

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E RACTOPAMINA NO
PERFIL LIPÍDICO DA GORDURA DE SUÍNOS**

Stephan Alexander da Silva Alencar

**CAMPO GRANDE, MS
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E RACTOPAMINA NO
PERFIL LIPÍDICO DA GORDURA DE SUÍNOS**

Stephan Alexander da Silva Alencar

Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

Co-orientadora: Prof. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Luis Henrique Viana

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal.

CAMPO GRANDE, MS
2016

Certificado de aprovação

STEPHAN ALEXANDER DA SILVA ALENCAR

Níveis de energia líquida e ractopamina no perfil lipídico da gordura de suínos

Net energy and ractopamine levels in lipid profile of swine fat

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de mestre em Ciência Animal.

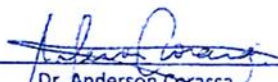
Área de concentração: Produção
Animal.

Aprovado(a) em: 24/02/2016

BANCA EXAMINADORA:



Dr. Charles Kiefer
(UFMS) – (Orientador)



Dr. Anderson Corassa
UFMT



Dr. Gabriel Cipriano Rocha
UFV

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rubens Jorge Alencar e Maria de Fátima da Silva, e aos meus grandes irmãos Diego Gabriel da Silva e Rubens Jorge Alencar Filho que são a minha base e meu grande orgulho, pelo incentivo de todas as horas, apoio incondicional e por me tornarem quem eu sou hoje. A minha namorada Luiza Regina Campos Dalpiaz, minha referência, meu incentivo maior, que de forma especial e carinhosa sempre me dá força e coragem, me apoiando nos momentos mais difíceis.

Em especial ao Prof. Dr. Charles Kiefer, pela grande orientação, paciência, dedicação no ensino, pelo grande apoio e principalmente pela confiança em mim.

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pela concessão da bolsa da “Chamada FUNDECT/CAPES nº 02/2014 – Mestrado em Mato Grosso do Sul” durante o período de mestrado.

A Profa. Dra. Maria da Graça Moraes e ao Prof. Dr. Luiz Henrique Viana, por abrirem as portas dos seus laboratórios para as análises.

Ao Prof. Dr. Anderson Corassa, Prof. Dr. Gabriel Cipriano Rocha e a Profa. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza pela participação na banca e ótimas contribuições oferecidas ao meu trabalho que o enriqueceram grandemente.

A técnica do laboratório Adriana Garabini e aos doutorandos Joyce Barbosa e Leandro Cavalheiro por me tirarem dúvidas e me auxiliarem nas análises.

Ao pessoal do setor de Suinocultura que me ajudaram muito em todos os momentos e tornaram tudo mais fácil e possibilitaram o término de todas as análises, sendo eles o Rodrigo Caetano, Danilo Marçal, Liliane Gonçalves, Alexandre Pereira, Jéssica Lira, Camilla Gonçalves, Gabriela Puhl, Allan Canazilles, Guilherme Costa, Indira Dayane e Bruna Teodoro, Taynah Farias, Viviane Oliveira, Luciana Rufino e a Mariana Vital.

A todos meus amigos que fiz durante o período de graduação e continuaram a me acompanhar durante toda minha jornada no mestrado e tornaram esse período mais feliz, em especial ao Alberto Gaspar, Jonathan Carvalho, Henrique Freitas, Anderson Bento e Raizza Rocha.

Ao secretário da pós-graduação Ricardo de Oliveira Santos que sempre é muito prestativo e está disposto a ajudar quando precisamos, tornando-se um grande amigo.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela oportunidade da realização do curso.

Resumo

ALENCAR, S.A.S. Níveis de energia líquida e ractopamina no perfil lipídico da gordura de suínos. 2016. 47f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito dos níveis de ractopamina e energia líquida no perfil lipídico da carne e gordura suína. Foram utilizados 90 animais, com peso inicial de $71,94 \pm 4,43$ kg, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial três x cinco (três níveis de ractopamina: 0, 10 e 20 ppm e cinco níveis de energia líquida: 2.300, 2.425, 2.550, 2.675 e 2.800 Kcal/kg de ração), com seis repetições e um animal por unidade experimental. Foram analisados os perfis lipídicos da gordura subcutânea e da carne através de cromatografia gasosa. Não houve ($P > 0,05$) interação entre os níveis de energia líquida e de ractopamina no perfil lipídico da gordura. O aumento do nível de energia líquida melhorou o perfil lipídico das gorduras subcutânea e da carne, proporcionando aumento das concentrações de ácidos graxos poli-insaturados e redução dos ácidos graxos monoinsaturados e saturados e aumentos consideráveis no C18:2n6 e C18:3n3. Os níveis de ractopamina promoveram efeito quadrático nos ácidos graxos C18:3n6 e C20:3n3 na gordura subcutânea, e reduziram o C12:0 e C14:0, aumentaram o C20:3n6 e tiveram efeito quadrático no C18:3n3, C20:4n6 e C20:3n3 na gordura da carne, sem afetar o perfil lipídico total destas gorduras. Em conclusão, o aumento do nível de energia líquida da dieta, com a utilização do óleo de soja, melhora o perfil lipídico da gordura subcutânea e da carne suína. A inclusão de ractopamina também melhora o perfil lipídico da gordura da carne, porém com menor efeito sobre a gordura subcutânea.

Palavras-chave: ácidos graxos, índice aterogênico, índice trombogênico, ômega 3, ômega 6

Abstract

ALENCAR, S.A.S. Net energy and ractopamine levels in lipid profile of swine fat. 2016. 47f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

This study was conducted to evaluate the effect of net energy and ractopamine levels in the lipid profile of pork and subcutaneous fat. Ninety animals were used, with initial weight of 71.94 ± 4.43 kg, allotted to a randomized block design in a factorial three x five (three ractopamine levels: 0, 10 and 20 ppm and five levels of net energy: 2,300; 2,425; 2,550; 2,675 and 2,800 Kcal / kg diet) with six repetitions and one animal per experimental unit. Lipid profiles of subcutaneous fat and meat were analyzed by gas chromatography. There were not ($P > 0.05$) interaction between net energy and ractopamine levels on lipid profile of the fat. The increase in net energy levels improved the lipid profiles of subcutaneous fat and meat, providing increased concentrations of polyunsaturated fatty acids and reduction of monounsaturated and saturated fatty acids, and significant increases in the C18:2:n6 and C18:3n3. Ractopamine levels showed a quadratic effect on the fatty acids C18:3n6 and C20:3n3 in subcutaneous fat, and reduced C12:0 and C14:0, increased C20:3n6, and had quadratic effect on C18:3n3, C20:4n6 and C20:3n3 in pork fat, but did not affect the total lipid profile of these fats. In conclusion, increasing the net energy of the diet with use of soybean oil, improves lipid profile of subcutaneous fat and pork. The inclusion of ractopamine also improves the lipid profile of the fat from the pork, but with less effect on the subcutaneous fat.

Keywords: atherogenic index, fatty acids, ω 3, ω 6, thrombogenic index

Lista de ilustrações

Figura 1 - Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos.....	14
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais.....	29
Tabela 2 - Concentração de ácidos graxos (g/ 100g) da gordura subcutânea e da carne de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de ractopamina (RAC) e energia líquida (EL).....	33
Tabela 3 - Perfil lipídico (%), índices aterogênico e trombogênico e relação ômega 6: ômega 3 da gordura subcutânea e da carne de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de ractopamina (RAC) e energia líquida (EL).....	34
Tabela 4 - Equações de regressão dos efeitos dos níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC) na gordura subcutânea.....	35
Tabela 5 - Equações de regressão dos efeitos dos níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC) na gordura da carne.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Energia líquida na nutrição de suínos.....	11
1.2 Ractopamina nas dietas.....	12
1.3 Ácidos graxos da gordura suína.....	16
1.4 Modificação da gordura.....	17
REFERÊNCIAS.....	20
NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E RACTOPAMINA NO PERFIL LIPÍDICO DA CARNE E GORDURA SUÍNA.....	25
Resumo.....	25
Abstract.....	26
Introdução.....	27
Material e Métodos.....	28
Resultados.....	31
Discussão.....	36
Conclusões.....	41
Referências.....	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

INTRODUÇÃO

Apesar do aumento no consumo da carne suína, ainda existem mitos relacionados à qualidade da carne que impedem crescimento expressivo, principalmente no Brasil. Dentre esses mitos, está relacionado a gordura presente na carne suína e seus malefícios para a saúde humana (Nantes et al., 2014).

Nos últimos anos houve redução da quantidade de gordura, principalmente da espessura de toucinho, promovendo carcaças mais magras e adequadas para aceitação dos consumidores, principalmente devido aos avanços alcançados no campo genético e nutricional. Em especial, a utilização da ractopamina nas dietas de suínos teve grande impacto na diminuição da gordura (Kiefer & Sanches, 2009).

Já em relação a qualidade dessa gordura, basicamente sua composição em ordem crescente é de ácidos graxos poli-insaturados, saturados e monoinsaturados. E quando se compara a carne suína com relação a carne bovina e ovina é possível se observar que a mesma possui maior relação ácidos graxos poli-insaturados: ácidos graxos saturados, indicando melhor qualidade desta carne (Wood et al., 2008). Além disso, a carne suína possui a mesma concentração de colesterol que a carne bovina e menor que a carne de frango (Hautrive et al., 2012).

Por outro lado, ainda que a carne suína tenha vantagens em relação as outras carnes do mercado, existe potencial de melhorar ainda mais os seus benefícios a saúde, alterando os ácidos graxos, pois também a sua relação ômega 6: ômega 3 está acima da faixa considerada ideal, enquanto que as carnes bovinas e ovinas possuem essa relação dentro deste limite (Wood et al., 2009).

A nutrição é uma ótima ferramenta prática e efetiva para se alterar a composição dos ácidos graxos da carcaça dos suínos, enquanto que no caso dos ruminantes existe um menor efeito desta estratégia (Kelly et al., 1998). Sendo assim, nos suínos, o consumo de alimentos contendo ácidos graxos insaturados, levaria ao enriquecimento da carne suína, sendo uma forma viável de aumentar a deposição e o posterior consumo de ácidos graxos ômega 3 em seres humanos, em detrimento da redução dos ácidos graxos associados com problemas de saúde (Dugan et al., 2015).

Portanto, avaliar a potencialidade das dietas na mudança do perfil lipídico na carcaça dos suínos pode direcionar melhor o mercado a alcançar o objetivo da produção de suínos com gordura mais saudável e consequentemente mudar o conceito dos consumidores em relação à qualidade da gordura da carne suína.

Neste contexto, realizou-se o presente estudo para avaliar os efeitos de níveis de ractopamina e energia líquida e suas interações nas mudanças do perfil lipídico da carne e gordura suína.

1 Energia líquida na nutrição de suínos

Com os constantes avanços no melhoramento genético, e a seleção de animais para alto ganho de peso, é necessário reavaliar constantemente as exigências dos suínos, onde se inclui as exigências em energia (Zangerônimo et al., 2009). A energia que o animal necessita, provem dos nutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas) dos ingredientes que compõe a sua dieta (Bertechini, 2012).

O componente energético da ração é o que representa a maior proporção dos custos com alimentação, dessa forma faz-se necessária a precisa estimativa de seu conteúdo nos alimentos, além de formulações adequadas às diferentes categorias para reduzir os custos na produção de suínos (Noblet, 2007).

Os suínos ajustam o consumo voluntário de alimento de acordo com a concentração de energia da dieta, diminuindo ou aumentando de acordo com sua exigência diária (Quiniou & Noblet, 2012). Sendo a energia do alimento o primeiro limitante no consumo dos suínos, a definição do conteúdo energético das rações de suínos é necessária para equacionar corretamente o consumo dos nutrientes, pois baixos valores de energia podem levar ao maior consumo de ração para suprir sua exigência energética, aumentando o consumo dos outros nutrientes (Bertechini, 2012).

