

Suplementação de aminoácidos essenciais em dietas de baixo nível proteico para leitões: Revisão

Juliana Beatriz Toledo^{1*}, Laura Marcela Diaz Huepa², Daiane de Oliveira Grieser¹

¹Professora Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Zootecnia. Maringá, PR-Brasil. ²Doutora em Zootecnia. Universidade estadual de Maringá. Maringá, PR-Brasil.

*Autor para correspondência, E-mail: juliana.b.toledo@gmail.com

RESUMO. Na suinocultura o desenvolvimento da nutrição animal e melhor conhecimento do metabolismo proteico possibilita a otimização de dietas que permitam atender os requerimentos nutricionais em proteína e aminoácidos com um menor impacto ambiental. As proteínas são nutrientes essenciais que exibem uma variedade de funções biológicas, participando principalmente na deposição muscular, ajudam na regulação hormonal e obtenção de energia, além disso, excessos ou deficiências dos mesmos podem se refletirem em concentrações plasmáticas de variáveis como a ureia, proteínas totais e creatinina que são considerados bons indicadores para analisar o processo de degradação dos aminoácidos no organismo. Na atualidade, a formulação de rações com um perfil ideal de aminoácidos além de diminuir a excreção de nitrogênio permite reduzir a porcentagem de proteína bruta sem afetar as variáveis de desempenho de importância zootecnia. O objetivo desta revisão é contribuir a um conhecimento e melhor compreensão da importância dos aminoácidos essenciais na alimentação de suínos.

Palavras chave: Desempenho, leitões, nutrição, proteína bruta

Essential amino acids supplementation in low-protein diets for piglets: Review

ABSTRACT. In swine, the development of animal nutrition and a better understanding of protein metabolism makes it possible to optimize diets that meet nutritional requirements in protein and amino acids with a lower environmental impact. Proteins are essential nutrients that exhibit a variety of biological functions, participating primarily in muscle deposition, aiding in hormonal regulation and obtaining energy, and overeating or deficiencies of these can be reflected in plasma concentrations of variables such as urea, total proteins And creatinine which are considered good indicators to analyze the process of degradation of amino acids in the body. At present, the formulation of rations with an ideal profile of amino acids in addition to decreasing the nitrogen excretion allows to reduce the percentage of crude protein without affecting the performance variables of zootechnical importance. The objective of this review is to contribute to a better knowledge and understanding of the importance of essential amino acids in pig feed.

Key words: Performance, piglets, nutrition, crude protein

Suplementación de aminoácidos esenciales en dietas de bajo nivel proteico para lechones: Revisión

RESUMEN. En la porcicultura el desarrollo de la nutrición animal y el mejor conocimiento del metabolismo de las proteínas hacen posible la optimización de dietas que permiten

atender las necesidades nutricionales en proteína y aminoácidos con menor impacto ambiental. Las proteínas son nutrientes esenciales que tienen una variedad de funciones biológicas, participando principalmente en la deposición muscular, ayudan a la regulación del organismo y obtención de energía. Además, los excesos o deficiencias de los mismos se pueden reflejar en parámetros sanguíneos como urea, proteínas totales y creatinina, que son considerados indicadores para estudiar el proceso de catabolismo de los aminoácidos en el organismo animal. En la actualidad, la formulación de concentrados con un perfil ideal de aminoácidos además de aminorar la excreción de nitrógeno permite disminuir el porcentaje de proteína bruta sin afectar las variables de desempeño de importancia zootécnica. El objetivo de esta revisión es contribuir con el conocimiento y mejor comprensión de la importancia de los aminoácidos esenciales en la alimentación de cerdos.

Palabras clave: Desempeño, lechones, nutrición, proteína bruta

Introdução

A suinocultura é uma atividade de muita importância no Brasil, e as condições do país com relação à área e ao clima favorecem a criação. Nos últimos quinze anos a suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas, cresceu significativamente. Esse crescimento é percebido em vários indicadores econômicos e sociais, tais como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros. Entretanto, os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais (solo, água e ar), têm despertado a atenção, na medida em que algumas criações tradicionais têm negligenciado a aplicação de boas práticas de conservação ambiental que a atividade requer. O Brasil é o quarto maior exportador mundial de carne suína. Nos anos recentes, sua competitividade esteve comprometida, de um lado pela valorização do Real, de outro pela mudança dos procedimentos de alguns mercados. O fortalecimento do mercado interno tornou as vendas domésticas mais atrativas do que exportar ([ANUALPEC, 2016](#)).

