

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

**NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA PARA SUÍNOS MACHOS  
CASTRADOS DOS 7 AOS 70 KG**

**Gabriela Puhl Rodrigues**

CAMPO GRANDE, MS  
2018

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

**NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA PARA SUÍNOS MACHOS  
CASTRADOS DOS 7 AOS 70 KG**

**Gabriela Puhl Rodrigues**

**Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer**

**Coorientadora: Profa. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento**

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

Área de concentração: Produção Animal.

*Aos meus pais, Miria e Reginaldo,  
com muito amor e gratidão, dedico  
esta obra.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela dádiva da vida, pela inspiração e por colocar pessoas iluminadas no meu caminho.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Aos meus pais, Reginaldo Acylino de Moura Rodrigues e Miria Teresinha Puhl Rodrigues, por priorizarem minha educação, serem meus exemplos de vida e por todo apoio, amor e paciência que dedicaram a mim.

À minha irmã, Lorena Stefania Puhl Rodrigues, por sempre se fazer presente na minha vida, com seu apoio, carinho e por me motivar a ser uma pessoa melhor.

Ao Jânio Alves Oliveira, por sua amizade, carinho e companheirismo que constantemente me incentivam a alcançar meus objetivos.

Às minhas queridas avós, Maria de Lourdes Pereira Rodrigues e Maria Angela Puhl, pelo carinho e todas as orações que me protegem diariamente.

Ao professor Dr. Charles Kiefer, pela orientação e seus valiosos ensinamentos profissionais e éticos na formação da minha identidade profissional.

À professora Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento, pela coorientação e contribuições para minha evolução no transcorrer do curso.

À professora Dra. Maria de Fátima Falcão Gomes, por seu suporte, amizade e ensinamentos, que marcaram minha vida.

À professora Dra. Viviane Maria Oliveira dos Santos Nieto, pelas sugestões para o aprimoramento dos trabalhos apresentados durante o curso.

À professora Dra. Cassia Rejane Brito Leal, pela gentileza e incentivo para prosseguir na carreira acadêmica.

Aos professores Dr. Anderson Corassa, Dr. Ulisses Simon da Silveira, Dr. Jayme Aparecido Povh e Dra. Marina de Nadai Bonin Gomes, pela participação na banca examinadora e pelas excelentes sugestões que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

A todos os professores que dedicaram seu tempo para contribuir com minha formação acadêmica e profissional.

Ao Ricardo de Oliveira dos Santos, secretário do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela cordialidade e constante disposição em ajudar.

Aos funcionários da Fazenda Escola Experimental da UFMS pela colaboração no transcorrer dos experimentos.

Aos colegas, Danilo Alves Marçal, Rodrigo Caetano de Abreu, Camilla Mendonça Silva, Alexandre Pereira, Kelly Cristina Nunes Carvalho, Stephan Alexander da Silva Alencar, Jéssica Lira da Silva, Taynah Vieira Aguiar Farias e Luciana Moura Rufino, pela colaboração na realização dos experimentos e por todos os momentos e conhecimentos compartilhados, que tornaram mais branda a execução das atividades de campo.

Às colegas do setor de suinocultura, Bruna D'Avila Teodoro, Indira Daiane Santos, Luana Cristiane dos Santos, Elenice dos Santos Garbin, Débora Martinez Rodrigues, Denise de Santana Lima, Jéssika Karoline Farias e Adriéle Leal, que além do auxílio nas atividades experimentais, também amenizaram os momentos de trabalho pela conversa descontraída e risadas.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigada!

## Resumo

RODRIGUES, G.P. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados dos 7 aos 70 kg. 2018. 62f. Tese - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

Foram realizados dois estudos com o objetivo de avaliar níveis de energia líquida (EL) na dieta de suínos nas fases iniciais e recria. No primeiro estudo foram avaliados planos nutricionais de EL no desempenho de leitões dos 7 ao 30 kg. Foram utilizados 60 leitões, machos castrados, com peso inicial de  $7,11 \pm 0,89$  kg e peso final de  $32,95 \pm 3,30$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco planos nutricionais com diferentes níveis de energia. Os planos nutricionais foram compostos por dois planos decrescentes A: 2,47-2,42-2,37-2,37-2,37 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; B: 2,52-2,47-2,42-2,37-2,37 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; e três planos constantes C: 2,37 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; D: 2,42 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; E: 2,47 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração, dos 7 aos 10 kg, 10 aos 15 kg, 15 aos 20 kg; 20 aos 25 kg, e 25 aos 30 kg, respectivamente, com seis repetições e dois animais por unidade experimental. As variáveis de desempenho estudadas foram consumo de ração diário (CRD), energia líquida (CELD) e lisina digestível (CLD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), peso corporal final (PF), custo de ração por quilo de ganho de peso do leitão (R\$GP), índice de eficiência econômica (IEE) e escore fecal. Considerando o período experimental total, dos 7 aos 30 kg, não houve efeito do plano nutricional nas variáveis GPD, CA, R\$/GP e IEE. O PF dos leitões pertencentes ao plano D foi superior ( $P < 0,05$ ) ao plano C, não diferindo dos demais planos nutricionais. Os leitões submetidos aos planos nutricionais A e D obtiveram maiores valores de CRD ( $P < 0,05$ ) comparados aos planos B, C e E. Os leitões pertencentes aos planos A, D e E apresentaram valores superiores ( $P < 0,05$ ) de CELD e CLD comparados aos planos B e C. O plano nutricional de EL não influenciou no escore fecal e na ocorrência de diarreia dos leitões. Recomenda-se o plano nutricional D contendo o nível constante de 2,42 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  dos 7 aos 30 kg. O segundo estudo foi realizado com o objetivo de avaliar níveis de EL, mantendo a relação caloria: nutriente, no desempenho de suínos dos 30 aos 70 kg. Foram utilizados 60 suínos machos castrados, com peso inicial de  $31,94 \pm 3,54$  kg e peso final de  $71,98 \pm 5,99$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco níveis de energia líquida (2,40; 2,45; 2,50; 2,55; 2,60 Mcal  $\text{kg}^{-1}$  de ração), com seis

repetições e dois animais por unidade experimental. As variáveis analisadas foram CRD, CELD, CLD, GPD, CA, PF, conversão de energia líquida (CEL), conversão de lisina digestível (CL), R\$GP e IEE. Na fase dos 30 aos 50 kg, houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) do PF, GPD, CELD e CEL com o aumento dos níveis de EL na dieta. Todavia, as variáveis CRD, CA, CEL e CL não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelo nível de EL da dieta. Dos 50 aos 70 kg, o aumento dos níveis de EL na dieta promoveu aumento linear ( $P < 0,05$ ) do PF, GPD, CELD e CLD, bem como melhorou de forma linear ( $P < 0,05$ ) a CA dos suínos. As demais variáveis analisadas nesse período não foram afetadas pelo aumento de EL nas dietas. No período total, verificou-se aumento linear ( $P < 0,05$ ) do GPD, CELD, CLD e melhora linear ( $P < 0,05$ ) da CA com o aumento do nível de EL na dieta dos suínos. O CRD, CEL e CL foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de EL. O R\$GP e o IEE apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), em que o melhor resultado foi obtido com o nível de 2,60 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração. Recomenda-se o nível 2,60 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração para suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg.

Palavras-chave: consumo de energia, creche, densidade nutricional, exigência nutricional, planos nutricionais, recria, relação caloria: nutriente.

## Abstract

RODRIGUES, G.P. Net energy levels for barrows from 7 to 70 kg. 2018. 62f. Thesis - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

Two studies were carried out with the objective of evaluating net energy (NE) levels in the diet of pigs in the initial and rearing phases. In the first study nutritional NE plans were evaluated in the performance of piglets from 7 to 30 kg. Sixty castrated male piglets with initial weight of  $7.11 \pm 0.89$  kg and final weight of  $32.95 \pm 3.30$  kg were used. The animals were distributed in a randomized block design in five nutritional plans with different energy levels. The nutritional plans were composed of two decreasing planes A: 2.47-2.42-2.37-2.37-2.37 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of feed; B: 2.52-2.47-2.42-2.37-2.37 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of feed; and three constant planes C: 2.37 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of feed; D: 2.42 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of feed; E: 2.47 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of ration, from 7 to 10 kg, 10 to 15 kg, 15 to 20 kg; 20 to 25 kg, and 25 to 30 kg, respectively, with six replicates and two animals per experimental unit. The performance variables studied were average daily feed intake (ADFI), average daily net energy intake (ADNE), average daily digestible lysine intake (ADL), average daily gain (ADG), feed: gain ratio (F:G), final body weight (BW), feed cost per kilogram of piglet weight gain (R\$WG), economic efficiency index (IEE) and faecal score. Considering the total experimental period, from 7 to 30 kg, there was no effect of the nutritional plan in the variables ADG, F:G, R\$WG and IEE. The BW of the piglets belonging to the D plan was higher ( $P < 0.05$ ) to the C plane, not differing from the other nutritional plans. Piglets submitted to nutritional plans A and D had higher ADFI values ( $P < 0.05$ ) compared to plans B, C and E. The piglets belonging to plans A, D and E had higher values ( $P < 0.05$ ) of ADNE and ADL compared to plans B and C. The nutritional plan of NE did not influence the fecal score and the occurrence of piglets diarrhea. The nutritional plan D containing 2.42 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  from 7 to 30 kg is recommended. The second study was carried out with the objective of evaluating NE levels, maintaining the calorie: nutrient ratio, in the performance of pigs from 30 to 70 kg. Sixty castrated male pigs with initial weight of  $31.94 \pm 3.54$  kg and final weight of  $71.98 \pm 5.99$  kg were used. The animals were distributed in a randomized complete block experimental design with five replications and two replicates of five net energy levels (2.40, 2.45, 2.50, 2.55, 2.60 Mcal  $\text{kg}^{-1}$  of feed) animals per experimental unit. The analyzed variables were ADFI, ADNE, ADL, ADG, F:G, BW, conversion of net energy (CNE), conversion of digestible lysine (CL),

R\$BW and IEE. In the 30 to 50 kg phase, there was a linear increase ( $P < 0.05$ ) in BW, ADG, ADNE and ADL with increasing levels of NE in the diet. However, the ADFI, F:G, CNE and CL variables were not influenced ( $P > 0.05$ ) by the NE level of the diet. From 50 to 70 kg, the increase in NE levels in the diet promoted linear increase ( $P < 0.05$ ) of BW, ADG, ADNE and ADL, as well as linearly improved ( $P < 0.05$ ) to F:G of pigs. The other variables analyzed in this period were not affected by the NE increase in the diets. In the total period, there was a linear increase ( $P < 0.05$ ) of ADG, ADNE, ADL and linear improvement ( $P < 0.05$ ) of F:G with the increase of NE level in the diet of the pigs. ADFI, CNE and CL were similar ( $P > 0.05$ ) between NE levels. The R\$BW and the IEE presented a quadratic effect ( $P < 0.05$ ), in which the best result was obtained with the level of 2.60 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of feed. The level 2.60 Mcal of NE  $\text{kg}^{-1}$  of ration for castrated male pigs from 30 to 70 kg is recommended.

Keywords: energy consumption, nursery, nutritional density, nutritional requirement, nutritional plans, rearing, calorie: nutrient ratio.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Recomendações da concentração de energia (Mcal kg <sup>-1</sup> ) na dieta de suínos nas fases iniciais de crescimento de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos.....	20
Tabela 2. Recomendações da concentração de energia (Mcal kg <sup>-1</sup> ) na dieta de suínos nas fases iniciais de crescimento de acordo com as tabelas internacionais.....	21
Tabela 3. Planos nutricionais de EL na dieta de leitões dos 7 aos 30 kg.....	29
Tabela 4. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 7 aos 10 kg.....	31
Tabela 5. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 10 aos 15 kg.....	32
Tabela 6. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 15 aos 20 kg.....	33
Tabela 7. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 20 aos 25 kg.....	34
Tabela 8. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 25 aos 30 kg.....	35
Tabela 9. Preço (R\$) por quilo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	36
Tabela 10. Desempenho de leitões alimentados com planos nutricionais de EL (Mcal kg <sup>-1</sup> de ração) dos 7 aos 30 kg.....	38
Tabela 11. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 30 aos 50 kg.....	51
Tabela 12. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 50 aos 70 kg.....	52
Tabela 13. Preço (R\$) por quilo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	54
Tabela 14. Níveis de energia líquida no desempenho de suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg.....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida no consumo de ração diário (CRD, kg) e no consumo de energia líquida diário (CELD, Mcal) de leitões na fase dos 7 aos 20 kg.....	39
Figura 2. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida no consumo de ração diário (CRD, kg) de leitões na fase dos 7 aos 25 kg.....	40
Figura 3. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida no consumo de energia líquida diário (CELD, kg) e no consumo de lisina diário (CLD, g) de leitões na fase dos 7 aos 25 kg.....	40
Figura 4. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida no peso corporal final (PF, kg), consumo de energia líquida diário (CELD, kg), consumo de ração diário (CRD, kg) e no consumo de lisina diário (CLD, g) de leitões na fase dos 7 aos 30 kg.....	41
Figura 5. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida no escore fecal.....	42
Figura 6. Efeito dos níveis energia líquida sobre o custo de ração por quilo de ganho de peso do suíno (R\$GP) e o índice de eficiência econômica (IEE) em suínos dos 30 aos 70 kg.....	56

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
1.1 Fisiologia digestiva associada aos lipídios nos suínos.....	14
1.2 Influência da inclusão de lipídios no consumo de ração.....	16
1.3 Importância da relação caloria: nutriente na dieta de suínos .....	18
1.4 Exigências nutricionais de energia líquida para suínos .....	19
REFERÊNCIAS .....	23
Planos de energia líquida para leitões dos 7 aos 30 kg.....	27
Resumo .....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos.....	29
Resultados.....	37
Discussão.....	43
Conclusão .....	45
Referências .....	45
Níveis de energia líquida para suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg.....	48
Resumo .....	48
Introdução.....	49
Material e Métodos.....	50
Resultados.....	54
Discussão.....	56
Conclusão .....	59
Referências .....	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62

## INTRODUÇÃO

As exigências nutricionais dos suínos estão em constante processo de atualização para possibilitar a maximização do desempenho de acordo com o potencial genético, o que ressalta a importância de pesquisas que busquem o nível ideal de energia no atendimento das exigências dos suínos, considerando que o custo com a alimentação é o mais importante no sistema de produção e o componente energético da ração representa a maior proporção desse custo (NOBLET, 2007). Nesse contexto, a utilização do sistema de energia líquida para formulação das dietas dos suínos possibilita a elaboração de dietas mais precisas no atendimento das exigências nutricionais, pois considera as diferenças no metabolismo dos nutrientes e descreve de forma mais precisa o real conteúdo de energia da dieta (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016).