A adequação também é necessária, pois o aumento da concentração da energia da dieta pode levar ao aumento na espessura de toucinho e prejudicar o valor comercial das carcaças dos suínos (Moura et al., 2011). As indústrias e os consumidores buscam carcaças com menor teor de gordura, além disso, para o produtor a deposição de gordura não é rentável uma vez que a deposição de proteína é mais eficiente devido ao conteúdo de água depositado em associação ao músculo (Crome et al., 1996).

A energia contida nos alimentos pode ser dividida em quatro frações. A energia bruta da ração que é toda energia que pode ser produzida pelo alimento, porém ela não é totalmente disponível para a utilização, pois ocorrem perdas no processo de digestão e absorção. A energia digestível que se refere a energia bruta menos a energia perdida pelas fezes. A energia metabolizável que corresponde a energia digestível menos a energia perdida na urina e gases provenientes da fermentação (metano e hidrogênio). E a energia líquida que é a energia metabolizável menos o incremento calórico, que corresponde a energia liberada (em forma de calor) pelos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes (Noblet, 2007).

A mudança nas concentrações de energia da dieta é realizada com uso de diferentes taxas de inclusão de ingredientes, podendo-se utilizar ingredientes mais ricos em fibras ou mais ricos em gordura, porém levando a diferentes relações entre energia metabolizável e energia líquida, pois a relação da concentração de energia será diferente de acordo com o sistema de energia utilizado (Quiniou & Noblet, 2012).

Os sistemas de energia digestível e energia metabolizável podem superestimar o conteúdo de alimentos energéticos ricos em fibras e proteínas e/ou subestimar valor energético dos alimentos ricos em gordura ou amido. Isso ocorre, pois, a gordura e o amido possuem melhor relação energia metabolizável: energia líquida, sendo de 90 e 82%, enquanto que a proteína e a fibra dietética ficam em torno de 60%, ou seja, estes últimos possuem maior incremento calórico (Noblet, 2007).

Os resultados da formulação de menor custo dependerão então do sistema de energia utilizado. O sistema de energia líquida é o preferível porque ele é capaz de discriminar mais precisamente o verdadeiro valor energético dos alimentos (Noblet et al., 1994), sendo o único sistema no qual as necessidades energéticas e os valores de energia da dieta são expressos em uma mesma base (Noblet & Milgen, 2004).

Uma forma de adequar a energia fornecida pela ração aos animais é aumentando-se os ingredientes energéticos. A utilização de óleo e gordura como fonte energética apresenta vantagem em relação aos outros alimentos, por diminuir a pulverulência, aumentar a palatabilidade, facilitar a absorção de vitaminas lipossolúveis, e fornecer 2,25 vezes mais energia do que proteínas e carboidratos, necessitando menor quantidade para se alcançar os níveis de exigência dos suínos (Pupa, 2004).

Além disso, em altas temperaturas, tem sido sugerido que a formulação com base no conceito de energia líquida pode atenuar os efeitos do estresse por calor por reduzir o incremento calórico das dietas. Uma das alternativas para tal estratégia é a adição de óleo e gordura a dieta, além do uso do conceito de proteína ideal. Assim, a utilização da energia líquida na formulação de rações para suínos promove o máximo desempenho e conformação ideal da carcaça (Noblet & Milgen, 2004).

2 Ractopamina nas dietas

As indústrias processadoras de carne têm buscado carcaças com menor teor de gordura e maior teor de carne, premiando aquelas mais adequadas e bonificando o

produtor, dessa forma estimulando novas estratégias nutricionais no campo, visando essa carcaça preconizada (Corassa et al., 2010).

Uma forma de melhorar a eficiência da produção e a qualidade da carcaça dos suínos é a utilização de aditivos (Cantarelli et al., 2009). A ractopamina é um aditivo repartidor de energia, pertencente ao grupo das fenetanolaminas com estrutura análoga às catecolaminas (adrenalina e noradrenalina). Age redistribuindo os nutrientes, alterando o metabolismo celular, dessa forma melhorando o desempenho e a eficiência dos suínos (Apple et al., 2007).

Assim como as catecolaminas a ractopamina, também atua ao nível dos receptores adrenérgicos das células, produzindo efeitos biológicos ou farmacológicos (Ramos & Silveira, 2000). Esses receptores celulares podem ser do tipo α ou β , a ractopamina atua nos receptores β_1 e β_2 , dessa forma denominada de agonista β -adrenérgico (Palermo Neto, 2006).

A utilização da ractopamina como promotor do crescimento animal, ocorre principalmente, à via oral, onde o pH do trato gastrointestinal influencia o local de absorção. O pH do estômago, favorece a perda de um elétron na amina alifática, enquanto a natureza mais neutra do intestino delgado, promove a redução da extensão da ionização e aumenta a absorção passiva através da mucosa intestinal (Smith, 1998).

As ações ocorrem após absorção e quando há estimulação do receptor β pelo agonista (ractopamina) (Figura 1). O complexo agonista/receptor fixa-se sobre uma proteína de ligação que é regulada pelos nucleótidos guanínicos, difosfato de guanosina (GDP), quando a proteína está na sua forma inativa, e trifosfato de guanosina (GTP), quando a subunidade α da proteína está ativada pelo complexo agonista/receptor. Essa proteína, na sua forma ativa Gs, vai induzir a modificação na fluidez da membrana, permitindo, assim, o seu deslocamento lateral, o que leva à estimulação da ação catalítica da enzima adenilciclase (Ac). A adenilciclase vai formar o AMPc a partir do ATP. E por meio da proteína cinase (PC), irá conduzir a fosforilação de enzimas (Palermo Neto, 2006).

No tecido adiposo a ractopamina tem o potencial de aumentar a lipólise e diminuir a lipogênese (Moody et al., 2000). Também atua aumentando a entrada de aminoácidos nas células musculares, estimulando a síntese de proteína muscular (Adeola et al., 1992), dessa forma aumentando a proporção das fibras brancas (Aalhus et al., 1992).

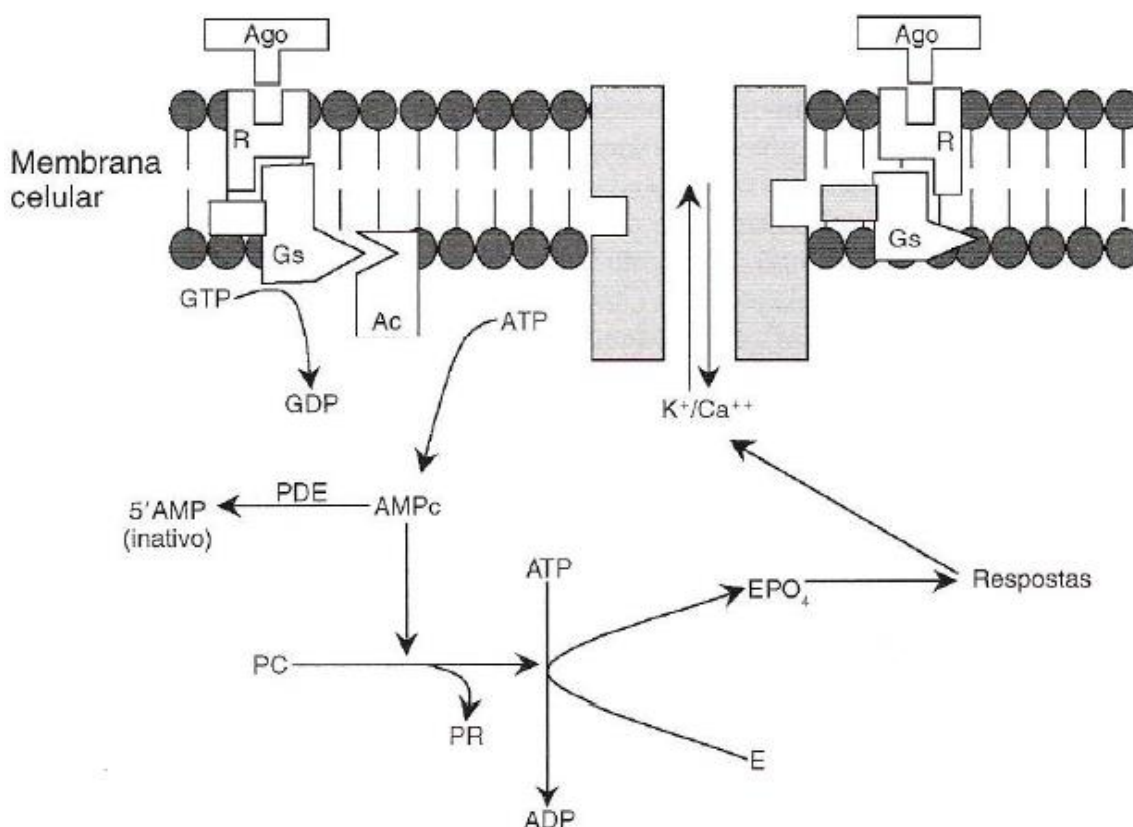


Figura 1 - Mecanismo de ação dos agonistas β -adrenérgicos. Onde: AGO: agonista β - adrenérgico, R: receptor, GDP: difosfato de guanosina, GTP: trifosfato de guanosina, Gs: proteína ativa, Ac: enzima adenilciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PC: proteína quinase, E: enzima, EPO₄: enzima fosforilada

Fonte: Adaptado de Palermo Neto (2006).

O efeito nas fibras musculares tem relação com aumento do anabolismo e diminuição do catabolismo, sendo que a ativação dos receptores β 2-adrenérgicos estimula ambos, o aumento da síntese proteica e a diminuição da degradação proteica, enquanto que ativação dos receptores β 1-adrenérgicos aumenta apenas a síntese proteica (Moody et al., 2000).

A ractopamina possui efeito sobre a insulina, inibindo a ligação dela com o receptor adrenérgico dos adipócitos, antagonizando sua ação, diminuindo a síntese e deposição de gordura nos suínos (Bellaver et al., 1991). Porém, a ractopamina pode causar hiperinsulemia, o que leva a resistência a insulina pelas células e devido a esse efeito, a ação esperada da insulina em diminuir a glicose no sangue por meio da lipogênese é diminuída (Palermo Neto, 2006).

Os efeitos da ractopamina ainda podem estar relacionados ao período de duração da suplementação das dietas, sendo que atingem a máxima resposta em torno de três

semanas, se estabilizando e depois diminuindo o seu efeito (Williams et al., 1994). Este período de tempo limitado tem relação com a dessensibilização ou baixa-regulação na resposta dos receptores β 1-adrenérgicos, quando ocorre a exposição prolongada da célula a ractopamina (Moody et al., 2000).

Tem sido relatado que a inclusão de 5 ppm são suficientes para aumentar o peso final, no ganho de peso diário, melhorar a conversão alimentar, redução da espessura de toucinho, aumento da profundidade de lombo e a taxa de deposição de carne magra (Marinho et al., 2007). Pereira et al. (2008) também verificaram menor consumo, maior profundidade de lombo e rendimento de carne magra da carcaça em suínos alimentados com ração contendo 5,0 ppm de ractopamina.

Utilizando 10 ppm, Carr et al. (2005) verificaram menor consumo de ração diário. Outro trabalho com suínos recebendo 5, 10 e 20 ppm de ractopamina, foi observado aumento no ganho de peso diário de, respectivamente, 20; 24,4 e 51%, em relação a dieta controle (Sanches et al. 2010a).

Verificou-se redução linear na espessura de toucinho e aumento linear da profundidade de músculo e da porcentagem de carne magra na carcaça com a utilização de 0, 5, 10 e 20 ppm de ractopamina (Sanches et al., 2010b).

