

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

**PLANOS NUTRICIONAIS DE ENERGIA LÍQUIDA PARA
SUÍNOS MACHOS CASTRADOS E FÊMEAS, DOS 30 AOS
100 KG**

Danilo Alves Marçal

CAMPO GRANDE, MS
2017

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

**PLANOS NUTRICIONAIS DE ENERGIA LÍQUIDA PARA
SUÍNOS MACHOS CASTRADOS E FÊMEAS, DOS 30 AOS
100 KG**

Danilo Alves Marçal

Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

Co-orientadora: Profa. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento

Co-orientador: Dr. Michael David Tokach

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

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS – 2017

Certificado de aprovação

DANILO ALVES MARÇAL

**Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados
e fêmeas dos 30 aos 100 kg**

Nutritional net energy plans for barrows and gilts from 30 to 100 kg

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

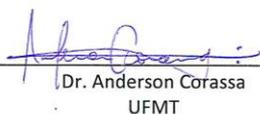
Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado(a) em: 08-02-2017

BANCA EXAMINADORA:



Dr. Charles Kiefer
(UFMS) – (Presidente)



Dr. Anderson Corassa
UFMT



Dra. Marina de Nadai Bonin
UFMS



Dra. Luciana Moura Rufino
UFMS



Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto
UFGD

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade de realização do curso de doutorado. A todos os professores e funcionários, da secretaria e da Fazenda Escola.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pela concessão da bolsa de estudos, que possibilitou a dedicação integral às atividades do curso.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Doutorado Sanduíche no Exterior, que proporcionou a oportunidade de aquisição de novos conhecimentos e interação com outros pesquisadores.

À Kansas State University, que permitiu que eu fizesse parte da família K-State por um ano. Com certeza, um ano de inestimável enriquecimento profissional e pessoal.

Ao meu orientador, Dr. Charles Kiefer, pela orientação, pelo suporte, pela confiança, pelos ensinamentos e pela amizade, durante todo o curso. Sem sombra de dúvidas, é uma pessoa na qual eu me espelho.

À minha co-orientadora, Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento, pela disponibilidade em me auxiliar sempre que necessário.

Ao meu co-orientador, Dr. Michael David Tokach e os demais professores do K-State Applied Swine Nutrition Team, Dr. Robert Goodband, Dr. Steven Dritz, Dr. Jason Woodworth e Dr. Joel DeRouche, que não mediram esforços para eu me sentir parte da equipe e me deram total liberdade para aproveitar ao máximo o tempo em que estive junto a eles.

Aos doutores Anderson Corassa, Luciana Moura Rufino, Marina de Nadai Bonin e Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto, que compuseram a banca de defesa e contribuíram para o aprimoramento do trabalho.

À Dra. Marina de Nadai Bonin, pela realização da ultrassonografia nos animais.

Ao meu amigo, colega de pós-graduação, Alexandre Pereira dos Santos, por todo apoio e parceria para que a realização do Doutorado Sanduíche fosse possível, e pela ajuda e paciência durante minha adaptação ao estilo de vida norte americano.

Ao meu amigo, colega de pós-graduação, Stephan Alexander da Silva Alencar, pela ajuda extremamente valiosa nas análises estatísticas dos dados coletados nos

trabalhos conduzidos e, também pelo auxílio nas demais atividades realizadas nos experimentos.

Aos meus amigos, da Equipe de Suinocultura da UFMS, atuais e egressos, Allan Canazilles Alves, Ariadne Maria Portilho Saturnino da Silva, Bruna Teodoro, Camilla Mendonça Silva, Leide Daiana de Oliveira Arruda, Gabriela Puhl Rodrigues, Guilherme Costa Marchezoni, Indira Daiane, Jéssica Lira da Silva, Kelly Cristina Nunes Carvalho, Kelvin Àlin Lino, Larissa Higano, Liliane Maria Piano Gonçalves, Rodrigo Caetano de Abreu, Taynah Vieira Aguiar Farias e Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto, pela ajuda na condução dos experimentos e por tornar os momentos de trabalho duro mais leves e prazerosos. Tenho imenso orgulho de ter trabalhado com vocês.

Aos meus amigos, pós-graduandos do K-State Applied Swine Nutrition Team, Aaron Jones, Annie Clark, Corey Carpenter, Hayden Williams, Jordan Gebhardt, Jose Soto, Kiah Gourley, Loni, Lori Thomas e Márcio Gonçalves, por todo apoio, amizade e paciência durante o período em que estive com vocês.

Por fim, porém não menos importante, agradeço à minha família, pelo apoio e suporte para que eu chegasse a conclusão deste curso.

Muito Obrigado!

Resumo

MARÇAL, D. A. Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados e fêmeas, dos 30 aos 100 kg. 2017. 73 f. Tese. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

A utilização do sistema de energia líquida para formular dietas para os suínos atende as exigências nutricionais com maior precisão, pois equaliza as necessidades energéticas dos animais e o conteúdo energético dos alimentos. Contudo, na literatura científica, os trabalhos que avaliaram níveis de energia líquida não investigaram os efeitos dos níveis energéticos por longos períodos. Nesse contexto, foram conduzidos três experimentos para avaliar o efeito de diferentes níveis de energia líquida sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos em crescimento e terminação. O primeiro experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados, dos 25 aos 100 kg, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida. Foram utilizados 72 suínos machos castrados, com peso inicial de $25,19 \pm 2,13$ kg, distribuídos, em delineamento experimental de blocos ao acaso, em seis níveis de energia líquida (2.300, 2.380, 2.460, 2.540, 2.620 e 2.700 Kcal/kg de ração), com dois animais por baia e seis baias por tratamento. O aumento dos níveis de energia líquida elevou o ganho de peso, reduziu o consumo de ração e melhorou a conversão alimentar. O consumo e energia líquida foi semelhante e o consumo de lisina digestível diminuiu a medida em que houve aumento nos níveis de energia líquida. O aumento dos níveis de energia líquida das dietas elevou a espessura de toucinho e reduziu o percentual de carne magra nas carcaças. O segundo experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho e as características de carcaça de fêmeas suínas, dos 25 aos 100 kg, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida. Foram utilizadas 72 fêmeas suínas com peso médio inicial de $23,24 \pm 2,47$ kg, distribuídas, em delineamento experimental de blocos ao acaso, em seis níveis de energia líquida (2300, 2380, 2460, 2540, 2620 e 2700 Kcal/kg de ração), com dois animais por baia e seis baias por tratamento. Aumentar os níveis de energia líquida das dietas não influenciou o ganho de peso, reduziu o consumo de ração e melhorou a conversão alimentar. O consumo de energia líquida foi semelhante e o consumo de lisina digestível reduziu conforme houve aumento nos níveis de energia líquida. O aumento dos níveis energéticos das dietas resultou em redução no percentual de carne magra. O terceiro experimento foi conduzido com o objetivo de comparar o efeito do aumento do nível de energia líquida, com a manutenção da relação lisina digestível:energia líquida ou com a manutenção do nível de lisina digestível nas dietas de suínos dos 35 aos 130 kg. Foram utilizados 150 suínos, com peso inicial de $35,7 \pm 3,4$ kg. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial $1 + 2 \times 2$, incluindo uma dieta controle negativo com baixo nível de energia líquida, dois níveis de energia líquida (médio ou alto) e dois métodos de formulação (relação lisina digestível:energia líquida constante ou percentual de lisina digestível constante). Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso, com dois animais por baia e quinze baias por tratamento. O aumento do nível energético com relação lisina digestível:energia líquida constante aumentou o consumo de energia líquida e de lisina, que resultou em melhor ganho de peso e conversão alimentar, enquanto, ao elevar-se o nível energético com a manutenção do nível de lisina digestível melhorou-se somente a conversão alimentar. Houve aumento do peso e do rendimento de carcaça dos suínos que consumiram mais energia líquida e lisina digestível. Contudo, os animais que aumentaram apenas o consumo de energia depositaram mais gordura na carcaça.

Palavras-chave: Carcaça. Densidade energética. Desempenho. Nutrição.

Abstract

MARÇAL, D. A. Nutritional net energy plans for barrows and gilts from 30 to 100 kg. 2017. 73 p. Tese. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2017.

Using net energy system for diet formulation allows more accuracy because it takes into account animal energy requirements and energy feed content on the same basis. However, there is no scientific information about the effects of dietary net energy levels during long pig production periods. In this context, three trials were carried out with the objective of evaluate different net energy plans for growing-finishing pigs. The first trial was conducted with the objective of evaluate growth performance and quantitative carcass characteristics of barrows, from 25 to 100 kg, fed diets with different net energy levels. Seventy-two barrows with initial body weight of 25.19 ± 2.13 kg were used. Pigs were distributed in a randomized complete block design with six dietary net energy levels (2,300, 2,380, 2,460, 2,540, 2,620 and 2,700 Kcal/kg of feed), with two pigs per pen and six pens per treatment. Increasing net energy levels increased body weight gain, reduced feed intake, and improved feed conversion. Net energy intake were similar whereas digestible lysine intake decreased as dietary net energy levels increased. Increase dietary net energy levels increased backfat thickness and reduced lean percentage. The second trial was conducted with the objective of evaluate growth performance and quantitative carcass characteristics of gilts, from 25 to 100 kg, fed diets with different net energy levels. Seventy-two gilts with initial body weight of 23.24 ± 2.47 kg were used. Pigs were distributed in a randomized block design with six dietary net energy levels (2,300, 2,380, 2,460, 2,540, 2,620 and 2,700 Kcal/kg of feed), with two pigs per pen and six pens per treatment. Increasing dietary net energy levels did not influence body weight gain, reduced the feed intake and improved feed conversion. Net energy intake was similar whereas digestible lysine intake reduced by increasing dietary net energy levels. Increasing dietary net energy levels resulted in a reduction carcass lean percentage. The third trial was conducted with the objective of comparing increasing dietary net energy with constant digestible lysine:net energy ratio or with constant digestible lysine percentage for pigs from 35 to 130 kg. A total of one hundred and fifty pigs with 35.7 ± 3.4 kg were used. Dietary treatments were set in a $1 + 2 \times 2$ factorial arrangement. Treatments included a low-net energy control diet, two dietary net energy (medium or high) e two formulation methods (constant digestible lysine:net energy ratio or constant digestible lysine percentage). Randomized block experimental design was used with two pigs per pen and fifteen pens per treatment. Increasing dietary net energy with constant digestible lysine:net energy ratio increased net energy intake and lysine intake; as a result, weight gain, feed conversion, hot carcass weight and carcass yield were improved. Greater energy intake without any change in lysine intake improved only feed conversion and increased backfat depth.

Keywords: Carcass. Energy density. Nutrition. Performance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas de obtenção de energia de diferentes nutrientes utilizados para produção de ATP ou deposição de lipídeos em suínos.....	11
Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 25 aos 60 kg.....	23
Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 60 aos 70 kg.....	24
Tabela 4 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 70 aos 100 kg.....	25
Tabela 5 – Níveis de energia líquida sobre o desempenho de suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg.....	27
Tabela 6 – Níveis de energia líquida sobre as características de carcaça de suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg.....	30
Tabela 7 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 25 aos 50 kg.....	38
Tabela 8 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 50 aos 70 kg.....	39
Tabela 9 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 70 aos 100 kg.....	40
Tabela 10 – Níveis de energia líquida sobre o desempenho de fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg.....	42
Tabela 11 – Níveis de energia líquida sobre as características de carcaça de fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg.....	44
Tabela 12 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 35 aos 50 kg.....	55
Tabela 13 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 50 aos 70 kg.....	56
Tabela 14 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 70 aos 100 kg.....	57
Tabela 15 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 100 aos 130 kg.....	58
Tabela 16 – Efeitos do aumento do nível de energia líquida com relação lisina digestível: energia líquida constante ou com o percentual de lisina digestível constante sobre o desempenho de suínos dos 35 aos 130 kg.....	62
Tabela 17 – Efeitos do aumento do nível de energia líquida com relação lisina digestível: energia líquida constante ou com o percentual de lisina digestível constante sobre as características de carcaça de suínos dos 35 aos 130 kg.....	67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1 Energia na nutrição de suínos	10
1.2 Partição da energia	12
1.3 Retenção da energia da dieta pelos suínos	14
1.4 Níveis de energia na dieta de suínos.....	15
REFERÊNCIAS.....	17
Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg	20
Resumo.....	20
Introdução	20
Material e Métodos	21
Resultados	26
Discussão.....	30
Conclusões	32
Referências.....	33
Planos nutricionais de energia líquida para fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg	35
Resumo.....	35
Introdução	35
Material e Métodos	37
Resultados	41
Discussão.....	45
Conclusões	49
Referências.....	50
Níveis de energia líquida com e sem manutenção da relação lisina digestível:energia líquida para suínos dos 35 aos 130 kg	52
Resumo	52
Introdução	52
Material e Métodos	53
Resultados	61
Discussão.....	68
Conclusões	70
Referências.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	73

INTRODUÇÃO

Entre as atividades produtoras de proteína de origem animal, a suinocultura se destaca por produzir o tipo cárneo mais consumido no mundo (FAO, 2016). A atividade suinícola ocupa papel importante na produção agropecuária brasileira, sendo que, no ano de 2014, foram produzidas 3,47 milhões de toneladas de carne suína no país. Do total de carne suína produzida, 85,8% foi consumida pelo mercado interno e 14,2% destinada à exportação. A nível mundial, o Brasil é o 4º maior produtor e exportador de carne suína (ABPA, 2016).

O mercado consumidor tem se preocupado cada vez mais com a qualidade dos alimentos e dado preferência aos cortes cárneos com menor quantidade de gordura. Aliado a este fato, a criação de animais com melhor conversão alimentar e maior produção de carne magra na carcaça, possibilita maior rentabilidade para a atividade suinícola por otimizar a produção por unidade animal.

Para atender a demanda, tanto do mercado consumidor quanto do setor produtivo, os suínos tem sido constantemente submetidos a programas de melhoramento genético que resultam em animais cada vez mais pesados, com menor percentual de gordura na carcaça e adaptados a diferentes sistemas de produção (FERREIRA et al., 2014). A evolução do potencial genético dos suínos faz necessária a constante revisão das exigências nutricionais para que não ocorra a falta ou o excesso de nutrientes nas dietas já que ambas as situações prejudicam a atividade, por não otimizar o potencial genético das diferentes linhagens genéticas ou por fornecer nutrientes em excesso nas dietas.

A nutrição representa a maior parcela dos custos de produção na suinocultura, sendo que, a fração energética é o componente nutricional de maior custo nas dietas e os alimentos energéticos são os de maior inclusão nas formulações (REZENDE et al., 2006). Deve-se considerar ainda, que além da importância econômica da fração energética da dieta sobre o sistema de produção dos suínos, existe a preocupação com relação ao adequado balanço energético das dietas (relação caloria:nutriente), pois os suínos ajustam o consumo de ração para atender as exigências nutricionais de energia.

A utilização dos valores de energia líquida possibilita maior precisão na formulação de dietas para suínos, pois considera as exigências nutricionais e os valores energéticos dos alimentos em uma mesma base de cálculo, teoricamente, independente das características da dieta (NOBLET, 2007). Na literatura científica, há diversas

pesquisas que avaliaram níveis energéticos das dietas utilizando os valores de energia digestível (BEE et al., 2002; MASCARENHAS et al., 2002; BEAULIEU et al., 2009) ou energia metabolizável (NOBLET et al., 1999; SMITH et al., 1999; MATTHEWS, et al., 2003; REZENDE et al., 2006; ZANGERONIMO et al., 2009) e, mesmo pesquisas que utilizaram o sistema de energia líquida, avaliaram diferentes faixas de peso, separadamente (YI et al., 2010; HINSON et al., 2011; KIL et al., 2011; MOURA et al., 2011), sendo desconhecido os efeitos do fornecimento de diferentes níveis energéticos durante várias fases do crescimento dos suínos.

Pela imprecisão das informações nutricionais, a adoção dos níveis de energia digestível não é mais utilizada nos sistemas atuais de produção. Nesse sentido, a utilização dos valores de energia líquida são mais adequados na formulação das dietas e no fornecimento de nutrientes aos suínos, pois considera a fração energética realmente disponível e utilizada. Considerando que pesquisas referentes aos efeitos de planos de energia líquida para suínos por longos períodos de produção, durante as fases de crescimento e terminação, são inexistentes na literatura, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes planos nutricionais de energia líquida fornecidos para suínos, machos castrados e fêmeas, dos 30 aos 100 kg, sobre o desempenho e as características quantitativas de carcaça.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Energia na nutrição de suínos

O principal objetivo dos nutricionistas é formular dietas que forneçam aos animais de produção os nutrientes necessários para a manutenção e produção. No caso de suínos destinados ao abate, o objetivo é otimizar a produção de carcaças de qualidade com o menor custo possível. As dietas fornecidas são compostas por diversos ingredientes, que após os processos de digestão são desmembrados em subunidades menores, os nutrientes. Os nutrientes são disponibilizados para absorção e utilização pelo organismo, de acordo com as necessidades específicas de cada indivíduo (YEN, 2001).

A energia está envolvida em todos os processos metabólicos do organismo. Pode ser oriunda da dieta ou da mobilização dos tecidos de reserva. A energia proveniente da dieta é gerada por meio da oxidação dos compostos orgânicos que a compõe e pode ser

utilizada nos diferentes processos metabólicos, na forma de ATP, ou depositada na carcaça, na forma de gordura (EWAN, 2001; NELSON et al., 2008).

A eficiência energética para deposição de lipídeos na carcaça em relação à eficiência para a produção de ATP é maior para os ácidos graxos e glicose e menor para aminoácidos e fibra digestível (Tabela 1) (BLACK, 1995; NOBLET, 2007; KIL et al., 2013). Além da composição da dieta, outros fatores podem influenciar a capacidade dos suínos em obter energia dos alimentos, como, por exemplo, idade, sexo, categoria animal e estado fisiológico (NOBLET et al., 1999; KIL et al., 2011).

As características ambientais como temperatura, radiação e circulação de ar, as condições de alojamento, como densidade populacional, tamanho de grupo e mistura de lotes, e as características das dietas como densidade nutricional, manejo de arraçoamento, utilização de aditivos, tipo de processamento e fornecimento de água, são fatores que exercem influência sobre o consumo voluntário de ração (NYACHOTI et al., 2004). Dentre os fatores relacionados às dietas, a densidade energética é um dos principais fatores a se considerar na alimentação de suínos em crescimento e terminação, pois os suínos são capazes de ajustar a ingestão diária de alimento para atender as exigências de energia (ELLIS E AUGSPURGER, 2001; EWAN, 2001).