Para leitões dos 7 aos 30 kg, as Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos recomendam níveis decrescentes de energia líquida de acordo com a faixa de peso, de 2,52 Mcal kg<sup>-1</sup>, 2,48 Mcal kg<sup>-1</sup> e 2,47 Mcal kg<sup>-1</sup> dos 5,5 aos 9,0 kg, 9,3 aos 15 kg e dos 15 aos 30 kg, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). Todavia, devido à ineficiência da função digestiva dos leitões nas fases iniciais (SANTOS et al., 2016), a utilização de níveis inferiores e fixos durante o período dos 7 aos 30 kg pode ser uma estratégia nutricional que mantenha o desempenho dos leitões satisfatório e proporcione melhora na lucratividade do sistema de produção.

Na fase de recria, pesquisas demonstram que o aumento da densidade energética promove menor consumo de ração e melhor conversão alimentar dos suínos (CÁMARA et al., 2014; CÁMARA et al. 2016; MARÇAL et al., 2018). Entretanto, nem sempre a relação caloria: nutriente é mantida constante, e em pesquisas de utilização de energia na dieta de suínos é importante que a oferta de aminoácidos seja adequada, para que as deficiências marginais não confundam os resultados experimentais (ORESANYA et al., 2008). Devido à escassez de pesquisas nacionais que verifiquem o aumento do nível de energia líquida na dieta de suínos dos 30 aos 70 kg mantendo a relação caloria: nutriente constante são necessários estudos que verifiquem o efeito de diferentes níveis de energia líquida no desempenho dos suínos, buscando estratégias que proporcionem maior produtividade à atividade.

Nesse contexto, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar planos nutricionais de energia líquida na dieta de suínos nas fases iniciais (7 aos 30 kg) e recria (30 aos 70 kg), mantendo a relação caloria: nutriente constante, visando a definição da estratégia nutricional que proporcione melhor produtividade e lucratividade.

## 1 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1 Fisiologia digestiva associada aos lipídios nos suínos

Dentre as estratégias nutricionais para formulação das dietas de suínos, um dos métodos que pode maximizar o desempenho dos animais é o aumento do conteúdo de energia das dietas. A energia é liberada dos alimentos pelos processos metabólicos de oxidação de seus constituintes orgânicos, e pode ser obtida a partir de carboidratos, proteínas e lipídios.

O processo de digestão desses nutrientes ocorre pela sua quebra em moléculas menores ao longo do trato digestivo, e os principais produtos finais obtidos são os monossacarídeos (provenientes da digestão dos carboidratos), monoacilgliceróis e ácidos graxos de cadeia longa (provenientes da digestão dos lipídios), peptídeos e aminoácidos (provenientes da digestão de proteínas). Essas são as principais classes de moléculas provedoras de fontes de energia para o metabolismo animal (SAKOMURA et al., 2014).

O método mais prático para se elevar o conteúdo energético das dietas é por meio da adição ou do aumento de lipídios, considerando que as gorduras produzem 2,25 vezes mais calorias que os carboidratos e 1,66 mais que as proteínas. Além disso, apresentam vantagens como melhorar a palatabilidade, reduzir a poeira e a perda de nutrientes das dietas (BERTECHINI, 2004).

Os lipídios pertencem a um grupo de substâncias que são extraídas por solventes orgânicos. Do ponto de vista nutricional, os mais importantes são os triglicerídeos, pois compõe os óleos e gorduras utilizados na alimentação animal. São formados por uma molécula de glicerol esterificada com três moléculas de ácidos graxos, e suas propriedades físicas e químicas vão depender dos ácidos graxos que o constituem (RIEGEL, 2004).

A digestão dos lipídios tem início na boca, pela ação da lipase salivar, principalmente nos leitões. Após o alimento apreendido pela boca, mastigado e deglutido, chega ao estômago estimulando a secreção do hormônio gastrina pelas células G para o interior dos vasos sanguíneos do estômago, induzindo a secreção do suco gástrico e acidificação do estômago (SANTOS et al., 2016).

No suco gástrico está contida a lipase gástrica, que possui maior efetividade em leitões devido ao pH estomacal (YEN, 2001). Posteriormente, a digesta é encaminhada ao intestino

delgado, o local mais importante da digestão de gorduras. Quando o quimo ácido entra na porção proximal do intestino delgado, aciona secreções duodenais do hormônio secretina para o sangue, que atua no pâncreas induzindo a secreção de bicarbonato para alcalinizar a digesta e favorecer a atuação das enzimas. As células I, sensíveis às concentrações de proteína e gordura, secretam no sangue o hormônio colecistocinina, que atua no pâncreas, na vesícula biliar e no estômago, induzindo a secreção de enzimas digestórias, a ejeção da bile e diminuindo a motilidade gástrica, respectivamente (MOYES, 2010).

A bile é produzida pelo fígado e armazenada na vesícula biliar e é essencial para a digestão lipídica e absorção no intestino delgado. Os sais biliares são responsáveis pela emulsificação das gotículas lipídicas, visto que possuem em sua estrutura regiões apolares que se ligam aos lipídios e regiões polares que interagem com a água. Dessa forma, a bile faz com que as gotículas lipídicas sejam subdivididas em gotículas menores e não se reagrupem, facilitando a ação digestiva das lipases (DRACKLEY, 2000).

As secreções pancreáticas também possuem grande importância na digestão e absorção lipídica. A lipase é secretada pelo pâncreas, em conjunto com o suco pancreático. Essa enzima precisa do auxílio de outra proteína, a colipase, visto que não consegue hidrolisar diretamente as gorduras por ser solúvel em água e os triglicerídeos não. A colipase é produzida como zimogênio e ativada na cavidade intestinal, e atua como ponte entre o triglicerídeo e a lipase, usando suas regiões apolares para interagir com a gordura e as polares para se ligar a água (RIEGEL, 2004).

Após a emulsificação e hidrólise dos triacilgliceróis, os fosfolipídeos presentes na bile agem em conjunto com os sais biliares e organizam os lipídios dentro de pequenas gotas chamadas micelas, em que o colesterol e as vitaminas lipossolúveis formam o núcleo hidrofóbico, os ácidos graxos e monoacilgliceróis revestem o núcleo hidrofóbico e interagem com a camada externa de sais biliares e fosfolipídeos. As micelas se aproximam das microvilosidades do enterócitos e seus componentes se difundem para fora da micela, atravessando a membrana celular (MOYES, 2010).

Os ácidos graxos de cadeia curta e o glicerol são polares o suficiente para serem transportados no sangue sem a formação de micelas. Após serem absorvidos pelos enterócitos, essas moléculas entram na circulação sanguínea e atingem o fígado via veia porta hepática. Entretanto, ácidos graxos de cadeia longa, monoacilglicerol e colesterol entram na circulação sistêmica de forma diferente. Após atravessarem a membrana celular e chegarem ao citoplasma dos enterócitos, os ácidos graxos e monoacilglicerol são usados para ressintetizar os triglicerídeos. Posteriormente, os lipídios são organizados em pequenas gotas

cobertas por proteínas, conhecidas como quilomícrons, que são exocitados para o sistema linfático, e transportados para o sistema venoso (RIEGEL, 2004).

No fígado os quilomícrons liberam colesterol e triglicerídeos, e o transporte até outras células é realizado pela lipoproteína de baixa densidade (LDL), que transporte o colesterol do fígado para os tecidos, pela lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL), que transporte os triglicerídeos sintetizados endogenamente, e a lipoproteína de alta densidade (HDL), que transporta o colesterol dos tecidos para o fígado (VERUSSA, 2015).

Os quilomícrons também podem ser processados pelos tecidos periféricos, à medida que se deslocam nos vasos sanguíneos. A lipoproteína-lipase, produzida pelos endotélios arteriais, libera os ácidos graxos presentes nos quilomícrons, que se ligam a albumina e ao passar por um tecido utilizador de ácidos graxos são absorvidos pela célula, enquanto a albumina que não consegue atravessar as membranas celulares permanece no plasma. Dessa forma, se completa o trajeto dos lipídios, desde sua ingestão como triglicerídeo pela boca, até sua chegada aos tecidos como ácido graxo (RIEGEL, 2004).

## **1.2 Influência da inclusão de lipídios no consumo de ração**

A quantidade de lipídios presente na dieta pode alterar o consumo de ração dos suínos. Se o conteúdo de energia disponível na dieta for baixo, os suínos tentarão manter a ingestão de energia diária constante comendo mais ração. Entretanto, à medida que a densidade de energia da dieta diminui e o volume da dieta consumida aumenta, chega-se a um ponto que o consumo não pode ser aumentado para compensar o declínio da ingestão de energia em função da capacidade gástrica (TORRALLARDONA & ROURA, 2009).

De maneira geral, o consumo voluntário de alimentos é controlado por dois processos principais: (1) taxa de remoção da digesta do trato gastrintestinal por meio de mudanças na taxa de passagem, e (2) respostas de saciedade e fome controladas pelo cérebro (BLACK et al., 2009).

A maior concentração de lipídios na dieta resulta no aumento da secreção do hormônio colecistocinina, que inicialmente promove o esvaziamento gástrico, a secreção do suco pancreático e da bile, e acelera o trânsito no intestino proximal, permitindo assim o consumo da ração. Entretanto, a liberação do ácido gástrico e da colecistocinina no trato gastrintestinal estimula a liberação dos peptídeos PYY, GLP-1 e OXM pelas células L no íleo e no cólon muito antes da digesta atingir essas regiões. Esses peptídeos irão iniciar um mecanismo de

feedback negativo que começa a desacelerar o esvaziamento gástrico, as secreções de ácido gástrico, bile e pancreáticas, e a motilidade intestinal proximal, com o objetivo de aumentar o tempo de atuação das enzimas sobre os triacilglicerídeos e promover melhor digestão e absorção das gorduras (BLACK et al., 2009).

Durante a digestão, a presença dos quilomícrons estimula a liberação de apolipoproteína A-IV (apoA-IV) das células do jejuno (WANG et al., 2012). Essa substância atua em conjunto com os outros peptídeos (PYY, GLP-1 e OXM) para desacelerar o esvaziamento gástrico e a motilidade intestinal (TORRALLARDONA & ROURA, 2009). Dessa forma, a maior concentração de lipídios na dieta irá promover menor taxa de passagem pelo trato gastrointestinal.

O aumento dos lipídios da dieta também proporciona aumento na absorção dos ácidos graxos de cadeia longa, e por meio da  $\beta$ -oxidação, aumenta a concentração de Acil-CoA no hipotálamo. Esse composto em conjunto com os peptídeos liberados pelo trato gastrointestinal (PYY, GLP-1, OXM, apoA-IV) irão aumentar a expressão de neuropeptídeos anorexígenos (inibem o apetite) e diminuir da expressão dos neuropeptídeos orexígenos (aumentam apetite), resultando na sensação de saciedade e, conseqüentemente, diminuindo o consumo de ração (BLACK et al., 2009).

Entretanto, o ajuste do consumo de ração em função da densidade de energia e do aumento de lipídios da dieta não é realizado de forma eficiente em leitões jovens. O momento do desmame é associado a um período crítico de subalimentação, durante o qual o leitão é submetido a vários fatores estressores, entre eles a transição de uma dieta líquida para uma dieta sólida baseada em alimentos de origem vegetal. O decréscimo no consumo alimentar causa à atrofia das vilosidades dos enterócitos, diminuindo a função da barreira intestinal e comprometendo a absorção de nutrientes (VAN HEUGTEN et al., 2015).

A exigência de energia de leitões desmamados para manutenção não é atendida até o 5º dia após o desmame e o nível de ingestão de energia pré-desmame não é atingido até o final da segunda semana pós-desmame. Essa situação pode ser agravada se os leitões forem mantidos em temperaturas baixas e misturados a diferentes leitegadas, propiciando brigas para formação da nova hierarquia e dominância. A maior exigência em energia para manutenção e a baixa ingestão de ração imediatamente após o desmame afetarão negativamente a taxa de crescimento dos suínos (DONG & PLUSKE, 2007).

O aumento do nível de energia da dieta com os ajustes na relação caloria: nutriente pode contribuir com a manutenção do desempenho dos leitões, visto que no período pós desmama

em que seu consumo é reduzido, uma dieta com maior densidade nutricional irá possibilitar uma maior ingestão e absorção de nutrientes (VAN LUNEN & COLE, 1998).

Nas fases iniciais de crescimento dos leitões, os níveis de energia podem influenciar de diferentes magnitudes o consumo de ração. Existem relatos científicos nos quais não foram observadas variações no consumo de ração em função do aumento da concentração de energia na dieta (SMITH et al., 1999; ORESANYA et al., 2008; ARNAIZ et al., 2009; VIEIRA et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016). Assim como podem ser observadas diminuições de consumo de ração (BEAULIEU et al., 2006; PEREIRA et al., 2011) e ainda aumento do consumo de ração (SILVA, 2018) de acordo com o aumento nos níveis de energia da dieta.

Uma possível explicação para os resultados divergentes na literatura é a de que os suínos nas fases iniciais nem sempre conseguem regular sua ingestão de alimento diária baseada no nível de energia da dieta devido à limitada capacidade física do trato digestivo (BLACK et al., 1986; NRC, 1987).

Após as fases iniciais de crescimento, estudos indicam que os suínos são capazes de ajustar a ingestão voluntária de alimento em resposta a características da dieta como a densidade energética (QUINIOU & NOBLET, 2012; GONÇALVES et al., 2015; MARÇAL, 2017), que é considerada o primeiro determinante no consumo diário de ração. Entretanto, outros fatores interferentes como o balanço de aminoácidos, processamento e a forma do alimento, sexo e peso corporal, estado imunológico, temperatura ambiental e ambiente físico também podem influenciar na ingestão de alimento (LI & PATIENCE, 2017).

### **1.3 Importância da relação caloria: nutriente na dieta de suínos**

Em condições comerciais, os suínos em recria e terminação podem receber alimentação *ad libitum*, e o nível de energia da ração varia de acordo com os resultados econômicos a serem pretendidos. Como o consumo de ração depende em grande parte do nível de energia da dieta, recomenda-se a realização dos ajustes correspondentes para manter constante sua relação caloria: nutriente (ROSTAGNO et al., 2017).

Caso não seja realizado este ajuste haverá um desequilíbrio entre as exigências nutricionais e os nutrientes consumidos, visto que suínos com maior consumo de ração em dietas com menores conteúdos de energia poderão ingerir maior quantidade de proteína e outros nutrientes essenciais do que o necessário para suprir sua exigência. Por outro lado, efeitos indesejáveis também podem ocorrer para suínos que consomem pequenas quantidades

de ração com alto nível energético, pois poderá limitar o consumo de outros nutrientes (BERTECHINI, 2004).

A proteína é o nutriente mais frequentemente ajustado à medida que a densidade de energia é alterada. Dietas com desequilíbrio de aminoácidos podem levar a reduções acentuadas no consumo de ração e na taxa de crescimento dos animais, e dietas com excesso de aminoácidos resultam num gasto energético para sua metabolização, implicando em aumento do custo de produção aliado ao aumento na excreção de nitrogênio (GASPAROTTO et al., 2001).

As exigências de proteínas são baseadas no conceito de proteína ideal, que promove o balanço ideal de aminoácidos na dieta, provendo sem deficiências nem excessos as exigências de todos os aminoácidos necessários à perfeita manutenção e crescimento dos suínos. Aliado a essa proposta, utiliza-se a lisina como aminoácido referência na formulação da dieta, o que possibilita estimar a exigência de todos os aminoácidos quando sua exigência estiver estabelecida, mantendo a proporcionalidade entre todos os aminoácidos da dieta (BRUMANO & GATTÁS, 2009).