Em uma meta-análise que avaliou a utilização de ractopamina, foi observado que o nível de 15 ppm de ractopamina é o que proporciona maior ganho de peso e melhor conversão alimentar. Em relação as características de carcaça, o melhor nível foi de 20 ppm de ractopamina por proporcionar maior área de olho-de-lombo e percentual de carne magra em relação aos menores níveis (Kiefer & Sanches, 2009).

No trabalho de Adeola et al. (1990), observou-se redução no peso de carcaça quente em uma dieta com ractopamina contendo 13% de proteína bruta, porém ao elevar o nível de proteína bruta para 17% com ractopamina, as carcaças ficaram 1,4 kg mais pesadas. Dessa forma, para que a ractopamina possa exercer seu máximo efeito deve-se ajustar nutricionalmente as dietas, devido as mudanças nas exigências nutricionais para a maior deposição de proteína (Jacela et al., 2009).

Não foi constatado alteração da qualidade na carne suína pela utilização da ractopamina, mantendo-se a cor, firmeza, capacidade de retenção de água e marmoreio (Apple et al., 2007). Foram observadas reduções do peso do fígado e dos rins, porém sem afetar outros órgãos e o comprimento do intestino delgado (Sanches, 2010a).

A ractopamina tem o seu efeito comprovado na redução da quantidade de gordura na carcaça, melhorar o desempenho (Marinho et al., 2007) e trazendo lucro aos

produtores (Brumatti & Kiefer, 2010). Entretanto a atenção dos consumidores tem-se voltado para o tipo de gordura da carne que eles estão consumindo diariamente.

3 Ácidos graxos da gordura suína

As principais formas de armazenamento de energia pelos organismos são na forma de óleo e gordura, sendo que os animais estocam desta última forma. Essas gorduras são formadas basicamente por moléculas de triglicerídeos, compostos por uma molécula de glicerol e três de ácidos graxos.

Os ácidos graxos da carcaça têm a função de estoque energético nos suínos, com grande importância na composição da carne, influenciando nas características organolépticas (textura, sabor, aroma, cor, etc), contribuindo para sua aceitabilidade (Ludke & López, 1999).

Os ácidos graxos de maior concentração na gordura suína em ordem decrescente são o ácido oleico (C18:1n9), ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0) e ácido linoleico (C18:2n6), sendo que a maior concentração é de ácidos graxos monoinsaturados, depois os ácidos graxos saturados e por último os ácidos graxos poli-insaturados (Dugan et al., 2015). Quando se compara o perfil de ácidos graxos da carne suína com de animais ruminantes como ovinos e bovinos, percebe-se a maior quantidade de ácidos graxos poli-insaturados que os suínos possuem em relação as outras duas espécies. Por outro lado, a relação ômega 6 e ômega 3 têm valores maiores que o de ruminantes e conseqüentemente piores a saúde do consumidor (Enser et al., 1996).

O perfil de ácidos graxos nas carnes e gorduras podem variar largamente na literatura, por conta da variação natural das amostras, que sofrem influência direta de fatores como a idade, raça, dieta e até da análise realizada. Esse perfil de ácidos graxos da carne suína tem importância para os consumidores, visto que estes podem influenciar na saúde humana. Os ácidos graxos saturados, por exemplo, podem aumentar os níveis de colesterol sanguíneo enquanto que os ácidos graxos poli-insaturados diminuem estes níveis (Norum, 1992).

O colesterol é uma substância produzida naturalmente pelo organismo, exercendo diversas funções importantes, porém o aumento da sua concentração no sangue pode levar a doenças coronarianas, aterosclerose, hipertensão arterial, diabetes mellitus e formação de cálculos biliares (Ludke & López, 1999).

Dentre as substâncias que compõem o colesterol, as lipoproteínas de densidade alta (HDL) são consideradas o bom colesterol, pois atuam como principal via de degradação do colesterol, captando e transportando para o fígado para ser catabolizado até saís biliares, enquanto que as lipoproteínas de densidade baixa (LDL) são consideradas como o mau colesterol pois acumulam colesterol, levando colesterol para dentro de todos eles (Riegel, 2001).

Estudos realizados em humanos adultos saudáveis e em animais avaliando o colesterol total e o LDL, ligaram a ingestão de ácidos graxos saturados ao aumento no risco de doenças cardíacas coronárias (Micha & Mozaffarian, 2010).

A prevenção de doenças cardíacas coronárias pode ser feita por meio da substituição dos ácidos graxos saturados por outro tipo, porém os efeitos são maiores quando se substitui os ácidos graxos saturados por poli-insaturados, do que pelos monoinsaturados ou mesmo por carboidratos, mantendo-se o mesmo balanço energético (Jakobsen et. al., 2009), fato este confirmado pelos estudos de Micha & Mozaffarian (2010). É importante não apenas a diminuição do consumo dos ácidos graxos saturados, como também no aumento do consumo dos poli-insaturados.

Para cada substituição de 5% do consumo de ácidos graxos saturados por ácidos graxos poli-insaturados, o risco de acidentes coronarianos e morte coronariana diminuem em 13 e 26%, respectivamente (Jakobsen et al., 2009).

Dentre os ácidos graxos poli-insaturados, encontra-se o ômega 3 que auxilia na prevenção de doenças cardíacas coronárias, e quando incluídos na alimentação de mulheres gestantes pode auxiliar no desenvolvimento fetal e pós-natal (Connor, 2000). Um de seus outros benefícios está relacionado à redução dos níveis de triglicerídeos no plasma (Harris et al., 2008).

4 Modificação da gordura

O perfil lipídico da gordura suína pode variar devido a vários aspectos. Diferentes raças podem fornecer diferentes concentrações de ácidos graxos no produto final (Wood et al., 2004), assim como a escolha do sexo, onde foi verificado maiores níveis de ácidos graxos poli-insaturados na gordura da carne de fêmeas em comparação a machos castrados (Warnants et al., 1996), e também a idade dos animais, pois animais mais jovens possuem maiores concentrações de C18:2 e menores de C18:0 e C18:1n9 (Kouba et al., 2003).

Porém, a nutrição é a via mais efetiva e que pode ser utilizada para mudança do perfil lipídico da gordura das carcaças. Neste aspecto, os não ruminantes como os suínos, possuem vantagens em relação aos ruminantes, pela facilidade com a qual é possível promover essa mudança no perfil dos ácidos graxos.

Produtos oriundos de ruminantes têm tendência a possuírem ácidos graxos saturados e menor impacto na alteração deles pela nutrição devido a suas características anatômico-fisiológicas, que levam a mudança desses ácidos graxos durante sua passagem pelo trato gastrointestinal (Kelly et al., 1998).

Por sua vez, o fornecimento de dietas com gorduras insaturadas para os suínos, diminuem a concentração da gordura saturada e aumentam os níveis de gordura insaturada, proporcionando melhor alternativa para a saúde do consumidor (Ludke & López, 1999).

Estudo realizados com suínos alimentados com dietas contendo 5% de óleo de linhaça apresentaram maior concentração de ácidos graxos ômega 3 no músculo e no toucinho em relação as dietas com 5% de azeite de oliva (Nuernberg et al., 2005). Assim como a utilização de 10% de semente de linhaça na alimentação de suínos aumentou os ácidos graxos poli-insaturados, e diminuiu os ácidos graxos monoinsaturados, saturados e a relação ômega 6: ômega 3 (Turner et al., 2014).

A inclusão de milheto (0, 25, 50 e 75%) e de óleo de soja na dieta de suínos, levou a redução na concentração dos ácidos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoléico (C16:1) e heptadecanoico (C17:0), além de aumentar a concentração do ácido linoleico (C18:2) e do ácido linolênico (C18:3) na gordura subcutânea até o nível de 50% de milheto (Abreu et al., 2014).

A inclusão de óleos de peixe, também é eficiente na incorporação dos ácidos graxos ômega 3 docosahexanóico (DHA) e eicosapentanóico (EPA), entretanto, essa fonte tem uma grande desvantagem que é o odor e sabor de peixe que ficam na gordura da carne (Overland et al., 1996).

Desta forma a utilização de diferentes níveis de energia líquida e de ractopamina com fins de obter melhor desempenho e rendimento de carcaça dos animais, pode consequentemente modificar o perfil de ácidos graxos da gordura subcutânea e da carne de suínos.

Os resultados obtidos no presente estudo foram abordados no artigo intitulado **“Níveis de energia líquida e ractopamina no perfil lipídico da carne e gordura de suínos”**, redigido de acordo com as normas de elaboração de dissertações do programa

de mestrado em Ciência Animal e adaptações às normas da revista “Journal of Food Composition and Analysis”.

REFERÊNCIAS

- AALHUS, J. L.; SCHAEFER, A. L.; MURRAY, A. C.; JONES, S. D. M. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, n.4, p.397–409, 1992.
- ABREU, R. C.; KIEFER, C.; ALVES, F. V.; COELHO, R. G.; MARÇAL, D. A.; RODRIGUES, G. P. Perfil lipídico da carne e gordura de suínos alimentados com milho. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.135-140, 2014.
- ADEOLA, O.; DARKO, E. A.; HE, P.; YOUNG, L. G. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. **Journal of Animal Science**. v,68, p.3633, 1990.
- ADEOLA, O.; BALL, R. O.; YOUNG, L. G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine. **Journal of Nutrition**, v.122, n.3, p.488-495, 1992.
- APPLE, J. K.; RINCKER, P. J.; McKEITH, F. K.; CARR, S. N.; ARMSTRONG, T. A.; MATZAT, P. D. REVIEW: Meta-Analysis of the Ractopamine response in finishing swine. **The Professional Animal Scientist**, v.23, n.3, p.179-196, 2007.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; FÁVERO, J. A. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.10, p.1795-1802, 1991.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2.ed. Lavras: Editora UFLA. 2012, 373p.
- BRUMATTI, R. C.; KIEFER, C. Simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.163-171, 2010.
- CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; ALMEIDA, E. C.; ZANGERONIMO, M. G.; AMARAL, N. O.; LIMA, J. A. F. Características de carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.833-851, 2009.
- CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; KILLEFER, J.; BAKER, D. H.; ELLIS, M.; McKEITH, F. K. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, n.1, p.223-230, 2005.
- CONNOR, W. E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, n.1, p.1715-1755, 2000.
- CORASSA, A.; LOPES, D. C.; TEIXEIRA, A. O. Desempenho, características de carcaça e composição óssea de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina e fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1740-1747, 2010.

CROME, P. K.; MCKEITH, F. K.; CARR, T. R.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; CANNON, J. E. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, p.709-716, 1996.

DUGAN, M. E. R.; VAHMANI, P.; TURNER, T. D.; MAPIYE, C.; JUÁREZ, M.; PRIETO, N.; BEAULIEU, A. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F.; AALHUS, J. L. Pork as a Source of Omega-3 (n-3) Fatty Acids. **Journal of Clinical Medicine**, v.4, 1999-2011, 2015.

ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B.; FURSEY, G. A. J.; WOOD, J. D. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, p.443-456, 1996.

HARRIS, W. S.; MILLER, M.; TIGHE, A. P.; DAVIDSON, M. H.; SCHAEFER, E. J. Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk: Clinical and mechanistic perspectives. **Atherosclerosis**, v.197, p.12-24, 2008.

HAUTRIVE, T. P.; MARQUES, A. C.; KUBOTA, E. H. Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de avestruz, suíno, bovino e frango. **Nutrição Araraquara**, v.23, n.2, p.327-334, 2013.

JACELA, J. Y.; DEROUCHÉY, J. M.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L.; RENTER, D. G.; DRITZ, S. S. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. **Journal of Swine Health and Production**, v.17, n.6, p.325-332, 2009.

JAKOBSEN, M. U.; REILLY, E. J. O.; HEITMANN, B. L.; PEREIRA, M. A.; BÄLTER, K.; FRASER, G. E.; GOLDBOURT, U.; HALLMANS, G.; KNEKT, P.; LIU, S.; PIETINEN, P.; SPIEGELMAN, D.; STEVENS, J.; VIRTAMO, J.; WILLETT, W. C.; ASCHERIO, A. Major types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of 11 cohort studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.89, n.5, p.1425-1432, 2009.