Pelo efeito significativo que a densidade energética exerce sobre o consumo de alimentos, as exigências nutricionais e a composição das dietas devem ser expressas em relação ao seu conteúdo energético. Além disso, para manter a ingestão de nutrientes equilibrada é recomendado que a relação entre os nutrientes e a energia seja ajustada sempre que o nível de energia das dietas for alterado (ROSTAGNO et al. 2011; NRC, 2012).

Tabela 1 – Estimativas de obtenção de energia de diferentes nutrientes utilizados para produção de ATP ou deposição de lipídeos em suínos

	Eficiência de obtenção de energia (%)			
	Fermentação microbiana		Produção de ATP	Retenção de lipídeos
	Calor	Metano		
Ácidos graxos	—	—	66	90
Glicose	—	—	68	74
Aminoácidos	—	—	58	53
Fibra digestível	6	10	50	62

Adaptado de Black (1995).

O fornecimento de dietas com níveis crescentes entre 3.310 e 3.560 Kcal/kg de energia metabolizável, com relação constante de 3,20 g de lisina digestível/Mcal de ração reduziu o consumo de ração de suínos em crescimento e terminação. Entretanto, o consumo de energia metabolizável e de lisina digestível não foram diferentes entre os níveis avaliados, confirmando que os suínos ajustam o consumo de ração para atender as necessidades energéticas. Devido à manutenção da relação lisina:caloria, os animais tiveram ganho de peso similar entre os níveis energéticos utilizados, que resultou em melhora da conversão alimentar (SMITH et al., 1999).

1.2 Partição da energia

A energia contida nos alimentos não é totalmente utilizada pelos suínos. O conteúdo energético presente nos ingredientes que constituem as dietas é denominado energia bruta e independe do animal. Esta fração é quantificada através da queima do ingrediente em bomba calorimétrica, e o valor depende da composição química dos alimentos. Entretanto, a energia bruta não é totalmente disponível aos animais. Parte da energia presente nos alimentos é excretada nas fezes, urina, gases oriundos da fermentação no trato digestivo e como incremento calórico (NOBLET & VAN MILGEN, 2013) (FIGURA 1).

O valor de energia digestível de um alimento é obtido pela subtração do valor energético excretado nas fezes da quantidade de energia bruta do alimento. O total de energia digestível varia de acordo com a composição nutricional dos ingredientes inclusos na dieta. A maior variação está relacionada à presença de fibra, uma vez que os suínos tem pouca habilidade em digerir esta fração dos alimentos. Além de apresentar baixa digestibilidade para os suínos, a presença de fibra na dieta aumenta a velocidade do trânsito intestinal e reduz a digestibilidade de outros nutrientes, como proteína, amido e lipídeos (KIL et al., 2013).

O conteúdo de energia metabolizável de um alimento é o resultado da diferença entre a energia digestível e a energia excretada na urina e gases. Nos suínos, a excreção de energia por meio dos gases é praticamente inexistente e não é considerada na quantificação da energia metabolizável. A quantidade de energia perdida na urina está relacionada à excreção de nitrogênio. Portanto, a quantidade de energia despendida para excreção de nitrogênio está diretamente relacionada à quantidade de proteína da dieta (KIL et al., 2013).

A energia líquida resulta da subtração da energia metabolizável menos o incremento calórico, que é representado pela produção de calor oriunda dos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes (EWAN, 2001). A utilização do sistema de energia líquida permite atender com maior precisão as necessidades energéticas dos animais. A quantidade de energia fornecida é uma característica da dieta enquanto a exigência nutricional de energia é uma característica do animal. Por isso, é importante a utilização de um sistema como o da energia líquida, que trata as exigências nutricionais e o conteúdo energético sobre uma mesma base de cálculo (NOBLET, 2007).

A utilização de dietas com baixos níveis de proteína bruta e utilização de aminoácidos industriais reduz as perdas energéticas, pois tem melhor eficiência na utilização da energia devido à redução na produção de calor e na excreção de energia pela urina. Como resultado, ocorre maior deposição de gordura na carcaça dos suínos em função da maior disponibilidade de energia líquida para deposição de lipídeos no tecido adiposo (LE BELLEGO et al., 2001). Dietas com diferentes níveis de energia líquida, porém, com níveis equivalentes de energia metabolizável, alteraram a quantidade de energia retida na forma de gordura (ACOSTA et al., 2016).

Alterações nas fontes energéticas e na composição nutricional das dietas fornecidas alteram o valor de energia líquida. Fontes de energia lipídicas e baixos teores de fibra bruta aumentam a digestibilidade, e conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para oxidação e obtenção de energia (DE LA LLATA et al., 2001; KIL et al., 2011; KIM et al., 2013). Portanto, quanto ao teor de energia líquida das dietas, deve-se considerar a composição da dieta como um todo e não, apenas, o valor de energia líquida de cada ingrediente isoladamente.

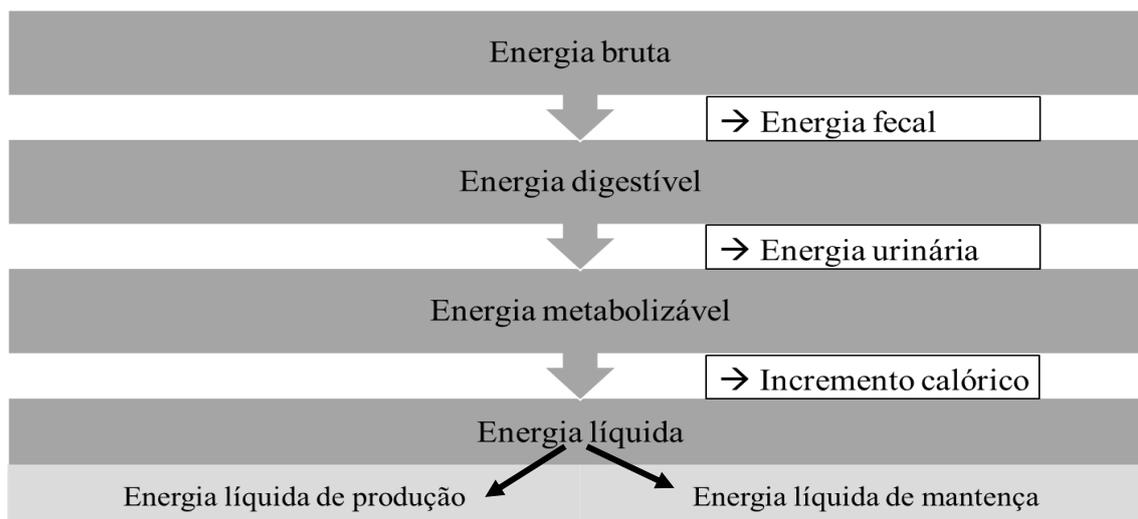


Figura 1. Utilização da energia pelos suínos.
 Fonte: Adaptado de EWAN (2001).

1.3 Retenção da energia da dieta pelos suínos

À medida em que o peso corporal e a idade dos suínos avançam, a retenção de energia na carcaça na forma de proteína diminui e na forma de lipídeos aumenta (APPLE et al., 2009). Além disso, o aumento do consumo de energia resulta em aumento da retenção de energia tanto na forma de proteína quanto na forma de lipídeos na carcaça de suínos em terminação (ZHANG et al., 2014). Desta forma, a quantidade de energia fornecida pela dieta deve estar o mais próximo possível do atendimento exato das necessidades nutricionais para manutenção e produção, pois o excesso de energia não utilizado na síntese proteica ou na manutenção das atividades metabólicas resultará em aumento na retenção de energia na forma de gordura no tecido adiposo, prejudicando a qualidade das carcaças (NOBLET, 1996).

Suínos com alta capacidade para deposição de carne magra na carcaça encontram-se, até os 45 kg, em fase energético-dependente, o que significa que a deposição de proteína na carcaça é limitada pela baixa capacidade de consumo de alimento desses animais (BIKKER et al., 1995). Aumentar a densidade nutricional das dietas de suínos nesta fase pode melhorar o desempenho (REZENDE et al., 2006). Todavia, a relação carne:gordura na carcaça pode piorar com o aumento da quantidade de energia ingerida, mesmo quando a taxa máxima de deposição de carne magra não é alcançada. Portanto, a quantidade de carne e a eficiência de ganho em carne são otimizadas com menor ingestão alimentar em relação à que permitiria máximo ganho de

peso e eficiência alimentar (BIKKER et al., 1996). Entretanto, em estudo mais recente, suínos machos castrados, abatidos aos 50 kg, tiveram aumento na relação carne:gordura com aumento no teor energético da dieta (ZANGERONIMO et al., 2009). Tal efeito pode ser devido à maior capacidade de síntese e deposição proteica resultante do melhoramento genético.

Ao elevarem o nível de energia líquida de 2.510 para 2.580 Kcal/kg, em dietas para suínos dos 48 aos 111 kg, SMITH et al. (1999) observaram aumento no ganho de peso dos animais entre 48 e 75 kg. Contudo, na fase de terminação, dos 75 aos 111 kg, não foi observada diferença no ganho de peso entre os dois níveis de energia líquida avaliados.

1.4 Níveis de energia na dieta de suínos

A utilização de baixos níveis de energia líquida (2.083 e 2.251 Kcal/kg) aumentou o rendimento de carcaça de suínos em terminação abatidos aos 95 kg, entretanto a espessura de toucinho e a relação carne:gordura na carcaça não foram influenciados pela diferença entre a densidade energética das dietas (BARBOSA et al., 2003). Dietas com níveis mais elevados de energia líquida, entre 2.410 e 2.570 Kcal/kg, reduziram o consumo de ração, melhoraram a conversão alimentar e aumentaram a espessura de toucinho e a quantidade de gordura abdominal de suínos machos castrados e fêmeas, dos 30 aos 60 e dos 60 aos 90 kg (PAIANO et al., 2008).

A avaliação de três níveis de energia líquida para suínos dos 25 aos 110 kg não provocou alterações no desempenho e nas características de carcaça no período total do experimento. Entretanto, não foram fornecidos níveis fixos de energia líquida. O nível energético das dietas foi ajustado em quatro fases (25 a 40, 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 110 kg) durante o período experimental, de acordo com as mudanças de fase de crescimento (KERR et al., 2003).

O nível de 2.400 Kcal/kg de energia líquida foi o que promoveu melhor desempenho de suínos em crescimento, dos 20 aos 50 kg, alimentados com dietas com níveis entre 2.250 e 2.640 Kcal/kg. Contudo, não foram avaliadas as características de carcaça nem o efeito dos tratamentos até a idade de abate dos animais (YI et al., 2010).

O fornecimento de níveis crescentes de energia digestível com duas fontes de energia, para suínos machos inteiros dos 60 aos 100 kg, melhorou o desempenho apenas quando se utilizou a gordura de coco como fonte energética. A utilização do óleo de soja

como fonte de energia não provocou efeito dos níveis utilizados no desempenho dos animais (MASCARENHAS et al., 2002). O efeito da fonte de energia observado pelos autores, provavelmente, ocorreu devido ao fato de que as fontes utilizadas possuem diferentes valores de energia líquida (ROSTAGNO et al., 2011).

Portanto, a formulação das dietas com base nos valores de energia líquida garante maior precisão no atendimento das exigências nutricionais dos animais. O efeito residual da utilização de diferentes planos constantes de fornecimento de energia líquida durante as fases de crescimento e terminação sobre o desempenho e as características de carcaça dos suínos ainda não foi relatado na literatura científica.

Neste contexto, realizou-se o presente estudo para avaliar diferentes planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados e fêmeas em crescimento e terminação. Com os resultados obtidos foram elaborados os artigos intitulados “Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg”, “Planos nutricionais de energia líquida para fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg” e “Níveis de energia líquida com e sem manutenção da relação lisina digestível:energia líquida para suínos dos 35 aos 130 kg”, redigidos conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia com adaptações às normas para elaboração de teses e dissertações do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-anuais> Acesso em: Outubro de 2016.

ACOSTA, J. et al. Comparison of growth and efficiency of dietary energy utilization by growing pigs offered feeding programs based on the metabolizable energy or the net energy system. **Journal of Animal Science**, v.94, p.1520-1530, 2016.

APPLE, J. K. et al. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: III. Carcass and fatty acid compositions. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1441-1454, 2009.

BARBOSA, H. C. A. et al. Qualidade da carcaça de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.606-614, 2003.

BEAULIEU, A. D. et al. Response to dietary energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. **Journal of Animal Science**, v.87, p.965-976, 2009.

BEE, G. et al. Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1564-1574, 2002.

BIKKER, P. et al. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kg) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: II. Protein and lipid accretion in body components. **Journal of Animal Science**, v.74, p.817-826, 1996.

BIKKER, P. et al. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2355-2363, 1995.

BLACK, J. L. Modelling energy metabolism in the pig – critical evaluation of a simple reference model. In: Modelling growth in the pig. Ed. Wageningen Press, Wageningen, The Netherlands, p.87-102, 1995.

DE LA LLATA, M. et al. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2643-2650, 2001.

ELLIS, M.; AUGSPURGER, N. Feed intake in growing-finishing pigs. Pages 447-467 in Swine Nutrition. LEWIS, A. J.; Southern, L. L. ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 2001.

EWAN, R. C. Energy utilization in swine nutrition. In: Swine Nutrition. LEWIS, A. J.; Southern, L. L. ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 2001.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Animal Production and Health. **Sources of Meat**. 2016. Disponível em: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/backgr_sources.html Acesso em: Outubro de 2016.

FERREIRA, A. H. et al. Produção de suínos: Teoria e Prática. **Brasília: Associação**. 2014.

HINSON, R. B. et al. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p.3572-3579, 2011.

KERR, B. J. et al. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3075-3087, 2003.

KIL, D. Y. et al. Feed energy evaluation for growing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, p.1205-1217, 2013.

KIL, D. Y. et al. Net energy of soybean oil and choice white grease in diets fed to growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.448-459, 2011.

KIM, J. S. et al. Effects of energy levels of diet and β -mannase supplementation on growth performance, apparent total tract digestibility and blood metabolites in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 186, p.64-70, 2013.

LE BELLEGO, L. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1259-1271, 2001.

MASCARENHAS, A. G. et al. Fontes e níveis de energia digestível para suínos machos inteiros dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1403-1408, 2002 (supl.).

MATTHEWS, J. O. et al. Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.191-196, 2003.

MOURA, M. S. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1968-1974, 2011.

NELSON, D. L.; LEHNINGER, A. L.; COX, M. M. Lehninger. Principles of biochemistry. Macmillan, 2008.

NOBLET, J. et al. Metabolic utilization of energy and maintenance requirements in growing pigs: effects of sex and genotype. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1208-1216, 1999.

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

NOBLET, J. Net energy for growth in pigs: application to low protein, amino acid supplemented diets. In: PORK INDUSTRY CONFERENCE, 1996, Urbana. Proceedings... Urbana: University of Illinois, p.15-25, 1996.

NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Energy and energy metabolism in Swine. p.23-58 In: CHIBA, L. I. Sustainable Swine Nutrition. Ed. John Wiley & Sons. Ames, Iowa, Estados Unidos. 492p. 2013.

NRC – National Research Council. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.

NYACHOTI, C. M. et al. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. **Canadian Journal of Animal Science**, v.84, p.549-566, 2004.

PAIANO, D. et al. Relações treonina:lisina digestíveis e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2147-2156, 2008.

REZENDE, W. O. et al. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1101-1106, 2006.

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

SMITH, J. W. et al. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.3007-3015, 1999.

YEN, J. T. Anatomy of the digestive system and nutritional physiology. Pages 45-77 in Swine Nutrition. LEWIS, A. J.; Southern, L. L. ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 2001.

YI, X. W. et al. Influence of dietary net energy content on performance of growing pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids. **Journal of Swine Health and Production**, v.18, p.294-300, 2010.

ZANGERONIMO, M. G. et al. 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, p.903-910, 2009.

ZHANG, G. F. et al. Estimation of the net energy requirements for maintenance in growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2987-2995, 2014.

Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg

Resumo – Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados, dos 25 aos 100 kg, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida. Setenta e dois suínos machos castrados, com peso inicial de $25,19 \pm 2,13$ kg, foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, em seis níveis de energia líquida (2.300, 2.380, 2.460, 2.540, 2.620 e 2.700 Kcal/kg de ração), com dois animais por baía e seis repetições por tratamento. As dietas foram a base de milho e farelo de soja, fornecidas em três fases (25 a 60, 60 a 70 e 70 a 100 kg). Os níveis de energia líquida foram obtidos por meio da inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim. O aumento nos níveis de energia líquida das dietas reduziu o consumo de ração e de lisina digestível, e melhorou a conversão alimentar nas três fases avaliadas. Na primeira e segunda fases, o consumo de energia líquida foi semelhante, e aumentou na terceira fase à medida em que se elevou os níveis de energia líquida das dietas. O ganho de peso diário foi semelhante nas duas primeiras fases e aumentou conforme se elevou os níveis energéticos das dietas na última fase. Houve aumento da espessura de toucinho e redução do percentual de carne magra das carcaças nas três fases avaliadas. Aumentar o nível de energia líquida na dieta de suínos machos castrados, dos 25 aos 100 kg, reduz o consumo de ração e melhora a conversão alimentar. Entretanto, aumenta a quantidade de gordura nas carcaças.

Palavras – chave: carcaça, gordura, nutrição, relação lisina:energia

Introdução

A nutrição representa a maior parcela dos custos de produção na suinocultura. Entre os componentes das dietas, a energia é a fração mais onerosa na alimentação dos suínos, devido à alta inclusão de fontes energéticas nas dietas para atender às necessidade de energia dos animais.

Os não ruminantes, dentre eles os suínos, são capazes de ajustar o consumo voluntário de ração para priorizar o atendimento das exigências de energia (Ellis e Augspurger, 2001). O aumento dos níveis de energia das dietas melhora a conversão alimentar dos suínos (Nitikanchana et al., 2015). Esse efeito, geralmente, resulta da redução do consumo de ração diário decorrente do aumento da densidade energética das dietas (Beaulieu et al., 2009; Kil et al., 2011; Quiniou e Noblet, 2012).