O aumento do nível de energia líquida mantendo a relação lisina digestível: energia líquida constante na dieta de suínos na fase de recria e terminação aumenta o consumo de aminoácidos e melhora o ganho de peso e a conversão alimentar, enquanto o aumento do nível de energia da dieta sem manter constante a relação com a lisina digestível melhora apenas a conversão alimentar. Aumentar a densidade energética sem manter a relação energia: lisina constante aumenta a deposição de gordura na carcaça, visto que os animais depositam o excesso de energia ingerida na carcaça e não há disponibilidade de aminoácidos suficiente para síntese proteica muscular, limitando o ganho de peso (MARÇAL, 2017).

Dessa forma, se a dieta for formulada com níveis de energia diferentes do estabelecido como exigência nutricional de acordo com a fase de produção, devem-se realizar os ajustes correspondentes para manter constante a relação nutriente: caloria (ROSTAGNO et al., 2017).

#### **1.4 Exigências nutricionais de energia líquida para suínos**

As exigências nutricionais dos suínos estão em constante atualização (Tabelas 1 e 2), visto que o melhoramento genético modifica o metabolismo por meio de mudanças na composição corporal dos suínos, que atualmente possuem mais músculos e menos gordura (ABCS, 2014).

Tabela 1. Recomendações da concentração de energia (Mcal kg<sup>-1</sup>) na dieta de suínos nas fases iniciais de crescimento de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos

Categoria	Rostagno et al. (2005)		Rostagno et al. (2011)		Rostagno et al. (2017)	
	EM	EL	EM	EL	EM	EL
<b>Leitões<sup>1</sup></b>						
3,5 a 5,3 kg	3,325	-	3,450	-	3,450	-
5,5 a 9,0 kg	3,325	-	3,400	-	3,400	2,520
9,3 a 15 kg	3,325	-	3,375	-	3,375	2,480
<b>Machos castrados<sup>2</sup></b>						
15 a 30 kg	3,230	-	3,230	-	3,350	2,470
30 a 50 kg	3,230	-	3,230	-	3,350	2,500
50 a 70 kg	3,230	-	3,230	-	3,350	2,540
<b>Fêmeas<sup>2</sup></b>						
15 a 30 kg	3,230	-	3,230	-	3,350	2,470
30 a 50 kg	3,230	-	3,230	-	3,350	2,500
50 a 70 kg	3,230	-	3,230	-	3,350	2,540
<b>Machos inteiros<sup>2</sup></b>						
15 a 30 kg	-	-	3,230	-	3,350	2,470
30 a 50 kg	-	-	3,230	-	3,350	2,500
50 a 70 kg	-	-	3,230	-	3,350	2,540

<sup>1</sup>Leitões de alto potencial genético na fase pré-inicial, machos castrados, fêmeas e machos inteiros.

<sup>2</sup>Exigências nutricionais para machos castrados, fêmeas e machos inteiros de alto potencial genético e desempenho superior.

Nas fases iniciais de crescimento pesquisas têm sido realizadas para definir o nível de energia que proporcione melhor desempenho aos leitões, entretanto, a maior parte utiliza o sistema de energia metabolizável (EM). O aumento dos níveis de EM em 3,40, 3,60 e 3,80 Mcal/kg não afeta o crescimento, o peso final, consumo, ganho médio diário e a eficiência alimentar dos leitões (VIEIRA et al., 2015).

Da mesma forma os níveis de EM de 3,25, 3,40, 3,55, 3,70 Mcal na dieta de leitões na fase inicial de crescimento, não resulta em aumento no consumo de ração diário, ganho médio diário e conversão alimentar (RIBEIRO et al., 2016).

Tabela 2. Recomendações da concentração de energia (Mcal kg<sup>-1</sup>) na dieta de suínos nas fases iniciais de crescimento de acordo com as tabelas internacionais

Categoria	NRC (2012)		FEDNA (2013)**	
	EM	EL	EM	EL
<b>Leitões*</b>				
5 a 7 kg	3,400	2,448	>3,290	>2,480
7 a 11 kg	3,400	2,448	3,285	>2,470
11 a 25 kg	3,350	2,412	3,280	2,460
25 a 50 kg	3,300	2,475	3,180	2,400
<b>Machos castrados</b>				
50 a 75 kg	3,300	2,475	3,175	2,400
<b>Fêmeas</b>				
50 a 75 kg	3,300	2,475	3,175	2,400
<b>Machos inteiros</b>				
50 a 75 kg	3,300	2,475	3,175	2,400

\* Gênero misto (proporção 1:1 de machos castrados e fêmeas) com desempenho médio-alto.

\*\* Fases do peso corporal: 5 aos 7 kg, 7 aos 12 kg, 12 aos 22 kg; 20 aos 60 kg e 60 aos 100 kg, dispostas de forma consecutiva. Recomendações para suínos em crescimento, normas gerais.

Em contrapartida, a utilização do plano nutricional de 3,40, 3,35, 3,30, 3,25 Mcal de EM/kg de ração nas fases dos 7 aos 10 kg, 10 aos 15 kg, 15 aos 20 kg, e 20 aos 30 kg, respectivamente, quando comparado a planos nutricionais com menores níveis de EM aumenta o consumo de ração diário, o ganho de peso diário, o peso final e melhora a conversão alimentar dos leitões (SILVA, 2018).

Nas fases de recria e terminação, pesquisas indicam que o aumento do nível de energia na dieta diminui o consumo de ração diário e melhora a eficiência alimentar dos suínos. Elevando o nível de EL da dieta de aproximadamente 1,94 Mcal/kg de ração para 2,75 Mcal/kg de ração há aumento no ganho de peso diário, diminuição no consumo de ração diário, aumento da eficiência alimentar e não há alteração na percentagem de carne magra de suínos dos 35 aos 110 kg (QUINIOU & NOBLET, 2012).

Resultados semelhantes foram obtidos com o aumento do nível de EL da dieta de 2,3 a 2,7 Mcal/kg de ração, com redução do consumo de ração e melhora na conversão alimentar de

suínos machos castrados e fêmeas dos 25 aos 100 kg. Todavia, os níveis mais altos de energia aumentaram a quantidade de gordura na carcaça (MARÇAL, 2017).

Na fase de terminação, o aumento do nível de EL na dieta de 2,30 a 2,80 Mcal/kg de dieta reduz o consumo de ração diário, consumo de lisina e proteína bruta e melhora a conversão alimentar, sem alterar o ganho de peso e as características de carcaça dos suínos (GONÇALVES et al., 2015).

A variação no ganho de peso e nas características de carcaça dos suínos em recria e terminação pode ocorrer em função da relação caloria: nutriente ser mantida constante ou não com o aumento dos níveis de energia, pois em dietas sem ajuste, os suínos irão depositar o excedente de energia como tecido adiposo, já que não estão recebendo suplementação suficiente de aminoácidos que permita a máxima expressão de seu potencial genético para ganho muscular.

Dessa forma, a escassez de pesquisas avaliando planos nutricionais de energia líquida que mantenham constante a relação caloria: nutriente nas fases iniciais de crescimento e de recria evidencia a necessidade de mais estudos que definam o nível de energia líquida que proporcione melhor lucratividade de acordo com a fase dos suínos.

Com os resultados obtidos no presente estudo, foram elaborados os artigos intitulados **“Planos de energia líquida para leitões dos 7 aos 30 kg”** e **“Níveis de energia líquida para suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg”**, redigidos conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia e com adaptações às normas para elaboração de teses do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal/FAMEZ/UFMS.

## REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Produção de Suínos: Teoria e Prática**. ABCS: Brasília, 2014. 908p.

ARNAIZ, V. et al. Efecto del peso al destete, temperatura ambiental y energía metabolizable del pienso en lechones recién destetados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.4, p.472-478, 2009.

BEAULIEU, A. D. et al. The effects of dietary energy concentration and site of weaning on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, v.84, n.5, p.1159-1168, 2006.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. Editora: Universidade Federal de Lavras/FAEPE. 2004. 450p.

BLACK, J.L. et al. **Metabolic regulation of feed intake in monogastric mammals**. p. 189-206. In: TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. Voluntary Feed Intake in Pigs. Wageningen Academic Publishers, 365p. 2009.

BLACK, J.L. et al. Simulation of energy and amino acid utilisation in the pig. **Research and Development in Agriculture**, v.3, n.3, p.121-145, 1986.

BRUMANO, G.; GATTÁS, G. Fatores que influenciam na exigência de lisina para suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.3, p.918-940, 2009.

CÁMARA, L. et al. Influence of net energy content of the diets on productive performance and carcass merit of gilts, boars and immunocastrated males slaughtered at 120 kg BW. **Meat Science**, v.98, p.773-780, 2014.

CÁMARA, L. et al. Growth performance and carcass quality of crossbreds pigs from two Pietrain sire lines fed isoproteic diets varying in energy concentration. **Meat Science**, v.114, p.69-74, 2016.

DONG, G. Z.; PLUSKE, J. R. The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.20, n.3, p.440-452, 2007.

DRACKLEY, J.K. **Lipid Metabolism**. p.97-98. In: D'MELLO, J. Farm animal metabolism and nutrition. CABI Publishing, Scottish Agricultural College, Edinburgh. 448p. 2000.

FEDNA – Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Necesidades nutricionales para ganado porcino normas Fedna. 2nd ed. 109p. 2013.

GASPAROTTO, L. F. et al. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1742-1749, 2001.

GONÇALVES, L.M.P. et al. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v.45, n.3, p.464-469, 2015.

LI, Q.; PATIENCE, J.F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.233, p.22–33, 2017.

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.

MARÇAL, D.A. et al. Dietary net energy for gilts from 25 to 100 kg body weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.47:e20170341, p.1-6, 2018.

MOYES, C.D. **Princípios de fisiologia animal**. 2ª edição, Porto Alegre: Artmed, 729p. 2010.

NOBLET, J. Recent Developments in Net Energy Research for Swine. **Advances in Pork Production**, v.18, p.149-156, 2007.

NRC - National Research Council. **Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals**. National Academy Press, Washington, US, 85p. 1987.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of swine**. National Academy Press, Washington, US, 11th ed, 2012.

ORESANYA, T.F. et al. Investigations of energy metabolism in weanling barrows: The interaction of dietary energy concentration and daily feed (energy) intake. **Journal of Animal Science**, v.86, p.348-363, 2008.

PEREIRA, L.D.M. et al. Metabolizable energy for piglets in the nursery phase submitted at activation of immune system. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1732-1737, 2011.

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

RIBEIRO, A.M.L. et al. Energy utilization of light and heavy weaned piglets subjected to different dietary energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.9, p.532-539, 2016.

RIEGEL, R.E. **Bioquímica dos lipídios**. p.177-193. In: Bioquímica. Unisinos, 547p. 2004.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG:UFV, 2005.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2011.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 4.ed. Viçosa, MG:UFV, 2017.

SAKOMURA, N.K. et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014. 678p.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2016. 262p.

SANTOS, L.S. et al. Fisiologia digestiva e nutrição pós desmame em leitões. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.13, n.1, 2016.

SILVA, J.L. **Planos nutricionais sequenciais de energia metabolizável para leitões dos 7 aos 30 kg**. 34 f. Dissertação. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

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.

TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. **Voluntary Feed Intake in Pigs**. Wageningen Academic Publishers, 365p. 2009.

VAN HEUGTEN, E. et al. **Feeding value of fat for Swine-Concepts and Practice**. In: Milk Specialties Global Conference, Pre-Conference to Minnesota Nutrition Conference. Minnesota. 2015.

VAN LUNEN, T.A.; COLE, D.J.A. The effect of dietary energy concentration and lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of young hybrid pigs. **Animal Science**, v.67, n.01, p.117-129, 1998.

VERUSSA, G.H. Uso de lipídios na nutrição de suínos. **Nutritime**, v.12, n.5, p.4288-4301, 2015.

VIEIRA, M.S. et al. Performance and body composition of light and heavy early-weaning piglets subject to different dietary energy levels. **Livestock Science**, v. 178, p.272-278, 2015.

WANG, F. et al. Apolipoprotein A-IV improves glucose homeostasis by enhancing insulin secretion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.109, n.24, p.9641-9646, 2012.

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.

## Planos de energia líquida para leitões dos 7 aos 30 kg

### RESUMO

Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar planos nutricionais de energia líquida (EL), mantendo a relação caloria: nutriente, no desempenho de leitões dos 7 aos 30 kg. Foram utilizados 60 leitões, machos castrados, com peso inicial de  $7,11 \pm 0,89$  kg e peso final de  $32,95 \pm 3,30$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco planos nutricionais com diferentes níveis de energia. Os planos nutricionais foram compostos por dois planos decrescentes A: 2,47-2,42-2,37-2,37-2,37 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; B: 2,52-2,47-2,42-2,37-2,37 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; e três planos constantes C: 2,37 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; D: 2,42 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração; E: 2,47 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração, dos 7 aos 10 kg, 10 aos 15 kg, 15 aos 20 kg; 20 aos 25 kg, e 25 aos 30 kg, respectivamente, com seis repetições e dois animais por unidade experimental. As variáveis de desempenho estudadas foram consumo de ração diário (CRD), energia líquida (CELD) e lisina digestível (CLD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), peso corporal final (PF), custo de ração por quilo de ganho de peso do leitão (R\$GP), índice de eficiência econômica (IEE) e escore fecal. Considerando o período experimental total, dos 7 aos 30 kg, não houve efeito do plano nutricional nas variáveis GPD, CA, R\$/kg de GP e IEE. O PF dos leitões pertencentes ao plano D foi superior ( $P < 0,05$ ) ao plano C, não diferindo dos demais planos nutricionais. Os leitões submetidos aos planos nutricionais A e D obtiveram maiores valores de CRD ( $P < 0,05$ ) comparados aos planos B, C e E. Os leitões pertencentes aos planos A, D e E apresentaram valores superiores ( $P < 0,05$ ) de CELD e CLD comparados aos planos B e C. O plano nutricional de EL não influenciou no escore fecal e na ocorrência de diarreia dos leitões. Recomenda-se o plano nutricional D contendo o nível constante 2,42 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração dos 7 aos 30 kg.

**Palavras-chave:** consumo de energia, creche, densidade nutricional, exigência nutricional leitões, nutrição de suínos, relação caloria: nutriente.

## Introdução

Devido à importância econômica que o componente energético tem na dieta dos suínos (Noblet, 2007), pesquisas têm sido realizadas buscando o nível ideal de energia que proporciona a maximização do desempenho de leitões (Beaulieu et al., 2006; Oresanya et al., 2008; Arnaiz et al., 2009; Pereira et al., 2011; Vieira et al., 2015; Ribeiro et al., 2016; Silva, 2018). Uma das estratégias que pode ser utilizada é a formulação baseada no sistema de energia líquida (EL), que possibilita a elaboração de dietas mais precisas no atendimento das exigências nutricionais, pois considera as diferenças no metabolismo dos nutrientes e descreve de forma mais precisa o real conteúdo de energia da dieta (Sakomura e Rostagno, 2016).

As Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos recomendam níveis decrescentes de energia líquida de acordo com a faixa de peso, de 2,52 Mcal kg<sup>-1</sup>, 2,48 Mcal kg<sup>-1</sup> e 2,47 Mcal kg<sup>-1</sup> dos 5,5 aos 9,0 kg, 9,3 aos 15 kg e dos 15 aos 30 kg, respectivamente (Rostagno et al., 2017). Por outro lado, o NRC (2012) recomenda níveis inferiores e com menor variação, de 2,448 Mcal kg<sup>-1</sup>, 2,448 Mcal kg<sup>-1</sup>, e 2,412 Mcal kg<sup>-1</sup> dos 5 aos 7 kg, dos 7 aos 11 kg e dos 11 aos 25 kg, respectivamente.

Devido à ineficiência da função digestiva dos leitões nas fases iniciais (Santos et al., 2016), existe a hipótese de que a utilização de níveis inferiores e fixos durante o período dos 7 aos 30 kg pode ser uma estratégia nutricional que permite a maximização do desempenho aliado a redução do custo de produção. Em virtude da ausência de pesquisas comparando planos nutricionais com a EL decrescente em relação a níveis de EL constantes na dieta de leitões, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar planos de EL na dieta no desempenho de suínos dos 7 aos 30 kg visando o estabelecimento de estratégias nutricionais que proporcionem a melhor lucratividade.

## Material e Métodos

Foram utilizados 60 suínos machos castrados, híbridos comerciais geneticamente similares, com 21 dias de idade e peso inicial de  $7,11 \pm 0,89$  kg e peso final de  $32,95 \pm 3,30$  kg. Os animais foram alojados em sala de creche, equipada com gaiolas suspensas, comedouros semi-automáticos, bebedouros automáticos tipo chupeta e aquecimento artificial.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco planos nutricionais com diferentes níveis energéticos de acordo com as faixas de peso (Tabela 3), com seis repetições e dois animais por unidade experimental. Adotou-se o peso inicial como critério para formação de blocos.

Tabela 3. Planos nutricionais de EL na dieta de leitões dos 7 aos 30 kg

Fase	Planos Nutricionais (Mcal kg <sup>-1</sup> de dieta)				
	A	B	C	D	E
7 aos 10 kg	2,47	2,52	2,37	2,42	2,47
10 aos 15 kg	2,42	2,47	2,37	2,42	2,47
15 aos 20 kg	2,37	2,42	2,37	2,42	2,47
20 aos 25 kg	2,37	2,37	2,37	2,42	2,47
25 aos 30 kg	2,37	2,37	2,37	2,42	2,47

As dietas experimentais (Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8) foram formuladas com base no conceito de proteína ideal para atender as exigências nutricionais de leitões de alto potencial genético (Rostagno et al., 2017). O aumento da concentração de EL entre as dietas dos planos nutricionais foi realizado por meio da inclusão de óleo de soja em substituição ao caulim. A relação caloria: nutriente foi mantida constante entre as dietas de cada fase (1,74, 1,83, 1,97, 1,97 e 1,97 EL:LD) por meio da inclusão de aminoácidos industriais, calcário calcítico e fosfato bicálcico em substituição ao caulim.

As rações e a água foram fornecidas à vontade aos animais durante o período experimental. O desperdício de ração foi coletado e somado às sobras dos comedouros ao final de cada fase experimental, para determinar os consumos diários de ração, de energia líquida e de lisina digestível.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas por meio de termômetro de máxima e mínima e termômetro digital portátil (modelo ITWTG 2000), a partir do qual foram registradas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e a umidade relativa do ar diariamente às 08 e às 16 h, em seis pontos à altura do dorso dos animais. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado por meio de equação proposta por Buffington et al. (1981).

Foram avaliadas variáveis de desempenho, escore fecal e análise econômica dos planos nutricionais. As variáveis de desempenho analisadas foram consumo de ração diário (CRD), consumo de energia líquida (CELD), consumo de lisina digestível (CLD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA) e peso corporal final (PF). O consumo de ração foi determinado a partir da subtração da ração fornecida e dos desperdícios coletados. Os CELD e CLD foram obtidos com a multiplicação do consumo de ração no período pelos respectivos conteúdos em cada dieta. Posteriormente, o resultado obtido para a fase foi acumulado aos obtidos nas fases anteriores, por meio da média ponderada do desempenho da fase multiplicado pelo número de dias da fase, e o resultado dividido pelos dias totais acumulados.

Os leitões foram pesados em balança eletrônica ao início e término de cada fase do período experimental para a determinação do ganho de peso. A conversão alimentar foi obtida por meio da divisão do consumo de ração pelo ganho de peso da fase. O GPD e a CA foram calculados de forma acumulada considerando os resultados obtidos nas fases anteriores da mesma forma que as demais variáveis de desempenho. Para melhor entendimento dos

resultados obtidos, foi calculada a energia líquida média (ELM), que considera a média da EL das dietas no período avaliado.

Tabela 4. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 7 aos 10 kg

Ingrediente (%)	Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta			
	2,37	2,42	2,47	2,52
Milho (7,88%)	56,88			
Farelo de soja (46,5%)	21,16			
Soro de leite em pó integral	10,00			
Plasma sanguíneo	5,00			
Caulim	2,400 - 1,590 - 0,781 - 0,000			
Óleo de soja	0,514 - 1,162 - 1,810 - 2,431			
Fosfato bicálcico	2,009 - 2,081 - 2,153 - 2,225			
Calcário calcítico	0,894 - 0,906 - 0,915 - 0,924			
L-Lisina HCl	0,410 - 0,446 - 0,483 - 0,521			
L-Treonina	0,186 - 0,206 - 0,227 - 0,248			
DL-Metionina	0,172 - 0,188 - 0,204 - 0,220			
L-Triptofano	0,032 - 0,037 - 0,043 - 0,048			
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100			
Halquinol	0,100			
Probiótico	0,100			
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050			
Composição nutricional <sup>3</sup>				
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,201 - 3,259 - 3,316 - 3,372			
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,370 - 2,420 - 2,470 - 2,520			
Cálcio, %	1,004 - 1,026 - 1,047 - 1,068			
Fósforo digestível, %	0,481 - 0,491 - 0,501 - 0,511			
Proteína bruta, %	19,75 - 19,81 - 19,87 - 19,94			
Lisina digestível, %	1,365 - 1,393 - 1,422 - 1,451			
Met+cist digestível, %	0,765 - 0,781 - 0,797 - 0,813			
Treonina digestível, %	0,914 - 0,933 - 0,953 - 0,972			
Triptofano digestível, %	0,260 - 0,265 - 0,271 - 0,276			
Sódio, %	0,251			

<sup>1</sup>Conteúdo por quilograma de ração: vit. A- 1.250.000UI; vit. D<sub>3</sub> - 250.000UI; vit. E - 6.250UI; vit. K<sub>3</sub> - 750mg; vit. B<sub>1</sub> - 375mg; vit. B<sub>2</sub> - 1.000mg; ; vit. B<sub>6</sub> - 375mg; vit. B<sub>12</sub> - 4.500mg; ácido pantotênico - 2.300mg ácido fólico - 125mg;

<sup>2</sup>Conteúdo por quilograma de produto: Ferro - 25mg; cobre - 3.750mg; manganês - 12,5g; zinco - 31,25g; iodo- 250mg; selênio - 75mg e veículo q.s.p. - 1.000g.

<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

Tabela 5. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 10 aos 15 kg

Ingrediente (%)	Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta
	2,37 - 2,42 - 2,47
Milho (7,88%)	60,63
Farelo de soja (46,5%)	25,16
Soro de leite em pó integral	5,00
Plasma sanguíneo	3,00
Caulim	2,686 - 1,885 - 1,085
Óleo de soja	0,000 - 0,649 - 1,298
Fosfato bicálcico	1,972 - 2,044 - 2,109
Calcário calcítico	0,797 - 0,800 - 0,811
L-Lisina HCl	0,365 - 0,400 - 0,435
L-Treonina	0,170 - 0,190 - 0,209
DL-Metionina	0,139 - 0,156 - 0,171
L-Triptofano	0,020 - 0,026 - 0,032
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Halquinol	0,100
Probiótico	0,100
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050
Sal comum	0,213
Composição nutricional <sup>3</sup>	
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,188 - 3,246 - 3,303
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,370 - 2,420 - 2,470
Cálcio, %	0,934 - 0,953 - 0,973
Fósforo digestível, %	0,447 - 0,457 - 0,466
Proteína bruta, %	20,00 - 20,06 - 20,12
Lisina digestível, %	1,292 - 1,319 - 1,346
Met+cist digestível, %	0,723 - 0,739 - 0,754
Treonina digestível, %	0,865 - 0,884 - 0,902
Triptofano digestível, %	0,245 - 0,251 - 0,256
Sódio, %	0,219

<sup>1</sup>Conteúdo por quilograma de ração: vit. A- 1.250.000UI; vit. D<sub>3</sub> – 250.000UI; vit. E – 6.250UI; vit. K<sub>3</sub> – 750mg; vit. B<sub>1</sub> – 375mg; vit. B<sub>2</sub> – 1.000mg; ; vit. B<sub>6</sub> – 375mg; vit. B<sub>12</sub> – 4.500 mg; ácido pantotênico – 2.300mg ácido fólico – 125mg;

<sup>2</sup>Conteúdo por quilograma de produto: Ferro – 25mg; cobre – 3.750mg; manganês – 12,5g; zinco – 31,25g; iodo- 250mg; selênio – 75mg e veículo q.s.p. – 1.000g.

<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

Tabela 6. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 15 aos 20 kg

Ingrediente (%)	Dietas (Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta)
	2,37 - 2,42 - 2,47
Milho (7,88%)	69,66
Farelo de soja (46,5%)	21,16
Plasma sanguíneo	2,000
Caulim	2,986 - 2,192 - 1,401
Óleo de soja	0,000 - 0,649 - 1,301
Fosfato bicálcico	1,884 - 1,941 - 2,006
Calcário calcítico	0,751 - 0,761 - 0,767
L-Lisina HCl	0,520 - 0,553 - 0,585
L-Treonina	0,209 - 0,227 - 0,243
DL-Metionina	0,178 - 0,193 - 0,207
L-Triptofano	0,045 - 0,050 - 0,055
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Halquinol	0,100
Probiótico	0,050
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050
Sal comum	0,313
<b>Composição nutricional<sup>3</sup></b>	
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,146 - 3,203 - 3,260
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,370 - 2,420 - 2,470
Cálcio, %	0,843 - 0,861 - 0,879
Fósforo digestível, %	0,404 - 0,412 - 0,421
Proteína bruta, %	17,50 - 17,56 - 17,61
Lisina digestível, %	1,200 - 1,226 - 1,251
Met+cist digestível, %	0,684 - 0,699 - 0,713
Treonina digestível, %	0,780 - 0,797 - 0,813
Triptofano digestível, %	0,228 - 0,233 - 0,238
Sódio, %	0,205

<sup>1</sup>Conteúdo por quilograma de ração: vit. A- 1.250.000UI; vit. D<sub>3</sub> - 250.000UI; vit. E - 6.250UI; vit. K<sub>3</sub> - 750mg; vit. B<sub>1</sub> - 375mg; vit. B<sub>2</sub> - 1.000mg; ; vit. B<sub>6</sub> - 375mg; vit. B<sub>12</sub> - 4.500 mg; ácido pantotênico - 2.300mg ácido fólico - 125mg;

<sup>2</sup>Conteúdo por quilograma de produto: Ferro - 25mg; cobre - 3.750mg; manganês - 12,5g; zinco - 31,25g; iodo- 250mg; selênio - 75mg e veículo q.s.p. - 1.000g.

<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

Tabela 7. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 20 aos 25 kg

Ingrediente (%)	Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta
	2,37 - 2,42 - 2,47
Milho (7,88%)	68,91
Farelo de soja (46,5%)	24,14
Caulim	2,477 - 1,687 - 0,896
Óleo de soja	0,000 - 0,651 - 1,303
Fosfato bicálcico	1,892 - 1,950 - 2,015
Calcário calcítico	0,727 - 0,738 - 0,743
L-Lisina HCl	0,582 - 0,615 - 0,647
L-Treonina	0,248 - 0,266 - 0,283
DL-Metionina	0,202 - 0,218 - 0,232
L-Triptofano	0,052 - 0,057 - 0,062
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Halquinol	0,100
Probiótico	0,050
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050
Sal comum	0,470
<b>Composição nutricional<sup>3</sup></b>	
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,148 - 3,205 - 3,263
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,370 - 2,420 - 2,470
Cálcio, %	0,843 - 0,861 - 0,879
Fósforo digestível, %	0,404 - 0,412 - 0,421
Proteína bruta, %	17,50 - 17,56 - 17,61
Lisina digestível, %	1,200 - 1,226 - 1,251
Met+cist digestível, %	0,684 - 0,699 - 0,713
Treonina digestível, %	0,780 - 0,797 - 0,813
Triptofano digestível, %	0,228 - 0,233 - 0,238
Sódio, %	0,205

<sup>1</sup>Conteúdo por quilograma de ração: vit. A- 1.250.000UI; vit. D<sub>3</sub> – 250.000UI; vit. E – 6.250UI; vit. K<sub>3</sub> – 750mg; vit. B<sub>1</sub> – 375mg; vit. B<sub>2</sub> – 1.000mg; ; vit. B<sub>6</sub> – 375mg; vit. B<sub>12</sub> – 4.500 mg; ácido pantotênico – 2.300mg ácido fólico – 125mg;

<sup>2</sup>Conteúdo por quilograma de produto: Ferro – 25mg; cobre – 3.750mg; manganês – 12,5g; zinco – 31,25g; iodo- 250mg; selênio – 75mg e veículo q.s.p. – 1.000g.

<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

Tabela 8. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 25 aos 30 kg

Ingrediente (%)	Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta
	2,37 - 2,42 - 2,47
Milho (7,88%)	68,91
Farelo de soja (46,5%)	24,14
Caulim	2,477 - 1,687 - 0,896
Óleo de soja	0,000 - 0,651 - 1,303
Fosfato bicálcico	1,892 - 1,950 - 2,015
Calcário calcítico	0,727 - 0,738 - 0,743
L-Lisina HCl	0,582 - 0,615 - 0,647
L-Treonina	0,248 - 0,266 - 0,283
DL-Metionina	0,202 - 0,218 - 0,232
L-Triptofano	0,052 - 0,057 - 0,062
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Halquinol	0,100
Probiótico	0,050
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050
Sal comum	0,470
Composição nutricional <sup>3</sup>	
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,148 - 3,205 - 3,263
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,370 - 2,420 - 2,470
Cálcio, %	0,843 - 0,861 - 0,879
Fósforo digestível, %	0,404 - 0,412 - 0,421
Proteína bruta, %	17,50 - 17,56 - 17,61
Lisina digestível, %	1,200 - 1,226 - 1,251
Met+cist digestível, %	0,684 - 0,699 - 0,713
Treonina digestível, %	0,780 - 0,797 - 0,813
Triptofano digestível, %	0,228 - 0,233 - 0,238
Sódio, %	0,205

<sup>1</sup>Conteúdo por quilograma de ração: vit. A- 1.250.000UI; vit. D<sub>3</sub> - 250.000UI; vit. E - 6.250UI; vit. K<sub>3</sub> - 750mg; vit. B<sub>1</sub> - 375mg; vit. B<sub>2</sub> - 1.000mg; ; vit. B<sub>6</sub> - 375mg; vit. B<sub>12</sub> - 4.500 mg; ácido pantotênico - 2.300mg ácido fólico - 125mg;

<sup>2</sup>Conteúdo por quilograma de produto: Ferro - 25mg; cobre - 3.750mg; manganês - 12,5g; zinco - 31,25g; iodo- 250mg; selênio - 75mg e veículo q.s.p. - 1.000g.