A importância econômica desta produção, assim como a pressão da sociedade para que se reduza a quantidade de dejetos eliminados no ambiente, obriga os nutricionistas e produtores a buscar novas tecnologias que melhorem a eficiência na utilização de nutrientes pelos animais. Assim, as exigências nutricionais dos animais deveriam ser adequadamente ajustadas para evitar o excesso de nutrientes nas rações, que não sendo aproveitados acabam eliminados nas fezes e urina, podendo contaminar o solo e as reservas de água ([Bünzen et al., 2008](#)).

O produtor deve fornecer ração adequada para cada fase de criação, assim, o animal poderá desempenhar todo o seu potencial genético. Entre os alimentos presentes nas rações para leitões, a

maior atenção concerne à fonte proteica utilizada, uma vez que o consumo, ganho de peso, digestibilidade de nutrientes e a atividade das enzimas pancreáticas podem ser afetados pela ingestão dos alimentos.

O período logo após o desmame tem trazido inúmeros problemas relacionados com o tipo e a qualidade das matérias-primas empregadas na nutrição de leitões ([Peiniau et al., 1996](#)). Um mau desenvolvimento inicial da imunidade pode ter custos significativos ao longo do ciclo de produção. O desmame dos leitões envolve a mistura de animais de diferentes leitegadas e a transição de um fornecimento de nutrientes dietéticos de uma forma predominantemente líquida para uma seca, causando estresse social e fisiológico.

Além da baixa atividade das enzimas pancreáticas e intestinais, o reduzido aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos leitões em relação a um animal adulto ocorre em razão da menor produção de ácido no estômago. Consequentemente, o excesso de proteína não digerida favorece a proliferação de microrganismos patogênicos no trato digestivo e no ambiente, via dejetos, aumentando a incidência de diarreias e interferindo no aspecto sanitário da produção ([Suida and Biolatina, 2001](#)).

Existem muitos trabalhos avaliando a redução da proteína bruta (PB) com suplementação de aminoácidos (AAs) na alimentação de suínos, no entanto, muitos desses levaram em consideração apenas a lisina, metionina, treonina ([Di Campos et al., 2008](#)) e triptofano ([Oliveira et al., 2004](#)). Excelentes resultados práticos, em experimentos e rebanhos comerciais, foram obtidos com rações contendo níveis reduzidos em quatro a cinco unidades percentuais de PB, mantendo o perfil de proteína ideal e utilizando até o aminoácido valina ([Vidal et al., 2010](#)).

Proteína e aminoácidos

O termo proteína foi proposto pelo químico suíço Jacob Berzelius, a partir do grego *proteios*, que significa primeiro ou de principal importância. Economicamente as proteínas são de extraordinário valor para a população humana. Por isso, uma das razões de ser da nutrição animal é oferecer produtos animais particularmente ricos em proteínas de alta qualidade para o consumo humano (Bertechini, 2012). Sendo assim, as proteínas possuem um papel especial para o nutricionista, interessado em reduzir os custos de produção sem reduzir o valor nutricional dos alimentos ou a produtividade do animal.

O método Kjeldahl analisa todo o nitrogênio contido no alimento. O valor do nitrogênio encontrado na análise é multiplicado por 6,25 para calcular o teor de PB. Isto é baseado no fato de que as proteínas possuem em média 16% de nitrogênio ($100/16 = 6,25$) (Lewis and Miller, 1991).

As proteínas são macromoléculas biológicas mais abundantes que ocorrem em todas as células e em todas as partes da célula. Formadas por polímeros de AAs, são os instrumentos moleculares por meio dos quais a informação genética é expressa. Subunidades monoméricas relativamente simples fornecem a chave para a estrutura de milhares de proteínas diferentes (Lehninger, 2006). As proteínas exibem uma diversidade de funções biológicas, como reguladoras do metabolismo, tais como as enzimas e os hormônios; elementos estruturais, como as de membranas, músculos e tecido conjuntivo; substâncias de transporte, tais como oxigênio pela hemoglobina e elétrons pelo citocromo C; osmorreguladores, como a albumina; componentes de ácido nucleico, como em nucleoproteínas e defensores do organismo, tais como as imunoglobulinas e os interferons (Reece, 2008). A principal finalidade das fontes proteicas é fornecer AAs com o objetivo de suplementar os alimentos energéticos, permitindo, dessa forma, o balanceamento adequado dos nutrientes na ração para atender às exigências nutricionais dos suínos em cada fase do ciclo de produção (Fialho and Barbosa, 2008). As proteínas representam a maior fração dos compostos nitrogenados no organismo animal, chegando a 20% do peso corpóreo. São compostos de alto peso molecular formado por unidades básicas (aminoácidos) unidos por ligação peptídica. Do ponto de vista nutricional o que distingue as proteínas é o seu aporte de

aminoácidos. São conhecidos 23 aminoácidos que compõem as proteínas (Bertechini, 2006).