A utilização dos valores de energia líquida para formular dietas para suínos proporciona maior precisão no atendimento das necessidades nutricionais, pois expressa as exigências de energia e o conteúdo energético dos alimentos sob a mesma base, teoricamente, independente das características da dieta, como níveis de fibra bruta e proteína bruta, por exemplo (Noblet, 2007).

O conhecimento e a atualização das exigências nutricionais de suínos modernos são de grande importância para otimizar a produção de carne suína, e, considerando que são desconhecidos os efeitos do fornecimento de níveis constantes de energia líquida por longos períodos de produção, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados, dos 25 aos 100 kg, alimentados com dietas com diferentes níveis de energia líquida.

Material e Métodos

Geral

A presente pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (protocolo UFMS 552/2013). O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UFMS, localizado no município de Terenos, MS. Os animais

foram alojados em galpão de alvenaria, com ventilação natural, laterais teladas e equipadas com cortinas, piso de concreto e telhas de cerâmica. Cada baia ($1,15 \times 2,86$ m) era equipada com bebedouro tipo nipple, fixo na lateral, e comedouro, fixo na parte frontal, além de lâmina d'água ($1,15 \times 0,30 \times 0,10$ m), localizada na parte final das baias.

Animais e dietas

Foram utilizados setenta e dois suínos machos castrados (Large White/Landrace \times Duroc/Pietrain), com peso inicial de $25,19 \pm 2,13$ kg. Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. A unidade experimental foi composta por dois animais em cada baia. O peso inicial dos animais foi utilizado como critério para formação dos blocos. Cada unidade experimental foi alocada aleatoriamente em um dos seis tratamentos, os quais consistiam seis níveis de energia líquida na dieta (2.300, 2.380, 2.460, 2.540, 2.620 e 2.700 Kcal/kg de ração). Os animais tiveram livre acesso à ração e a água durante os 75 dias de estudo. No início da pesquisa os animais receberam uma dose única de vermífugo e antimicrobiano misturada a ração no momento do fornecimento da ração no comedouro.

As dietas experimentais (Tabelas 2, 3 e 4) foram fornecidas em forma farelada e formuladas para atender às exigências nutricionais em três fases (dos 30 aos 50 kg, dos 50 aos 70 kg e dos 70 aos 100 kg), de acordo com as recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos para suínos machos castrados de alto potencial genético e desempenho médio (Rostagno et al., 2011). Para cada fase foi formulada uma dieta basal com 2.300 Kcal/kg de dieta e, para elevar o nível de energia líquida das dietas em 80 Kcal, diferença dos níveis de energia líquida entre os tratamentos, foram adicionados 1,086 kg de óleo de soja, a cada 100 kg de ração, em substituição ao ingrediente inerte (caulim).

Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 25 aos 60 kg

Ingredientes	Energia líquida (Kcal/kg)					
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Milho	70,03	70,03	70,03	70,03	70,03	70,03
Farelo de soja (46%)	21,22	21,22	21,22	21,22	21,22	21,22
Óleo de soja	0,000	1,086	2,172	3,258	4,344	5,430
Caulim	5,500	4,414	3,328	2,242	1,156	0,070
Fosfato bicálcico	1,202	1,202	1,202	1,202	1,202	1,202
Calcário	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699
Sal comum	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407
Premix Vit + Min ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L – Lisina HCl	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338
DL – Metionina	0,099	0,099	0,099	0,099	0,099	0,099
L – Treonina	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
L – Triptofano	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Composição nutricional calculada						
Proteína bruta (%)	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55
Energia líquida (Kcal/kg)	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3.034	3.134	3.224	3.314	3.404	3.494
Lisina digestível (%)	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927
Met + Cis digestível (%)	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547
Treonina digestível (%)	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603
Triptofano digestível (%)	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
Valina digestível (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Ca (%)	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
P disponível (%)	0,311	0,311	0,311	0,311	0,311	0,311
Na (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180

¹Conteúdo por kg de dieta: ácido pantotênico = 9,20 mg; niacina = 20,00 mg; ácido fólico = 0,50 mg; cobre = 15,00 mg; ferro = 0,10 mg; zinco = 0,13 mg; iodo = 1,00 mg; selênio = 0,30 mg; manganês = 0,50 mg; vitamina A = 5.000 UI; vitamina D3 = 1.000 UI; vitamina E = 25,00 UI; vitamina K3 = 3,00 mg; vitamina B1 = 2,20 mg; vitamina B2 = 5,50 mg; vitamina B6 = 2,00 mg; vitamina B12 = 20,00 mg; BHT = 1,00 g e veículo qsp = 1,00 g.

Coleta de dados

Os animais foram pesados, individualmente, no início e no final de cada fase, para determinação do ganho de peso diário e peso corporal. A ração fornecida e os resíduos de ração, do chão e dos comedouros, foram pesados para determinação dos consumos de ração. A conversão alimentar foi determinada pela divisão do consumo de ração pelo ganho de peso total em cada fase.

Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 60 aos 70 kg

Ingredientes	Energia líquida (Kcal/kg)					
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Milho	70,14	70,14	70,14	70,14	70,14	70,14
Farelo de soja (46%)	21,62	21,62	21,62	21,62	21,62	21,62
Óleo de soja	0,000	1,086	2,172	3,258	4,344	5,430
Caulim	5,750	4,664	3,578	2,492	1,406	0,320
Fosfato bicálcico	0,867	0,867	0,867	0,867	0,867	0,867
Calcário	0,601	0,601	0,601	0,601	0,601	0,601
Sal comum	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382
Premix Vit + Min ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L – Lisina HCl	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191
DL – Metionina	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
L – Treonina	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Composição nutricional calculada						
Proteína bruta (%)	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
Energia líquida (Kcal/kg)	2.300	2.380	2.460	2.540	2.630	2.700
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3.036	3.126	3.216	3.306	3.396	3.486
Lisina digestível (%)	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Met + Cis digestível (%)	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486
Treonina digestível (%)	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Triptofano digestível (%)	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158	0,158
Valina digestível (%)	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648	0,648
Ca (%)	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512
P disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Na (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170

¹Conteúdo por kg de dieta: ácido pantotênico = 9,20 mg; niacina = 18,00 mg; ácido fólico = 0,50 mg; cobre = 15,00 mg; ferro = 0,10 mg; zinco = 0,13 mg; iodo = 1,00 mg; selênio = 0,30 mg; manganês = 0,50 mg; vitamina A = 5.000 UI; vitamina D3 = 1.000 UI; vitamina E = 25,00 UI; vitamina K3 = 3,00 mg; vitamina B1 = 1,50 mg; vitamina B2 = 4,00 mg; vitamina B6 = 1,50 mg; vitamina B12 = 18,00 mg; BHT = 1,00 g e veículo qsp = 1,00 g.

Os consumos de energia líquida e de lisina digestível foram obtidos pela multiplicação do conteúdo de energia líquida ou de lisina digestível na dieta pelo consumo de ração. A conversão de energia líquida e de lisina digestível foram obtidas por meio da divisão do consumo de energia líquida ou de lisina digestível pelo ganho de peso.

Tabela 4 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 70 aos 100 kg

Ingredientes	Energia líquida (Kcal/kg)					
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Milho	71,01	71,01	71,01	71,01	71,01	71,01
Farelo de soja (46%)	21,06	21,06	21,06	21,06	21,06	21,06
Óleo de soja	0,000	1,086	2,172	3,258	4,344	5,430
Caulim	5,750	4,664	3,578	2,492	1,406	0,320
Fosfato bicálcico	0,768	0,768	0,768	0,768	0,768	0,768
Calcário	0,568	0,568	0,568	0,568	0,568	0,568
Sal comum	0,357	0,357	0,357	0,357	0,357	0,357
Premix Vit + Min ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L – Lisina HCl	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078
DL – Metionina	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Composição nutricional calculada						
Proteína bruta (%)	15,19	15,19	15,19	15,19	15,19	15,19
Energia líquida (Kcal/kg)	2.300	2.380	2.460	2.540	2.630	2.700
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3.040	3.130	3.220	3.310	3.400	3.490
Lisina digestível (%)	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763
Met + Cis digestível (%)	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
Treonina digestível (%)	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511
Triptofano digestível (%)	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156
Valina digestível (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Ca (%)	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474
P disponível (%)	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231
Na (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹Conteúdo por kg de dieta: ácido pantotênico = 9,20 mg; niacina = 18,00 mg; ácido fólico = 0,50 mg; cobre = 15,00 mg; ferro = 0,10 mg; zinco = 0,13 mg; iodo = 1,00 mg; selênio = 0,30 mg; manganês = 0,50 mg; vitamina A = 5.000 UI; vitamina D3 = 1.000 UI; vitamina E = 25,00 UI; vitamina K3 = 3,00 mg; vitamina B1 = 1,50 mg; vitamina B2 = 4,00 mg; vitamina B6 = 1,50 mg; vitamina B12 = 18,00 mg; BHT = 1,00 g e veículo qsp = 1,00 g.

No final de cada fase foram realizadas as medições da área de olho de lombo, espessura de toucinho e profundidade de músculo, por meio de ultrassonografia *in vivo*. Foi utilizado o aparelho de ultrassom ALOKA SSD 500 V, com sonda acústica de 12 cm e frequência de 3,5Mhz. Para permitir o acoplamento adequado do transdutor com o corpo do animal foram utilizados um acoplador de silicone, que acompanha o arqueamento das costelas, e óleo de soja, para evitar a presença de ar entre a sonda e a pele. A sonda foi posicionada entre a última vértebra torácica e a 1ª lombar (P2). Todas as imagens foram analisadas utilizando o programa LINCE® (M&S Consultoria Agropecuária Ltda.).

O percentual de carne magra da carcaça foi determinado por meio da equação: rendimento de carne (%) = $60 - (\text{espessura de toucinho} \times 0,58) + \text{profundidade do músculo} \times 0,10$, descrita por Bridi e Silva (2007). A quantidade de carne magra da carcaça foi determinada por meio da multiplicação do percentual de carne magra pelo peso de carcaça.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, realizadas análises de regressão lineares e quadráticas a 5% de probabilidade para determinar os efeitos do aumento do nível de energia líquida nas dietas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA).

Resultados

Na primeira fase do experimento, entre 25 e 60 kg, não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de energia líquida sobre o peso corporal final e o ganho de peso diário (Tabela 5). Entretanto, observou-se redução linear ($P < 0,05$) do consumo de ração diário e melhora linear ($P < 0,05$) da conversão alimentar, de acordo com o aumento dos níveis de energia líquida das dietas.

O consumo de energia líquida diário não diferiu ($P > 0,05$) com o aumento dos níveis de energia líquida. Contudo, pelo fato de que foram fornecidas dietas isoproteicas, o consumo de lisina digestível diário reduziu linearmente ($P < 0,05$) à medida em que se elevou os níveis de energia líquida das dietas. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de energia líquida das dietas fornecidas sobre a conversão da energia líquida consumida em

ganho de peso, porém, a conversão da lisina digestível em ganho de peso melhorou de maneira linear ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de energia líquida das dietas.

Tabela 5 – Níveis de energia líquida sobre o desempenho de suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg

	Energia líquida (Kcal/kg)						SEM	Valor P	
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700		Linear	Quadrático
25 aos 60 kg									
PCI (kg)	25,05	25,18	25,68	25,07	25,05	25,10	-	-	-
PCF (kg)	58,02	58,90	57,26	58,82	57,52	59,25	0,882	0,632	0,501
GPD (kg)	0,94	0,96	0,90	0,96	0,93	0,98	0,003	0,601	0,378
CRD (kg)	1,90	1,77	1,57	1,66	1,66	1,60	0,088	0,026	0,164
CA	2,02	1,84	1,74	1,73	1,78	1,63	0,104	0,018	0,431
CELD (Kcal)	4370	4213	3862	4216	4349	4329	221,9	0,752	0,214
CLDD (g)	17,61	16,41	14,55	15,39	15,39	14,83	0,001	0,019	0,233
CEL	4649	4388	4291	4392	4677	4417	256,6	0,959	0,522
CLD	18,74	17,09	16,17	16,03	16,55	15,13	0,001	0,028	0,438
60 aos 70 kg									
PCI (kg)	58,02	58,90	57,26	58,82	57,52	59,25	0,882	0,632	0,501
PCF (kg)	72,99	73,40	72,54	73,60	72,14	74,50	1,257	0,637	0,517
GPD (kg)	1,07	1,04	1,09	1,06	1,04	1,09	0,057	0,839	0,794
CRD (kg)	3,04	3,05	2,88	2,86	2,69	2,80	0,094	0,005	0,571
CA	2,84	2,93	2,64	2,70	2,59	2,57	0,180	0,091	0,561
CELD (Kcal)	6992	7259	7085	7264	7048	7560	239,4	0,238	0,640
CLDD (g)	25,02	25,10	23,70	23,54	22,14	23,04	0,001	0,007	0,649
CEL	6535	6980	6500	6853	6777	6936	446,4	0,691	0,523
CLD	23,38	24,14	21,75	22,21	21,29	21,14	0,001	0,068	0,546
70 aos 100 kg									
PCI (kg)	72,99	73,40	72,54	73,60	72,14	74,50	1,257	0,637	0,517
PCF (kg)	101,53	103,03	102,75	102,72	103,92	106,30	1,203	0,011	0,345
GPD (kg)	1,10	1,14	1,16	1,18	1,17	1,22	0,034	0,022	0,602
CRD (kg)	3,45	3,48	3,35	3,33	3,28	3,17	0,079	0,002	0,980
CA	3,14	3,05	2,89	2,82	2,80	2,60	0,065	<0,001	0,589
CELD (Kcal)	7935	8282	8241	8458	8594	8559	194,0	0,015	0,874
CLDD (g)	25,94	25,16	24,22	24,08	23,71	22,92	0,001	0,003	0,948
CEL	7214	7265	7104	7168	7345	7016	0,065	<0,001	0,589
CLD	22,68	22,07	20,88	20,40	20,27	18,79	0,001	<0,001	0,479
25 aos 100 kg									
PCI (kg)	25,05	25,18	25,68	25,07	25,05	25,10	-	-	-
PCF (kg)	101,53	103,03	102,75	102,72	103,92	106,30	1,203	0,011	0,345
GPD (kg)	1,02	1,04	1,03	1,04	1,05	1,08	0,015	0,007	0,224
CRD (kg)	2,65	2,60	2,43	2,43	2,41	2,37	0,061	<0,001	0,273
CA	2,60	2,50	2,36	2,34	2,30	2,19	0,064	<0,001	0,667
CELD (Kcal)	6095	6188	5978	6172	6314	6399	159,0	0,175	0,513
CLDD (g)	21,54	21,06	19,61	19,92	19,53	19,17	0,001	0,001	0,553
CEL	5975	5950	5804	5935	6014	5925	167,0	0,786	0,978
CLD	21,11	20,25	19,04	19,15	18,60	17,75	0,001	<0,001	0,843

PCI = peso corporal inicial; PCF = peso corporal final; GPD = ganho de peso diário; CRD = consumo de ração diário; CA = conversão alimentar; CELD = consumo de energia líquida diário; CLDD = consumo de lisina digestível diário; CEL = conversão da energia líquida (Kcal/kg de ganho de peso); CLD = conversão da lisina digestível (g/kg de ganho de peso).

Ao final da primeira fase, observou-se que os níveis crescentes de energia líquida aumentaram linearmente ($P < 0,05$) a espessura de toucinho (Tabela 6). Este efeito resultou em redução linear ($P < 0,05$) do percentual de carne magra na carcaça. Não houve efeito ($P > 0,05$) do aumento do nível de energia líquida das dietas sobre a profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, a área de olho de lombo e a quantidade de carne magra nas carcaças.

Na segunda fase, entre 60 e 70 kg, não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de energia líquida sobre o peso corporal final e o ganho de peso diário. Similar à primeira fase, houve redução linear ($P < 0,05$) do consumo de ração diário. Foi observada tendência de melhora linear ($P = 0,09$) da conversão alimentar, de acordo com o aumento da concentração energética das dietas. O consumo de energia líquida diário foi semelhante ($P > 0,05$), contudo, o consumo de lisina digestível diário reduziu linearmente ($P < 0,05$) ao se elevar os níveis de energia das dietas. A conversão da energia líquida não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos níveis energéticos das dietas, contudo houve tendência ($P = 0,07$) da conversão da lisina digestível.

Ao final da segunda fase do estudo, a espessura de toucinho e a área de olho de lombo aumentaram de forma linear ($P < 0,05$), enquanto o percentual de carne magra na carcaça reduziu linearmente ($P < 0,05$) conforme elevou-se os níveis de energia líquida das dietas. Não foram observados efeitos ($P > 0,05$) dos níveis de energia líquida das dietas sobre a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* e a quantidade de carne magra nas carcaças.

Na última fase, dos 70 aos 100 kg, observou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) dos níveis de energia líquida das dietas sobre o peso corporal final e o ganho de peso diário dos animais. O consumo de ração diário reduziu linearmente ($P < 0,05$) e houve melhora linear ($P < 0,05$) da conversão alimentar. Observou-se que o aumento dos níveis de energia

líquida das dietas contribuiu para elevar de forma linear ($P<0,05$) o consumo de energia líquida diário e reduzir linearmente ($P<0,05$) o consumo de lisina digestível diário. Houve redução ($P<0,05$) na conversão da energia líquida consumida. Como observado nas demais fases, houve melhora linear ($P<0,05$) da conversão da lisina digestível consumida pelos suínos.

No período total, dos 25 aos 100 kg, observou-se que os crescentes níveis de energia líquida das dietas aumentaram linearmente ($P<0,05$) o ganho de peso diário, reduziu de maneira linear ($P<0,05$) os consumos de ração e de lisina diários. O consumo de energia líquida diário e a conversão da energia líquida não foram influenciados ($P>0,05$) pelos níveis dietéticos de energia líquida. Por fim, de maneira similar ao observado nas três fases, no período total houve melhora linear ($P<0,05$) na conversão da lisina digestível consumida.