<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

Foi realizada análise econômica das dietas por meio da equação adaptada de Bellaver et al. (1985):  $Y_i = (Q_i \times P_i) / G_i$ , em que  $Y_i$  = custo da ração por quilograma de massa do leitão ganho no  $i$ -ésimo tratamento;  $Q_i$  = quantidade de ração consumida no  $i$ -ésimo tratamento;  $P_i$  = preço por quilograma de ração utilizada no  $i$ -ésimo tratamento; e  $G_i$  = ganho de Massa dos leitões no  $i$ -ésimo tratamento. Calculou-se o Índice de Eficiência Econômica (IEE), conforme a equação adaptada de Fialho et al. (1992):  $IEE = (MC_{ei}/CT_{ei}) / 100$ , onde  $MC_{ei}$  = menor custo da ração por quilograma ganho,  $CT_{ei}$  = Custo do tratamento  $i$  considerado. Os cálculos para custo da ração foram baseados no valor de aquisição dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (Tabela 9).

Tabela 9. Preço (R\$) por quilo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ingredientes	Preço/kg
Milho	0,48
Farelo de soja	1,60
Soro de leite em pó integral	8,00
Plasma sanguíneo	15,00
Óleo de soja	2,00
Fosfato bicálcico	2,50
Calcário calcítico	0,40
Sal comum	0,30
Premix vitamínico	9,50
Premix mineral	6,50
L-Lisina HCL	9,17
DL-Metionina	12,22
L-Treonina	7,94
L-Triptofano	49,50
Probiótico	15,00
Halquinol	60,00
Caulim	0,15

O escore fecal dos suínos foi mensurado por meio de avaliação visual diária, manhã e tarde, com escores variando de 0 a 3 para cada animal: 0 = fezes sólidas; 1= fezes pastosas; 2 = fezes líquidas/pastosas; 3 = fezes líquidas. Os escores 2 e 3 indicaram a ocorrência de diarreia. Ao longo do período experimental, todos os leitões diagnosticados com diarreia foram medicados com antimicrobianos à base de amoxicilina, sulfadoxina e trimetoprima.

Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância pelo procedimento do modelo linear geral a 5% de significância, análise de contrastes comparando planos com níveis de EL decrescentes (A e B) e constantes (C, D e E) e ao teste de Student Newman Keuls para comparação de médias, com o programa estatístico SAS, versão University, Para análise do escore fecal foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com o programa estatístico Bioestat, versão 5.3.

## **Resultados**

A temperatura ambiental média verificada durante o período experimental foi de  $26,5 \pm 2,7^\circ\text{C}$ , com umidade relativa de  $77,9 \pm 12,8\%$ , temperatura de globo negro de  $26,4 \pm 2,8^\circ\text{C}$  e ITGU de  $76 \pm 3,8$ . As variáveis de desempenho foram submetidas à análise de contrastes, comparando os planos nutricionais em que a EL decrescia (A e B) e os que foram mantidos constantes no período experimental total (C, D e E). Todavia, não foram verificadas diferenças entre os níveis decrescentes e constantes para as variáveis analisadas, sendo realizado o teste de comparação de médias para verificar qual o plano nutricional indicado.

Na fase inicial dos 7 aos 10 kg, não foram verificadas diferenças para as variáveis PF, GPD, CRD, CELD e CLD, todavia, a CA dos leitões submetidos ao plano nutricional C foi melhor ( $p < 0,05$ ) comparado ao plano nutricional B (Tabela 10). Não houve diferença nas variáveis de desempenho durante o período de 7 a 15 kg.

Tabela 10. Desempenho de leitões alimentados com planos nutricionais de EL (Mcal kg<sup>-1</sup> de ração) dos 7 aos 30 kg

Variáveis	Planos nutricionais de EL					CV, %	Valor P
	A	B	C	D	E		
7 aos 10 kg							
ELM, Mcal	2,47	2,52	2,37	2,42	2,47	-	-
PI, kg	7,11	7,03	7,07	7,12	7,04	6,87	0,336
PF, kg	9,98	9,79	10,17	10,14	10,10	8,00	0,484
GPD, kg	0,270	0,260	0,302	0,287	0,293	16,26	0,672
CRD, kg	0,345	0,347	0,360	0,382	0,380	12,64	0,223
CA	1,295 <sup>ab</sup>	1,367 <sup>b</sup>	1,204 <sup>a</sup>	1,317 <sup>ab</sup>	1,300 <sup>ab</sup>	6,88	0,013
CELD, Mcal	0,848	0,874	0,853	0,919	0,932	12,58	0,232
CLD, g	4,881	5,035	4,912	5,293	5,368	12,60	0,233
7 aos 15 kg							
ELM, Mcal	2,45	2,50	2,37	2,42	2,47	-	-
PF, kg	14,72	14,23	14,66	14,77	14,60	7,54	0,335
GPD, kg	0,39	0,37	0,405	0,405	0,402	10,82	0,669
CRD, kg	0,512	0,484	0,500	0,513	0,503	9,19	0,347
CA	1,315	1,308	1,235	1,272	1,268	4,63	0,286
CELD, Mcal	1,249	1,206	1,185	1,242	1,243	9,22	0,279
CLD, g	6,949	6,718	6,605	6,927	6,932	9,27	0,289
7 aos 20kg							
ELM, Mcal	2,42	2,47	2,37	2,42	2,47	-	-
PF, kg	19,64	19,30	20,10	20,56	19,95	6,92	0,321
GPD, kg	0,437	0,426	0,445	0,461	0,443	8,10	0,383
CRD, kg	0,636	0,614	0,636	0,663	0,616	7,13	0,065
CA	1,461	1,444	1,426	1,432	1,396	4,01	0,251
CELD, Mcal	1,532 <sup>b</sup>	1,508 <sup>b</sup>	1,507 <sup>b</sup>	1,605 <sup>a</sup>	1,521 <sup>b</sup>	7,13	0,049
CLD, g	7,844	7,709	7,650	8,150	7,768	7,23	0,060
7 aos 25 kg							
ELM, Mcal	2,41	2,45	2,37	2,42	2,47	-	-
PF, kg	24,62	24,20	24,34	25,04	24,61	5,56	0,226
GPD, kg	0,481	0,473	0,483	0,499	0,490	6,05	0,304
CRD, kg	0,724 <sup>ab</sup>	0,698 <sup>b</sup>	0,711 <sup>b</sup>	0,755 <sup>a</sup>	0,710 <sup>b</sup>	6,52	0,029
CA	1,506	1,478	1,466	1,506	1,448	3,61	0,124
CELD, Mcal	1,734 <sup>ab</sup>	1,697 <sup>b</sup>	1,686 <sup>b</sup>	1,827 <sup>a</sup>	1,753 <sup>ab</sup>	6,47	0,012
CLD, g	8,846 <sup>ab</sup>	8,643 <sup>b</sup>	8,546 <sup>b</sup>	9,267 <sup>a</sup>	8,922 <sup>ab</sup>	6,50	0,013
7 aos 30 kg							
ELM, Mcal	2,40	2,43	2,37	2,42	2,47	-	-
PF, kg	32,43 <sup>ab</sup>	32,33 <sup>ab</sup>	31,49 <sup>b</sup>	32,75 <sup>a</sup>	32,35 <sup>ab</sup>	2,83	0,013
GPD, kg	0,566	0,544	0,548	0,566	0,560	4,77	0,069
CRD, kg	0,901 <sup>a</sup>	0,853 <sup>b</sup>	0,852 <sup>b</sup>	0,892 <sup>a</sup>	0,863 <sup>b</sup>	5,90	0,020
CA	1,593	1,571	1,554	1,571	1,543	3,49	0,353
CELD, Mcal	2,149 <sup>a</sup>	2,054 <sup>b</sup>	2,020 <sup>b</sup>	2,159 <sup>a</sup>	2,132 <sup>a</sup>	5,85	0,011
CLD, g	10,930 <sup>a</sup>	10,437 <sup>b</sup>	10,230 <sup>b</sup>	10,940 <sup>a</sup>	10,829 <sup>a</sup>	5,85	0,011
R\$/kg de GP	0,869	0,873	0,869	0,856	0,861	5,55	0,596
IEE, %	91,60	91,27	91,55	92,73	92,01	5,50	0,615

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05).

Planos nutricionais: A: 2,47-2,42-2,37-2,37-2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; B: 2,52-2,47-2,42-2,37-2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; C: 2,37-2,37-2,37-2,37-2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; D: 2,42-2,42-2,42-2,42-2,42 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; E: 2,47-2,47-2,47-2,47-2,47 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração.

PI = Peso inicial; PF = Peso final; CRD = Consumo de ração diário; GPD = Ganho de peso diário; CA = Conversão alimentar; CELD = Consumo de energia líquida diário; CLD = Consumo de lisina digestível diário; R\$/kg de GP = custo da ração por quilo de ganho de peso do leitão; IEE= índice de eficiência econômica; ELM = energia líquida média no período.

Na fase dos 7 aos 20 kg, não houve efeito dos planos nutricionais para PF, GPD, CRD, CA e CLD, todavia, mesmo sem efeito significativo o CRD teve influência no resultado de CELD. Os leitões submetidos ao plano nutricional D apresentaram maior ( $P<0,05$ ) CELD comparado aos leitões submetidos aos demais planos nutricionais, seguindo a tendência numérica do CRD (Figura 1).

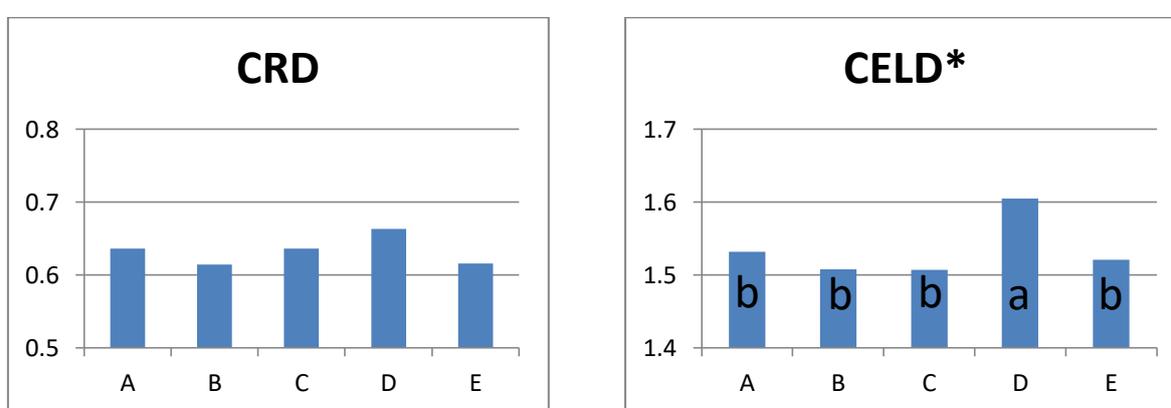


Figura 1. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida<sup>1</sup> no consumo de ração diário (CRD, kg) e no consumo de energia líquida diário (CELD, Mcal) de leitões na fase dos 7 aos 20 kg.

<sup>1</sup>Energia Líquida Média (ELM, Mcal) dos planos nutricionais na fase dos 7 aos 20 kg: A=2,42; B=2,47; C=2,37; D=2,42; E=2,47. \*Letras distintas inseridas no interior das colunas diferem entre si pelo teste de SNK ( $P<0,05$ ).

Na fase seguinte, dos 7 aos 25 kg, o CRD segue a tendência do período anterior, maior ( $p<0,05$ ) para o plano nutricional D comparado aos planos B, C e E, entretanto, sem diferença em relação ao plano nutricional A, que também não diferiu dos planos B, C e E (Figura 2). Infere-se que nesse período, o nível intermediário de ELM do plano D proporcionou melhor resultado de CRD comparado aos planos nutricionais com ELM maior (E e B) e ELM menor (C).

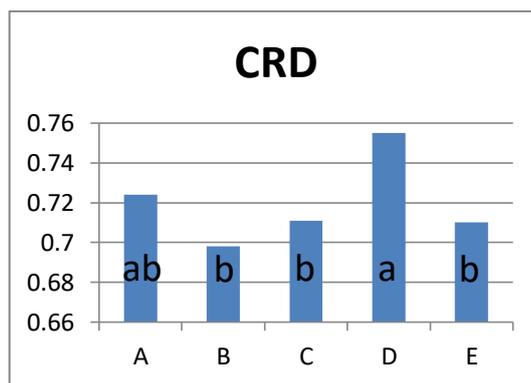


Figura 2. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida<sup>1</sup> no consumo de ração diário (CRD, kg) de leitões na fase dos 7 aos 25 kg.

<sup>1</sup>Energia Líquida Média (ELM, Mcal) dos planos nutricionais na fase dos 7 aos 25 kg: A=2,41; B=2,45; C=2,37; D=2,42; E=2,47. Letras distintas inseridas no interior das colunas diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05).

Ainda nesse período, o CRD influenciou os resultados de CELD e CLD em maior proporção em relação à ELM dos planos nutricionais (Figura 3). O baixo CRD dos leitões submetidos aos planos B e C resultou em menor CELD e CLD comparado ao plano D. O plano nutricional E, apesar do CRD baixo, apresentou valores intermediários de CELD e CLD devido a maior ELM, não diferindo dos demais planos. Resultado semelhante ao apresentado pelos leitões do plano nutricional A, com ELM e CRD intermediários, o que resultou em efeito semelhante de CELD e CLD em relação aos planos B, C, D e E.

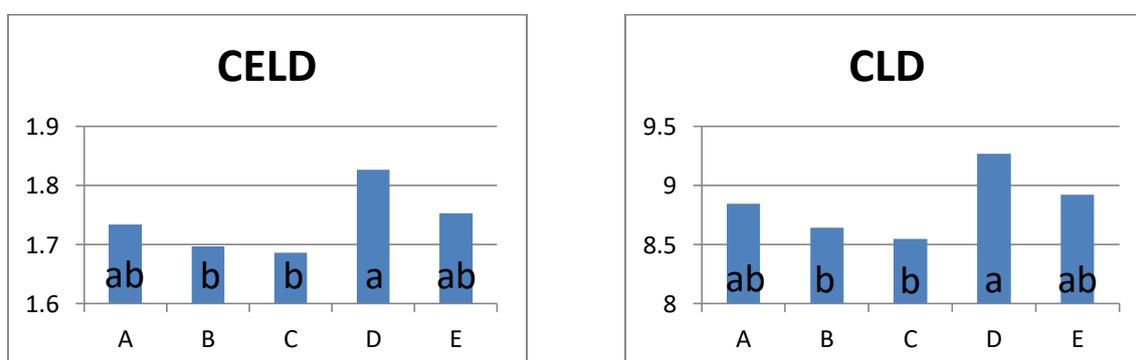


Figura 3. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida<sup>1</sup> no consumo de energia líquida diário (CELD, kg) e no consumo de lisina diário (CLD, g) de leitões na fase dos 7 aos 25 kg.