KELLY, M. L.; BERRY, J. R.; DWYER, D. A.; GRINARI, J. M.; CHOUINARD, P. Y.; AMBURGH, M. E. V.; BAUMAN, D. E. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. **The Journal of Nutrition**, v.128, n.5, p.881-885, 1998.

KIEFER, C.; SANCHES, J. F. Metanálise dos níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1037-1044, 2009.

KOUBA, M.; ENSER, M.; WHITTINGTON, F.; NUTE, G.; WOOD, J. Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1967-1979, 2003.

LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J. Colesterol e composição dos ácidos graxos nas dietas para humanos e na carcaça suína. **Ciência Rural**, v.29, n.1, p.181-187, 1999.

MARINHO, P. C.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; SILVA, M. A.; PEREIRA, F. A.; AROUCA, C. L. C. 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**, v.36, n.4, p.1061-1068 (supl.), 2007.

MICHA, R.; MOZAFFARIAN, D. Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. **Lipids**, v.45, n.10, p.893-905, 2010.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J.P.F.D. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB, 2000, p.65-95.

MOURA, M. S.; KIEFER, C.; SILVA, C. M.; NANTES, C. L.; SILVA, E. A.; MARTINS, L. P. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1968-1974, 2011.

NANTES, C. L.; KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SARAIVA, A.; BRUMATTI, R. C.; SILVA, C. M.; SILVA, E. A. Profile and preference of pork consumers in Campo Grande – MS. **Revista Agrarian**, v.7, n.25, p.460-467, 2014.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, n.2, p.344-354, 1994.

NOBLET, J.; MILGEN, J. V. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**, v.82, n.13, p.229-238, 2004.

NOBLET, J. Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements for pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.277-284 (supl.), 2007.

NORUM, K. R. Dietary fat and blood lipids. **Nutrition Reviews**, v.50, n.4, p. 30-37, 1992.

NUERNBERG, K.; FISCHER, K.; NUERNBERG, G.; KUECHENMEISTER, U.; KLOSOWSKA, D.; ELIMINOWSKA-WENDA, G.; FIEDLER, I.; ENDER, K. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. **Meat Science**, v.70, n.1, p.63-74, 2005.

OVERLAND, M.; TAUGBOL, O.; HAUG, A.; SUNDSTOL, E. Effect of fish oil on growth performance, carcass characteristics, sensory parameters and fatty acid composition in pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.46, p.11-17, 1996.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β -adrenérgicos e produção animal. In: SPINOZA, H. S.; GORNIAK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada a Medicina Veterinária**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 614-627.

PEREIRA, F. A.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; FERREIRA, W. M.; LANNA, A. M. Q.; CORRÊA, G. S. S.; SILVA, M. A.; MARINHO, P. C.; AROUCA, C. L. C.; SALUM, G. M. 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**, v.60, n.4, p.943-952, 2008.

PUPA, J. M. R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.69-73, 2004.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually. **Journal of Animal Science**, v.90, n.12, p.4362-4372, 2012.

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

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: I – Mecanismo de Ação. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.95, p.99-110, 2000.

RIEGEL, R. E. (2001). **Bioquímica**. 3ª edição. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (São Leopoldo), 547p.

SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A. S.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A. P. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1523-1529, 2010a.

SANCHES, J. F.; KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, C. M.; LUZ, M. F.; CARRIJO, A. S. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação e mantidos sob conforto térmico. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.403-408, 2010b.

TURNER, T. D., MAPIYE, C., AALHUS, J. L., BEAULIEU, A. D., PATIENCE, J. F., ZIJLSTRA, R. T., DUGAN, M. E. R. Flaxseed fed pork: n-3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. **Meat Science**, v.96, p.541-547, 2014.

WARNANTS, N.; VAN OECKEL, J. V.; BOUCQUÉ, C. V. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. **Meat Science**, v.44, p.125-144, 1996.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P.; JONES, D. J. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, v.72, n.12, p.3152-3162, 1994.

WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; WHITTINGTON, F. M.; SOUTHWOOD, O.; PLASTOW, G.; MANSBRIDGE, R.; COSTA, N.; CHANG, K. C. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. **Meat Science**, v.67, p.651-667, 2004.

WOOD, J. D., ENSER, M., FISHER, A. V., NUTE, G. R., SHEARD, P. R., RICHARDSON, R. I., HUGHES, S. I., WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v.78, p.343-358, 2008.

ZANGERÔNIMO, M. G.; CANTERELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; AMARAL, N. O.; SILVEIRA, H.; LIMA, J. A. F. Performance and carcass characteristics of swine at 50 kg fed diets with different energy levels and reduced levels of crude protein. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p.903-910, 2009.

NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E RACTOPAMINA NO PERFIL LIPÍDICO DA CARNE E GORDURA DE SUÍNOS

Resumo

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito dos níveis de ractopamina e energia líquida no perfil lipídico da carne e gordura suína. Foram utilizados 90 animais, com peso inicial de $71,94 \pm 4,43$ kg, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial três x cinco (três níveis de ractopamina: 0, 10 e 20 ppm e cinco níveis de energia líquida: 2.300, 2.425, 2.550, 2.675 e 2.800 Kcal/kg de ração), com seis repetições e um animal por unidade experimental. Foram analisados os perfis lipídicos da gordura subcutânea e da carne através de cromatografia gasosa. Não houve ($P > 0,05$) interação entre os níveis de energia líquida e de ractopamina no perfil lipídico da gordura. O aumento do nível de energia líquida melhorou o perfil lipídico das gorduras subcutânea e da carne, proporcionando aumento das concentrações de ácidos graxos poli-insaturados e redução dos ácidos graxos monoinsaturados e saturados e aumentos consideráveis no C18:2n6 e C18:3n3. Os níveis de ractopamina promoveram efeito quadrático nos ácidos graxos C18:3n6 e C20:3n3 na gordura subcutânea, e reduziram o C12:0 e C14:0, aumentaram o C20:3n6 e tiveram efeito quadrático no C18:3n3, C20:4n6 e C20:3n3 na gordura da carne, sem afetar o perfil lipídico total destas gorduras. Em conclusão, o aumento do nível de energia líquida da dieta, com a utilização do óleo de soja, melhora o perfil lipídico da gordura subcutânea e da carne suína. A inclusão de ractopamina também melhora o perfil lipídico da gordura da carne, porém com menor efeito sobre a gordura subcutânea.

Palavras-chave: ácidos graxos, índice aterogênico, índice trombogênico, ômega 3, ômega 6

NET ENERGY AND RACTOPAMINE LEVELS IN LIPID PROFILE OF PORK AND FAT OF PIGS

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of net energy and ractopamine levels in the lipid profile of pork and subcutaneous fat. Ninety animals were used, with initial weight of 71.94 ± 4.43 kg, allotted to a randomized block design in a factorial three x five (three ractopamine levels: 0, 10 and 20 ppm and five levels of net energy: 2,300; 2,425; 2,550; 2,675 and 2,800 Kcal / kg diet) with six repetitions and one animal per experimental unit. Lipid profiles of subcutaneous fat and meat were analyzed by gas chromatography. There were not ($P > 0.05$) interaction between net energy and ractopamine levels on lipid profile of the fat. The increase in net energy levels improved the lipid profiles of subcutaneous fat and meat, providing increased concentrations of polyunsaturated fatty acids and reduction of monounsaturated and saturated fatty acids, and significant increases in the C18:2:n6 and C18:3n3. Ractopamine levels showed a quadratic effect on the fatty acids C18:3n6 and C20:3n3 in subcutaneous fat, and reduced C12:0 and C14:0, increased C20:3n6, and had quadratic effect on C18:3n3, C20:4n6 and C20:3n3 in pork fat, but did not affect the total lipid profile of these fats. In conclusion, increasing the net energy of the diet with use of soybean oil, improves lipid profile of subcutaneous fat and pork. The inclusion of ractopamine also improves the lipid profile of the fat from the pork, but with less effect on the subcutaneous fat.

Key words: atherogenic index, fatty acids, omega 3, omega 6, thrombogenic index

1 Introdução

Os suínos, podem ter a composição dos ácidos graxos da carcaça modificados de acordo com a composição da dieta (Bryhni et al., 2002). Desse modo, é possível manipular as dietas com o objetivo de aumentar a concentração dos ácidos graxos poli-insaturados depositados visando produtos de melhor qualidade para a saúde dos consumidores (Jakobsen et al., 2009).

Fontes lipídicas podem ser utilizadas afim de modificar o valor energético das rações, buscando-se o adequado atendimento energético da energia líquida, que é considerada a forma mais precisa de energia para formulação (Noblet, 2007). Essas fontes lipídicas terão influências diretas sobre o perfil de ácidos graxos da gordura suína, modificando o perfil lipídico de acordo com suas concentrações dos diferentes ácidos graxos.

A inclusão de gordura animal na dieta de suínos pode aumentar a concentração de ácidos graxos saturados e diminuir a de ácidos graxos poli-insaturados quando comparada com uma dieta com inclusão de óleo de linhaça (Kim et al., 2014).

Por outro lado, a utilização de óleo de soja pode aumentar a concentração de ácidos graxos insaturados e diminuir a de ácidos graxos saturados, sendo que este efeito vai depender também do período, da concentração utilizada e da dieta em que se está comparando (Averette-Gatlin et al., 2002; Weber et al., 2006).

Um outro componente da dieta que pode atuar sobre o perfil de ácidos graxos é a ractopamina que é utilizado para modificar a gordura e tem como mecanismo de ação principal a redução da lipogênese e aumento da lipólise (Peterla & Scanes, 1990). Essa redução quantitativa da gordura na carcaça pela ractopamina já tem efeito comprovado (Apple et al., 2007), por outro lado seu efeito qualitativo na gordura tem sido pouco estudado.

Enquanto que no trabalho de Watanabe et al. (2012), não foram observadas diferenças significativas na gordura da carne quando utilizaram ractopamina em relação ao controle, Perkins et al. (1992) observaram aumento no ácido linoleico utilizando ractopamina em relação ao tratamento controle

A utilização desses dois fatores combinados, variando-se os níveis de energia líquida das dietas utilizando óleo de soja combinados à suplementação de ractopamina no perfil lipídico das gorduras subcutânea e da carne ainda são desconhecidos. Portanto, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis de ractopamina e energia líquida nas mudanças do perfil lipídico e concentração de ácidos graxos poli-

insaturados, monoinsaturados e saturados, avaliar o índice aterogênico e trombogênico, e a relação ômega 6: ômega 3 nas gorduras subcutânea e da carne suína.

2 Material e métodos

2.1 Animais, amostragem e dietas

O projeto foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais, sob protocolo nº429/2012 - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

O trabalho foi conduzido na Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UFMS. Foram utilizados 90 animais machos castrados, geneticamente similares, com peso inicial de $71,94 \pm 4,43$ kg e peso final de $96,94 \pm 6,30$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial três x cinco (três níveis de ractopamina: 0, 10 e 20 ppm e cinco níveis de energia líquida: 2.300, 2.425, 2.550, 2.675 e 2.800 Kcal/kg de ração), com seis repetições, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Os animais foram alojados em baias providas de comedouro semi-automático e bebedouros pendulares, em galpão de alvenaria, coberto por telhas cerâmicas.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram elaboradas à base de milho e farelo de soja para atender as exigências nutricionais de suínos machos castrados, de alto potencial genético, estabelecidas por Rostagno et al. (2011), com exceção dos níveis de energia metabolizável. Os diferentes níveis de ractopamina foram obtidos a partir da inclusão desta em substituição ao caulim. Os níveis de energia líquida foram obtidos a partir da inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim, para manter o mesmo padrão de proteína ideal entre os tratamentos. As rações e a água foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental, que teve duração de 30 dias.