Tabela 6 – Níveis de energia líquida sobre as características de carcaça de suínos machos castrados dos 25 aos 100 kg

	Energia líquida (Kcal/kg)						SEM	Valor P	
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700		Linear	Quadrático
25 aos 60 kg									
ET (mm)	7,05	7,54	7,65	8,06	8,90	8,88	0,653	0,012	0,921
PM (mm)	35,69	37,51	37,71	37,52	36,71	37,84	0,899	0,268	0,342
AOL (cm ²)	25,64	27,34	28,65	27,31	26,54	28,49	1,142	0,268	0,533
CM (%)	59,48	59,38	59,34	59,07	58,51	58,63	0,391	0,028	0,747
CM (kg)	26,03	26,59	25,74	26,07	26,49	27,00	0,530	0,343	0,367
60 aos 70 kg									
ET (mm)	9,17	9,38	9,51	10,33	10,86	11,03	0,970	0,034	0,757
PM (mm)	38,58	40,31	38,85	39,68	40,81	40,15	1,047	0,273	0,889
AOL (cm ²)	34,11	35,86	35,69	36,38	37,36	36,30	0,999	0,040	0,500
CM (%)	58,54	58,59	58,38	57,98	57,78	57,62	0,552	0,049	0,731
CM (kg)	31,25	32,30	31,65	31,48	32,11	32,22	0,587	0,375	0,961
70 aos 100 kg									
ET (mm)	13,24	13,11	13,21	13,44	15,51	15,89	0,953	0,012	0,292
PM (mm)	48,83	48,48	49,33	50,34	50,04	49,96	1,025	0,242	0,868
AOL (cm ²)	37,92	38,53	38,53	36,78	39,52	38,31	1,086	0,706	0,750
CM (%)	57,20	57,25	57,27	57,23	56,00	55,78	0,539	0,018	0,263
CM (kg)	43,95	44,29	44,10	44,15	44,23	44,64	0,773	0,590	0,722

ET = espessura de toucinho; PM = profundidade de músculo; AOL = área de olho de lombo; CM = carne magra.

Ao final do período experimental, os efeitos das dietas sobre as características de carcaça foram semelhantes aos observados ao final das duas primeiras fases deste estudo. Os níveis crescentes de energia líquida das dietas contribuíram para o aumento linear ($P < 0,05$) da espessura de toucinho e a redução linear ($P < 0,05$) do percentual de carne magra na carcaça. Similar as observações na fase dos 30 aos 50 kg, não houve efeito ($P > 0,05$) do aumento dos níveis de energia líquida das dietas sobre a profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, da área de olho de lombo e da quantidade de carne magra.

Discussão

Os suínos tem capacidade de ajustar o consumo de ração diário dentro de uma grande variedade na concentração energética das dietas para equilibrar o consumo de energia diário (Ellis e Augspurger, 2001). Este efeito foi observado nas duas primeiras fases do presente estudo, em que houve redução do consumo de ração diário sem alteração no consumo de energia líquida diário, corroborando as informações de outras pesquisas (Smith et al., 1999; Beaulieu et al., 2009; Quiniou e Noblet, 2012).

Suínos em crescimento podem apresentar aumento no ganho de peso diário quando consomem maior quantidade de energia. Entretanto, estudos que observaram aumento do ganho de peso mantiveram a relação lisina:energia constante entre os níveis de energia líquida avaliados (Kerr et al., 2003; Zhang et al., 2011; Nitikanchana et al., 2015). No presente estudo, apesar da redução no consumo de lisina digestível, não houve prejuízo do ganho de peso diário dos animais nas duas primeiras fases avaliadas.

O crescente ganho de peso observado na última fase do experimento, provavelmente, ocorreu devido ao maior consumo de energia líquida à medida em que houve aumento na densidade energética das dietas. Densidades energéticas muito baixas

podem reduzir o consumo de energia e prejudicar o desempenho dos suínos (Smith et al., 1999). Para equalizarem o consumo de energia líquida ao consumo dos animais alimentados com as dietas de alta densidade energética, os animais necessitariam consumir maior volume de ração, o que resultaria em aumento do incremento calórico (Noblet e van Milgen, 2013), além de exigir maior capacidade de ingestão dos animais.

Apesar do consumo de energia ter sido similar nas duas primeiras fases da pesquisa, houve crescente deposição de gordura na carcaça. Este efeito pode ser explicado pelo aumento da inclusão do óleo de soja como fonte de energia para aumentar a concentração energética das dietas. Os lipídeos são as fontes energéticas com menor incremento calórico, aumentando a quantidade de energia disponível ao organismo. Como o consumo de lisina, e conseqüentemente, dos demais aminoácidos, reduziu, o excesso de energia consumido pelos animais foi depositado na carcaça na forma de gordura, evidenciado pelo aumento da espessura de toucinho.

A maior ingestão de energia, na última fase, resultou no aumento da quantidade de gordura nas carcaças dos suínos alimentados com as dietas de maior densidade energética. Este resultado está de acordo com as observações de Beaulieu et al. (2009), que observaram maiores espessuras de toucinho em resposta ao aumento dos níveis de energia digestível nas dietas de suínos dos 30 aos 115 kg.

O aumento do ganho de peso diário na última fase do estudo é resultado do maior acúmulo de gordura na carcaça, sem alteração na quantidade de carne magra. Os suínos em fase de terminação reduzem a velocidade de síntese e deposição de proteína na carcaça e aumentam a deposição lipídica (Kil et al., 2013). Além disso, a digestibilidade da energia é maior conforme os suínos aumentam o peso corporal (Noblet e van Milgen, 2004).

A conversão da energia líquida foi similar nas duas primeiras fases devido à similaridade entre o ganho de peso e o consumo de energia entre os animais. Na última fase, os animais consumiram menor quantidade de energia por unidade de ganho de peso comparado às fases iniciais. Este resultado confirma a maior eficiência em deposição de gordura na carcaça de suínos em terminação, comparado a suínos em crescimento (Apple et al., 2009; Kil et al., 2013).

O aumento da concentração energética, sem a manutenção da relação lisina:energia melhorou a conversão alimentar, porém, piorou a qualidade de carcaça devido ao excesso de gordura depositado, enquanto os animais alimentados com os menores níveis energéticos apresentaram carcaça de melhor qualidade, nesse estudo. Portanto, a utilização de dietas com baixa densidade energética pode ser uma alternativa, uma vez que a energia é o componente nutricional de maior custo.

Conclusões

Aumentar o nível de energia líquida na dieta de suínos machos castrados, dos 25 aos 100 kg, melhora o desempenho, porém, aumenta a quantidade de gordura depositada nas carcaças.

Referências

- Apple, J. K.; Maxwell, C. V.; Galloway, D. L.; Hamilton, C. R. and Yancey, J. W. S. 2009. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: III. Carcass and fatty acid compositions. *Journal of Animal Science* 87:1441-1454.
- Beaulieu, A. D.; Williams, N. H. and Patience, J. F. 2009. Response to dietary energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. *Journal of Animal Science* 87:965-976.
- Bridi, A. M. e Silva, C. A. 2007. Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína. Londrina, Paraná: Midiograf.
- Ellis, M. and N. Augspurger. 2001. Feed intake in growing-finishing pigs. Pages 447-467 in *Swine Nutrition*. Lewis, A. J. and Southern, L. L. ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kerr, B. J.; Southern, L. L.; Bidner, T. D.; Friesen, K. G. and Easter, R. A. 2003. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *Journal of Animal Science* 81:3075-3087.
- Kil, D. Y.; Ji, F.; Stewart, L. L.; Hinson, R. B.; Beaulieu, A. D.; Allee, G. L.; Patience, J. F.; Pettigrew, J. E. and Stein, H. H. 2011. Net energy of soybean oil and choice white grease in diets fed to growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89:448-459.
- Kil, D. Y.; Li, F.; Stewart, L. L. and Hinson, R. B. 2013. Effects of dietary soybean oil on pig growth performance, retention of protein, lipids, and energy, and the net energy of corn in diets fed to growing or finishing pigs. *Journal of Animal Science* 91:3283-3290.
- Nitikanchana, S.; Dritz, S. S.; Tokach, M. D.; DeRouchey, J. M.; Goodband, R. D. and White, B. J. 2015. Regression analysis to predict growth performance from dietary net energy in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 93:2826-2839.
- Noblet, J. and van Milgen, J. 2004. Energy value of pig feeds: effect of pig body weight and energy evaluation system. *Journal of Animal Science* 82:E229-E238 (suppl.).
- Noblet, J. and van Milgen, J. 2013. Energy and energy metabolism in Swine. p.23-58 In: Chiba, L. I. *Sustainable Swine Nutrition*. Ed. John Wiley & Sons. Ames, Iowa, Estados Unidos.
- Noblet, J. 2007. Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements for pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:277-284.
- Quiniou, N. and Noblet, J. 2012. Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually. *Journal of Animal Science* 90:4362-4372.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3.ed. UFV, Viçosa, MG.
- Smith, J. W.; Tokach, M. D.; O'Quinn, P. R.; Nelssen, J. L. and Goodband, R. D. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 77:3007-3015.

Zhang, G. J.; Yi, X. W.; Chu, L. C.; Lu, N.; Htoo, J and Qiao, S. Y. 2011. Effects of dietary net energy density and standardized ileal digestible lysine:net energy ratio on the performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed low crude protein supplemented with crystalline amino acids diets. *Agricultural Sciences in China* 10:602-610.

Planos nutricionais de energia líquida para fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg

Resumo – Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho e as características de carcaça de fêmeas suínas, dos 25 aos 100 kg, alimentadas com dietas com diferentes níveis de energia líquida. Setenta e duas fêmeas suínas, com peso inicial médio de $23,24 \pm 2,47$ kg, foram distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, em seis níveis de energia líquida (2.300, 2.380, 2.460, 2.540, 2.620 e 2.700 Kcal/kg de ração), com dois animais por repetição e seis repetições por tratamento. As dietas foram à base de milho e farelo de soja, fornecidas em três fases (25 a 50, 50 a 70 e 70 a 100 kg). Os diferentes níveis de energia líquida foram obtidos por meio da inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim. O aumento nos níveis de energia líquida das dietas reduziu o consumo de ração e de lisina digestível e melhorou a conversão alimentar nas três fases avaliadas. Na primeira fase, o consumo de energia líquida aumentou e, foi semelhante nas duas fases subsequentes conforme houve aumentos nos níveis de energia líquida das dietas. O ganho de peso diário aumentou na segunda fase e no período total. A espessura de toucinho aumentou e o percentual de carne magra reduziu linearmente na primeira fase. Na última fase, o percentual de carne magra reduziu de forma linear conforme o aumento dos níveis de energia líquida das dietas. Aumentar o nível de energia líquida na dieta de fêmeas suínas, dos 25 aos 100 kg, reduz o consumo de ração e melhora a conversão alimentar. Contudo, reduz o percentual de carne magra nas carcaças sem prejuízo das características de desempenho.

Palavras-chave: carcaça, conversão alimentar, densidade energética, nutrição de fêmeas

Introdução

Para otimizar a produção de carne suína, os nutricionistas tem por objetivo atender as necessidades nutricionais dos animais com o menor custo possível. Dentre os componentes das dietas, a energia representa a maior parcela dos custos. A densidade nutricional é um fator importante na nutrição dos suínos, pois há redução no consumo de ração à medida em que se eleva a concentração energética das dietas (Smith et al., 1999;

De la Llata et al., 2001; Gonçalves et al., 2015). Dessa forma, as exigências nutricionais e a composição das dietas devem ser expressas em relação ao seu conteúdo energético. Por este motivo, as tabelas de exigências nutricionais como as de Rostagno et al. (2011) e NRC (2012) expressam as relações nutriente:caloria.

Os valores de energia líquida consideram a fração energética utilizada nos processos metabólicos de utilização da energia metabolizável e a energia dissipada como incremento calórico (Noblet e van Milgen, 2004). Portanto, formular as dietas com os valores de energia líquida dos alimentos proporciona maior precisão no atendimento das necessidades nutricionais dos suínos e melhor rentabilidade econômica (Noblet et al., 1994; Wu et al., 2007), pois evita excesso de inclusão de ingredientes ao considerar as exigências nutricionais e o conteúdo energético dos alimentos em uma mesma base.

Pesquisas que avaliaram níveis nutricionais de energia líquida geralmente utilizaram faixas de peso isoladas, como as avaliações dos 15 aos 30 kg (Oliveira et al., 1997), dos 20 aos 50 kg (Yi et al., 2010; Kil et al., 2011), dos 60 aos 100 kg (Rezende et al., 2006; Moura et al., 2011; Gonçalves et al., 2015; Kim et al., 2013) e dos 100 aos 125 kg (Hinson et al., 2011). Mesmo as pesquisas que avaliaram níveis de energia líquida nas fases de crescimento e terminação não testaram os mesmos níveis em todas as fases (Kerr et al., 2003; Wu et al., 2007; Paiano et al., 2008).

Para otimizar a produção de suínos, o conhecimento e a atualização das exigências nutricionais de energia são de grande importância, e, ao considerar que são desconhecidos os efeitos do fornecimento de níveis constantes de energia líquida por longos períodos de produção, conduziu-se esta pesquisa com o objetivo de avaliar o desempenho e as características quantitativas das carcaças de fêmeas suínas, dos 25 aos 100 kg, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida.

Material e Métodos

Geral

A presente pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (protocolo UFMS 552/2013). O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UFMS, localizado no município de Terenos, MS. Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, com ventilação natural, laterais teladas e equipadas com cortinas, piso de concreto e telhas de cerâmica. Cada baia (1,15 × 2,86 m) era equipada com bebedouro tipo nipple, fixo na lateral, e comedouro, fixo no portão, além de lâmina d'água (1,15 × 0,30 × 0,10 m), localizada na parte posterior das baias.

Animais e dietas

Foram utilizadas setenta e duas fêmeas suínas (Large White/Landrace × Duroc/Pietrain), com peso inicial de $23,24 \pm 2,47$ kg. Foi adotado delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. A unidade experimental foi composta por dois animais em cada baia. O peso inicial dos animais foi utilizado para formação dos blocos. Os animais foram alocados aleatoriamente em um dos seis tratamentos, os quais consistiam seis níveis de energia líquida na dieta (2.300, 2.380, 2.460, 2.540, 2.620 e 2.700 Kcal/kg de ração). Os animais tiveram livre acesso à ração e a água durante todo o período experimental, o qual teve duração de 90 dias.

As dietas experimentais (Tabelas 7, 8 e 9) foram fornecidas na forma farelada e formuladas para atender às exigências nutricionais em três fases (dos 30 aos 50 kg, dos 50 aos 70 kg e dos 70 aos 100 kg), de acordo com as recomendações das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, para fêmeas suínas de alto potencial genético e

desempenho médio (Rostagno et al., 2011). Para cada fase foi formulada uma dieta com 2.300 Kcal/kg de dieta. Para elevar o nível de energia líquida das dietas em 80 Kcal, diferença entre os níveis de energia líquida entre os tratamentos, foram adicionados 1,086 kg de óleo de soja em substituição ao ingrediente inerte (caulim), a cada 100 kg de ração.

Tabela 7 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 25 aos 50 kg

Ingredientes	Energia líquida (Kcal/kg)					
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Milho	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83	66,83
Farelo de soja (46%)	24,41	24,41	24,41	24,41	24,41	24,41
Óleo de soja	0,000	1,086	2,172	3,258	4,344	5,430
Caulim	5,500	4,414	3,328	2,242	1,156	0,070
Fosfato bicálcico	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250	1,250
Calcário	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711
Sal comum	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407
Suplemento Min + Vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L – Lisina HCl	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302	0,302
DL – Metionina	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L – Treonina	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089
Valores nutricionais calculados						
Proteína bruta (%)	16,69	16,69	16,69	16,69	16,69	16,69
Energia líquida (Kcal/kg)	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3.010	3.100	3.190	3.280	3.370	3.460
Lisina digestível (%)	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974
Met + Cis digestível (%) (%)	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575	0,575
Treonina digestível (%)	0,633	0,633	0,633	0,633	0,633	0,633
Triptofano digestível (%)	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175
Valina digestível (%)	0,692	0,692	0,692	0,692	0,692	0,692
Ca (%)	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
P disponível (%)	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325	0,325
Na (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180

¹Conteúdo por kg de dieta: ácido pantotênico = 9,20 mg; niacina = 20,00 mg; ácido fólico = 0,50 mg; cobre = 15,00 mg; ferro = 0,10 mg; zinco = 0,13 mg; iodo = 1,00 mg; selênio = 0,30 mg; manganês = 0,50 mg; vitamina A = 5.000 UI; vitamina D3 = 1.000 UI; vitamina E = 25,00 UI; vitamina K3 = 3,00 mg; vitamina B1 = 2,20 mg; vitamina B2 = 5,50 mg; vitamina B6 = 2,00 mg; vitamina B12 = 20,00 mg; BHT = 1,00 g e veículo qsp = 1,00 g.

Tabela 8 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 50 aos 70 kg

Ingredientes	Energia líquida (Kcal/kg)					
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700
Milho	69,45	69,45	69,45	69,45	69,45	69,45
Farelo de soja (46%)	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12
Óleo de soja	0,000	1,086	2,172	3,258	4,344	5,430
Caulim	5,500	4,414	3,328	2,242	1,156	0,070
Fosfato bicálcico	1,069	1,069	1,069	1,069	1,069	1,069
Calcário	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647	0,647
Sal comum	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382	0,382
Suplemento Min + Vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L – Lisina HCl	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
DL – Metionina	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
L – Treonina	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
Valores nutricionais calculados						
Proteína bruta (%)	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82
Energia líquida (Kcal/kg)	2.300	2.380	2.460	2.540	2.630	2.700
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3.024	3.114	3.204	3.294	3.384	3.474
Lisina digestível (%)	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905
Met + Cis digestível (%)	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534	0,534
Treonina digestível (%)	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588
Triptofano digestível (%)	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163	0,163
Valina digestível (%)	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656	0,656
Ca (%)	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584
P disponível (%)	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288
Na (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170

¹Conteúdo por kg de dieta: ácido pantotênico = 9,20 mg; niacina = 18,00 mg; ácido fólico = 0,50 mg; cobre = 15,00 mg; ferro = 0,10 mg; zinco = 0,13 mg; iodo = 1,00 mg; selênio = 0,30 mg; manganês = 0,50 mg; vitamina A = 5.000 UI; vitamina D3 = 1.000 UI; vitamina E = 25,00 UI; vitamina K3 = 3,00 mg; vitamina B1 = 1,50 mg; vitamina B2 = 4,00 mg; vitamina B6 = 1,50 mg; vitamina B12 = 18,00 mg; BHT = 1,00 g e veículo qsp = 1,00 g.