<sup>1</sup>Energia Líquida Média (ELM, Mcal) dos planos nutricionais na fase dos 7 aos 25 kg: A=2,41; B=2,45; C=2,37; D=2,42; E=2,47. \*Letras distintas inseridas no interior das colunas diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05).

Considerando o período experimental total (7 aos 30 kg), não houve efeito do plano nutricional nas variáveis GPD, CA, R\$/kg de GP e IEE. O PF dos leitões submetidos ao plano nutricional D foi superior ao C, enquanto os leitões alimentados com os planos A, B e E não apresentaram diferença comparados aos dos planos D e C (Figura 4). Esse resultado pode ser explicado considerando o CELD e CLD, visto que os leitões alimentados com o plano nutricional D apresentaram o maior valor de CELD e CLD, enquanto os leitões submetidos ao plano nutricional C apresentaram valor mínimo para essas variáveis no presente estudo.

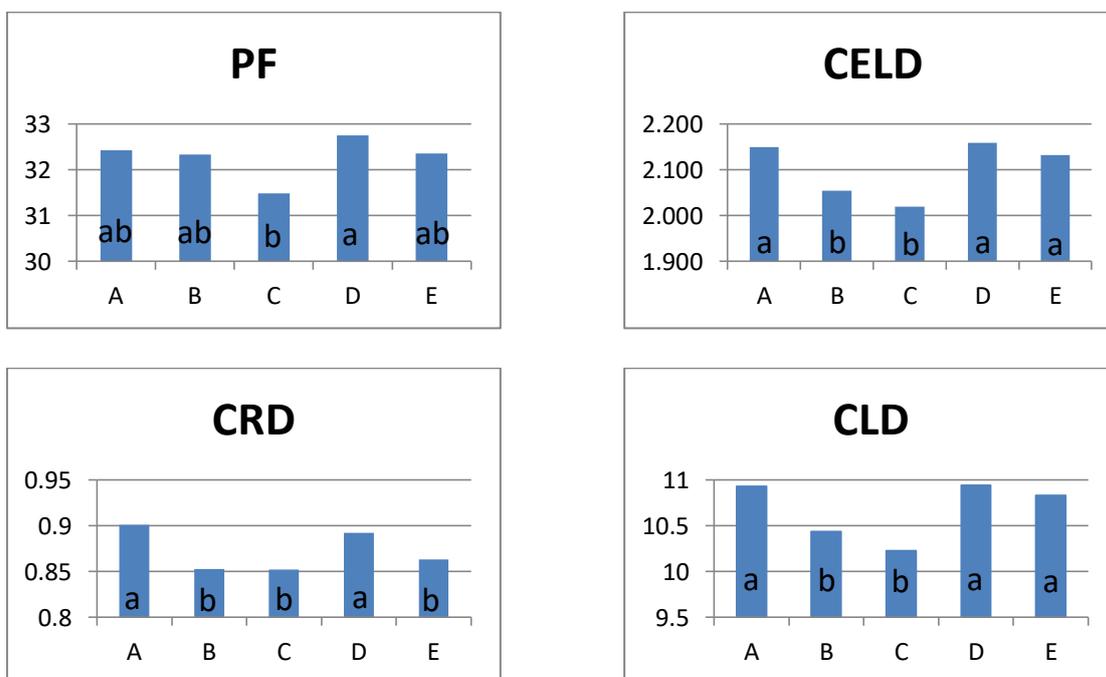


Figura 4. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida<sup>1</sup> no peso corporal final (PF, kg), consumo de energia líquida diário (CELD, kg), consumo de ração diário (CRD, kg) e no consumo de lisina diário (CLD, g) de leitões na fase dos 7 aos 30 kg.

<sup>1</sup>Energia Líquida Média (ELM, Mcal) dos planos nutricionais na fase dos 7 aos 25 kg: A=2,40; B=2,43; C=2,37; D=2,42; E=2,47. Letras distintas inseridas no interior das colunas diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05).

O CELD dos leitões submetidos aos planos nutricionais A, D e E foram superiores ao B e C. Resultado semelhante ao obtido para CRD, em que os planos com ELM intermediários

(A e D) apresentaram valores superiores comparados ao nível mais baixo (C) e aos níveis mais altos (B e E). No plano nutricional E, apesar do CRD baixo, os resultados de CELD e CLD se mantiveram entre os maiores devido a ELM elevada durante todo período experimental.

Não houve efeito na frequência dos escores 0, 1, 2 e 3 dos leitões submetidos aos planos nutricionais de EL. A média dos escores fecais dos leitões foi de 1,23; 1,18; 1,02; 1,25 e 0,92 para os planos nutricionais A, B, C, D e E, respectivamente, considerando o período experimental total (Figura 5). De acordo com os resultados, a variação na concentração de energia líquida na dieta, e, portanto, de óleo de soja, não foi suficiente para acarretar diarreia nos leitões, uma vez que todos planos nutricionais apresentaram escore médio próximos de 1.

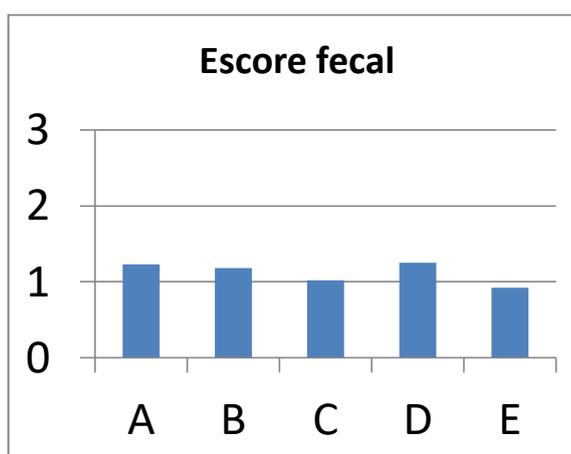


Figura 5. Efeito dos planos nutricionais de energia líquida<sup>1</sup> no escore fecal.

<sup>1</sup>Planos nutricionais: A: 2,47-2,42-2,37-2,37-2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; B: 2,52-2,47-2,42-2,37-2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; C: 2,37-2,37-2,37-2,37-2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; D: 2,42-2,42-2,42-2,42-2,42 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração; E: 2,47-2,47-2,47-2,47-2,47 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração.

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, infere-se que o melhor plano a ser recomendado é o plano contendo a densidade energética intermediária e constante (plano nutricional D) considerando o maior PF dos leitões e os melhores resultados de custo de ração

por ganho do leitão e índice de eficiência econômica, mesmo que as variáveis econômicas não tenham diferido estatisticamente entre os planos nutricionais.

### **Discussão**

Há evidências na literatura de que leitões nas fases iniciais de crescimento não conseguem regular de forma eficiente o consumo de ração em função da concentração de energia da dieta devido a reduzida capacidade física do trato gastrointestinal (Black et al., 1986; NRC, 1987), o que justifica a ausência de efeito dos planos nutricionais na maioria das variáveis de desempenho até os 25 kg. O aumento do nível de óleo de 0,514% (plano nutricional C) para 2,431% (plano nutricional B) pode ter afetado a CA dos leitões devido a menor atividade da enzima pancreática lipase e dos sais biliares na fase pós-desmame (Sbardella, 2011), piorando a CA dos leitões submetidos ao plano de maior densidade energética (B = 2,52 Mcal de EL kg<sup>-1</sup>) comparado ao de menor densidade energética (C = 2,37 Mcal de EL kg<sup>-1</sup>).

A partir dos 20 kg, ocorre o início do processo de regulação do consumo de ração em função da concentração de energia da dieta (Black et al., 1986), o que explicaria porque os níveis com ELM superiores obtiveram menores valores de CRD comparado aos níveis intermediários. Corroborando essa hipótese, Beaulieu et al. (2006) e Pereira et al. (2011) verificaram que o aumento na concentração de energia na dieta promoveu redução na ingestão de ração dos leitões.

Entretanto, nos planos nutricionais com níveis inferiores de ELM a palatabilidade pode ter sido diminuída pela menor inclusão de óleo de soja, visto que o aumento na inclusão de lipídios melhora a palatabilidade da dieta dos suínos (Verussa, 2015). Dessa forma, menores níveis de ELM podem ter afetado negativamente o CRD, justificando o fato dos

leitões submetidos a esses planos nutricionais terem valores menores de CRD comparados aos leitões alimentados com os planos intermediários.

O efeito do maior PF nos leitões do plano nutricional D se deve ao fato de ter sido realizado ajuste da relação caloria: nutriente nas dietas, dessa forma o aumento da ingestão de energia líquida foi acompanhado do aumento da ingestão de lisina digestível (Marçal, 2017), o que resultou em efeitos positivos no peso final, visto que os leitões submetidos a esse plano nutricional tiveram maior aporte de energia e aminoácidos para síntese proteica. Em contrapartida, os leitões submetidos ao plano C apresentaram pior PF, provavelmente devido ao menor consumo de energia líquida e lisina digestível.

Pesquisas têm sido realizadas para definir o nível de energia que proporcione melhor desempenho aos leitões, entretanto, a maior parte utiliza o sistema de energia metabolizável (EM) e apresentam resultados variáveis. O aumento dos níveis de EM em 3,40, 3,60 e 3,80 Mcal/kg não afeta o crescimento, o peso final, consumo, ganho médio diário e a eficiência alimentar dos leitões (Vieira et al., 2015). Da mesma forma, os níveis de EM de 3,25, 3,40, 3,55, 3,70 Mcal na dieta de leitões na fase inicial de crescimento, não resulta em aumento no consumo de ração diário, ganho médio diário e conversão alimentar (Ribeiro et al., 2016).

Em contrapartida, a utilização do plano nutricional de 3,40, 3,35, 3,30, 3,25 Mcal de EM/kg de ração nas fases dos 7 aos 10 kg, 10 aos 15 kg, 15 aos 20 kg, e 20 aos 30 kg, respectivamente, quando comparado a planos nutricionais com menores níveis de EM aumenta o consumo de ração diário, o ganho de peso diário, o peso final e melhora a conversão alimentar dos leitões (Silva, 2018).

No presente estudo, o plano nutricional D (nível constante de 2,42 Mcal de EL kg<sup>-1</sup>), considerado ideal para leitões dos 7 aos 30 kg, sugere níveis abaixo das recomendações de 2,52; 2,48 e 2,47 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> para leitões dos 7 aos 30 kg de Rostagno et al. (2017) e 2,47; 2,46 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> para leitões dos 7 aos 22 kg de Fedna (2013), mas próximo aos

níveis 2,45; 2,41 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> recomendados para leitões dos 5 aos 25 kg pelo NRC (2012).

### **Conclusão**

Recomenda-se o plano nutricional D contendo o nível constante 2,42 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração dos 7 aos 30 kg.

### **Comissão de ética no uso de animais**

Pesquisa aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob protocolo nº 2018-957/UFMS.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### **Referências**

- Arnaiz, V., Ribeiro, A. M., Kessler, A. M., Raber, M. and Kuana, S. 2009. Efecto del peso al destete, temperatura ambiental y energía metabolizable del pienso en lechones recién destetados. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 4:472-478.
- Beaulieu, A. D., Levesque, C. L. and Patience, J. F. 2006. The effects of dietary energy concentration and weaning site on weanling pig performance. *Journal of animal science*, 84:1159-1168.
- Bellaver, C., Fialho, E. T., Protas, J. F. S., and Gomes, P. C. 1985. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 20:969-974.

- Black, J. L., Campbell, R. G., Williams, I. H., James, K. J. and Davies, G. T. 1986. Simulation of energy and amino acid utilisation in the pig. *Research and Development in Agriculture*, 3:121-145.
- Buffington, D.E; Collazo-Arocho, A; Canton, G.H.; Pitt, D.; Thatcher, W.W.and Collier, R.J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, 24:711-714.
- FEDNA – Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2013. *Necessidades nutricionales para ganado porcino normas Fedna*. 2nd ed. 109p.
- Fialho, E. T., Barbosa, H. P., Ferreira, A. S., Gomes, P. C. and Giroto, A. F. 1992. Utilização da cevada em dietas suplementadas com óleo de soja para suínos em crescimento e terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27: 1467-1475.
- Marçal, D. A. 2017. Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados e fêmeas, dos 30 aos 100 kg. Tese (D. Sc.). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- Noblet, J. 2007. Recent Developments in Net Energy Research for Swine. *Advances in Pork Production*, 18:149-156.
- NRC - National Research Council. 1987. *Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals*. National Academy Press, Washington, US, 85p.
- NRC - National Research Council. 2012. *Nutrient requirements of swine*. ed. 11th ed. National Academy Press, Washington.
- Oresanya, T. F., Beaulieu, A. D. and Patience, J. F. 2008. Investigations of energy metabolism in weanling barrows: The interaction of dietary energy concentration and daily feed (energy) intake. *Journal of animal science*, 86:348-363.
- Pereira, L. D. M., Zangeronimo, M. G., Fialho, E. T., Cantarelli, V. D. S., Silveira, H., Garbossa, C. A. P., Cerqueira, L.G.S. and Kuribayashi, T. H. 2011. Metabolizable energy for piglets in the nursery phase submitted at activation of immune system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:1732-1737.
- Ribeiro, A. M. L., Farina, G., Vieira, M. D. S., Perales, V. A. and Kessler, A. D. M. 2016. Energy utilization of light and heavy weaned piglets subjected to different dietary energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45:532-539.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Abreu, M.L.T.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T.; Brito, C.O. 2017. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. 4th ed. Viçosa, MG.

- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. 2016. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. 2.ed. Jaboticabal: Funep. 262p.
- Santos, L.S.; Mascarenhas, A.G.; Oliveira, H.F. 2016. Fisiologia digestiva e nutrição pós desmame em leitões. *Revista Eletrônica Nutritime*, 13:4570-4584.
- Sbardella, M. Óleo de arroz na alimentação de leitões recém desmamados. 2011. 101f. Dissertação (M.Sc.). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Silva, J.L. 2018. Planos nutricionais sequenciais de energia metabolizável para leitões dos 7 aos 30 kg. 34 f. Dissertação (M.Sc.). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- Verussa, G.H. 2015. Uso de lipídios na nutrição de suínos. *Nutritime*, 12:4288-4301.
- Vieira, M. S., Ribeiro, A. M. L., Kessler, A. M., Chiba, L. I. and Bockor, L. 2015. Performance and body composition of light and heavy early-weaning piglets subject to different dietary energy levels. *Livestock Science*, 178:272-278.

