; AGL: área de gordura de lombo.

¹Para todos os parâmetros de características de carcaça, a interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição ou não de ractopamina foi não significativa ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 5 – Qualidade, cor e composição centesimal do lombo (*Longissimus dorsi*) de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina.

Parâmetros	Ractopamina (mg/kg)		Glicerina (g/kg)				EPM	Valor de P ¹	
	0	10	0	100	150	200		RAC	GLI
pH 45 min	6,2	6,2	6,1	6,2	6,2	6,2	0,06	0,944	0,462
pH 24 horas	5,7	5,6	5,8	5,5	5,7	5,7	0,12	0,471	0,054
Temperatura 45 min (°C)	33,6	32,8	33,8	33,6	32,9	32,4	0,82	0,113	0,353
Temperatura 24 horas (°C)	5,8	6,2	5,9	6,1	6,0	5,9	0,56	0,338	0,995
PPC (%)	33,4	33,1	34,4	32,5	32,9	33,2	0,96	0,745	0,517
FC (kgf)	4,8 ^B	6,0 ^A	5,7	5,3	4,9	5,8	0,29	<0,0001	0,120
L*	57,2 ^B	58,0 ^A	57,2	57,7	57,6	57,9	0,41	0,043	0,683
a*	0,7 ^A	0,4 ^B	0,7	0,7	0,5	0,3	0,16	0,043	0,142
b*	11,5	11,2	11,5	11,4	11,3	11,0	0,18	0,125	0,234
C*	11,5	11,2	11,6	11,4	11,4	11,1	0,13	0,106	0,221
h*	86,3 ^B	88,2 ^A	86,0	86,5	87,5	88,9	0,58	0,026	0,085
Umidade (%)	73,2	73,1	73,1	73,2	73,2	73,0	0,46	0,787	0,992
Extrato etéreo (%)	1,6	2,0	1,8	1,6	2,0	1,8	0,20	0,109	0,339
Proteína (%)	24,0	23,5	23,4	23,6	23,9	24,2	0,40	0,218	0,486
Cinzas (%)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	0,03	0,385	0,726
Colesterol (mg/100 g)	93,1	91,1	90,3	90,6	96,1	91,5	5,59	0,914	0,851

Médias com letras maiúsculas diferentes na linha indicam que houve diferença estatística ($P < 0,05$) para o parâmetro em questão quando foi adicionado ou não ractopamina. EPM: erro padrão da média; PPC: perda de peso por cozimento; FC: Força de cisalhamento; L*: luminosidade; a*: teor de vermelho; b*: teor de amarelo; C*: índice de saturação; h*: ângulo de tonalidade.

¹Para todos os parâmetros avaliados, a interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição ou não de ractopamina foi não significativa ($P > 0,05$). Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 6 - Classificação da qualidade da carne de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina de acordo com Warner, Kauffman e Greaser (1997). (continua)

Classificação	GLI 0 RAC 0	GLI 100 RAC 0	GLI 150 RAC 0	GLI 200 RAC 0	GLI 0 RAC 0,5	GLI 100 RAC 0,5	GLI 150 RAC 0,5	GLI 200 RAC 0,5
PSE	6 (75%)	6 (85,71%)	5 (71,43%)	6 (75%)	5 (62,5%)	4 (50%)	8 (100%)	7 (87,5%)
PFN	0	0	0	0	0	0	0	0
RSE	0	0	0	0	0	0	0	0
RFN	0	0	0	0	0	0	0	0
DFD	0	0	0	0	0	0	0	0
NC	2 (25%)	1 (0,14%)	2 (28,57%)	2 (25%)	3 (37,5%)	4 (50%)	0	1 (12,5%)

PSE – Cor pálida, textura mole e exsudativa; PFN – Cor pálida, textura firme e não exsudativa; RSE – Cor normal, textura mole e exsudativa; RFN – Cor normal, textura firme e não exsudativa; DFD – Cor escura, textura firme e não exsudativa; NC – Não classificado.

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 7 - Composição dos ácidos graxos no lombo de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de inclusão de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina. (continua)

Parâmetros (%)	Ractopamina (mg/kg)		Glicerina (g/kg)				EPM	Valor de P ¹	
	0	10	0	100	150	200		RAC	GLI
C10:0	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,003	0,316	0,978
C12:0	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,002	0,536	0,458
C14:0	1,16	1,19	1,21	1,17	1,17	1,17	0,012	0,261	0,554
C14:1	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,001	0,323	0,059
C15:0	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,003	0,609	0,369
C16:0	24,92	25,22	25,37	24,98	25,13	24,83	0,120	0,242	0,409
C16:1	3,206 ^B	3,461 ^A	3,35	3,27	3,43	3,28	0,053	0,023	0,757
C17:0	0,43	0,42	0,38	0,44	0,45	0,44	0,012	0,622	0,137
C17:1	0,83	0,86	0,79	0,86	0,85	0,90	0,025	0,585	0,530
C18:0	11,49 ^A	11,07 ^B	11,22	11,35	11,30	11,25	0,083	0,021	0,916
C18:1 ω 9t	0,15	0,15	0,13	0,15	0,16	0,15	0,004	0,667	0,068
C18:1 ω 9c	44,07	43,73	43,20	43,30	44,67	44,43	0,312	0,453	0,337
C18:2 ω 6c	9,36	9,41	9,92	9,87	8,80	8,95	0,246	0,828	0,286
C20:0	0,16	0,17	0,16	0,16	0,18	0,15	0,003	0,240	0,085
C18:3 ω 6	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,003	0,719	0,343
C20:1	0,76	0,78	0,75	0,73	0,79	0,80	0,014	0,690	0,200
C18:3 ω 3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,007	0,977	0,243
C21:0	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,004	0,334	0,355
C20:2	0,27	0,26	0,28	0,26	0,25	0,26	0,005	0,812	0,258