Existem métodos biológicos para se avaliar o valor nutricional das proteínas, entre eles destacam-se a determinação do valor biológico das proteínas; a utilização líquida da proteína; a digestibilidade *in vivo* ou *in situ*; a avaliação do valor nutricional de alimentos por meio do desempenho dos animais e a avaliação dos efeitos dos fatores antinutricionais presentes nos alimentos (Sgarbieri, 1996).

Durante os processos de digestão, segundo Lehninger (2006) as proteínas são desdobradas em suas unidades menores, os AAs e os peptídeos. Estes são absorvidos e entram na corrente sanguínea, sendo incorporados em novas moléculas de proteína e participam do metabolismo e da síntese de tecidos. O primeiro aminoácido (AA) descoberto foi a asparagina, em 1806. O último a ser encontrada, a treonina, não foi identificado até 1938. Os aminoácidos possuem nomes comuns ou triviais, em alguns casos derivados da fonte da qual ele foi primeiramente isolado.

A principal utilização dos aminoácidos ocorre na síntese proteica orgânica, no entanto em caso de deficiência energética, esses AAs poderão ser deaminados e o esqueleto carbônico entrar no metabolismo energético para produção de ATP. Os aminoácidos absorvidos em excesso às necessidades, também serão deaminados com eliminação do nitrogênio via urina (Bertechini, 2006). A deficiência de um ou mais aminoácidos provoca redução na velocidade de ganho de peso, piora na conversão alimentar e redução no desempenho reprodutivo dos suínos (Kansas, 1994).

Os 20 AAs comuns são α -aminoácidos. Essa denominação é dada em virtude de os aminoácidos possuírem um grupo carboxila e um grupo amino ligados ao mesmo átomo de carbono (carbono α). Os AAs se diferem uns dos outros em suas cadeias laterais, ou grupos R, os quais variam em estrutura, tamanho e carga elétrica, e influenciam a solubilidade dos AAs em água. Além dos 20 AAs, há muitos outros menos comuns. Alguns são resíduos modificados depois que a proteína foi sintetizada; outros são AAs presentes em organismos vivos, mas não como constituintes de proteínas (Lehninger, 2006).

Praticamente todos os compostos biológicos que apresentam um centro quiral ocorrem

naturalmente em somente uma forma estereoisomérica, seja D ou L. Os resíduos de AAs em moléculas de proteínas são exclusivamente estereoisômeros L. Resíduos de D-aminoácidos são encontrados em somente poucos e, geralmente, pequenos peptídeos, incluindo alguns peptídeos de parede celular bacteriana e certos peptídeos antibióticos. Os D-aminoácidos são produzidos diretamente a partir dos isômeros L ([Lehninger, 2006](#)).

A produção comercial de AAs iniciou em 1948, a partir da síntese química de DL-metionina. Em 1958, o ácido glutâmico foi produzido *in vitro* e foi o ponto de partida para produção comercial de outros AAs, usando técnicas de fermentação, tais como a L-lisina, L-treonina e L-triptofano ([Bertechini, 2006](#)). Com os avanços no campo da biotecnologia, o custo de produção dos AAs é significativamente reduzido, sendo um dos fatores chave na expansão do seu uso na alimentação animal.

Aminoácidos essenciais e não essenciais

Os nutricionistas reconhecem que o perfil de AAs, quer seja na quantidade ou na qualidade das proteínas da dieta, são de extrema importância para uma melhor produtividade e melhor saúde dos animais. Assim, os AAs podem ser agrupados de acordo com o seu sistema de transporte, ou seja, pela sua afinidade; por serem essenciais ou não essenciais; e ainda com base no destino do seu esqueleto carbonado após serem catabolizados ([Vidal et al., 2010](#)).

A metade dos AAs é sintetizada pelo organismo e suprem as necessidades celulares. Aqueles que não podem ser sintetizados, ou em quantidade adequada ou em velocidade apropriada às suas necessidades fisiológicas e de produção são chamados de aminoácidos essenciais (AAE) e devem ser oferecidos na ração dos animais ([Bertechini, 2006](#)).