## Níveis de energia líquida para suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg

### RESUMO

Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar níveis de energia líquida (EL), mantendo a relação caloria: nutriente, no desempenho de suínos dos 30 aos 70 kg. Foram utilizados 60 suínos machos castrados, com peso inicial de  $31,94 \pm 3,54$  kg e peso final de  $71,98 \pm 5,99$  kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco níveis de energia líquida (2,40; 2,45; 2,50; 2,55; 2,60 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração), com seis repetições e dois animais por unidade experimental. As variáveis analisadas foram consumo de ração diário (CRD), energia líquida (CELD) e lisina digestível (CLD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), peso corporal final (PF), conversão de energia líquida (CEL), conversão de lisina digestível (CL), custo de ração por quilo de ganho de peso do suíno (R\$GP) e índice de eficiência econômica (IEE). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, a análises de regressão lineares e quadráticas, ao nível de 5% de probabilidade. Na fase dos 30 aos 50 kg, houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) do PF, GPD, CELD e CEL com o aumento dos níveis de EL na dieta. Todavia, as variáveis CRD, CA, CEL e CL não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelo nível de EL da dieta. Dos 50 aos 70 kg, o aumento dos níveis de EL na dieta promoveu aumento linear ( $P < 0,05$ ) do PF, GPD, CELD e CLD, bem como melhorou de forma linear ( $P < 0,05$ ) a CA dos suínos. As demais variáveis analisadas nesse período não foram afetadas pelo aumento de EL nas dietas. No período total, verificou-se aumento linear ( $P < 0,05$ ) do GPD, CELD, CLD e melhora linear ( $P < 0,05$ ) da CA com o aumento do nível de EL na dieta dos suínos. O CRD, CEL e CL foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de EL. O R\$GP e o IEE apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), em que o melhor resultado foi obtido com o nível de 2,60 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração. Recomenda-se o nível 2,60 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração para suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg.

**Palavras-chave:** consumo de energia, densidade nutricional, exigência nutricional, recria, relação caloria: nutriente.

## Introdução

Considerando que o custo com a alimentação é o mais importante no sistema de produção e o componente energético da ração representa a maior proporção desse custo (Noblet, 2007), estratégias como a utilização do sistema de energia líquida para formulação das dietas dos suínos possibilitam a elaboração de dietas mais precisas no atendimento das exigências nutricionais, visto que esse sistema descreve de forma mais precisa o real conteúdo de energia da dieta (Sakomura e Rostagno, 2016).

Aliada a essa estratégia, pesquisas verificaram que o aumento da densidade energética promove menor consumo de ração e melhor conversão alimentar dos suínos na fase de recria (Cámara et al., 2014; Cámara et al. 2016; Marçal et al., 2018), bem como proporciona melhora na lucratividade do sistema de produção de suínos (Silva, 2018). Entretanto, nem sempre a relação caloria: nutriente é mantida constante, e em pesquisas de utilização de energia na dieta de suínos é importante que a oferta de aminoácidos seja adequada, para que as deficiências marginais não confundam os resultados experimentais (Oresanya et al., 2008).

Devido à escassez de pesquisas nacionais que verifiquem o aumento do nível de energia líquida na dieta de suínos dos 30 aos 70 kg mantendo a relação caloria: nutriente constante, ressalta-se a necessidade de estudos que verifiquem o efeito de diferentes níveis de energia líquida no desempenho dos suínos, buscando estratégias que proporcionem maior produtividade à atividade.

Nesse contexto, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar níveis de energia líquida (EL), mantendo a relação caloria: nutriente, no desempenho de suínos dos 30 aos 70 kg, buscando o nível que proporcione redução do custo de produção aliado à maximização do desempenho.

## Material e Métodos

Foram utilizados 60 suínos machos castrados, híbridos comerciais geneticamente similares, com peso inicial de  $31,94 \pm 3,54$  kg e peso final de  $71,98 \pm 5,99$  kg. Os animais foram alojados em baias de alvenaria, medindo 1,25 x 2,35 m, com piso de concreto e lâmina d'água, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros automáticos tipo chupeta.

Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco níveis de energia líquida (2,40; 2,45; 2,50; 2,55; 2,60 Mcal de EL  $\text{kg}^{-1}$  de ração), com seis repetições e dois animais por unidade experimental. Adotou-se o peso inicial como critério para formação de blocos.

As dietas experimentais (Tabelas 11 e 12) foram formuladas com base no conceito de proteína ideal para atender as exigências nutricionais de suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (Rostagno et al., 2017). A mudança da concentração de EL entre as dietas foi realizada por meio da inclusão em diferentes níveis de óleo de soja em substituição ao caulim. A relação caloria: nutriente foi mantida constante entre as dietas por meio da inclusão de aminoácidos industriais, calcário calcítico e fosfato bicálcico em substituição ao caulim.

As rações e a água foram fornecidas à vontade aos animais durante o período experimental, o qual teve duração de 40 dias. O desperdício de ração foi coletado e somado às sobras dos comedouros ao final de cada fase experimental, para determinar os consumos diários de ração, de energia líquida e de lisina digestível.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas por meio de termômetro de máxima e mínima e termômetro digital portátil (modelo ITWTG 2000), a partir do qual foram registradas as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e a umidade relativa do ar diariamente às 08 e às 16 h, em três pontos à altura do dorso dos

animais. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi calculado por meio de equação proposta por Buffington et al. (1981).

Tabela 11. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 30 aos 50 kg

Ingrediente (%)	Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta				
	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60
Milho (7,88%)	65,96				
Farelo de soja (46,5%)	26,74				
Caulim	3,200 - 2,427 - 1,657 - 0,888 - 0,115				
Óleo de soja	0,977 - 1,632 - 2,288 - 2,944 - 3,599				
Fosfato bicálcico	1,347 - 1,397 - 1,448 - 1,498 - 1,548				
Calcário calcítico	0,662 - 0,669 - 0,673 - 0,678 - 0,685				
L-Lisina HCl	0,277 - 0,305 - 0,333 - 0,360 - 0,388				
L-Treonina	0,094 - 0,108 - 0,123 - 0,138 - 0,153				
DL-Metionina	0,100 - 0,113 - 0,126 - 0,138 - 0,151				
L-Triptofano	0,014 - 0,020 - 0,023 - 0,027 - 0,032				
Premix vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,150				
Halquinol	0,050				
Sal comum	0,432				
Composição nutricional <sup>3</sup>					
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,186 - 3,243 - 3,301 - 3,358 - 3,415				
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,400 - 2,450 - 2,500 - 2,550 - 2,600				
Cálcio, %	0,693 - 0,708 - 0,722 - 0,736 - 0,751				
Fósforo digestível, %	0,332 - 0,339 - 0,346 - 0,353 - 0,360				
Proteína bruta, %	18,00 - 18,05 - 18,09 - 18,14 - 18,19				
Lisina digestível, %	1,026 - 1,048 - 1,069 - 1,090 - 1,112				
Met+cist digestível, %	0,605 - 0,618 - 0,631 - 0,643 - 0,656				
Treonina digestível, %	0,667 - 0,681 - 0,695 - 0,709 - 0,723				
Triptofano digestível, %	0,205 - 0,210 - 0,214 - 0,218 - 0,222				
Sódio, %	0,190				

<sup>1</sup>Conteúdo por kg de ração: 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.<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

Tabela 12. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais dos 50 aos 70 kg

Ingrediente (%)	Mcal de EL kg <sup>-1</sup> de dieta				
	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60
Milho (7,88%)	73,49				
Farelo de soja (46,5%)	20,61				
Caulim	3,371 - 2,617 - 1,864 - 1,112 - 0,354				
Óleo de soja	0,000 - 0,659 - 1,318 - 1,977 - 2,635				
Fosfato bicálcico	0,917 - 0,953 - 0,996 - 1,032 - 1,076				
Calcário calcítico	0,594 - 0,603 - 0,604 - 0,610 - 0,614				
L-Lisina HCl	0,271 - 0,294 - 0,317 - 0,340 - 0,365				
L-Treonina	0,073 - 0,085 - 0,098 - 0,111 - 0,123				
DL-Metionina	0,062 - 0,072 - 0,083 - 0,094 - 0,105				
L-Triptofano	0,017 - 0,021 - 0,024 - 0,028 - 0,032				
Premix vitamínico e mineral <sup>1</sup>	0,150				
Halquinol	0,050				
Sal comum	0,396				
Composição nutricional <sup>3</sup>					
Energia metabolizável, Mcal kg <sup>-1</sup>	3,157 - 3,214 - 3,271 - 3,328 - 3,385				
Energia líquida, Mcal kg <sup>-1</sup>	2,400 - 2,450 - 2,500 - 2,550 - 2,600				
Cálcio, %	0,543 - 0,555 - 0,566 - 0,577 - 0,589				
Fósforo digestível, %	0,264 - 0,269 - 0,275 - 0,280 - 0,286				
Proteína bruta, %	15,70 - 15,74 - 15,78 - 15,82 - 15,86				
Lisina digestível, %	0,876 - 0,894 - 0,912 - 0,930 - 0,949				
Met+cist digestível, %	0,517 - 0,527 - 0,538 - 0,549 - 0,560				
Treonina digestível, %	0,569 - 0,581 - 0,593 - 0,605 - 0,617				
Triptofano digestível, %	0,175 - 0,179 - 0,182 - 0,186 - 0,190				
Sódio, %	0,176				

<sup>1</sup>Conteúdo por kg de ração: 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.<sup>3</sup>Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2017).

As variáveis analisadas foram consumo de ração diário (CRD), energia líquida (CELD) e lisina digestível (CLD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), peso corporal final (PF), conversão de energia líquida (CEL), conversão de lisina digestível (CL),

custo de ração por quilo de ganho de peso do suíno (R\$GP) e índice de eficiência econômica (IEE).

O consumo de ração foi determinado a partir da subtração da ração fornecida e dos desperdícios coletados. Os consumos de energia líquida e de lisina digestível foram obtidos por meio da multiplicação do consumo de ração no período pelos respectivos conteúdos em cada dieta. Os suínos foram pesados em balança eletrônica ao início e término de cada fase do período experimental para a determinação do ganho de peso diário e do peso corporal final. A conversão de energia líquida e conversão de lisina digestível foram calculadas pelos respectivos valores de consumos de energia líquida e lisina digestível divididos pelo ganho de peso diário do período. A conversão alimentar foi obtida por meio da divisão do consumo de ração pelo ganho de peso.

Foi realizada análise econômica das dietas estudadas por meio da equação adaptada de Bellaver et al. (1985):  $Y_i = (Q_i \times P_i) / G_i$ , em que  $Y_i$  = custo da ração por quilograma de massa do leitão ganho no  $i$ -ésimo tratamento;  $Q_i$  = quantidade de ração consumida no  $i$ -ésimo tratamento;  $P_i$  = preço por quilograma de ração utilizada no  $i$ -ésimo tratamento; e  $G_i$  = ganho de massa dos suínos no  $i$ -ésimo tratamento. Calculou-se o Índice de Eficiência Econômica (IEE), conforme a equação adaptada de Fialho et al. (1992):  $IEE = (MCE_i / CTE_i) / 100$ , onde  $MCE_i$  = menor custo da ração por quilograma ganho,  $CTE_i$  = Custo do tratamento  $i$  considerado. Os cálculos para custo da ração foram baseados no valor de aquisição dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (Tabela 13).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, a 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, versão University.

Tabela 13. Preço (R\$) por quilo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Ingredientes	Preço/kg
Milho	0,48
Farelo de soja	1,60
Óleo de soja	2,00
Fosfato bicálcico	2,50
Calcário calcítico	0,40
Sal comum	0,30
Premix vitamínico e mineral	12,75
L-Lisina HCL	9,17
DL-Metionina	12,22
L-Treonina	7,94
L-Triptofano	49,50
Halquinol	60,00
Caulim	0,15

### Resultados

A temperatura ambiental média verificada durante o período experimental foi de  $27,0 \pm 3,7^\circ\text{C}$ , com umidade relativa de  $55,6 \pm 20,2\%$ , temperatura de globo negro de  $27,2 \pm 3,6^\circ\text{C}$  e ITGU de  $75,5 \pm 3,9$ . Na primeira fase, dos 30 aos 50 kg, o PF ( $\text{PF} = 0,0025x + 43,393$ ;  $R^2 = 0,91$ ), GPD ( $\text{GPD} = 0,0002x + 0,535$ ;  $R^2 = 0,97$ ), CELD ( $\text{CELD} = 0,0014x + 1,350$ ;  $R^2 = 0,71$ ) e CLD ( $\text{CLD} = 0,0058x + 5,724$ ;  $R^2 = 0,71$ ) aumentaram linearmente ( $P < 0,05$ ) conforme elevou-se o nível de EL das dietas (Tabela 14). Todavia, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do aumento dos níveis de EL na dieta no CRD, CA, CEL e CL dos suínos.

Dos 50 aos 70 kg, o aumento dos níveis de EL na dieta promoveu aumento linear ( $P < 0,05$ ) do PF ( $\text{PF} = 0,0133x + 38,886$ ;  $R^2 = 0,87$ ), GPD ( $\text{GPD} = 0,0005x - 0,205$ ;  $R^2 = 0,87$ ), CELD ( $\text{CELD} = 0,0034x - 1,753$ ;  $R^2 = 0,90$ ) e CLD ( $\text{CLD} = 0,0122x - 6,3532$ ;  $R^2 = 0,90$ ), bem como melhorou de forma linear ( $P < 0,05$ ) a CA ( $\text{CA} = -0,0009x + 4,815$ ;  $R^2 = 0,93$ ) dos suínos. Nesta fase, as demais variáveis analisadas não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de EL da dieta.