Coleta de dados

Os animais foram pesados, individualmente, em balança eletrônica, no início e no final de cada fase, para determinação do peso corporal e do ganho de peso diário. A ração fornecida e os desperdícios dos comedouros foram pesados para determinação dos consumos de ração. A conversão alimentar foi determinada por meio da relação entre o consumo de ração e o ganho de peso total em cada fase.

Tabela 9 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas na fase dos 70 aos 100 kg

Ingredientes	Energia líquida (Kcal/kg)					
	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300
Milho	71,16	71,16	71,16	71,16	71,16	71,16
Farelo de soja (46%)	19,21	19,21	19,21	19,21	19,21	19,21
Óleo de soja	0,000	1,086	2,172	3,258	4,344	5,430
Caulim	7,000	5,914	4,828	3,742	2,656	1,570
Fosfato bicálcico	0,908	0,908	0,908	0,908	0,908	0,908
Calcário	0,578	0,578	0,578	0,578	0,578	0,578
Sal comum	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
Suplemento Min + Vit ¹	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L – Lisina HCl	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255
DL – Metionina	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
L – Treonina	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
Valores nutricionais calculados						
Proteína bruta (%)	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60
Energia líquida (Kcal/kg)	2.300	2.380	2.460	2.540	2.630	2.700
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2.988	3.078	3.168	3.258	3.348	3.438
Lisina digestível (%)	0,814	0,814	0,814	0,814	0,814	0,814
Met + Cis digestível (%)	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
Treonina digestível (%)	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545	0,545
Triptofano digestível (%)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147
Valina digestível (%)	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604
Ca (%)	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512	0,512
P disponível (%)	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253
Na (%)	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹Conteúdo por kg de dieta: ácido pantotênico = 9,20 mg; niacina = 18,00 mg; ácido fólico = 0,50 mg; cobre = 15,00 mg; ferro = 0,10 mg; zinco = 0,13 mg; iodo = 1,00 mg; selênio = 0,30 mg; manganês = 0,50 mg; vitamina A = 5.000 UI; vitamina D3 = 1.000 UI; vitamina E = 25,00 UI; vitamina K3 = 3,00 mg; vitamina B1 = 1,50 mg; vitamina B2 = 4,00 mg; vitamina B6 = 1,50 mg; vitamina B12 = 18,00 mg; BHT = 1,00 g e veículo qsp = 1,00 g.

Os consumos de energia líquida e de lisina digestível foram obtidos pela multiplicação do conteúdo na dieta pelo consumo de ração. A conversão da energia líquida e da lisina digestível foram obtidas por meio da divisão do consumo de energia líquida ou de lisina digestível pelo ganho de peso.

No final de cada fase foram realizadas as medições da área de olho de lombo, espessura de toucinho e profundidade de músculo, por meio de ultrassonografia *in vivo*. Foi utilizado o aparelho de ultrassom ALOKA SSD 500 V, com sonda acústica de 12 cm e frequência de 3,5Mhz. Para permitir o acoplamento adequado do transdutor com o corpo

do animal foram utilizados um acoplador de silicone, que acompanha o arqueamento das costelas, e óleo de soja, para evitar a presença de ar entre a sonda e a pele. A sonda foi posicionada entre a última vértebra torácica e a 1ª lombar (P2). Todas as imagens foram analisadas utilizando o programa LINCE® (M&S Consultoria Agropecuária Ltda.).

Um grupo adicional de quatro animais com peso corporal de $31,94 \pm 3,82$ kg foi abatido no início do experimento para determinação da composição inicial da carcaça dos animais. O percentual de carne magra da carcaça foi determinado por meio da equação: rendimento de carne (%) = $60 - (\text{espessura de toucinho} \times 0,58) + \text{profundidade do músculo} \times 0,10$, descrita por Bridi e Silva (2007). A quantidade de carne magra da carcaça foi determinada por meio da multiplicação do percentual de carne magra pelo peso de carcaça. Para calcular a deposição de carne magra diária utilizou-se a equação: deposição de carne magra diária (g) = $((\text{carne magra final (kg)} - \text{carne magra inicial (kg)}) / \text{período experimental})$.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, realizadas análises de regressão lineares e quadráticas, ao nível de 5% de probabilidade, para determinar os efeitos do aumento do nível de energia líquida nas dietas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA).

Resultados

Na primeira fase do experimento, entre 25 e 50 kg, não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de energia líquida das dietas sobre o peso corporal final e o ganho de peso diário

(Tabela 10). Contudo, observou-se redução linear ($P < 0,05$) do consumo de ração diário de acordo com o aumento dos níveis energéticos das dietas.

Tabela 10 – Níveis de energia líquida sobre o desempenho de fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg

	Energia líquida (Kcal/kg)						SEM	Valor P	
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700		Linear	Quadrático
25 aos 50 kg									
PCI (kg)	23,12	23,32	23,27	23,22	23,27	23,27	-	-	-
PCF (kg)	50,24	50,46	49,31	50,20	50,28	50,48	1,152	0,865	0,636
GPD (kg)	0,75	0,75	0,72	0,75	0,75	0,76	0,003	0,909	0,573
CRD (kg)	1,68	1,58	1,59	1,57	1,56	1,52	0,055	0,050	0,604
CA	2,24	2,11	2,21	2,09	2,08	2,00	0,041	<0,001	0,590
CELD (Kcal)	3.864	3.760	3.911	3.988	4.087	4.104	139,1	0,054	0,695
CLDD (g)	16,36	15,39	15,49	15,29	15,19	14,80	0,537	0,051	0,603
CEL	5.152	5.014	5.433	5.317	5.450	5.400	76,12	<0,001	0,495
CLD	21,82	20,52	21,51	20,39	20,26	19,48	0,301	<0,001	0,670
50 aos 70 kg									
PCI (kg)	50,24	50,46	49,31	50,20	50,28	50,48	1,152	0,865	0,636
PCF (kg)	69,10	69,47	68,88	69,87	70,07	70,94	1,357	0,295	0,655
GPD (kg)	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,032	0,047	0,907
CRD (kg)	2,53	2,35	2,39	2,28	2,26	2,27	0,102	0,045	0,439
CA	2,81	2,58	2,57	2,43	2,38	2,34	0,101	0,002	0,681
CELD (Kcal)	5.819	5.593	5.879	5.791	5.921	6.129	261,3	0,262	0,511
CLDD (g)	22,90	21,27	21,63	20,63	20,45	20,54	0,925	0,045	0,440
CEL	6.466	6.146	6.322	6.161	6.233	6.319	270,0	0,653	0,615
CLD	25,44	23,37	23,26	21,95	21,53	21,18	0,956	<0,001	0,480
70 aos 100 kg									
PCI (kg)	69,10	69,47	68,88	69,87	70,07	70,94	1,357	0,295	0,655
PCF (kg)	99,68	99,72	102,89	102,27	100,22	102,92	3,130	0,498	0,785
GPD (kg)	0,93	0,92	0,99	0,98	0,91	0,97	0,049	0,652	0,587
CRD (kg)	2,88	2,70	2,94	2,61	2,52	2,56	0,175	0,088	0,880
CA	3,10	2,93	2,97	2,66	2,77	2,64	0,112	0,008	0,126
CELD (Kcal)	6.624	6.426	7.232	6.629	6.602	6.912	552,7	0,712	0,828
CLDD (g)	23,44	21,98	23,93	21,25	20,51	20,84	1,422	0,088	0,879
CEL	7.123	6.985	7.305	6.765	7.255	7.126	239,5	0,768	0,634
CLD	25,21	23,89	24,17	21,68	22,54	21,48	0,770	<0,001	0,505
25 aos 100 kg									
PCI (kg)	23,12	23,32	23,27	23,22	23,27	23,27	-	-	-
PCF (kg)	99,68	99,72	102,89	102,27	100,22	102,92	3,130	0,498	0,785
GPD (kg)	0,85	0,85	0,89	0,88	0,85	0,89	0,029	0,494	0,788
CRD (kg)	2,32	2,17	2,27	2,11	2,07	2,07	0,082	0,018	0,812
CA	2,73	2,55	2,55	2,40	2,44	2,33	0,107	<0,001	0,494
CELD (Kcal)	5.336	5.165	5.584	5.359	5.423	5.589	203,6	0,254	0,897
CLDD (g)	20,56	19,25	20,11	18,79	18,43	18,42	0,706	0,016	0,783
CEL	6.278	6.076	6.274	6.090	6.380	6.280	112,3	0,254	0,509
CLD	24,19	22,65	22,60	21,35	21,68	20,70	0,398	<0,001	0,316

PCI = peso corporal inicial; PCF = peso corporal final; GPD = ganho de peso diário; CRD = consumo de ração diário; CA = conversão alimentar; CELD = consumo de energia líquida diário; CLDD = consumo de lisina digestível diário; CEL = conversão de energia líquida (Kcal/kg de ganho de peso); CLD = conversão de lisina digestível (g/kg de ganho de peso).

A redução do consumo de ração sem alteração do ganho de peso resultou em melhora linear ($P < 0,05$) da conversão alimentar. Foi observada tendência de aumento linear ($P = 0,05$) do consumo de energia líquida diário. Como as dietas experimentais foram isoproteicas e não houve diferença significativa do consumo de ração, verificou-se tendência de redução linear ($P = 0,05$) do consumo de lisina digestível diário.

A conversão da energia líquida piorou de maneira linear ($P < 0,05$) conforme os animais aumentaram o consumo de energia líquida. Por outro lado, a conversão da lisina digestível melhorou linearmente ($P < 0,05$) em função da redução no consumo de lisina digestível diário.

O maior consumo de energia líquida resultou em aumento linear ($P < 0,05$) da espessura de toucinho (Tabela 11). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de energia líquida das dietas sobre a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* e sobre a área de olho de lombo. Associado ao aumento da espessura de toucinho, houve redução linear ($P < 0,05$) do percentual de carne magra. A quantidade de carne magra e a deposição de carne magra não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis energéticos das dietas.

Na segunda fase, entre 50 e 70 kg, embora o peso corporal final dos animais ser semelhante ($P > 0,05$), o crescente nível energético das dietas resultou em aumento linear ($P < 0,05$) do ganho de peso diário e redução linear ($P < 0,05$) do consumo de ração diário. Tais efeitos resultaram em melhora linear ($P < 0,05$) da conversão alimentar neste período.

Apesar da redução do consumo de ração diário, o consumo de energia líquida diário e a conversão da energia líquida foram semelhantes ($P > 0,05$) entre os tratamentos. O consumo de lisina diário reduziu linearmente ($P < 0,05$), porém, a conversão da lisina digestível melhorou de maneira linear ($P < 0,05$), conforme aumento na concentração energética das dietas. Não houve ($P > 0,05$) efeito dos níveis de energia líquida sobre as características de carcaça avaliadas nesta fase.

Tabela 11 – Níveis de energia líquida sobre as características de carcaça de fêmeas suínas dos 25 aos 100 kg

	Energia líquida (Kcal kg ⁻¹)						SEM	Valor P	
	2.300	2.380	2.460	2.540	2.620	2.700		Linear	Quadrático
25 a 50 kg									
ET (mm)	3,10	2,57	3,03	3,44	3,87	3,80	0,457	0,026	0,613
PM (mm)	35,84	33,25	33,48	33,77	33,59	33,04	1,344	0,221	0,472
AOL (cm ²)	19,99	18,95	18,01	19,04	18,20	18,91	1,035	0,426	0,292
CM (%)	61,78	61,83	61,59	61,38	61,12	61,10	0,232	0,001	0,870
CM (kg)	23,51	23,39	23,57	23,55	23,14	23,18	0,862	0,700	0,836
DCM (kg/d)	0,358	0,349	0,352	0,351	0,343	0,344	0,015	0,438	0,947
50 a 70 kg									
ET (mm)	7,44	6,85	7,90	8,11	7,38	8,61	0,768	0,189	0,698
PM (mm)	43,17	42,24	41,33	44,78	41,38	42,30	1,296	0,687	0,940
AOL (cm ²)	31,07	29,89	30,15	31,74	28,86	30,04	1,224	0,459	0,985
CM (%)	60,00	60,25	59,55	59,77	59,86	59,24	0,399	0,110	0,646
CM (kg)	31,15	31,45	31,76	31,91	30,90	31,51	1,017	0,981	0,707
DCM (kg/d)	0,364	0,384	0,387	0,398	0,370	0,397	0,021	0,407	0,667
70 a 100 kg									
ET (mm)	9,89	8,66	9,01	10,34	9,64	11,28	0,839	0,088	0,188
PM (mm)	47,23	45,00	44,68	46,23	43,47	46,09	1,126	0,354	0,149
AOL (cm ²)	38,62	36,61	36,67	37,82	36,38	37,25	1,244	0,499	0,453
CM (%)	58,98	59,48	59,24	58,63	58,75	58,06	0,464	0,041	0,283
CM (kg)	44,57	44,68	45,13	45,79	45,17	46,59	1,029	0,110	0,754
DCM (kg/d)	0,407	0,401	0,436	0,430	0,408	0,459	0,022	0,080	0,591
25 a 100 kg									
PCQ (kg)	75,72	75,54	73,71	77,40	76,92	80,65	5,770	0,130	0,830
DCM, (kg/d)	0,379	0,378	0,383	0,391	0,383	0,400	0,009	0,041	0,283

ET = espessura de toucinho; PM = profundidade de músculo; AOL = área de olho de lombo; CM = carne magra; DCM = deposição de carne magra; CC = comprimento de carcaça; PCQ = peso de carcaça quente.

Na última fase, entre 70 e 100 kg, não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia líquida sobre o peso corporal final e o ganho de peso. Houve tendência de redução linear ($P=0,09$) do consumo de ração diário. A conversão alimentar melhorou linearmente ($P<0,05$) de acordo com o aumento do nível de energia líquida das dietas. De maneira similar ao efeito observado na segunda fase, o consumo diário de energia líquida foi similar ($P>0,05$) entre os níveis energéticos avaliados. Foi observada tendência de redução linear ($P=0,09$) do consumo de lisina digestível. Do mesmo modo que não houve efeito da concentração energética sobre o consumo de energia líquida, não houve diferença ($P>0,05$) na conversão da energia líquida. Entretanto, conforme houve redução na ingestão de lisina digestível, houve melhora linear ($P<0,05$) na conversão da lisina digestível ingerida.

No período total, dos 25 aos 100 kg, não houve efeito ($P>0,05$) do aumento nos níveis de energia líquida sobre o ganho de peso diário. Entretanto, o consumo de ração diário reduziu de maneira linear ($P<0,05$) e a conversão alimentar melhorou linearmente ($P<0,05$). O consumo de energia líquida diário foi similar enquanto houve redução linear ($P<0,05$) da ingestão diária de lisina digestível. Tal comportamento observado na ingestão de energia líquida e lisina digestível resultaram em conversão energética similar ($P>0,05$), porém com melhora linear ($P<0,05$) da conversão da lisina digestível ingerida.

Ao final do experimento, houve tendência de aumento linear ($P=0,09$) da espessura de toucinho e da deposição de carne magra ($P=0,08$). Foi observada redução linear ($P<0,05$) no percentual de carne magra à medida em que o nível de energia líquida foi aumentado. A profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, a área de olho de lombo e a quantidade de carne magra não foram ($P>0,05$) influenciadas pelos níveis energéticos das dietas.

No período total, aumentar o nível de energia líquida das dietas resultou em maior ($P<0,05$) deposição de carne magra diária sem efeitos ($P>0,05$) nas demais características de carcaça avaliadas.

Discussão

Observou-se que elevar a concentração energética das dietas aumentou o consumo de energia líquida na primeira fase do experimento, entre 30 e 50 kg, apesar da redução no consumo de ração. Entretanto, o consumo de energia líquida foi semelhante entre os tratamentos nas duas fases subsequentes, de 50 a 70 kg e de 70 a 100 kg de peso corporal. No início da fase de crescimento, suínos com alto potencial para deposição de carne magra na carcaça encontram-se em fase dependente de energia, o que significa que estes

animais tem capacidade de deposição proteica limitada a capacidade de consumo de alimento (Bikker et al., 1995).

Na fase de terminação, os suínos, geralmente, não apresentam diferença no consumo de energia, confirmando que nesta fase os animais não estão em fase energético dependente (Ellis e Augspurger, 2001) e são capazes de consumir ração suficiente para atender a demanda energética para manutenção e deposição de tecidos. Portanto, a baixa capacidade de ingestão pode ser um dos motivos pelos quais os animais alimentados com as dietas de menor densidade energética apresentaram consumo de energia líquida reduzido, apesar de terem consumido maior volume de ração, na primeira fase do estudo.

Similar ao efeito observado no presente estudo, Wu et al. (2007) relataram aumento no consumo de energia líquida na fase entre 23 e 60 kg, e consumo similar de energia líquida na fase de terminação, entre 60 e 100 kg. Entretanto, os autores relataram que houve maior ganho de peso à medida em que aumentou o consumo de energia líquida na fase de crescimento.

A utilização dos valores de energia líquida na formulação de dietas para suínos tem o benefício de contabilizar a perda energética pelo incremento calórico, sem superestimar o valor energético de ingredientes fibrosos utilizados na formulação das dietas (Noblet e van Milgen, 2004). Assim, é de grande importância avaliar os efeitos dos níveis energéticos das dietas sobre o consumo de ração, pois a quantidade de nutrientes digestíveis ingerida irá direcionar o desempenho dos animais.

Ao avaliarem a concentração de energia metabolizável nas dietas de fêmeas suínas, dos 30 aos 70 kg, de 3.310 Kcal/kg para 3.570 Kcal/kg, Smith et al. (1999) observaram aumento no ganho de peso, redução do consumo de ração e melhora da conversão alimentar. Todavia, a relação lisina:caloria foi mantida constante em todas as dietas. Por outro lado, Kerr et al. (2003) avaliaram três níveis de energia líquida (2.412, 2.474 e 2.536

Kcal/kg) em dietas para fêmeas suínas e observaram apenas melhora na conversão alimentar e aumento no ganho de peso. Os autores justificaram a falta de efeito das concentrações energéticas sobre o consumo de ração à pequena diferença dos níveis de energia líquida entre os tratamentos avaliados.

Ao avaliarem níveis entre 2.410 e 2.570 Kcal/kg de energia líquida na ração de suínos entre 30 e 90 kg, Paiano et al. (2008) não observaram efeito sobre ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar na fase entre 30 e 60 kg, porém, entre 60 e 90 kg foi observado redução do consumo de ração e melhora da conversão alimentar, corroborando as observações do presente estudo.