Segundo [Vidal et al. \(2010\)](#) são considerados AAE a lisina, metionina, triptofano, valina, histidina, fenilalanina, leucina, isoleucina e treonina. Arginina, cisteína, tirosina e prolina são consideradas como aminoácidos condicionalmente essenciais. Os aminoácidos não essenciais (AANE) podem ser sintetizados por transaminação simples, ou em alguns casos por reações mais complexas; de metabólitos a partir dos produtos de oxidação da glicose; ou ainda, a partir do ciclo da ureia em mamíferos como é o caso da arginina ([Mack et al., 1999](#)).

De acordo com [Mack et al. \(1999\)](#), os AAE podem ser separados em dois grupos de acordo com o seu grau de limitação (aminoácido limitante que é exigido em maiores quantidades na dieta). Um grupo principal que inclui a lisina, treonina, metionina e triptofano, que geralmente são utilizados para melhorar a qualidade da proteína nas dietas práticas de suínos, e um grupo secundário, que inclui a isoleucina, valina, leucina, histidina e fenilalanina, o qual podem se tornar limitantes quando as rações são suplementadas com aminoácidos a partir do grupo principal. No entanto, o desempenho dos suínos alimentados com rações contendo baixos níveis de PB pode ser limitado pela deficiência de AANE. Dessa forma, o uso de AAs cristalinos tem gerado uma série de dúvidas, principalmente em se tratando da relação AAE:AANE ([Oliveira et al., 2006](#)), uma vez que, na prática, apenas alguns aminoácidos são utilizados em rações que contêm níveis reduzidos de PB ([Zangeronimo et al., 2006](#)).

A maioria da disparidade entre as estimativas publicadas sobre a ótima relação entre AAE:AANE é atribuída aos diferentes meios de expressar a razão entre os dois grupos de aminoácidos, às diferentes classificações em relação as suas essencialidades e às diferentes abordagens metodológicas. Alguns aminoácidos são nomeados como semi-essenciais, o qual é classificado alternativamente como AAE ou AANE.

A arginina é um bom exemplo para os leitões, pois pode ser considerada como essencial somente em uma fase de criação. A taxa de síntese de arginina pode não ser suficientemente elevada para satisfazer os requerimentos deste aminoácido na fase inicial, sendo que dos três aos 20 dias de idade a taxa de síntese é alta e após esse período diminui, podendo assim, tornar um AAE ([NRC, 2012](#)). Por outro lado, o fornecimento deste aminoácido parece sempre estar em excesso nas dietas práticas de leitões. Assim, a arginina é considerada como um AAE somente em uma determinada idade dos leitões, e para animais em crescimento é considerado juntamente com a cisteína e tirosina como AAs condicionalmente essenciais, pois esses aminoácidos podem ser sintetizados a partir da metionina e fenilalanina, respectivamente. Para [Roth et al. \(1999\)](#), o excesso de AANE é uma pré-condição para ótima retenção de nitrogênio, porque uma alta disponibilidade metabólica de AAE diminui a quantidade de transformação de AAE em AANE.

Para obter a otimização do ganho de peso e conversão alimentar não basta suplementar as dietas de baixa proteína com AAE, e sim garantir também o balanço entre os AAE e a proteína bruta ou o somatório de AAE e AANE. De acordo com [Wang and Fuller \(1989\)](#) a relação entre AAE:AANE para suínos deve ser próxima de 50:55-45.

Conceito de proteína ideal

Durante muitos anos a formulação de rações para suínos foi baseada no conceito de PB, que, na maioria das vezes, fazia com que as dietas tivessem níveis de aminoácidos desbalanceados. A quantidade de nutrientes excretada nas fezes e urina é influenciada por vários fatores, incluindo qualidade, digestibilidade, disponibilidade e nível do nutriente na dieta, além do método de processamento do alimento e a influência de fatores ambientais ([NRC, 2012](#)).

Um dos maiores avanços na compreensão das exigências de aminoácidos é o conceito de que existe uma "proteína ideal" para o suíno, que contém todos os aminoácidos essenciais no equilíbrio correto. O conceito foi desenvolvido no início de 1950, mas em grande parte passaram despercebidos. Foi somente na década de 1970 que o conceito foi revisto no Reino Unido. Com o decorrer dos anos os nutricionistas foram aperfeiçoando as técnicas para se determinar as exigências dos suínos e, com isso novas tabelas foram sendo criadas ([Bertechini, 2006](#)).