Ao final da fase de terminação os animais foram submetidos a jejum de sólidos de oito horas e posterior transporte ao frigorífico. Ao final da linha de abate e antes do resfriamento das carcaças, foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi*, com a gordura subcutânea no ponto P2 (região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar, a seis centímetros da linha dorsal). As amostras foram identificadas, embaladas, acondicionadas em caixa térmica, sob resfriamento, e transportadas até o Laboratório de Análise de Alimentos da UFMS, onde foram congeladas, para posterior análise.

2.2 Análise dos ácidos graxos

A técnica para extração dos lipídeos e metilação dos ácidos graxos foi adaptada de Hara & Radin (1978). As amostras foram descongeladas, e procedeu-se à pesagem de 5 g de amostra de tecido muscular ou 1,5 g de gordura subcutânea e colocou-se em tubo de ensaio largo. Adicionou-se mistura de isopropanol/hexano para extração dos ácidos graxos das amostras, obteve-se ao final a mistura de lipídeos extraídos e secos. Para a reação de metilação desses ácidos graxos, pesou-se aproximadamente 40 mg de amostra, que foi colocada em tubo de ensaio. Adicionaram-se os solventes necessários para a reação (metil acetato, metóxido de sódio - 30% em metanol) e solução de ácido oxálico anidro.

Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais.

Ingredientes	Energia Líquida (Kcal/kg de dieta)				
	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
Milho	70,150	70,150	70,150	70,150	70,150
Farelo de soja (45%)	20,444	20,444	20,444	20,444	20,444
Óleo de soja	0,000	1,697	3,394	5,091	6,790
Caulim	6,800	5,103	3,406	1,709	0,010
Fosfato bicálcico	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Calcário calcítico	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Suplem. Vit+Min ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal comum	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305
L-Lisina HCl	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
DL-Metionina	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159
L-Treonina	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
L-Triptofano	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
Ractopamina/Caulim ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição nutricional					
Proteína bruta (%)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
EL (Kcal/kg)	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
EM (Kcal/kg)	3.045	3.186	3.327	3.468	3.608
Lisina digestível (%)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Met+Cist digestível (%)	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
Treonina digestível (%)	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Triptofano digestível (%)	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Valina digestível (%)	0,638	0,638	0,638	0,638	0,638
Cálcio (%)	0,484	0,484	0,484	0,484	0,484
Fósforo disponível (%)	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
Sódio	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹ Conteúdo por quilograma do produto: Vit. A - 1.250.000 UI; Vit. D₃ - 250.000 UI; Vit. E - 6.250 UI; Vit. K₃ - 750 mg; Vit. B₁ - 375 mg; Vit. B₂ - 1.000 mg; Vit. B₆ - 375 mg; Vit. B₁₂ - 4.500 mcg; niacina - 4.500 mg; Ácido pantotênico - 2.300 mg; Ácido fólico - 125 mg; ferro - 25 g; cobre - 3.750 mg; manganês - 12,5 g; zinco - 31,25 g; iodo - 250 mg; selênio - 75 mg e excipiente q.s.p. - 1000g.

² A ractopamina foi incluída na dieta em substituição ao caulim (10 e 20 ppm).

A separação e a detecção dos ácidos graxos foram feitas por meio de cromatografia gasosa, com o uso de cromatógrafo gás-líquido Varian modelo CP-3800 com detector de ionização de chama (FID), com injetor do tipo “split/splitless”, em coluna capilar de sílica fundida de 30m de comprimento, 0,25mm diâmetro, BPX-70 (70% Cianopropil polisilfenilsiloxano).

Os parâmetros de operação foram fixados em temperatura do detector: 250°C e temperatura do injetor: 200°C. A temperatura inicial da coluna foi de 80°C (2 min), subindo gradativamente até 220°C (10min) a 4°C min⁻¹. Para o gás de arraste, foi utilizado hélio com fluxo na coluna de 1,0mL min⁻¹, ar sintético e hidrogênio como gás para o detector e nitrogênio como gás auxiliar, “make-up”. Para injeção, foi utilizado 1µL. A identificação e quantificação dos ácidos graxos foi realizada por meio de tempo de retenção, comparação do tempo de retenção (tr) e coinjeção de ésteres metílicos de ácidos graxos de amostras e padrões (FAME mix, 100mg – 37 componentes). A quantificação foi expressa em porcentagem do total de ácidos graxos identificados.

Os ácidos graxos identificados e quantificados foram os seguintes: ácido láurico (C12:0), ácidos mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0), ácido palmitoléico (C16:1), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1n9c), ácido linoleico (C18:2n6), ácido gama-linolênico (C18:3n6), ácido alfa-linolênico (C18:3n3), ácido di-homo-gama-linolênico (C20:3n6), ácido araquidônico (C20:4n6) e o ácido di-homo-alfa-linolênico (C20:3n3). Foram avaliadas a concentração total de ácidos graxos saturados (AGS), total de ácidos graxos insaturados (AGI), total de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), total de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e a relação ômega 6: ômega 3 (ω6:ω3). Além disso, avaliou-se o índice aterogênico (IA) e índice trombogênico (IT).

2.3 Análise da qualidade dos ácidos graxos

A avaliação da qualidade dos ácidos graxos da carne e gordura subcutânea foi realizada segundo cálculo sugerido por Ulbricht & Southgate (1991) (equação 1 e 2).

$$\text{Índice Aterogênico (IA)} = L + 4M + P/(\omega-6) + (\omega-3) + O + M' \quad (1)$$

$$\text{Índice Trombogênico (IT)} = M + P + S/0,5O + 0,5M' + 0,5(\omega-6) + 3(\omega-3) + (\omega-3/\omega-6) \quad (2), \text{ em que:}$$

L = ácido láurico (C12:0)

M = ácido mirístico (C14:0)

P = ácido palmítico (C16:0)

ω-3 e ω-6 = ácidos graxos polinsaturados das respectivas famílias

O = ácido oleico (C18:1)

M' = restantes dos ácidos graxos monoinsaturados

S = ácido esteárico (C18:0)

2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS. Foi utilizado o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + R_j + (ER)_{ij} + e_{ijk};$$

Onde: Y_{ijk} = estimativa da média das variáveis estudadas; μ = média geral; E_i = efeito do i-ésimo nível de energia líquida; R_j = efeito do j-ésimo nível de ractopamina; $(ER)_{ij}$ = efeito da interação entre os fatores anterior; e e_{ijk} = erro aleatório associado a observação Y_{ijk} .

Quando houve diferença significativa, foram realizadas as análises de regressão linear e quadrática. O nível de significância adotado foi de 5%.

3 Resultados

3.1 Gordura subcutânea

Não foi observada interação ($P > 0,05$) entre os níveis de energia líquida e ractopamina para as variáveis analisadas na gordura subcutânea (Tabela 2). Os níveis de energia líquida influenciaram ($P < 0,05$) o perfil lipídico da gordura subcutânea em que se observou redução linear dos ácidos graxos C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1n9c e C18:3n6, conforme o aumento dos níveis de energia líquida na dieta. Por outro lado, foi observado aumento linear dos ácidos graxos poli-insaturados C18:2n6c, C18:3n3 e C20:3n3, de acordo com o aumento dos níveis de energia líquida na dieta.

Os níveis de ractopamina proporcionaram efeito quadrático ($P < 0,05$) para os ácidos graxos C18:3n6 e C20:3n3, observando-se concentração mínima no nível de 7 ppm e concentração máxima no nível de 13 ppm de ractopamina, respectivamente. Contudo, não se observou efeito ($P > 0,05$) da ractopamina sobre os demais ácidos graxos avaliados.

A energia líquida da dieta proporcionou alteração da concentração dos ácidos graxos totais da gordura subcutânea, em que o aumento do nível de energia líquida resultou na redução ($P < 0,05$) dos AGS e AGMI (Tabela 3) e, conseqüentemente, ocorreu aumento ($P < 0,05$) dos AGI e AGPI. Verificou-se redução ($P < 0,05$) dos IA e IT da gordura subcutânea de acordo com o aumento do nível de energia líquida da dieta,

enquanto que a relação ômega 6: ômega 3 reduziu ($P<0,05$). As equações de regressão e os coeficientes de determinação obtidos para as variáveis analisadas na gordura subcutânea estão demonstradas na Tabela 4.

3.2 Gordura da carne

Não houve interação ($P>0,05$) entre os níveis de energia líquida e de ractopamina para as variáveis analisadas na gordura da carne (Tabela 2). Os níveis de energia líquida alteraram ($P<0,05$) o perfil lipídico da gordura da carne em que se observou redução linear dos ácidos graxos C16:1, C18:0, C18:1n9c e C18:3n6 com o aumento dos níveis de energia líquida. Os ácidos graxos poli-insaturados C18:2n6c, C18:3n3, C20:4n6 e C20:3n3 aumentaram ($P<0,05$) de acordo com o aumento do nível de energia líquida da dieta.

Os aumentos dos níveis de ractopamina na dieta promoveu redução linear ($P<0,05$) dos ácidos graxos C12:0 e C14:0 e aumento linear do C20:3n6. Além disso, o aumento dos níveis de ractopamina na dieta proporcionaram efeito quadrático ($P<0,05$) na concentração dos ácidos graxos C18:3n3, C20:4n6 e C20:3n3. Estimou-se a máxima concentração de C18:3n3, C20:4n6 nos níveis de 10,8 e 9,5 ppm de ractopamina, respectivamente e concentração mínima de C20:3n3 no nível de 8,3 ppm de ractopamina.

Do mesmo modo que verificado para a gordura subcutânea, a energia líquida da dieta proporcionou alteração da concentração dos ácidos graxos totais, em que o aumento do nível de energia líquida resultou na redução ($P<0,05$) dos AGS e AGMI e, consequentemente, ocorreu aumento ($P<0,05$) dos AGI e AGPI na gordura da carne (Tabela 3). Verificou-se redução ($P<0,05$) dos IA e IT de acordo com o aumento do nível de energia líquida da dieta enquanto que a relação ômega 6: ômega 3 reduziu ($P<0,05$). A relação ômega 6: ômega 3 teve efeito quadrático ($P<0,05$) com aumento dos níveis de ractopamina, onde a mínima concentração foi estimada com o uso de 10,5 ppm. As equações de regressão e os coeficientes de determinação obtidos para as variáveis analisadas na gordura da carne estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 2 – Concentração de ácidos graxos (g/ 100g) da gordura subcutânea e da carne de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de ractopamina (RAC) e energia líquida (EL).