Na fase de terminação, os resultados observados na presente pesquisa estão de acordo com as observações de Gonçalves et al. (2015) que não observaram efeito do aumento do nível de energia líquida de 2.300 Kcal/kg para 2.800 Kcal/kg, para suínos machos castrados entre 70 e 100 kg, sobre o ganho de peso diário e o consumo de energia líquida diário. De maneira similar, conforme o consumo de ração diminuiu, também houve redução no consumo de lisina digestível, uma vez que aos autores forneceram dietas isoproteicas aos animais. A falta de efeito dos níveis energéticos sobre o consumo de energia líquida, na segunda e terceira fases, corrobora as observações relatadas por outros pesquisadores como De la Llata et al. (2001), Wu et al. (2007) e Kil et al. (2013) e evidencia que suínos em terminação controlam a ingestão de alimentos para atender suas exigências energéticas.

Os resultados da presente pesquisa mostraram que a redução no consumo de lisina digestível não afetou o ganho de peso dos animais. Segundo Adeola e Orban (1995), a utilização de óleo nas dietas pode reduzir a velocidade de trânsito da digesta e aumentar o tempo para digestão e absorção dos nutrientes. A adição de lipídios também contribui para melhora da digestibilidade da energia da dieta (Kil et al., 2011), sendo que a

digestibilidade da energia oriunda de fontes lipídicas é maior do que dos lipídios intactos no interior dos ingredientes (Kil et al., 2010).

Além de melhorar a digestibilidade da energia proveniente da dieta, a presença de lipídios também melhora a digestibilidade dos aminoácidos contidos nos ingredientes (Cervantes-Pahm e Stein, 2008). Esta melhora na eficiência de utilização da lisina digestível evidencia que aumentar a concentração energética das dietas para fêmeas suínas em crescimento e terminação sem elevar os níveis proteicos não prejudica o crescimento dos animais e melhora a conversão alimentar. Entretanto, existem pesquisas que observaram maior ganho de peso quando o aumento do conteúdo energético foi acompanhado da manutenção da relação lisina:caloria, principalmente, para animais em fase de crescimento (Smith et al., 1999; Kerr et al., 2003).

A piora da conversão da energia líquida, observada na primeira fase, mostrou que os animais consumiram maior quantidade de energia líquida por unidade de ganho de peso conforme houve aumento nos níveis de energia líquida das dietas fornecidas durante o período estudado. Como não houve efeito dos níveis de energia líquida sobre a deposição proteica dos animais, o excesso de energia líquida foi depositado na carcaça na forma de gordura e aumentou linearmente a espessura de toucinho dos animais. A melhora da eficiência energética e aumento da profundidade de músculo devido a elevação da densidade energética da dieta também foi observado por Cerisuelo et al. (2012) ao avaliarem o desempenho de suínos dos 60 aos 100 kg. Porém, os autores mantiveram a relação lisina:caloria das dietas.

O aumento da espessura de toucinho, observado na primeira fase, pode ser explicado pelo crescente consumo de energia líquida. Como não houve manutenção da relação lisina:caloria, a energia consumida em excesso foi depositada no tecido adiposo na forma de gordura. Ao avaliarem níveis crescentes de energia líquida na dieta de suínos

entre 25 e 110 kg, Kerr et al. (2003) não observaram diferença nas características quantitativas de carcaça, entretanto, a relação lisina:caloria foi mantida constante entre as dietas experimentais.

A falta de efeito dos níveis de energia líquida sobre a maioria das características de carcaça, nas duas últimas fases, pode ser justificada, principalmente, pelo fato de não ter sido observado diferença no consumo de energia líquida. Ao avaliarem níveis de energia líquida entre 2.300 e 2.668 Kcal/kg para leitoas entre 70 e 100 kg, Moura et al. (2011) observaram aumento na espessura de toucinho, entretanto, não houve efeito da concentração energética sobre o consumo de ração. Kil et al. (2011) observam aumento no ganho lipídico sem alteração no ganho proteico ao avaliarem dietas com inclusão de lipídios, na fase de crescimento, porém, na fase de terminação não houve efeito dos níveis de inclusão de lipídios tanto no ganho lipídico como no ganho proteico.

Conclusões

Aumentar o nível de energia líquida na dieta de fêmeas suínas, dos 30 aos 100 kg, reduz o consumo de ração e melhora a conversão alimentar. Além disso, o fornecimento de dietas com 2.300 Kcal/kg de energia líquida não prejudica o ganho de peso de fêmeas suínas, dos 30 aos 100 kg. Contudo, reduz o percentual de carne magra nas carcaças.

Referências

- Adeola, O. and Orban, J. I. 1995. Chemical composition and nutrient digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) fed to growing pigs. *Journal of Cereal Science* 22:177-184.
- Bikker, P.; Karabinas, V.; Verstegen, M. W. A. and Campbell, R. G. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2355-2363, 1995.
- Bridi, A. M. e Silva, C. A. 2007. Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína. Londrina, Paraná: Midiograf.
- Cerisuelo, A.; Torres, A.; Lainez, M. and Moset, V. 2012. Increasing energy and lysine in diets for growing-finishing pigs in hot environmental conditions: Consequences on performance, digestibility, slurry composition, and gas emission. *Journal of Animal Science* 90:1489-1498.
- Cervantes-Pahm, S. K. and Stein, H. H. 2008. Effect of dietary soybean oil and soybean protein concentration on the concentration of digestible amino acids in soybean products fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 86:1841-1849.
- De la Llata, M.; Dritz, S. S.; Tokach, M. D.; Goodband, R. D.; Nelssen, J. L. and Loughin, T. M. 2001. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *Journal of Animal Science* 79:2643-2650.
- Ellis, M. and N. Augspurger. 2001. Feed intake in growing-finishing pigs. Pages 447-467 in *Swine Nutrition*. Lewis, A. J. and Southern, L. L. ed. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gonçalves, L. M. P.; Kiefer, C.; Souza, K. M. R.; Marçal, D. A.; Abreu, R. C.; Silva, A. M. P. S. e Alencar, S. A. S. 2015. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. *Ciência Rural* 45:464-469.
- Hinson, R. B.; Wiegand, B. R.; Ritter, M. J.; Allee, G. L. and Carr, S. N. 2011. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89:3572-3579.
- Kerr, B. J.; Southern, L. L.; Bidner, T. D.; Friesen, K. G. and Easter, R. A. 2003. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *Journal of Animal Science* 81:3075-3087.
- Kil, D. Y.; Ji, F.; Stewart, L. L.; Hinson, R. B.; Beaulieu, A. D.; Allee, G. L.; Patience, J. F.; Pettigrew, J. E. and Stein, H. H. 2011. Net energy of soybean oil and choice white grease in diets fed to growing and finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89:448-459.
- Kil, D. Y.; Li, F.; Stewart, L. L. and Hinson, R. B. 2013. Effects of dietary soybean oil on pig growth performance, retention of protein, lipids, and energy, and the net energy of corn in diets fed to growing or finishing pigs. *Journal of Animal Science* 91:3283-3290.
- Kil, D. Y.; Sauber, T. E.; Jones, D. B. and STEIN, H. H. 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary NDF on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *Journal of Animal Science* 88:2959-2967.
- Kim, J. S.; Ingale, S. L.; Lee, S. H.; Kim, K. H.; Kim, J. S.; Lee, J. H. and Chae, B. J. 2013. Effects of energy levels of diet and β -mannase supplementation on growth performance, apparent total tract digestibility and blood metabolites in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 186:64-70.

- Moura, M. S.; Kiefer, C.; Silva, C. M.; Nantes, C. L.; Silva, E. A. e Martins, L. P. 2011. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:1968-1974.
- Noblet, J. and van Milgen, J. 2004. Energy value of pig feeds: effect of pig body weight and energy evaluation system. *Journal of Animal Science* 82:E229-E238 (suppl.).
- Noblet, J.; Fortune, H.; Shi, X. S. and Dubois, S. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science* 72:344-354.
- NRC – National Research Council. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L. e Freitas, R. 1997. Níveis de energia digestível para leitões dos 15 aos 30 kg de peso mantidos em ambiente de conforto térmico. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26:539-547.
- Paiano, D.; Moreira, I.; Furlan, A. C.; Carvalho, P. L. O.; Kuroda Junior, I. S. e Martins, E. N. 2008. Relações treonina:lisina digestíveis e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:2147-2156.
- Rezende, W. O.; Donzele, J. L.; Oliveira, R. F. M.; Abreu, M. L. T.; Ferreira, A. S.; Silva, F. C. O. e Apolônio, L. R. 2006. Níveis de energia metabolizável mantendo a relação lisina digestível:caloria em rações para suínos machos castrados em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:1101-1106.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. UFV, Viçosa, MG.
- Smith, J. W.; Tokach, M. D.; O'Quinn, P. R.; Nelssen, J. L. and Goodband, R. D. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 77:3007-3015.
- Wu, Z.; Li, D.; Ma, Y.; Yu, Y. and Noblet, J. 2007. Evaluation of energy systems in determining the energy cost of gain of growing-finishing pigs fed diets containing different levels of dietary fat. *Archives of Animal Nutrition* 61:1-9.
- Yi, X. W.; Zhang, S.; Yang, Q.; Yin, H. H. and Qiao, S. Y. 2010. Influence of dietary net energy content on performance of growing pigs fed low crude protein diets supplemented with crystalline amino acids. *Journal of Swine Health and Production* 18:294-300.

Níveis de energia líquida com e sem manutenção da relação lisina digestível:energia líquida para suínos dos 35 aos 130 kg

Resumo – Este estudo foi conduzido com o objetivo de comparar os efeitos do aumento dos níveis de energia líquida (EL) com a relação lisina digestível:energia líquida (LD:EL) constante ou com o nível de lisina digestível (LD) constante, nas dietas de suínos dos 35 aos 130 kg, sobre o desempenho e as características de carcaça. Foram utilizados cento e cinquenta suínos (setenta machos castrados e oitenta fêmeas) com peso inicial de $35,7 \pm 3,4$ kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com dois animais por baia e quinze repetições por tratamento. Os tratamentos incluíram uma dieta controle negativo com baixa EL + um arranjo fatorial 2×2 , com dois níveis de EL (médio e alto) e dois métodos de formulação (com relação LD:EL constante e nível de LD constante). O aumento da EL elevou o consumo de EL diário e melhorou a conversão alimentar em ambos os métodos de formulação. Contudo, o ganho de peso diário e o peso de carcaça aumentaram apenas quando manteve-se a relação LD:EL. Elevar a EL da dieta com relação LD:EL constante aumentou o consumo de aminoácidos e resultou em melhora do ganho de peso, da conversão alimentar, do peso de carcaça quente e do rendimento de carcaça. Por sua vez, o aumento da EL com manutenção da LD, melhorou apenas a conversão alimentar, além de depositarem maior quantidade de gordura na carcaça. Embora os suínos alimentados com a dieta de baixo nível energético tenham apresentado taxa de crescimento mais lenta, foram mais eficientes na utilização da EL e da LD consumida.

Palavras-chave: aminoácidos, lisina, relação lisina:caloria, suínos

Introdução

A nutrição representa a maior parte dos custos na produção de suínos, sendo a porção energética o componente nutricional de maior valor. O sistema de EL considera a energia utilizada na metabolização da energia metabolizável (EM), além de padronizar as exigências nutricionais e o conteúdo energético dos ingredientes utilizados na

alimentação dos animais (Noblet e van Milgen, 2013). Assim, a formulação das dietas torna-se mais precisa quando os valores de EL são utilizados.

Elevar a EL nas dietas dos suínos pode acelerar o ganho de peso e melhorar a conversão alimentar. Os suínos em crescimento e terminação são capazes de ajustar o consumo voluntário de alimentos dentro de uma ampla variedade de níveis energéticos para atender as exigências de energia (De la Llata et al., 2001; Quiniou e Noblet, 2012). Dietas com elevadas concentrações energéticas podem reduzir o consumo de ração diário dos suínos (Smith et al., 1999; De la Llata et al., 2001; Gonçalves et al., 2015), e levar os animais a não consumirem quantidade suficiente dos demais nutrientes para expressarem seu máximo potencial produtivo. Portanto, para aumentar a densidade energética das dietas sem limitar o desempenho dos animais, deve-se adequar os níveis nutricionais de LD e dos demais nutrientes (Nitikanchana et al., 2015).

Nesse contexto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de comparar os efeitos do aumento dos níveis de EL em dietas de suínos em crescimento e terminação, mantendo-se a relação LD:EL constante ou mantendo-se o nível de LD constante, sobre o desempenho e as características de carcaça.

Material e Métodos

Geral

Os presente estudo foi aprovado pelo Institutional Animal Care and Use Committee da Kansas State University (protocolo 3528.15). O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa e Ensino em Suinocultura da Kansas State University, em Manhattan, Kansas, Estados Unidos. Os animais foram alojados em um galpão fechado com sistema de ventilação por exaustão, refrigeração por aspersão de água. As baias ($1,52 \times 1,52$ m)

tinham piso completamente ripado e laterais de grade. Cada baia foi equipada com um comedouro semi-automático e um bebedouro tipo nipple para fornecer livre acesso a ração e água durante todo o período experimental, que teve duração de 91 dias.

Animais e Dietas

Foram utilizados cento e cinquenta suínos, setenta machos castrados e oitenta fêmeas (DNA Genetics, linhagem 600 × linhagem 241, Columbus, NE, EUA) com peso inicial de $35,7 \pm 3,4$ kg, distribuídos, em cinco tratamentos, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com dois animais por baia e quinze baias por tratamento. O sexo e o peso inicial foram adotados como critérios para a formação dos blocos. Os tratamentos nutricionais foram arranjados em esquema fatorial $1 + 2 \times 2$, incluindo uma dieta controle negativo com baixa EL, dois níveis de EL (médio ou alto) e dois métodos de formulação (relação LD:EL constante ou nível de LD constante). As dietas experimentais (Tabelas 12, 13, 14 e 15) foram fornecidas na forma farelada e formuladas para quatro faixas de peso (dos 25 aos 50 kg, dos 50 aos 75 kg, dos 75 aos 100 kg e dos 100 aos 135 kg). As dietas experimentais foram formuladas para atender ou exceder as exigências nutricionais de suínos em crescimento e terminação com consumo à vontade, de acordo com o NRC (2012). O conteúdo de EL dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais foi extraído do INRA (2004).

Tabela 12 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 35 aos 50 kg

Ingredientes	EL	Método de formulação				
		Controle	LD:EL constante		LD constante	
			Baixo	Médio	Alto	Médio
Milho		68,87	68,36	67,86	71,46	74,05
Farelo de soja (45%)		19,51	22,72	25,93	19,96	20,41
Casca de soja		8,665	4,333	—	4,333	—
Gordura suína		—	1,595	3,190	1,253	2,505
Fosfato monocálcico		0,900	0,875	0,850	0,888	0,875
Calcário		0,900	0,950	1,000	0,963	1,025
Sal comum		0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
L – Lisina – HCl		0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
DL – Metionina		0,072	0,084	0,097	0,068	0,065
L – Treonina		0,088	0,091	0,093	0,086	0,084
L – Triptofano		0,019	0,015	0,011	0,017	0,016
L – Valina		0,010	0,010	0,010	0,008	0,005
Suplemento mineral ¹		0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento vitamínico ²		0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Fitase ³		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Valores nutricionais calculados						
Aminoácidos digestíveis (%)						
Lisina		0,911	0,978	1,045	0,911	0,911
Isoleucina:Lisina		60,57	61,42	62,17	60,95	61,33
Leucina:Lisina		136,3	134,7	133,3	137,8	139,3
Metionina:Lisina		32,72	33,18	33,58	32,59	32,46
Met+Cis:Lisina		58,00	58,02	58,04	57,99	57,99
Treonina:Lisina		62,02	62,03	62,04	62,02	62,02
Triptofano:Lisina		19,03	19,02	19,01	19,04	19,04
Valina:Lisina		69,16	69,24	69,32	69,24	69,33
Lisina total (%)		1,043	1,108	1,174	1,034	1,026
Proteína bruta (%)		16,29	17,34	18,39	16,26	16,24
EM (Kcal/kg)		3.170	3.305	3.439	3.291	3.411
EL (Kcal/kg)		2.233	2.396	2.562	2.399	2.564
LD:EM (g/Mcal)		2,873	2,959	3,038	2,768	2,671
LD:EL (g/Mcal)		4,080	4,080	4,080	3,798	3,552
Ca (%)		0,601	0,601	0,602	0,600	0,598
P (%)		0,522	0,532	0,543	0,524	0,526
P disponível (%)		0,343	0,342	0,341	0,341	0,340

¹ Conteúdo por kg de dieta: ferro = 16,5 g; zinco = 16,5 g; manganês = 4,0 g; cobre = 1,7 g; iodo = 29,7 mg; selênio = 29,7 mg.

² Conteúdo por kg de dieta: vitamina A = 661.380 UI; vitamina D3 = 82.672 UI; vitamina E = 2.646 UI; niacina = 2.976 mg; ácido pantotênico = 1.653 mg; riboflavina = 496,1 mg; vitamina K = 264,6 mg; vitamina B12 = 2,3 mg.

³ Ronozyme Hiphos 2700 (DSM Nutritional Products, Inc., Parsippany, NJ, EUA), fornece 406.3 (FTU)/kg e disponibiliza aproximadamente 0,10% de P disponível.