Tabela 7 - Composição dos ácidos graxos no lombo de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina. (continua)

C20:3 ω 6	0,29	0,28	0,28	0,31	0,26	0,30	0,010	0,763	0,455
C20:3 ω 3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,003	0,710	0,645
C20:4 ω 6	2,15	2,06	2,08	2,25	1,96	2,12	0,077	0,691	0,733
C20:5 ω 3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,002	0,896	0,692
C22:6 ω 3	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,002	0,771	0,078
^a SFA	38,32	38,15	38,48	38,22	38,38	37,86	0,161	0,628	0,556
^b AGMI	48,80	48,72	48,01	48,12	49,48	49,42	0,321	0,759	0,292
^c AGPI	12,50	12,39	12,98	13,02	11,73	12,07	0,326	0,973	0,505
^d $\sum\omega$ 3	0,41	0,40	0,43	0,41	0,40	0,38	0,009	0,812	0,254
^e $\sum\omega$ 6	11,88	11,76	12,34	12,37	11,10	11,45	0,315	0,956	0,490
^f $\sum\omega$ 6/ $\sum\omega$ 3	28,55	28,96	29,11	29,37	27,05	29,49	0,484	0,670	0,394
^g AGPI/SFA	0,32	0,33	0,34	0,33	0,30	0,32	0,009	0,604	0,516
^h Δ 9-desaturase ^{C16}	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,002	0,098	0,911
ⁱ Δ 9-desaturase ^{C18}	0,79	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,002	0,340	0,707
^j Alongase ^{C16-C18}	0,66 ^A	0,65 ^B	0,65	0,66	0,66	0,66	0,001	0,037	0,060
^l Thioesterase ^{C16-14}	0,96	0,98	0,95	0,96	0,96	0,90	0,018	0,980	0,828
Aterogenicidade	0,58	0,57	0,55	0,58	0,60	0,59	0,012	0,796	0,715
Trombogenicidade	8,64	8,59	8,99	8,93	8,20	8,34	0,189	0,970	0,399

Médias com letras maiúsculas diferentes na linha indicam que houve diferença estatística ($P < 0,05$) para o parâmetro em questão quando foi adicionado ou não ractopamina. ¹Para todas as variáveis avaliadas, a interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição ou não de ractopamina foi não significativa ($P > 0,05$). EPM: erro padrão da média; ^aSomatório SFA (C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0); ^bSomatório dos AGMI (C14:1 cis-9+C16:1 cis-9+ C17:1 cis-9+C18:1 cis-9+C20:1 cis-9 + C22:1 cis-9); ^cSomatório dos AGPI (C18:2 ω -6 + C18:3 ω -6 + C18:3 ω -3 + C20:4 ω -6 + C20:3 ω 6 + C20:3 ω 3 + C20:5 ω 3 + C22:6 ω -3); ^dSomatório

Tabela 7 - Composição dos ácidos graxos no lombo de suínos em terminação alimentados com dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina. (conclusão)

dos AGPI da série n-3 (C18:3 ω -3+ C20:3 ω 3 + C20:5 ω 3 + C22:6 ω -3); °Somatório dos AGPI da série n-6 series (C18:2 ω -6 + C18:3 ω -6 + C20:4 ω -6 + C20:3 ω 6); †Relação ω -6/ ω -3 ($\Sigma\omega$ -6/ $\Sigma\omega$ -3); ‡Relação AGPI/SFA (C18:2 ω -6 + C18:3 ω -6 + C18:3 ω -3 + C20:4 ω -6 + C20:3 ω 6 + C20:3 ω 3 + C20:5 ω 3 + C22:6 ω -3)/(C12:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0); †Índice da atividade da desaturase C16=100 [(C16:1 cis-9)/(C16:1 cis-9+C16:0)]; †Índice da atividade da desaturase C18=100 [(C18:1 cis-9)/(C18:1 cis-9+C18:0)]; †Índice da atividade da alongase C16 até C18=100 [(C18:0+C18:1 cis-9)/(C16:0+C16:1cis-9+C18:0+C18:1 cis-9)]; †Índice da atividade da thioesterase C16 até C14=100 [(C16:0)/(C16:0+C14:0)].

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 8 – Viabilidade econômica de dietas formuladas com diferentes níveis de glicerina bruta, com ou sem adição de ractopamina, para suínos em terminação.

Parâmetros (U\$)	Ractopamina (mg/kg)		Glicerina (g/kg)				EPM	Valor de P ¹	
	0	10	0	100	150	200		RAC	GLI
Custo Inicial do Suíno	105,03	103,5	103,89	104,8	104,91	103,46	1,288	0,568	0,982
Custo Bruto com Alimentação	20,16	20,02	19,53	20,36	20,47	19,98	0,127	0,825	0,089
Receita Bruta	140,21	139,85	138,92	141,89	141,00	138,30	1,222	0,534	0,033 ²
Receita Líquida	9,11	10,41	9,58	10,81	9,70	8,95	0,702	0,202	0,519

EPM: erro padrão da média; RAC: Ractopamina; GLI: Glicerina bruta.

¹Para todos os parâmetros avaliados, a interação entre os níveis de glicerina bruta e a adição ou não de ractopamina foi não significativa (P>0,05).

²Efeito do nível de inclusão da glicerina bruta na ração sobre a receita bruta da venda do suíno: $y = -331,09x^2 + 63,242x + 138,91$ ($R^2 = 0,9995$).

Fonte: Do autor, 2017.