Ácidos Graxos	Energia Líquida (Kcal/kg)					Ractopamina (ppm)			P-value			CV(%)
	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800	0	10	20	EL	RAC	EL x RAC	
Gordura												
C12:0	0,084	0,081	0,080	0,081	0,076	0,082	0,079	0,081	0,27	0,48	0,82	11,87
C14:0	1,36	1,35	1,32	1,26	1,23	1,33	1,27	1,31	<0,01*	0,08	0,60	7,94
C16:0	24,42	23,48	24,06	22,53	21,58	23,33	22,92	23,39	<0,01*	0,29	0,25	4,69
C16:1	2,19	2,05	1,88	1,86	1,71	1,95	1,87	1,99	<0,01*	0,27	0,50	12,38
C18:0	11,15	10,78	10,99	10,18	9,62	10,49	10,49	10,66	<0,01*	0,70	0,07	7,41
C18:1n9c	41,45	40,53	38,99	38,91	37,64	39,25	39,16	40,10	<0,01*	0,09	0,72	4,19
C18:2n6c	14,60	17,39	18,12	19,95	22,89	18,63	19,64	17,50	<0,01*	0,35	0,33	12,25
C18:3n6	0,163	0,157	0,123	0,134	0,134	0,139	0,130	0,159	<0,01*	<0,01**	0,82	23,08
C18:3n3	0,606	0,820	0,920	1,119	1,315	0,945	1,027	0,896	<0,01*	0,75	0,55	16,94
C20:3n6	0,104	0,107	0,102	0,108	0,112	0,106	0,108	0,106	0,31	0,87	0,63	14,44
C20:4n6	0,243	0,258	0,246	0,253	0,279	0,250	0,249	0,268	0,12	0,17	0,26	16,24
C20:3n3	0,097	0,117	0,119	0,139	0,143	0,121	0,132	0,116	<0,01*	<0,01**	0,61	14,85
Carne												
C12:0	0,093	0,092	0,101	0,095	0,102	0,106	0,097	0,088	0,06	<0,01*	0,09	9,72
C14:0	1,42	1,41	1,53	1,43	1,47	1,52	1,47	1,36	0,13	<0,01*	0,30	7,71
C16:0	26,06	25,47	25,31	25,32	25,04	25,90	25,26	25,16	0,15	0,06	0,49	3,57
C16:1	3,24	3,36	3,09	3,14	2,83	3,18	3,05	3,18	<0,01*	0,48	0,15	10,70
C18:0	12,20	11,99	11,65	11,20	11,14	11,86	11,51	11,54	<0,01*	0,32	0,08	6,51
C18:1n9c	44,14	43,68	43,15	43,30	41,46	43,07	43,07	43,30	<0,01*	0,81	0,11	2,55
C18:2n6c	8,97	11,17	11,62	11,85	13,35	10,78	11,64	11,75	<0,01*	0,22	0,22	14,68
C18:3n6	0,145	0,139	0,126	0,116	0,108	0,120	0,120	0,140	0,02*	0,05	0,72	20,82
C18:3n3	0,310	0,429	0,480	0,526	0,645	0,429	0,545	0,459	<0,01*	<0,01**	0,95	18,95
C20:3n6	0,180	0,157	0,157	0,131	0,155	0,135	0,139	0,193	0,15	<0,01*	0,07	26,30
C20:4n6	0,044	0,063	0,064	0,068	0,086	0,055	0,085	0,056	<0,01*	<0,01**	0,06	17,78
C20:3n3	0,013	0,013	0,016	0,018	0,018	0,016	0,013	0,018	0,01*	<0,01**	0,11	23,28

*Efeito linear ($P < 0,05$); **Efeito quadrático ($P < 0,05$).

Tabela 3 – Perfil lipídico (%), índices aterogênico e trombogênico e relação ômega 6: ômega 3 da gordura subcutânea e da carne de suínos alimentados com dietas com diferentes níveis de ractopamina (RAC) e energia líquida (EL).

Variáveis ¹	Energia Líquida (Kcal/kg)					Ractopamina (ppm)			P-value			CV (%)
	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800	0	10	20	EL	RAC	EL x RAC	
Gordura												
AGS	38,67	36,93	38,16	35,78	34,51	36,93	36,24	37,27	<0,01*	0,15	0,06	4,38
AGI	61,33	63,07	61,84	64,22	65,49	63,07	63,76	62,73	<0,01*	0,15	0,06	2,55
AGMI	44,82	43,80	41,19	42,42	40,64	42,48	42,17	43,07	<0,01*	0,30	0,50	4,29
AGPI	16,51	19,27	20,65	21,80	24,85	20,59	21,59	19,66	<0,01*	0,06	0,36	11,81
IA	0,490	0,457	0,480	0,436	0,411	0,463	0,442	0,460	<0,01*	0,10	0,18	7,76
IT	1,17	1,12	1,18	1,06	1,00	1,12	1,08	1,12	<0,01*	0,13	0,06	7,88
ω6:ω3	20,90	18,82	17,83	16,34	15,86	18,12	17,50	18,23	<0,01*	0,09	0,48	6,48
Carne												
AGS	41,25	40,06	40,22	39,12	39,29	40,62	39,60	39,74	<0,01*	0,07	0,14	3,28
AGI	58,75	59,94	59,78	60,88	60,64	59,38	60,36	60,26	0,01*	0,07	0,11	2,17
AGMI	48,80	47,79	47,25	47,68	45,59	47,73	47,46	47,08	<0,01*	0,53	0,18	3,57
AGPI	9,95	12,15	12,53	13,20	15,05	11,65	12,90	13,18	0,01*	0,06	0,09	15,00
IA	0,545	0,520	0,530	0,507	0,511	0,536	0,518	0,513	0,04*	0,07	0,22	5,31
IT	1,36	1,28	1,32	1,24	1,23	1,31	1,27	1,28	<0,01*	0,15	0,08	4,85
ω6:ω3	26,13	23,92	21,74	21,70	19,15	23,50	20,73	23,36	<0,01*	0,01**	0,12	12,59

¹AGS = total dos ácidos graxos saturados; AGI = total dos ácidos graxos insaturados; AGMI = total dos ácidos graxos monoinsaturados; AGPI = total dos ácidos graxos poli-insaturados; IA = índice aterogênico; IT = índice trombogênico; ω6:ω3 = relação ômega 6: ômega 3.

*Efeito linear ($P < 0,05$); **Efeito quadrático ($P < 0,05$).

Tabela 4 – Equações de regressão dos efeitos dos níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC) na gordura subcutânea.

Variável ¹	Equação		R ²	
	Energia Líquida	Ractopamina	EL	RAC
C14:0	1,963 - 0,0003x	-	0,86	-
C16:0	35,389 - 0,0047x	-	0,74	-
C16:1	4,1433 - 0,0009x	-	0,98	-
C18:0	15,699 - 0,002x	-	0,48	-
C18:1n9c	57,594 - 0,0071x	-	0,91	-
C18:2n6c	- 17,674 + 0,0142x	-	0,97	-
C18:3n6	0,2999 + 0,00005x	0,1402 - 0,0028x + 0,0002x ²	0,65	0,99
C18:3n3	- 2,4898 + 0,0013x	-	0,99	-
C20:3n3	- 0,115 + 0,00009x	0,1198 + 0,0026x - 0,0001x ²	0,93	0,99
AGS	55,532 - 0,0074x	-	0,74	-
AGI	44,468 + 0,0074x	-	0,74	-
AGMI	61,657 - 0,0075x	-	0,82	-
AGPI	17,189 + 0,0148x	-	0,98	-
IA	0,8059 - 0,0001x	-	0,74	-
IT	1,931 - 0,0003x	-	0,67	-
ω6:ω3	43,845 - 0,0101x	-	0,97	-

¹AGS = total dos ácidos graxos saturados; AGI = total dos ácidos graxos insaturados; AGMI = total dos ácidos graxos monoinsaturados; AGPI = total dos ácidos graxos poli-insaturados; IA = índice aterogênico; IT = índice trombogênico; ω6:ω3 = relação ômega 6: ômega 3.

Tabela 5 – Equações de regressão dos efeitos dos níveis de energia líquida (EL) e ractopamina (RAC) na gordura da carne.

Variável ¹	Equação		R ²	
	Energia líquida	Ractopamina	EL	RAC
C12:0	-	0,1051 - 0,0009x	-	0,99
C14:0	-	1,5317 - 0,0077x	-	0,97
C16:1	5,2744 - 0,0008x	-	0,72	-
C18:0	17,433 - 0,0023x	-	0,94	-
C18:1n9c	55,127 - 0,0047x	-	0,80	-
C18:2n6c	- 9,8765 + 0,0084x	-	0,92	-
C18:3n6	0,3229 - 0,00005x	-	0,99	-
C18:3n3	- 1,0704 + 0,0006x	0,4424 + 0,0194x - 0,0009x ²	0,98	0,99
C20:3n6	-	0,1274 + 0,0027x	-	0,79
C20:4n6	- 0,107 + 0,00005x	0,0561 + 0,0057x - 0,0003x ²	0,90	0,99
C20:3n3	0,0201 + 0,00005x	0,016 - 0,0005x + 0,00003x ²	0,94	0,99
AGS	50,113 - 0,004x	-	0,84	-
AGI	50,109 + 0,0039x	-	0,82	-
AGMI	60,855 - 0,0053x	-	0,77	-
AGPI	10,743 + 0,0092x	-	0,93	-
IA	0,6728 - 0,0005x	-	0,63	-
IT	1,914 - 0,0002x	-	0,79	-
ω6:ω3	52,983 - 0,012x	23,012 - 0,4224x + 0,0201x ²	0,90	0,99

¹AGS = total dos ácidos graxos saturados; AGI = total dos ácidos graxos insaturados; AGMI = total dos ácidos graxos monoinsaturados; AGPI = total dos ácidos graxos poli-insaturados; IA = índice aterogênico; IT = índice trombogênico; ω6:ω3 = relação ômega 6: ômega 3.

4 Discussão

4.1 Energia líquida

Existe uma relação linear entre a ingestão de C18:2 e a quantidade encontrada na gordura da carcaça (Averette-Gatlin et al., 2002). Isso leva a inferir que o perfil de ácidos graxos da gordura suína é influenciado pela composição da dieta, fato corroborado por outros pesquisadores (Kouba & Mourot, 2011; Dominguez et al., 2014; Turner et al., 2014).

Os aumentos dos ácidos graxos poli-insaturados em especial o C18:2n6c proporcionados pelas dietas com maiores níveis de energia líquida ocorreu devido a utilização do óleo de soja, devido a sua elevada concentração dos ácidos graxos C18:2 (Zambiasi et al., 2007).

O efeito da deposição de ácido linoleico depende do período de sua utilização na dieta. O período experimental utilizado na realização do presente estudo é um indicativo que quatro semanas seriam suficientes para observar diferenças significativas no perfil de ácidos graxos em função das dietas. Entretanto com período experimental de seis semanas, provavelmente as diferenças podem ser proporcionalmente maiores para a deposição deste ácido graxo (Averette-Gatlin et al., 2002).

O aumento nas proporções da deposição de C18:2n6 foram próximas nos dois tecidos, com 56,78 e 48,83% para as gorduras subcutânea e da carne, respectivamente. Entretanto, ao considerar as equações obtidas, é possível observar que o aumento é mais considerável na gordura subcutânea do que na gordura da carne, pois cada aumento de 100 Kcal de EL na dieta resultou no aumento de 1,42 e 0,84 % do C18:2n6, respectivamente.

Apesar do aumento promovido pela suplementação de óleo de soja nas dietas com maiores níveis de energia líquida, a maior concentração observada para o C18:2n6c na gordura subcutânea foi de 22,89%, sendo que este resultado é inferior ao limite de 30% estabelecido por Houben & Krol (1980), que sugere que acima disso a gordura é altamente susceptível à oxidação lipídica, o que poderia comprometer a qualidade dessa carne.

Outro ácido graxo que apresentou modificação relevante foi o 18:3n3, com aumentos de 117,00 e 108,06% nas gorduras subcutânea e da carne, respectivamente, devido à alta concentração deste ácido graxo no óleo de soja. Tem sido relatado que este ácido graxo quando em nível superior a 3% pode causar problemas nas características organolépticas da carne pelo seu forte odor (Campo et al., 2003; Wood et al., 2003). Os níveis máximos obtidos para este ácido graxo no presente estudo foram de 1,31 e 0,64% para as gorduras subcutânea e da carne, respectivamente. Portanto, valores inferiores ao limite máximo que poderiam causar impacto negativo sobre o sabor da carne.

Ao considerar os outros ácidos graxos avaliados como o C16:0, C18:0 e C18:1n9c, os mesmos possuem elevadas concentrações no óleo de soja (Zambiasi et al., 2007), porém suas concentrações diminuíram no perfil dos ácidos graxos no presente estudo. Deve-se considerar que em dietas isentas ou com baixa inclusão de óleo de soja, os ácidos graxos depositados são provenientes da síntese “de novo” a partir de outros substratos. Esses ácidos graxos sintetizados são os saturados e os monoinsaturado com dupla ligação na posição 9. A inclusão de gordura na dieta leva a inibição da lipogênese “de novo”, e favorece à deposição de ácidos graxos exógenos (que provém da dieta), em substituição a deposição de ácidos graxos endógenos (Azain, 2004).