Tabela 13 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 50 aos 70 kg

Ingredientes	EL	Método de formulação				
		Controle	LD:EL constante		LD constante	
			Baixo	Médio	Alto	Médio
Milho		72,55	73,82	75,10	76,64	80,73
Farelo de soja (45%)		13,76	16,78	19,80	14,27	14,78
Casca de soja		10,98	5,488	—	5,488	—
Gordura suína		—	1,148	2,295	0,840	1,680
Fosfato monocálcico		0,750	0,725	0,700	0,725	0,700
Calcário		0,850	0,913	0,975	0,938	1,025
Sal comum		0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
L – Lisina – HCl		0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
DL – Metionina		0,045	0,053	0,061	0,039	0,032
L – Treonina		0,081	0,082	0,082	0,078	0,074
L – Triptofano		0,024	0,020	0,016	0,022	0,020
L – Valina		0,010	0,008	0,005	0,005	—
Suplemento mineral ¹		0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento vitamínico ²		0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Fitase ³		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Valores nutricionais calculados						
Aminoácidos digestíveis (%)						
Lisina		0,775	0,836	0,897	0,775	0,775
Isoleucina:Lisina		58,90	60,17	61,27	59,57	60,23
Leucina:Lisina		142,0	141,1	140,3	144,9	147,7
Metionina:Lisina		31,60	31,97	32,30	31,29	30,97
Met+Cis:Lisina		58,05	58,03	58,01	58,03	58,02
Treonina:Lisina		62,01	62,01	62,00	62,03	62,05
Triptofano:Lisina		19,01	19,03	19,04	19,01	19,01
Valina:Lisina		69,29	69,38	69,47	69,37	69,45
Lisina total (%)		0,897	0,954	1,010	0,886	0,876
Proteína bruta (%)		14,07	15,05	16,03	14,07	14,08
EM (Kcal/kg)		3.148	3.278	3.408	3.265	3.382
EL (Kcal/kg)		2.213	2.390	2.566	2.392	2.568
LD:EM (g/Mcal)		2,461	2,549	2,631	2,373	2,291
LD:EL (g/Mcal)		3,500	3,500	3,500	3,241	3,017
Ca (%)		0,552	0,550	0,549	0,552	0,552
P (%)		0,461	0,474	0,486	0,463	0,465
P disponível (%)		0,303	0,302	0,301	0,299	0,295

¹ Conteúdo por kg de dieta: ferro = 16,5 g; zinco = 16,5 g; manganês = 4,0 g; cobre = 1,7 g; iodo = 29,7 mg; selênio = 29,7 mg.

² Conteúdo por kg de dieta: vitamina A = 661.380 UI; vitamina D3 = 82.672 UI; vitamina E = 2.646 UI; niacina = 2.976 mg; ácido pantotênico = 1.653 mg; riboflavina = 496,1 mg; vitamina K = 264,6 mg; vitamina B12 = 2,3 mg.

³ Ronozyme Hiphos 2700 (DSM Nutritional Products, Inc., Parsippany, NJ, EUA), fornece 406.3 (FTU)/kg e disponibiliza aproximadamente 0,10% de P disponível.

Tabela 14 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 70 aos 100 kg

Ingredientes	EL	Método de formulação				
		Controle	LD:EL constante		LD constante	
			Baixo	Médio	Alto	Médio
Milho		75,49	78,38	81,28	80,99	86,49
Farelo de soja (45%)		8,984	11,86	14,74	9,552	10,12
Casca de soja		13,14	6,568	—	6,568	—
Gordura suína		—	0,740	1,480	0,448	0,895
Fosfato monocálcico		0,625	0,613	0,600	0,613	0,600
Calcário		0,700	0,775	0,850	0,788	0,875
Sal comum		0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
L – Lisina – HCl		0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
DL – Metionina		0,022	0,027	0,031	0,014	0,005
L – Treonina		0,089	0,089	0,089	0,084	0,079
L – Triptofano		0,029	0,025	0,020	0,027	0,024
L – Valina		0,010	0,005	—	0,005	—
Suplemento mineral ¹		0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Suplemento vitamínico ²		0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Fitase ³		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Valores nutricionais calculados						
Aminoácidos digestíveis (%)						
Lisina		0,663	0,719	0,775	0,663	0,663
Isoleucina:Lisina		56,99	58,77	60,30	58,01	59,02
Leucina:Lisina		148,5	148,3	148,2	153,0	157,6
Metionina:Lisina		30,29	30,63	30,92	29,79	29,30
Met+Cis:Lisina		58,06	58,05	58,05	58,08	58,11
Treonina:Lisina		64,05	64,05	64,04	64,05	64,05
Triptofano:Lisina		19,04	19,02	19,01	19,03	19,01
Valina:Lisina		69,42	69,50	69,57	69,84	70,26
Lisina total (%)		0,778	0,827	0,876	0,765	0,752
Proteína bruta (%)		12,25	13,18	14,11	12,28	12,32
EM (Kcal/kg)		3.133	3.258	3.384	3.247	3.360
EL (Kcal/kg)		2.196	2.383	2.568	2.383	2.573
LD:EM (g/Mcal)		2,116	2,206	2,290	2,042	1,973
LD:EL (g/Mcal)		3,020	3,020	3,020	2,781	2,578
Ca (%)		0,473	0,473	0,472	0,470	0,467
P (%)		0,410	0,428	0,445	0,418	0,426
P disponível (%)		0,270	0,272	0,274	0,269	0,268

¹ Conteúdo por kg de dieta: ferro = 13,8 g; zinco = 13,8 g; manganês = 3,3 g; cobre = 1,4 g; iodo = 24,8 mg; selênio = 24,8 mg.

² Conteúdo por kg de dieta: vitamina A = 551.150 UI; vitamina D3 = 82.672 UI; vitamina E = 2.205 UI; niacina = 2.480 mg; ácido pantotênico = 1.378 mg; riboflavina = 413,4 mg; vitamina K = 220,5 mg; vitamina B12 = 1,9 mg.

³ Ronozyme Hiphos 2700 (DSM Nutritional Products, Inc., Parsippany, NJ, EUA), fornece 406.3 (FTU)/kg e disponibiliza aproximadamente 0,10% de P disponível.

Tabela 15 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais utilizadas dos 100 aos 130 kg

Ingredientes	EL	Método de formulação				
		Controle	LD:EL constante		LD constante	
		Baixo	Médio	Alto	Médio	Alto
Milho		76,98	80,91	84,84	83,22	89,45
Farelo de soja (45%)		6,676	9,336	12,00	7,277	7,878
Casca de soja		14,30	7,148	—	7,148	—
Gordura suína		—	0,493	0,985	0,243	0,485
Fosfato monocálcico		0,500	0,475	0,450	0,500	0,500
Calcário		0,625	0,713	0,800	0,713	0,800
Sal comum		0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
L – Lisina – HCl		0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
DL – Metionina		0,020	0,025	0,030	0,010	—
L – Treonina		0,065	0,065	0,065	0,060	0,055
L – Triptofano		0,024	0,020	0,015	0,021	0,019
Suplemento mineral ¹		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Suplemento vitamínico ²		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Fitase ³		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Valores nutricionais calculados						
Aminoácidos digestíveis (%)						
Lisina		0,570	0,620	0,670	0,570	0,570
Isoleucina:Lisina		59,70	61,58	63,18	61,03	62,35
Leucina:Lisina		163,1	162,9	162,8	169,1	175,1
Metionina:Lisina		33,07	33,56	33,99	32,36	31,65
Met+Cis:Lisina		63,64	63,71	63,76	63,64	63,63
Treonina:Lisina		64,99	65,11	65,22	65,11	65,24
Triptofano:Lisina		19,00	19,03	19,05	19,02	19,05
Valina:Lisina		72,61	73,47	74,20	74,16	75,71
Lisina total (%)		0,681	0,723	0,764	0,668	0,654
Proteína bruta (%)		11,31	12,17	13,03	11,37	11,42
EM (Kcal/kg)		3.126	3.250	3.371	3.239	3.349
EL (Kcal/kg)		2.185	2.379	2.571	2.379	2.573
LD:EM (g/Mcal)		1,823	1,908	1,987	1,760	1,702
LD:EL (g/Mcal)		2,608	2,608	2,608	2,395	2,215
Ca (%)		0,424	0,422	0,420	0,420	0,416
P (%)		0,372	0,387	0,403	0,384	0,396
P disponível (%)		0,240	0,239	0,239	0,242	0,244

¹ Conteúdo por kg de dieta: ferro = 11,0 g; zinco = 11,0 g; manganês = 2,7 g; cobre = 1,1 g; iodo = 19,8 mg; selênio = 19,8 mg.

² Conteúdo por kg de dieta: vitamina A = 440.920 UI; vitamina D3 = 55.115 UI; vitamina E = 1.764 UI; niacina = 1.984 mg; ácido pantotênico = 1.102 mg; riboflavina = 330,7 mg; vitamina K = 176,4 mg; vitamina B12 = 1,5 mg.

³ Ronozyme Hiphos 2700 (DSM Nutritional Products, Inc., Parsippany, NJ, EUA), fornece 406.3 (FTU)/kg e disponibiliza aproximadamente 0,10% de P disponível.

Para a obtenção das dietas experimentais, foi formulada a dieta controle com baixa EL e relação LD:EL de 4,08, 3,50, 3,02 e 2,61 g de LD/Mcal de EL e 0,91, 0,78, 0,66 e 0,57% de LD para cada faixa de peso, respectivamente. Além da dieta controle, foram formuladas as duas dietas com alto nível de EL, uma dieta com alta EL e mesma relação LD:EL da dieta controle, e a outra dieta com alta EL e mesmo nível de LD que a dieta controle, para cada faixa de peso. Utilizou-se casca de soja na dieta controle e gordura suína nas dietas com alta EL. Posteriormente, a dieta controle foi combinada com cada uma das dietas com alta EL, em uma proporção de 50:50 para a obtenção da composição das dietas com nível médio de EL. Foram utilizados aminoácidos industriais para alcançar as relações LD:EL e os níveis de LD desejados.

Desta forma, a presente pesquisa foi composta por cinco tratamentos nutricionais (baixa EL; média EL com relação LD:EL constante; alta EL com relação LD:EL constante; média EL com LD constante; e alta EL com LD constante).

Coleta de dados

Os animais e as sobras de ração nos comedouros foram pesados no início e final de cada fase (19, 34, 61 e 91 dias de experimento), momento em que foi realizada a troca da ração pela ração da nova faixa de peso. A ração foi fornecida de maneira que os comedouros não ficassem vazios e foi pesada no momento do fornecimento. Com esses dados foram determinados o ganho de peso diário, o consumo de ração diário e a conversão alimentar.

Os consumos de energia líquida diário e de lisina diário foram obtidos pela multiplicação do total de ração consumida no período pelo conteúdo de energia líquida ou lisina digestível em cada tratamento e dividido pelo número de dias em cada fase. A conversão de energia líquida e a conversão de lisina digestível foram determinadas por

meio da divisão do consumo total de energia líquida ou de lisina digestível pelo ganho de peso total em cada fase.

No final do experimento, os animais foram pesados individualmente e identificados com tatuagem antes de serem transportados ao frigorífico (Triumph Foods LLC, St. Joseph, MO, EUA), onde permaneceram em jejum de sólidos, por aproximadamente 12 horas, com livre acesso à água, até o momento do abate. Após a evisceração, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente. A espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foram mensuradas com auxílio de uma sonda óptica inserida entre 10 e 11^a costelas, a 7,1 cm da linha da coluna vertebral.

Na linha de abate, amostras de gordura foram retiradas da papada e identificadas. As amostras foram analisadas por espectroscopia infravermelha proximal (NIRS). Posteriormente, foi calculado o índice de iodo com utilização da equação proposta por Cocciardi et al. (2009). O rendimento de carcaça foi calculado pela divisão do peso de carcaça quente pelo peso corporal mensurado antes de os animais serem transportados para o frigorífico. O percentual de carne magra foi calculado pelo frigorífico com utilização de equação própria.

Análises Estatísticas

Para a análise dos dados, o experimento foi dividido em três fases de aproximadamente mesma duração (0 a 34 dias, 34 a 61 dias e 61 a 91 dias). Os dados foram analisados como blocos completos ao acaso com uso do PROC GLIMMIX do SAS (SAS Institute, Inc., Cary, NC, EUA) com os tratamentos nutricionais como efeitos fixos. Os blocos foram incluídos no modelo como efeito aleatório. A unidade experimental foi composta por dois animais na baia. O peso de carcaça quente foi utilizado como co-variável nas análises de espessura de toucinho, profundidade do músculo *Longissimus*

dorsi e percentual de carne magra. Foram testados o efeito do método de formulação, além disso, contrastes foram utilizados para avaliar respostas lineares e quadráticas dos níveis de energia líquida dentro de cada método de formulação. A significância foi estabelecida ao nível de $P < 0,05$.

Resultados

Na primeira fase, entre o início e os 34 dias de pesquisa, o ganho de peso diário e o peso corporal aumentaram linearmente ($P < 0,05$) e houve melhora linear ($P < 0,05$) da conversão alimentar conforme elevou-se a EL e manteve-se a relação LD:EL constante (Tabela 16). Além disso, o peso corporal foi maior ($P < 0,05$) e a conversão alimentar foi melhor ($P < 0,05$) nos animais que receberam as dietas com constante relação LD:EL comparado aos animais alimentados com as dietas com LD constante, conforme houve aumento da EL.

Tabela 16 – Efeitos do aumento do nível de energia líquida com relação lisina digestível: energia líquida constante ou com o percentual de lisina digestível constante sobre o desempenho de suínos dos 35 aos 130 kg

Variável	EL	Método de formulação						Probabilidade, P <				
		Controle		LD:EL constante		LD constante		LD:EL vs. LD	EL (LD:EL constante)		EL (LD constante)	
		Baixo	Médio	Alto	Médio	Alto	SEM		Linear	Quadrático	Linear	Quadrático
PC (kg)												
Inicial		35,66	35,66	35,68	35,67	35,67	0,897	0,959	0,883	0,932	0,885	0,999
34 dias		69,92	72,64	72,98	70,89	71,15	1,375	0,018	0,005	0,191	0,241	0,698
61 dias		97,02	101,11	102,32	98,41	98,41	1,545	0,003	0,001	0,280	0,362	0,598
91 dias		126,93	130,06	132,36	127,55	127,88	1,759	0,023	0,013	0,821	0,654	0,938
0 a 34 dias												
GPD (kg)		0,98	1,04	1,05	1,01	1,01	0,026	0,163	0,037	0,506	0,323	0,740
CRD (kg)		2,18	2,25	2,21	2,27	2,21	0,061	0,835	0,673	0,381	0,716	0,191
CA		2,23	2,18	2,10	2,26	2,18	0,036	0,026	0,009	0,885	0,262	0,240
CELD (Kcal)		4.854	5.378	5.668	5.437	5.666	147,3	0,798	<0,001	0,393	<0,001	0,199
CLDD (g)		18,5	20,5	21,5	19,2	18,7	0,541	<0,001	<0,001	0,346	0,662	0,203
CEL		4.965	5.205	5.395	5.402	5.594	87,9	0,020	0,001	0,799	<0,001	0,228
CLD		18,9	19,8	20,5	19,1	18,5	0,33	<0,001	<0,001	0,734	0,348	0,264
34 a 61 dias												
GPD (kg)		0,99	1,05	1,09	1,02	1,01	0,025	0,025	0,006	0,591	0,531	0,490
CRD (kg)		3,15	3,28	3,15	3,25	2,99	0,082	0,236	0,957	0,184	0,148	0,072
CA		3,20	3,12	2,91	3,20	2,97	0,075	0,300	0,006	0,484	0,030	0,184
CELD (Kcal)		6.925	7.809	8.086	7.740	7.699	198,1	0,222	<0,001	0,185	0,004	0,063
CLDD (g)		20,8	23,6	24,6	21,4	19,8	0,57	<0,001	<0,001	0,165	0,166	0,085
CEL		7.025	7.425	7.475	7.639	7.644	178,7	0,271	0,071	0,411	0,014	0,156
CLD		21,1	22,4	22,7	21,2	19,6	0,51	<0,001	0,027	0,380	0,035	0,199

Continua...

PC = peso corporal; GPD = ganho de peso diário; CRD = consumo de ração diário; CA = conversão alimentar; CELD = consumo de energia líquida diário; CLDD = consumo de lisina digestível diário; CEL = conversão de energia líquida (Kcal/kg de ganho de peso); CLD = conversão de lisina digestível (g/kg de ganho de peso).

Tabela 16 – Efeitos do aumento do nível de energia líquida com relação lisina digestível: energia líquida constante ou com o percentual de lisina digestível constante sobre o desempenho de suínos dos 35 aos 130 kg

Variável	Método de formulação							Probabilidade, P <					
	EL	Controle		LD:EL constante		LD constante		SEM	LD:LD vs. LD	EL (LD:EL constante)		EL (LD constante)	
		Baixo	Médio	Alto	Médio	Alto	Linear			Quadrático	Linear	Quadrático	
PC (kg)													
Inicial		35,66	35,66	35,68	35,67	35,67	0,897	0,959	0,883	0,932	0,885	0,999	
34 dias		69,92	72,64	72,98	70,89	71,15	1,375	0,018	0,005	0,191	0,241	0,698	
61 dias		97,02	101,11	102,32	98,41	98,41	1,545	0,003	0,001	0,280	0,362	0,598	
91 dias		126,93	130,06	132,36	127,55	127,88	1,759	0,023	0,013	0,821	0,654	0,938	
61 a 91 dias													
GPD (kg)		1,00	0,97	1,00	0,97	0,98	0,028	0,795	0,905	0,272	0,677	0,550	
CRD (kg)		3,17	3,28	3,05	3,14	2,98	0,085	0,206	0,270	0,090	0,100	0,546	
CA		3,20	3,41	3,07	3,23	3,04	0,071	0,147	0,207	0,002	0,120	0,195	
CELD (Kcal)		6,938	7,804	7,832	7,469	7,676	205,5	0,216	0,002	0,087	0,010	0,505	
CLDD (g)		18,1	20,4	20,4	17,9	17,0	0,51	<0,001	0,001	0,075	0,122	0,571	
CEL		6,993	8,118	7,893	7,697	7,823	172,0	0,158	<0,001	0,002	0,001	0,176	
CLD		18,2	21,2	20,6	18,4	17,3	0,44	<0,001	<0,001	0,002	0,145	0,225	
0 a 91 dias													
GPD (kg)		0,99	1,01	1,04	1,00	1,00	0,018	0,108	0,022	0,967	0,487	0,817	
CRD (kg)		2,78	2,86	2,75	2,84	2,69	0,063	0,491	0,672	0,161	0,270	0,144	
CA		2,82	2,82	2,64	2,84	2,68	0,041	0,412	0,002	0,060	0,017	0,070	
CELD (Kcal)		6,120	6,828	7,053	6,775	6,918	152,1	0,502	<0,001	0,161	<0,001	0,136	
CLDD (g)		19,0	21,3	22,0	19,4	18,5	0,45	<0,001	<0,001	0,110	0,326	0,151	
CEL		6,210	6,732	6,773	6,783	6,900	99,5	0,357	<0,001	0,045	<0,001	0,057	
CLD		19,3	21,0	21,1	19,5	18,4	0,30	<0,001	<0,001	0,023	0,027	0,073	

PC = peso corporal; GPD = ganho de peso diário; CRD = consumo de ração diário; CA = conversão alimentar; CELD = consumo de energia líquida diário; CLDD = consumo de lisina digestível diário; CEL = conversão de energia líquida (Kcal/kg de ganho de peso); CLD = conversão de lisina digestível (g/kg de ganho de peso).