Tabela 14. Níveis de energia líquida no desempenho de suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg

	Energia líquida (Mcal Kg <sup>-1</sup> ração)					CV, %	Valor P	
	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60		Linear	Quadrático
<b>30 aos 50 kg</b>								
PI, kg	32,01	31,91	31,97	31,99	31,83	3,21	0,129	0,133
PF, kg	49,46	49,43	49,68	49,82	49,89	3,14	0,020	0,250
GPD, kg	0,918	0,922	0,933	0,938	0,950	5,33	0,027	0,785
CRD, kg	1,900	1,912	1,948	1,886	1,864	6,81	0,953	0,131
CA	2,067	2,072	2,093	2,010	1,960	6,20	0,055	0,133
CELD, Mcal	4,562	4,688	4,868	4,808	4,842	6,94	0,006	0,129
CEL	4,964	5,076	5,226	5,125	5,094	6,32	0,209	0,137
CLD, g	19,503	20,056	20,823	20,560	20,712	6,95	0,006	0,127
CL	21,220	21,712	22,346	21,910	21,786	6,32	0,208	0,136
<b>50 aos 70 kg</b>								
PF, kg	71,11	70,68	72,10	72,88	73,32	3,59	0,001	0,655
GPD, kg	1,030	1,014	1,068	1,096	1,116	6,84	<0,001	0,698
CRD, kg	2,647	2,588	2,673	2,702	2,660	8,91	0,395	0,817
CA	2,563	2,554	2,505	2,464	2,376	4,43	<0,001	0,222
CELD, Mcal	6,353	6,338	6,675	6,890	6,916	9,02	0,003	0,835
CEL	6,154	6,260	6,263	6,279	6,173	4,46	0,712	0,184
CLD, g	23,187	23,132	24,353	25,138	25,240	9,01	0,003	0,840
CL	22,463	22,841	22,849	22,901	22,530	4,45	0,722	0,196
<b>30 aos 70 kg</b>								
GPD, kg	0,978	0,972	1,003	1,022	1,038	4,73	<0,001	0,817
CRD, kg	2,292	2,268	2,325	2,314	2,282	7,66	0,564	0,504
CA	2,330	2,326	2,310	2,248	2,176	4,31	<0,001	0,096
CELD, Mcal	5,502	5,556	5,815	5,902	5,932	7,80	0,002	0,502
CEL	5,622	5,722	5,804	5,767	5,699	4,42	0,297	0,110
CLD, g	21,440	21,668	22,678	22,966	23,088	7,70	0,003	0,470
CL	21,901	22,321	22,622	22,432	22,188	4,37	0,328	0,094
R\$GP	0,201	0,208	0,204	0,203	0,195	4,76	0,167	0,041
IEE, %	85,339	82,371	83,977	84,626	88,187	4,88	0,046	0,030

PI = Peso inicial; PF = Peso final; GPD = Ganho de peso diário; CRD = Consumo de ração diário; CA = Conversão alimentar; CELD = Consumo de energia líquida diário; CLD = Consumo de lisina digestível diário; CEL = conversão de energia líquida (Mcal/kg de ganho de peso); CLD = conversão de lisina digestível (g/kg de ganho de peso). R\$GP = custo da ração por quilo de ganho de peso do suíno; IEE= índice de eficiência econômica;

Analisando o período total, com o aumento dos níveis de EL na dieta dos suínos houve melhora linear ( $P < 0,05$ ) da CA ( $CA = -0,0008x + 4,208$ ;  $R^2 = 0,86$ ), e aumento linear ( $P < 0,05$ ) do GPD ( $GPD = 0,0003x + 0,156$ ;  $R^2 = 0,91$ ), CELD ( $CELD = 0,0024x - 0,292$ ;  $R^2 = 0,91$ ) e CLD ( $CLD = 0,0092x - 0,602$ ;  $R^2 = 0,91$ ). Os CRD, CEL e CL dos suínos foram semelhantes entre os níveis de EL. O custo de ração por quilo de ganho de peso do suíno ( $R\$GP = -0,786x^2 + 3,898x - 4,626$ ;  $R^2 = 0,91$ ) e o índice de eficiência econômica (IEE =  $345,77x^2 - 1.713x + 2.204,5$ ;  $R^2 = 0,92$ ) apresentaram efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), em que os melhores resultados foram obtidos com o maior nível de EL na dieta dos suínos (Figura 6).

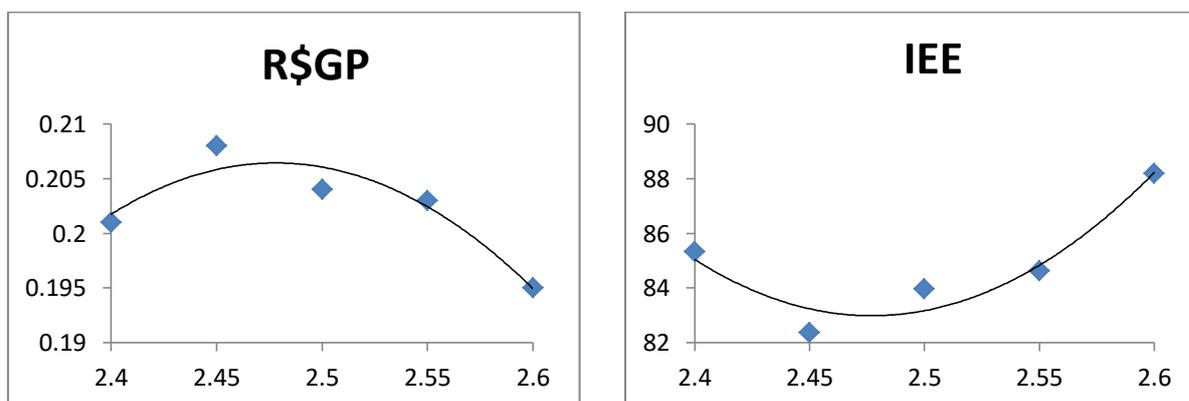


Figura 6. Efeito dos níveis energia líquida sobre o custo de ração por quilo de ganho de peso do suíno (R\$GP) e o índice de eficiência econômica (IEE) em suínos dos 30 aos 70 kg.

### Discussão

Considerando os padrões de consumo de ração e ganho de peso diário obtidos no presente estudo, quando comparados aos padrões médios para suínos machos castrados propostos por Rostagno et al. (2017), pode-se inferir que as variáveis térmicas não influenciaram no desempenho dos suínos.

Suínos são capazes de ajustar a ingestão voluntária de alimento em resposta à elevação da densidade de energia da dieta (Quiniou e Noblet, 2012; Cámara et al., 2014; Cámara et al.,

2016; Marçal, 2017). Este cenário revela que o maior nível de EL (2,60 Mcal) utilizado no presente trabalho não foi alto suficiente para este efeito. No presente estudo, os suínos apresentaram elevado consumo de ração (1,902 e 2,654 kg dos 30 aos 50 kg e dos 50 aos 70 kg, respectivamente) comparado aos padrões médios (1,711 e 2,342 kg dos 30 aos 50 kg e dos 50 aos 70 kg, respectivamente) para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho médio-superior propostos por Rostagno et al. (2017). Dessa forma, infere-se que os suínos podem ter consumido o volume máximo de ração para a capacidade do seu trato gastrointestinal, o que conferiu CRD semelhante entre os níveis de EL das dietas.

Outra hipótese é a de que a diferença de 0,50 Mcal de EL entre os níveis avaliados não foi suficiente para promover efeito no consumo de ração dos animais, corroborando com o resultado obtido por Kerr et al. (2003), que não verificou efeito dos níveis 2,356; 2,412; 2,474; e 2,585; 2,526 2,467 Mcal de EL Kg ração<sup>-1</sup> de EL dos 25 aos 41 kg e dos 41 aos 58,8 kg, respectivamente, devido a pouca variação no nível energético (em média 0,60 Mcal de EL).

Estudos indicam que o aumento do nível de EL da dieta sem a manutenção da relação caloria: nutriente constante promove diminuição do consumo de ração e melhora na conversão alimentar, sem efeito sobre o ganho de peso e o peso final de suínos em recria e terminação (Gonçalves et al., 2015; Marçal, 2017). Resultado oposto ao obtido no presente estudo, em que independente do período analisado, o aumento linear da EL das dietas resultou em aumento do GPD e PF.

Durante a digestão, a presença dos quilomícrons estimula a liberação de apolipoproteína A-IV (apoA-IV) das células do jejuno (Wang et al., 2012). Essa substância atua em conjunto com os outros peptídeos (PYY, GLP-1 e OXM) para desacelerar o esvaziamento gástrico e a motilidade intestinal (Torrallardona e Roura, 2009). Dessa forma, a maior concentração de lipídios na dieta pode ter promovido menor taxa de passagem do alimento pelo trato

gastrointestinal. Devido ao ajuste da relação caloria: nutriente realizada no presente estudo, dietas com níveis maiores de EL apresentaram maiores níveis de aminoácidos disponíveis. Dessa forma, infere-se que as dietas com maiores níveis de EL podem ter proporcionado maior aporte de energia e aminoácidos para a síntese proteica, bem como maior tempo de atuação das enzimas sobre os nutrientes devido à desaceleração do esvaziamento gástrico, o que promoveu maior deposição de músculo e, conseqüentemente, melhora linear do GPD e PF nas fases avaliadas.

Devido à semelhança entre as dietas experimentais, que variaram apenas na quantidade de caulim em substituição ao óleo de soja, aminoácidos industriais, calcário e fosfato, pode-se inferir que houve pouca variação no incremento calórico (IC) das dietas, visto que esses ingredientes possuem baixo valor de IC e não foram suficientes para influenciar na conversão de EL e lisina digestível em ganho de peso.

O R\$GP e o IEE foram influenciados de forma quadrática com o aumento dos níveis de EL nas dietas. Dessa forma, pode-se inferir que mesmo apresentando maior custo por quilo de ração, obteve-se melhor R\$GP e IEE nos suínos submetidos ao maior nível de EL na dieta, devido ao maior aporte de aminoácidos e energia que promoveram maior eficiência na síntese proteica comparado ao menor nível de EL na dieta. Esse resultado está de acordo com o obtido por Silva (2018), que verificaram que o aumento dos níveis de EL de 2,3 para 2,7 Mcal na dieta de suínos machos castrados e fêmeas nas fases de recria e terminação melhora a lucratividade.

O nível de EL 2,60 Mcal de EL kg<sup>-1</sup>, considerado ideal para suínos machos castrados dos 30 aos 50 kg e dos 50 aos 70 kg no presente estudo, sugere níveis acima das recomendações de 2,48 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> dos 25 aos 75 kg de NRC (2012) e de 2,40 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> dos 20 aos 60 kg de Fedna (2013), mas está próximo aos níveis de 2,50 e 2,54 Mcal

de EL kg<sup>-1</sup> recomendados por Rostagno et al. (2017) nas fases dos 30 aos 50 kg e dos 50 aos 70 kg, respectivamente.

### **Conclusão**

Recomenda-se o nível 2,60 Mcal de EL kg<sup>-1</sup> de ração para suínos machos castrados dos 30 aos 70 kg.

### **Comissão de ética no uso de animais**

Pesquisa aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob protocolo nº 2018-957/UFMS.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### **Referências**

- Bellaver, C., Fialho, E. T., Protas, J. F. S., and Gomes, P. C. 1985. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. Pesquisa agropecuária brasileira, 20:969-974.
- Buffington, D. E; Collazo-Arocho, A; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W. and Collier, R. J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, 24:711-714.

- Cámara, L., Berrocoso, J. D., Coma, J., López-Bote, C. J., and Mateos, G. G. 2016. Growth performance and carcass quality of crossbreds pigs from two Pietrain sire lines fed isoproteic diets varying in energy concentration. *Meat Science*, 114:69-74.
- Cámara, L., Berrocoso, J. D., Sánchez, J. L., López-Bote, C. J., and Mateos, G. G. 2014. Influence of net energy content of the diets on productive performance and carcass merit of gilts, boars and immunocastrated males slaughtered at 120 kg BW. *Meat Science*, 98:773-780.
- FEDNA – Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2013. Necesidades nutricionales para ganado porcino normas Fedna. 2nd ed. 109p.
- Fialho, E. T., Barbosa, H. P., Ferreira, A. S., Gomes, P. C. and Giroto, A. F. 1992. Utilização da cevada em dietas suplementadas com óleo de soja para suínos em crescimento e terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27: 1467-1475.
- Gonçalves, L. M.G., Kiefer, C., Souza, K. M. R., Marçal, D. A., Abreu, R. C., Silva, A. M. P. S. and Alencar, S. A. S. 2015. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. *Ciência Rural*, 45:464-469.
- 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.
- Marçal, D. A. 2017. Planos nutricionais de energia líquida para suínos machos castrados e fêmeas, dos 30 aos 100 kg. Tese (D. Sc.). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- Marçal, D.A.; Kiefer, C.; Nascimento, K.M.R.S.; Bonin, M.N.; Corassa, A.; Alencar, S.A.S.; Abreu, R.C.; Silva, J.L. 2018. Dietary net energy for gilts from 25 to 100 kg body weight. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47:e20170341.
- Noblet, J. 2007. Recent Developments in Net Energy Research for Swine. *Advances in Pork Production*, 18:149-156.
- NRC - National Research Council. 2012. Nutrient requirements of swine. ed. 11th ed. National Academy Press, Washington.
- Oresanya, T. F., Beaulieu, A. D. and Patience, J. F. 2008. Investigations of energy metabolism in weanling barrows: The interaction of dietary energy concentration and daily feed (energy) intake. *Journal of animal science*, 86:348-363.

- 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.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Saraiva, A.; Abreu, M.L.T.; Rodrigues, P.B.; Oliveira, R.F.; Barreto, S.L.T.; Brito, C.O. 2017. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. 4th ed. Viçosa, MG.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. 2016. *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos*. 2.ed. Jaboticabal: Funep. 262p.
- Silva, C.M. 2018. *Avaliação econômica de planos nutricionais de energia líquida e lisina digestível para suínos em crescimento e terminação*. Tese (D.Sc). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- Torrallardona, D.; Roura, E. 2009. *Voluntary Feed Intake in Pigs*. Wageningen Academic Publishers, 365p.
- Wang, F., Kohan, A. B., Kindel, T. L., Corbin, K. L., Nunemaker, C. S., Obici, S., Woods, S. C., Davidson, W. S. and Tso, P. 2012. Apolipoprotein A-IV improves glucose homeostasis by enhancing insulin secretion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109:9641-9646.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos no primeiro estudo, não há diferença entre a utilização de planos nutricionais com energia líquida decrescente e constante para leitões durante as fases iniciais de crescimento.

A ausência de efeito para consumo de ração diário dos 7 aos 20 kg está de acordo com a hipótese proposta pela literatura, de que os suínos nas fases iniciais não conseguem regular o consumo de ração de acordo com a densidade energética da dieta. Dos 7 aos 25 kg, leitões submetidos aos planos nutricionais com energia líquida intermediária no período têm maior consumo de ração comparados aos planos com energia líquida inferior e superiores.

Devido a esse efeito, o consumo de energia líquida e de lisina digestível diários também são superiores, o que promove maior aporte de aminoácidos e energia para a síntese proteica, aumentando o peso final dos leitões submetidos aos planos com EL intermediários. Essa inferência não é válida para o plano nutricional com maior nível de EL, visto que apesar do menor consumo de ração comparado aos níveis intermediários de EL, a maior concentração de EL no período total permitiu que os animais mantivessem o consumo de EL e lisina digestível semelhantes aos planos intermediários, o que também possibilitou um peso corporal final semelhante.

No segundo estudo com suínos dos 30 aos 70 kg, o aumento dos níveis de EL influenciou de maneira linear o desempenho dos suínos, melhorando o peso final, ganho de peso diário e conversão alimentar dos animais. Esperava-se esse resultado devido à ausência de efeito para consumo de ração diário e da manutenção da relação caloria: nutriente, que promoveram aumento linear do consumo de energia líquida e lisina digestíveis, proporcionando maior aporte de energia e aminoácidos para síntese proteica. O custo de ração por quilo de suíno produzido e o índice de eficiência econômica foram influenciados de forma quadrática, e apesar do maior custo da ração com nível de EL superior, a maximização do desempenho dos suínos proporcionou melhor lucratividade para esse nível.

Os resultados verificados no presente estudo ressaltam a importância da continuidade da avaliação de planos nutricionais de energia líquida para suínos nas fases iniciais e de recria, considerando a divergência nos efeitos de algumas variáveis de desempenho em relação aos propostos pela literatura.