Além disso, os ácidos graxos poli-insaturados reduzem o efeito da síntese “de novo” de ácidos graxos (Jump et al., 2005) e de acordo com Kouba et al. (2003) concentrações elevadas de C18:2n6 na dieta podem reduzir a expressão da enzima estearoil-CoA dessaturase no tecido adiposo, diminuindo a formação e deposição do ácido graxo C18:1n9c. Por sua vez, os outros ácidos graxos saturados e monoinsaturados, além de não serem suplementados na dieta, no presente estudo, tiveram sua produção endógena diminuída, o que resultou na redução de sua concentração na gordura.

Pode-se inferir que a diminuição de 11,63 e 3,91% da concentração do C16:0 nas gorduras subcutânea e da carne, respectivamente, ao elevar-se a EL de 2.300 para 2.800 kcal/kg pela inclusão de óleo de soja, resulta na melhora da qualidade final do produto destinado ao mercado consumidor, pois o consumo deste ácido graxo está associado ao aumento de doenças cardiovasculares (Hunter et al., 2010).

Ao avaliar os outros ácidos graxos poli-insaturados observou-se que houve aumento de todos, exceto para o C18:3n6, tanto na gordura subcutânea quanto na gordura da carne. Todos esses ácidos graxos podem ser provenientes da dieta, ou neste caso do processo de elongação e dessaturação a partir de seus substratos (C18:2n6 e C18:3n3). Logo, conforme o seu aumento nas dietas, espera-se aumento nos tecidos (Pérez-Palacios et al., 2009).

A diminuição do C18:3n6, possivelmente ocorreu, devido a competição entre o C18:2n6 e o C18:3n3 pelas enzimas envolvidas no processo de elongação e dessaturação e formação de novos ácidos graxos, afetando a sua produção (Raes et al., 2004). Esta hipótese pode ser confirmada devido a maior afinidade das enzimas elongases pelos ácidos graxos da família do ômega 3 (Sprecher, 2000).

Os efeitos individuais dos ácidos graxos quando considerados na totalidade, no presente estudo, proporcionaram redução das concentrações dos AGS e dos AGMI, em

função do aumento de EL pela inclusão de óleo de soja, devido principalmente aos ácidos graxos C16:0 e 18:0 e aos ácidos graxos C16:1 e C18:1n9c, respectivamente.

Os AGPI aumentaram 50,51 e 51,26% nas gorduras subcutânea e da carne, respectivamente, devido ao maior impacto do C18:2n6c que tem a maior concentração nessa categoria e do C18:3n3 que apresentou aumento considerável nas gorduras de acordo com o aumento do nível de energia líquida da dieta pela inclusão de óleo de soja.

Os AGPI na gordura subcutânea passaram de 16,59 a 24,85% do menor nível para o maior nível de energia líquida. Considerando que o nível aceitável para fabricação de salame é de 23% de AGPI (Warnants et al., 1998), a gordura de suínos alimentados com rações com o nível de 2.800 Kcal de energia líquida/kg ultrapassou esse limite, não sendo possível a utilização desta gordura para esta finalidade. A recomendação seria a utilização máxima do nível de 2.675 Kcal de EL neste caso.

Os aumentos observados de 6,78 e 3,22% nos AGI nas gorduras subcutânea e na carne, respectivamente, não foram maiores pois houve diminuição de 9,33 e 6,58% nos AGMI, que também corresponde aos AGI.

Alguns estudos (Kromhout et al., 1995; Micha & Mozaffarian, 2010; Bhupathiraju & Tucker, 2011) relacionaram a ingestão de AGS ao aumento no risco de doenças cardíacas coronárias, sendo que a substituição dos AGS por AGPI poderia prevenir a incidência dessas doenças (Jakobsen et al., 2009).

Portanto, a dieta com elevada inclusão de óleo de soja promoveu redução dos AGS e AGMI, aumento dos AGPI, o que proporciona carne com gordura de melhor qualidade e mais recomendável a saúde aos consumidores. Fato confirmado, pela diminuição do índice aterogênico e índice trombogênico, devido a diminuição dos ácidos graxos que aumentam esses índices como o C12:0, C14:0, C16:0 e C18:0, e o aumento dos ácidos graxos insaturados. Este fato resultou em valores inferiores aos estabelecidos para alimentos destinados ao consumo por humanos, pois a gordura subcutânea teve os valores de 0,41 e 1,00 e a gordura da carne teve 0,51 e 1,23 para o IA e IT, respectivamente, enquanto que os valores médios na literatura foram de 0,60 e 1,37 (Ulbricht & Southgate, 1991).

Por outro lado, dietas com alta inclusão de óleo de soja podem resultar em gordura mais líquida que não tem as características desejadas para o processamento pela indústria (Averette-Gatlin et al., 2002). Principalmente quando se considera que os ácidos graxos C16:0, C16:1 e C14:0 têm a maior importância na firmeza da gordura (Hallenstvedt et al., 2012), sendo que o C16:0 e o C16:1 têm correlação positiva e o C18:2 e C18:3 têm correlação

negativa com a firmeza da gordura (Piedrafita et al., 2001). Além disso, carnes com elevado teor de ácido linoleico apresentam diminuição do seu tempo de prateleira (Wood et al., 1999).

Quanto a nutrição humana o recomendado é para que as dietas sejam compostas da relação ômega 6: ômega 3 menor do que 4,00 (Scollan et al., 2006). Independente da dieta que foi utilizada no presente estudo, os valores encontrados foram acima do recomendado.

Possivelmente essa relação se encontra alta devido aos valores de 18:3n3 deste trabalho estarem abaixo dos encontrados na literatura (Kouba et al., 2003), que são de 1,47 e 0,65 g/100 g de gordura para as gorduras subcutânea e carne, respectivamente, dessa forma aumentando essa relação. Apesar desses valores elevados, e do óleo de soja conter grande quantidade de C18:2, as relações diminuíram de 20,90 para 15,86 e de 26,13 para 19,15 nas gorduras subcutânea e da carne, respectivamente, logo a inclusão do óleo de soja melhorou essa relação. Sendo considerado então, um importante fator para melhorar a qualidade da dieta humana, pois mesmo que a relação não esteja dentro do ideal, a complementação com outros alimentos deve ser feita para alcançá-la.

Adicionalmente é possível observar que houve menor eficiência da incorporação dos ácidos graxos da dieta na gordura da carne do que na gordura subcutânea com aumentos dos níveis de energia líquida pela inclusão de óleo de soja (Tabela 4 e 5). Além de afetar maior quantidade de ácidos graxos, é possível observar a partir das equações a maior magnitude que o aumento de energia líquida promoveu sobre as variáveis da gordura subcutânea em relação a gordura da carne, exceto o C18:0, IA, IT e relação ômega 6: ômega3.

Estes mesmos resultados foram observados por Warnants et al. (1996) e Teye et al. (2006). Por sua vez, Abreu et al. (2014) não observaram efeitos da dieta, mesmo com o aumento do nível de óleo de soja, sobre o perfil da gordura da carne suína. Tal resultado possivelmente pode estar relacionado a composição diferenciada entre os tipos de gordura, pois 90% dos lipídios da gordura subcutânea são triglicerídeos que são lipídios neutros, enquanto que na carne há uma significativa proporção de fosfolipídios que são lipídios polares e são constituintes da membrana celular (Wood et al., 2008).

Os lipídios polares e neutros além de possuírem proporções diferentes dos ácidos graxos (Wood et al., 2004), são afetados de forma diferente pelas dietas. Isso ocorre devido a relação entre ácidos graxos saturados e insaturados ser constante nos fosfolipídios da membrana, pode-se esperar que mudanças na composição de ácidos graxos seja limitada (Warnants et al., 1999).

Os maiores efeitos foram observados na gordura subcutânea, porém ainda assim os consumidores podem preferir retirá-la na hora de consumir a carne suína, deixando de

consumir aquele perfil lipídico mais adequado proveniente dessa gordura. Porém, essa gordura também poderia ser utilizada para a fabricação e enriquecimento de outros produtos processados (Turner et al., 2014).

4.2 Ractopamina

Com relação aos efeitos da ractopamina sobre o perfil lipídico da gordura no presente estudo foram constatadas maiores efeitos sobre a gordura da carne do que sobre a gordura subcutânea, resultado similar ao constatado por outros autores (Engeseth et al., 1992; Perkins et al., 1992).

A gordura subcutânea no presente estudo apresentou efeito quadrático para os ácidos graxos C18:3n6 e C20:3n3. Em outros trabalhos foi observado efeito em outros ácidos graxos, Engeseth et al. (1992) observaram diminuição no C18:0, aumento no C18:3 e no C18:2 utilizando 20 ppm de ractopamina em relação ao controle e Carr et al. (2005) observaram aumento apenas no C18:2 quando utilizou 10 ppm em comparação ao tratamento controle. Por outro lado, Perkins et al. (1992) avaliaram níveis de 0, 5, 10 e 20 ppm de ractopamina e não observaram efeitos em nenhum dos ácidos graxos avaliados.

Na gordura da carne sete ácidos graxos foram modificados com a inclusão de ractopamina, sendo que quatro tiveram efeito linear e três ácidos graxos apresentaram efeito quadrático. De acordo a meta-análise realizada por Apple et al. (2007), para que ocorra alteração na composição de ácidos graxos da carne suína, em especial no músculo *Longissimus dorsi*, deve-se utilizar o nível de 20 ppm de ractopamina nas dietas. No entanto, o presente estudo demonstrou que 10 ppm seriam suficientes para alterar o perfil lipídico dos ácidos graxos na gordura da carne.

Ao avaliar níveis de 0, 5, 10 e 15 ppm de ractopamina na dieta, Watanabe et al. (2012) não observaram efeito estatístico para nenhum dos ácidos graxos avaliados e nem para o perfil lipídico na gordura da carne. Mesmo resultado foi obtido por Weber et al. (2006) que avaliaram os níveis de 0 e 10 ppm na dieta.

Por outro lado, Engeseth et al. (1992) utilizaram os níveis de 0 e 10 ppm de ractopamina e observaram aumentos nos ácidos graxos C16:1, C18:1 e C18:3, com diminuição de outros ácidos graxos não identificados. Adicionalmente, Perkins et al. (1992) observaram efeito linear com aumento apenas no C18:2 utilizando nível de até 20 ppm.

Apesar das diferenças entre os estudos, a gordura da carne foi avaliada com separação dos lipídios neutros e lipídios polares nos trabalhos de Engeseth et al. (1992) e Perkins et al. (1992), e foi possível observar que há diferenças entre o efeito da ractopamina entre os dois

tipos de lipídios. Pode-se esperar que a avaliação da carne sem a separação em lipídios neutros e polares oculte o efeito que seria observado, se a sua análise fosse realizada separadamente.

Esse efeito da ractopamina pode estar relacionado também a idade dos animais, pois no trabalho de Kouba et al. (2003), os suínos foram alimentados com a mesma dieta aos 40 kg, por 20, 60 e 100 dias. Durante esse período foi observado que a proporção de C18:0 e C18:1n9 aumentou, enquanto que a proporção de C18:2n6 diminuiu, possivelmente isso ocorreu uma vez que o aumento da gordura do animal nesta fase está fortemente ligado ao papel da síntese “de novo” que aumenta a produção dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Com a utilização da ractopamina a lipogênese diminui, e pode-se esperar diminuição dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados, e aumento dos ácidos graxos poli-insaturados. Resultado próximo ao observado no experimento, ocorrendo efeito quadrático com aumento até 10 ppm no C20:3n3 na gordura subcutânea, e no C18:3n3 e C20:3n6 na gordura da carne e efeito linear positivo no C20:4n6. Já o C12:0 e C14:0 tiveram efeito linear negativo. A relação ômega 6: ômega 3 também obteve efeito quadrático, possivelmente devido ao impacto causado pelo C18:3n3 em relação aos outros ácidos graxos quando se observa as regressões.