A elevação da concentração energética resultou em aumento linear ($P<0,05$) do consumo de EL nas duas maneiras de formulação. Porém, o consumo de LD diário aumentou linearmente ($P<0,05$), apenas quando houve manutenção da relação LD:EL. Além disso, o consumo de LD foi maior ($P<0,05$) no grupo de animais que recebeu as dietas com aumento da EL e relação LD:EL constante.

De acordo com o aumento da EL, a conversão da EL consumida em ganho de peso piorou de forma linear ($P<0,05$) em ambos os métodos de formulação. Além disso, a manutenção do nível de LD ao elevar-se a densidade energética das dietas piorou ($P<0,05$) a conversão da EL comparado aos animais com manutenção da relação LD:EL. Houve piora linear ($P<0,05$) da conversão da LD, conforme houve aumento da EL com relação LD:EL constante. A conversão da LD também foi pior ($P<0,05$) quando o nível constante de LD foi mantido ao elevar a EL. Neste período, não houve efeito ($P>0,05$) das dietas sobre as demais variáveis avaliadas.

No período entre 34 e 61 dias, foi observado efeito linear positivo ($P<0,05$) do aumento da EL com relação LD:EL constante sobre o ganho de peso diário e o peso corporal. As duas formas de elevar a EL das dietas melhoraram linearmente ($P<0,05$) a conversão alimentar. Foi observado aumento linear ($P<0,05$) do consumo de EL diário conforme houve adensamento energético das dietas nas duas metodologias utilizadas. Entretanto, o consumo de LD diário cresceu linearmente ($P<0,05$) apenas quando houve manutenção da relação LD:EL. Assim, o consumo de LD dos animais que consumiram dietas com relação LD:EL constante foi maior ($P<0,05$) do que o consumo do animais em que ao aumentar a EL manteve-se o nível de LD das dietas.

Foi observado piora linear ($P<0,05$) da conversão da LD com o aumento da EL com relação LD:EL constante, porém, o animais que receberam as dietas sem manutenção da relação LD:EL apresentaram melhora linear ($P<0,05$) na conversão da LD. Aumentar a

EL sem manter a relação LD:EL melhorou ($P < 0,05$) a conversão da LD comparado ao adensamento energético com LD constante. As demais variáveis não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos níveis de EL ou pelo método de formulação.

Na fase final, entre 61 e 91 dias, além do aumento linear ($P < 0,05$) do peso corporal dos animais alimentados com níveis crescentes de EL e relação LD:EL constante, estes animais foram mais pesados ($P < 0,05$) que os animais que receberam dietas com níveis crescentes de EL com LD constante. Foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a conversão alimentar dos suínos ao elevar a densidade energética e manter a relação LD:EL.

Elevar a EL das dietas aumentou linearmente ($P < 0,05$) o consumo de EL diário nas duas metodologias avaliadas, entretanto, o consumo diário de LD aumentou de forma linear ($P < 0,05$) apenas quando houve manutenção da relação LD:EL. Além disso, o consumo de LD diário foi maior ($P < 0,05$) quando houve manutenção da relação LD:EL. O aumento do consumo de EL piorou de maneira linear ($P < 0,05$) a conversão da EL. Contudo, a conversão da LD piorou linearmente ($P < 0,05$) com o aumento do consumo de LD, ao passo que, houve melhora linear ($P < 0,05$) da conversão da LD quando o consumo de LD foi similar. Neste período não observou-se efeito ($P > 0,05$) das dietas sobre as demais características de desempenho.

No período total, houve aumento linear ($P < 0,05$) do ganho de peso diário dos animais alimentados com níveis crescentes de EL e relação LD:EL constante. O consumo de ração diário foi similar ($P > 0,05$). A conversão alimentar melhorou ($P < 0,05$) com ambas as formas de incremento energético das dietas. Como não houve efeito ($P > 0,05$) das dietas sobre o consumo de ração diário, o consumo de EL diário aumentou linearmente ($P < 0,05$) com os dois métodos de elevação da EL. Porém, o consumo de LD

diário aumentou de forma linear ($P < 0,05$), apenas quando manteve-se a relação LD:EL constante.

A medida em que houve aumento no consumo de EL, a conversão da EL em ganho de peso piorou ($P < 0,05$), e, os animais que simultaneamente, aumentaram o consumo de EL e LD, devido à manutenção da relação LD:EL, pioraram a conversão da LD. Efeito contrário foi observado nos animais que tiveram consumo crescente de EL, mas sem alteração no consumo de LD, estes animais melhoram linearmente a conversão da LD ($P < 0,05$) e também foram mais eficientes ($P < 0,05$) que aos suínos que consumiram as dietas com incremento energético e relação LD:EL constante.

O peso de carcaça quente dos animais que consumiram as dietas com níveis crescentes de EL com relação LD:EL constante aumentou linearmente ($P < 0,05$) e foi maior ($P < 0,05$) que o peso de carcaça quente dos suínos que receberam dietas com aumento nos níveis energéticos com manutenção da LD constante (Tabela 17). Os dois métodos de aumento da EL aumentaram de maneira linear ($P < 0,05$) o rendimento de carcaça.

Elevar o nível de EL e manter a concentração de LD das dietas teve efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre a espessura de toucinho que foi maior nos animais que consumiram a dieta com nível médio de energia. A espessura de toucinho dos suínos alimentados com dietas crescentes em EL e com relação LD:EL constante foi menor ($P < 0,05$) comparada a espessura de toucinho dos animais alimentados com as dietas que não tiveram relação LD:EL constante.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) do aumento da EL com manutenção do nível de LD sobre o percentual de carne magra, que foi menor nos animais alimentados com o nível médio de EL. Nas duas metodologias utilizadas para aumentar a EL foi observado aumento linear ($P < 0,05$) do índice de iodo da gordura.

Tabela 17 – Efeitos do aumento do nível de energia líquida com relação lisina digestível: energia líquida constante ou com o percentual de lisina digestível constante sobre as características de carcaça de suínos dos 35 aos 130 kg

Variável	Método de formulação							Probabilidade, P <				
	Controle		Lis dig:EL const		Lis dig const		SEM	Lis dig:EL vs. Lis%	EL (Lis dig:EL)		EL (Lis dig)	
	EL	Baixo	Médio	Alto	Médio	Alto			Linear	Quadrático	Linear	Quadrático
PCQ (kg)		93,13	96,23	98,84	93,97	95,47	1,528	0,027	0,002	0,876	0,188	0,827
RC (%)		73,35	73,96	74,66	73,63	74,64	0,403	0,663	0,024	0,925	0,027	0,466
ET (mm)		18,95	18,62	18,82	20,74	19,00	0,576	0,041	0,872	0,687	0,952	0,009
PM (mm)		61,65	60,06	62,49	62,13	64,46	1,195	0,098	0,633	0,166	0,099	0,522
CM (%)		53,01	52,89	53,25	52,50	53,50	0,275	0,936	0,541	0,459	0,120	0,015
Índice de iodo		67,21	67,83	68,97	66,92	69,29	0,361	0,399	0,001	0,525	<0,001	0,002

PCQ = peso de carcaça quente; RC = rendimento de carcaça; ET = espessura de toucinho; PM = profundidade de músculo; CM = carne magra.

Discussão

O efeito positivo do aumento simultâneo dos consumos de energia líquida e de lisina digestível sobre o ganho de peso diário, que foi observado nas duas primeiras fases, indica que aumentar a densidade energética sem a manutenção da relação lisina digestível:energia líquida pode limitar o crescimento devido à redução no consumo de lisina e dos demais aminoácidos.

Suínos em crescimento encontram-se em fase energético-dependentes, ou seja, respondem positivamente ao aumento no consumo de energia (Campbell e Taverner, 1998; Bikker et al. 1995; Zangeronimo et al., 2009). O aumento do ganho de peso diário de suínos em crescimento devido ao aumento do nível de energia e manutenção da relação lisina:energia foi relatado em outras pesquisas (De la Llatta et al., 2001; Benz et al., 2011; Nitikanchana et al., 2015). Na última fase, não houve efeito do aumento do consumo de energia ou lisina sobre o ganho de peso diário, confirmando que suínos em terminação não são energético-dependentes, e que a capacidade de consumo de energia supera a necessidade energética para síntese e deposição de tecido magro, a qual é reduzida com o aumento do peso corporal (Smith et al., 1999; Kerr et al., 2003; Gonçalves et al., 2015).

Esperava-se que o consumo de ração diário fosse reduzido com o aumento do nível energético. Contudo, a densidade energética não é o único fator que interfere no consumo de ração dos suínos. O conteúdo de fibra bruta da dieta controle, com baixo nível de energia, foi mais elevado que nas dietas de médio e alto teor energético pela maior inclusão de casca de soja. Altas inclusões de ingredientes ricos em fibra bruta aumenta o volume da ração e pode reduzir o consumo de nutrientes quando atinge a capacidade gástrica máxima (Henry, 1985; Nyachoti et al., 2004). Além disso, o suínos tem capacidade de ajustar o consumo voluntário de ração para atender as exigências

nutricionais de energia dentro de uma grande variedade de níveis energéticos (Cole et al., 1968; Quiniou and Noblet, 2012) porém, densidades energéticas muito baixas reduzem a taxa de crescimento (Henry, 1985; Campbelle Taverner, 1988; Nitikanchana et al., 2015).

O aumento do consumo de energia, observado no presente estudo, está de acordo com Benz et al. (2011), que relataram aumento do consumo de energia ao elevarem o nível energia metabolizável em dietas de suínos dos 54,4 aos 120 kg. Entretanto, outras pesquisas (Smith et al., 1999; Wu et al., 2007; Beaulieu et al., 2009) relataram consumo de energia similar ao elevarem a densidade energética em dietas de suínos em terminação.

De maneira semelhante a resposta observada para o ganho de peso diário, constatou-se que a medida em que o consumo de energia líquida e lisina digestível aumentaram, o peso de carcaça quente respondeu positivamente ao passo que o incremento do consumo de energia sem o aumento do consumo de lisina não alterou o peso de carcaça quente. Este resultado indica que relações lisina:energia maiores que as avaliadas pela presente pesquisa podem melhorar ainda mais o desempenho e as características de carcaça dos suínos, uma vez que a espessura de toucinho não foi alterada quando a ingestão de energia e lisina aumentaram simultaneamente.

Conforme houve aumento do nível de energia líquida das dietas, houve redução na inclusão de casca de soja. Esta é a possível razão do aumento no rendimento de carcaça ao elevar-se a densidade energética das dietas. Dietas ricas em fibra bruta podem aumentar o tamanho e o peso do trato gastrintestinal. Como consequência, mais energia é necessária para manutenção do aparelho digestório (Jhonston et al., 2003), reduzindo a quantidade de energia disponível para o crescimento. Maior rendimento de carcaça em resposta ao adensamento energético das dietas de suínos em crescimento e terminação também foi observado por Nitikanchana et al. (2015).

A maior espessura de toucinho dos animais que receberam dietas com níveis elevados de energia com manutenção do nível de lisina confirma que os suínos depositam o excesso de energia ingerida como gordura na carcaça (Le Bellego et al., 2001). Como este grupo de animais aumentou o consumo de energia e manteve o consumo de lisina digestível, não houve aminoácidos suficientes para síntese e deposição proteica.

O aumento do índice de iodo de acordo com a elevação do nível de energia líquida das dietas era esperado, pela maior inclusão de gordura, que conseqüentemente, aumentou a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados. Contudo, os valores observados estão dentro da faixa aceitável para o índice de iodo. Ao avaliarem os efeitos da inclusão crescente de gordura na dieta de suínos em crescimento e terminação Benz et al. (2011) e Saylor et al. (2012) também relataram aumento do índice de iodo na gordura dos suínos.

Conclusões

Elevar o nível de energia líquida com relação lisina digestível:energia líquida constante aumenta o consumo de aminoácidos e melhora o ganho de peso e a conversão alimentar. O aumento do nível de energia líquida com manutenção da concentração de lisina digestível melhora apenas a conversão alimentar. Embora os suínos alimentados com a dieta de baixo nível energético apresentaram taxa de crescimento mais lenta, foram mais eficientes na utilização da energia líquida e da lisina digestível consumida. Aumentar a densidade energética sem manter a relação lisina digestível:energia líquida constante aumenta a deposição de gordura na carcaça.

Referências

- Beaulieu, A. D.; Williams, N. H. and Patience, J. F. 2009. Response to dietary energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. *Journal of Animal Science* 87:965-976.
- Benz, J. M.; Tokach, M. D.; Dritz, S. S.; Nelssen, J. N.; DeRouchey, J. M.; Sulabo, R. C. and Goodband, R. D. 2011. Effects of increasing choice white grease in corn- and sorghum-based diets on growth performance, carcass characteristics, and fat quality characteristics of finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89:773-782.
- Bikker, P.; Karabinas, V.; Verstegen, M. W. A. and Campbell, R. G. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20 to 45 kilograms) as affected by energy intake. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2355-2363, 1995.
- Campbell, R. G. and Taverner, M. R. 1988. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. *Journal of Animal Science* 66:676-686.
- Cocciardi, R. A.; Benz, J. M. ; Li, H.; Dritz, S. S.; DeRouchey, J. M.; Tokach, M. D.; Nelssen, J. L.; Goodband, R. D. and Duttlinger, A. W. 2009. Analysis of iodine value in pork fat by Fourier transform near infrared spectroscopy for pork fat quality assessment. *Journal of Animal Science* 87(Suppl. 2):579. (Abstr.).
- Cole, D. J. A.; Duckworth, J. E. and Holmes, W. 1968. Factors affecting voluntary feed intake in pigs. 3. The effect of a period of feed restriction, nutrient density of the diet and sex on intake, performance and carcass characteristics. *Animal Production Science* 10: 345-357.
- De la Llata, M.; Dritz, S. S.; Tokach, M. D.; Goodband, R. D.; Nelssen, J. L. and Loughin, T. M. 2001. Effects of dietary fat on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a commercial environment. *Journal of Animal Science* 79:2643-2650.
- Gonçalves, L. M. P.; Kiefer, C.; Souza, K. M. R.; Marçal, D. A.; Abreu, R. C.; Silva, A. M. P. S. e Alencar, S. A. S. 2015. Net energy levels for finishing barrows. *Ciência Rural*. 45:464-469.
- Henry, Y. 1985. Dietary factors involved in feed intake regulation in growing pigs. *Livestock Production Science* 12: 339-354.
- INRA – Institut National de la Recherche Agronomique. 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials, Sauvant, D., J-M. Perez, and G. Tran, Eds. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands and INRA, Paris, France.
- Kerr, B. J.; Southern, L. L.; Bidner, T. D.; Friesen, K. G. and Easter, R. A. 2003. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. *Journal of Animal Science* 81:3075-3087.
- Le Bellego, L.; van Milgen, J.; Dubois, S. and J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *Journal of Animal Science* 79:1259-1271.
- Nitikanchana, S.; Dritz, S. S.; Tokach, M. D.; DeRouchey, J. M.; Goodband, R. D. and White, B. J. 2015. Regression analysis to predict growth performance from dietary energy in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 93:2826-2839.
- Noblet, J. and van Milgen, J. 2013. Energy and energy metabolism in Swine. p.23-58 In: Chiba, L. I. Sustainable Swine Nutrition. Ed. John Wiley & Sons. Ames, Iowa, USA.
- NRC – National Research Council. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.

- Nyachoti, C. M.; Zijlstra, R. T.; de Lange, C. F. M. and J. F. Patience. 2004. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 549-566.
- Quiniou, N. and Noblet, J. 2012. Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually. *Journal of Animal Science* 90:4362-4372.
- Smith, J. W.; Tokach, M. D.; O'Quinn, P. R.; Nelssen, J. L. and Goodband, R. D. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 77:3007-3015.
- Wu, Z.; Li, D.; Ma, Y.; Yu, Y. and Noblet, J. 2007. Evaluation of energy systems in determining the energy cost of gain of growing-finishing pigs fed diets containing different levels of dietary fat. *Archives of Animal Nutrition* 61:1-9.
- Zangeronimo, M. G.; Cantarelli, V. S.; Fialho, E. T.; Amaral, M. O.; Silveira, H. e Lima, J. A. F. 2009. Performance and carcass characteristics of swine at 50 kg fed diets with different energy levels and reduced levels of crude protein. *Ciência e Agrotecnologia* 33:903-910.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as respostas dos suínos ao aumento dos níveis de energia líquida das dietas nos dois primeiros experimentos, observou-se que os suínos machos castrados apresentaram respostas mais acentuadas em relação às fêmeas, pois além da redução do consumo de ração e melhora da conversão alimentar, foi observado maior deposição de gordura na carcaça, que refletiu em aumento no ganho de peso diário na fase de terminação dos suínos machos castrados. A quantidade de carne magra nas carcaças não foi influenciada pelos níveis de energia líquida das dietas. Este efeito pode ser devido ao aumento da relação nutriente:caloria à medida em que os níveis de energia líquida foram reduzidos e sugere a possibilidade de redução ainda maior dos níveis energéticos nas dietas de suínos em crescimento e terminação.

Com a realização do terceiro experimento, observou-se que o desempenho e as características quantitativas de carcaça responderam positivamente quando o aumento no fornecimento de energia foi acompanhado de aumento na quantidade de lisina digestível, e conseqüentemente, dos demais aminoácidos. Diante deste resultado é pertinente a realização de futuras pesquisas para avaliar o efeito de longos períodos de fornecimento de níveis energéticos, abaixo e acima dos níveis avaliados, com relação lisina digestível:energia líquida constante. Além de avaliar outros níveis de energia líquida, também é pertinente avaliar os efeitos de relações lisina:energia superiores às utilizadas na presente pesquisa.

A condução de experimentos em diferentes locais, com diferentes metodologias, porém dentro da mesma temática foi uma experiência extremamente enriquecedora. Por fim, é de grande interesse a investigação dos efeitos de dietas com diferentes fontes de nutrientes, tanto energéticas, como proteicas.