Outro aspecto a considerar, é que a mudança dos ácidos graxos pela dieta vai depender das concentrações iniciais de gordura do tecido (Wiseman & Agunbiade, 1998). Logo, ainda que se possa considerar que a maior quantidade de gordura é depositada na fase de terminação, se as dietas fornecidas antes da avaliação e as dietas testadas forem próximas em relação ao perfil lipídico, deve-se esperar que a mudança seja nula ou tenha menor impacto.

5 Conclusões

A associação de ractopamina a dietas contendo diferentes níveis de energia líquida não altera o perfil lipídico das gorduras subcutânea e da carne.

O aumento do nível de energia líquida da dieta, com a utilização do óleo de soja, diminui o índice aterogênico, índice trombogênico e a relação ômega 6: ômega 3 e aumenta a concentração dos ácidos graxos poli-insaturados no perfil lipídico das gorduras subcutânea e da carne, com aumento expressivo dos ácidos graxos C18:2n6 e C18:3n3.

O nível de 10 ppm de ractopamina resulta na produção de carne com gordura mais saudável por proporcionar maiores concentrações de C18:3n3 e menor relação ômega 6:

ômega 3, apesar de não afetar o perfil lipídico total. Novos estudos devem ser conduzidos para avaliar os efeitos da ractopamina no perfil lipídico da gordura suína.

Referências

ABREU, R. C., KIEFER, C., ALVES, F. V., COELHO, R. G., MARÇAL, D. A., RODRIGUES, G. P. (2014). Perfil lipídico da carne e gordura de suínos alimentados com milheto. *Ciência Rural*, 44, 135-140.

APPLE, J. K., RINCKER, P. J., McKEITH, F. K., CARR, S. N., ARMSTRONG, T. A., MATZAT, P. D. (2007). Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, 23, 179-196.

AVERETTE GATLIN, L., SEE, M. T., HANSEN, J. A., SUTTON, D., ODLE, J. (2002). The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, 80, 1606–1615.

AZAIN, M. J. Role of fatty acids in adipocyte growth and development. (2004). *Journal of Animal Science*, 82, 916-924.

BRYHNI, E. A., KJOS, N. P., OFSTAD, R., HUNT, M. (2002). Polyunsaturated fat and fish oil in diets for growing-finishing pigs: effects on fatty acid composition and meat, fat, and sausage quality. *Meat Science*, 62, 1-8.

BHUPATHIRAJU, S. N., TUCKER, K. L. (2011). Coronary heart disease prevention: Nutrients, foods, and dietary patterns. *Clinica Chimica Acta*, 412, 1493-1514.

CAMPO, M. M., NUTE, G. R., WOOD, J. D., ELMORE, S. J., MOTTRAM, D. S., ENSER, M. (2003). Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro: Part I — sensory perception. *Meat Science*, 63, 367–375.

CARR, S. N., RINCKER, P. J., KILLEFER, J., BAKER, D. H., ELLIS, M., McKEITH, F. K. (2005). Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 83, 223-230.

DOMINGUEZ, R., MARTINEZ, S., GÓMEZ, M., CARBALLO, J., FRANCO, I. Fatty acids, retinol and cholesterol composition in various fatty tissues of Celta pig breed: effect of the use of chestnuts in the finishing diet. (2014). *Journal of Food Composition and Analysis*.

ENGESETH, N. J., LEE, K. O., BERGEN, W. G., HELFERICH, W. G., KNUDSON, B. K., MERKEL, R. A. (1992). Fatty acid profiles of lipid depots and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. *Journal of Food Science*, 57.

HALLENSTVEDT, E., KJOS, N. P., ØVERLAND, M., THOMASSEN, M. (2012). Changes in texture, colour and fatty acid composition of male and female pig shoulder fat due to different dietary fat sources. *Meat science*, 90, 519-527.

HARA, A., RADIN, N. S. (1978). Lipid extraction of tissues with low-toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*, 90, 420-426.

HOUBEN, J. H., KROL, B. (1980). Acceptability and storage stability of pork products with increased levels of polyunsaturated fatty acids. *Meat Science*, 5, 57–70.

HUNTER, J. E., ZHANG, J., KRIS-ETHERTON, P. M. (2010). Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: A systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91(1), 46–63.

JAKOBSEN, M. U., O'REILLY, E.J., HEITMANN, B. L., PEREIRA, M. A., BALTER, K., FRASER, G. E., GOLDBOURT, U., HALLMANS, G., KNEKT, P., LIU, S., PIETINEN, P., SPIEGELMAN, D., STEVENS, J., VIRTAMO, J., WILLETT, W. C., ASCHERIO, A. (2009). Major types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of 11 cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1425–1432.

JUMP, D. B., BOTOLIN, D., WANG, Y., XU, J., CHRISTIAN, B., DEMEURE, O. (2005). Fatty acid regulation of hepatic gene transcription. *The Journal of Nutrition*, 135, 11, 2503-2506.

KIM, J. S., INGALE, S. L., LEE, S. H., CHOI, Y. H., KIM, E. H., LEE, D. C, KIM, Y. H., CHAE, B. J. (2014). Impact of dietary fat sources and feeding level on adipose tissue fatty acids composition and lipid metabolism related gene expression in finisher pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 196, 60-67.

KOUBA, M., ENSER, M., WHITTINGTON, F., NUTE, G., WOOD, J. (2003). Effect of a high linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*, 81, 1967–1979.

KOUBA, M., MOUROT, J. (2011). A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie*, 93, 13-17.

KROMHOUT, D., MENOTTI, A., BLOEMBERG, B., ARAVANIS, C., BLACKBURN, H., BUZINA, R., DONTAS, A. S., FIDANZA, F., GIAMPAOLI, S., JANSEN, A. (1995). Dietary saturated and trans fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: the Seven Countries Study. *Preventive Medicine*, 24, 308–315.

MICHA, R., MOZAFFARIAN, D. (2010). Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: A fresh look at the evidence. *Lipids*, 45, 893-905.

NOBLET, J. (2007). Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements for pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 277-284 (supl.).

PERKINS, E. G., McKEITH, F. K., JONES, D. J., MOWREY, D. H., HILL, S. E., NOVAKOFSKI, J., O'CONNOR, P. L. (1992). Fatty acid and cholesterol changes in pork longissimus muscle and fat due to ractopamine. *Journal of Food Science*, 57.

PÉREZ-PALACIOS, T., RUIZ, J., TEJADA, J. F., ANTEQUERA, T. (2009). Subcutaneous and intramuscular lipid traits as tools for classifying Iberian pigs as a function of their feeding background. *Meat Science*, 81, 632-640.

PETERLA, I. A.; SCANES, C. G. (1990). Effects of beta-adrenergic agonists on lypolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. *Journal of Animal Science*, 68, 4, 1024-1029.

PIEDRAFITA, J., CHRISTIAN, L. L., LONERGAN, S. M. (2001). Fatty acid profiles in three stress genotypes of swine and relationships with performance, carcass and meat quality traits. *Meat Science*, 57, 71–77.

RAES, K., DE SMET, S., DEMEYER, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 199–221.

ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. G., OLIVEIRA, R. F., LOPES, D. C., FERREIRA, A. S., BARRETO, S. L. T., EUCLIDES, R. F. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa: Editora UFV. 252p.

SCOLLAN, N. D., HOCQUETTE, J-F., NUERNBERG, K., DANNENBERGER, D., RICHARDSON, R. I., MALONEY, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17–33.

SPRECHER, H. (2000). Metabolism of highly unsaturated n–3 and n–6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1486(2–3), 219–231.

TEYE, G. A., SHEARD, P. R., WHITTINGTON, F. M., NUTE, G. R., STEWART, A., WOOD, J. D. (2006). Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*, 73, 157–165.

TURNER, T. D., MAPIYE, C., AALHUS, J. L., BEAULIEU, A. D., PATIENCE, J. F., ZIJLSTRA, R. T., DUGAN, M. E. R. (2014). Flaxseed fed pork: n–3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. *Meat Science*, 96, 541-547.

ULBRICHT, T. L. V., SOUTHGATE, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985-992.

WATANABE, P. H., THOMAZ, M. C., PASCOAL, L. A. F., RUIZ, U. S., DANIEL, E., AMORIM, A. B., CRISTANI, J., CASTRO, F. F. (2012). Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 1381-1388.

WARNANTS, N., VAN OECKEL, M. J., BOUCQUE, C. V. (1996). Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Science*, 44, 125-144.

WARNANTS, N., VANOECKEL, M. J., BOUCQUE, CH. V. (1998). Effect of incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork backfat on the quality of salami. *Meat Science*, 49, 435–445.

WARNANTS, N., VAN OECKEL, M. J., BOUCQUE, C. V. (1999). Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids into pork fatty tissues. *Journal of Animal Science*, 77, 2478-2490.

WEBER, T. E., RICHERT, B. T., BELURY, M. A., GU, Y., ENRIGHT, K., SCHINCKEL, A. P. (2006). 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*, 84, 720-732.

WISEMAN, J., AGUMBIADÉ, J. A. (1998). The influence of changes in dietary fat and oils on fat es of carcass fat in finishing pigs. *Livestock Production Science*, 54, 217–227.

WOOD, J. D., ENSER, M., FISHER, A. V., NUTE, G. R., RICHARDSON, R. I., SHEARD, P. R. (1999). Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of Nutrition Society*, 58, 363-370.

WOOD, J. D., RICHARDSON, R. I., NUTE, G. R., FISHER, A. V., CAMPO, M. M., KASAPIDOU, E., SHEARD, P. R., ENSER, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21–32.

WOOD, J. D., NUTE, G. R., RICHARDSON, R. I., WHITTINGTON, F. M., SOUTHWOOD, O., PLASTOW, G., MANSBRIDGE, R., COSTA, N., CHANG, K. C. (2004). Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*, 67, 651–667.

WOOD, J. D., ENSER, M., FISHER, A. V., NUTE, G. R., SHEARD, P. R., RICHARDSON, R. I., HUGHES, S. I., WHITTINGTON, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358.

ZAMBIAZI, R. C., PRZYBYLSKI, R., ZAMBIAZI, M. W., MENDONÇA, C. B. (2007). Fatty acid composition of vegetable oils and fats. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 25, 111-120.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na revisão de literatura, a utilização de diferentes fontes lipídicas modificam os ácidos graxos depositados na gordura suína dessa forma tornando essa gordura mais saudável ao consumidor, assim como observado no presente estudo com a utilização de óleo de soja. Porém, a mudança do perfil lipídico deve corresponder ao propósito de utilização, seja como um produto in natura fornecido aos consumidores, ou ao seu processamento na indústria e fabricação de outros produtos.

Por outro lado, apesar da utilização da ractopamina ter efeito no perfil lipídico da gordura, o mesmo possui menor intensidade quando comparada a variação de energia das dietas, a partir da utilização de diferentes níveis de óleo de soja. Dessa forma, os efeitos atribuídos a ractopamina possivelmente não são significativamente efetivos de forma a se dispendem gastos com a sua utilização para o propósito de modificação do perfil lipídico.

O estudo sobre os efeitos das dietas no perfil lipídico da gordura suína auxilia na busca por um perfil mais adequado ao consumidor. Ainda não ocorre pagamento diferenciado para a produção de suínos com um perfil lipídico mais saudável ao consumidor, porém, esses estudos devem continuar e se aprofundar sobre o assunto, de forma que a partir do momento que ocorra demanda por produtos mais saudáveis existam informações científicas relacionadas. Estes produtos possuiriam valor agregado, possibilitando maior lucro a cadeia produtiva e possivelmente atingiriam um nicho de mercado disposto a pagar um preço maior por essa carcaça.