Os AAE e AANE devem ser incluídos no conceito de proteína ideal em uma proporção correta ([Batterham, 1994](#)). [Baker \(1997\)](#) sugeriram que para fornecer a proteína ideal seria necessário proporcionar uma mistura equilibrada de AAE com suficiente nitrogênio para a síntese de AANE. A proteína ideal é definida como o balanço de AAs que atende as exigências para manutenção e produção dos animais, sem deficiência ou excesso, evitando o desvio de AAE para a formação de AANE ou formação de energia. O conceito estabelece que todos os aminoácidos podem estar relacionados com um aminoácido referência e, se a exigência desse aminoácido varia, em razão do genótipo ou peso vivo, por exemplo, o padrão dos demais AAs se altera proporcionalmente, para manter a relação com o aminoácido referência ([Moura, 2004](#)).

A lisina foi escolhida como aminoácido referência (padrão), por apresentar praticidade na análise, baixo custo de suplementação, e ainda,

por que existem muitas informações sobre sua concentração e digestibilidade nos ingredientes. Portanto, no conceito de proteína ideal, o pesquisador tem que atualizar apenas as exigências de lisina, pois, as exigências dos demais aminoácidos são calculadas a partir desse aminoácido, descrito em tabelas de recomendações nutricionais. Esta escolha melhorou a precisão de pesquisas sobre aminoácidos, fornecendo uma base comum para comparar as estimativas de exigências de AAs no mundo ([Batterham, 1994](#)).

Redução do teor de proteína da ração com a utilização de aminoácidos sintéticos na alimentação de suínos

Normalmente, os estudos realizados para avaliar a redução da PB com suplementação de AAs são feitos de forma que a proteína foi reduzida apenas com o uso de L-lisina, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano, na sua grande maioria. Existem poucos experimentos em que a diminuição do teor de proteína bruta da ração tenha sido mais drástica, com suplementação, por exemplo, de L-valina, L-isoleucina e L-arginina nas formas sintéticas. Um estudo realizado para avaliar o desempenho zootécnico e bioeconômico em leitões dos 21 aos 42 dias de idade, recebendo diferentes níveis de PB na ração (17%, 19%, 21% e 23%), com suplementação apenas de lisina e metionina, mostrou que o nível de 23% de PB foi que apresentou melhor resultado ([Santiago et al., 2004](#)).

O efeito do teor de PB em suínos em crescimento foi avaliado por [Kerr and Easter \(1995\)](#), e observaram que a suplementação de AAE e AANE em rações com 12% de PB, resultou em maior retenção de nitrogênio. Não houve diferenças na eliminação de nitrogênio urinário entre as rações com 16 e 12% de proteína bruta, sem AAs sintéticos. Contudo, quando se adicionou lisina, triptofano e treonina na ração com 12% de proteína ocorreu menor eliminação de nitrogênio na urina. Os efeitos da redução da proteína bruta da ração (21%, 19,5%, 18% e 16,5%) via suplementação de AAs, sobre a excreção de nitrogênio e o efeito da redução do farelo de soja (32% para 22%) sobre o desempenho em leitões na fase inicial foram avaliados por [Zangeronimo et al. \(2006\)](#), observando melhor aproveitamento dos AAs dietéticos à medida que se reduziu a PB na ração até o nível de 16,5%, com menor excreção de

nitrogênio na urina. O desempenho não foi influenciado; porém, reduziu a incidência de diarreia.

A determinação de exigências nutricionais de animais e a avaliação da qualidade de alimentos, entre outras técnicas aplicadas à nutrição de suínos tem melhorado a produção de rações, permitindo o adequado suprimento de AAs, bem como de outros nutrientes essenciais. As pesquisas em nutrição de AAs, principalmente sobre lisina, representam uma boa parcela dos estudos por causa da importância destes para uma adequada síntese de proteínas corporais. Rações balanceadas devem utilizar conceitos modernos, como aminoácidos digestíveis e proteína ideal para garantirem os nutrientes necessários para um desempenho adequado (Rostagno et al., 2005).

O nível de proteína das dietas de suínos segundo Bertechini (2006) suporta duas finalidades básicas, a de proporcionar quantidades de aminoácidos essenciais para manter o metabolismo orgânico, e nitrogênio para a biossíntese dos AAs dieteticamente dispensáveis. Para Mack et al. (1999), um acordo geral sobre as exigências de AAs para suínos ainda não é muito bem estabelecida. Provavelmente, a principal razão para isso seja o número de fatores diferentes que podem influenciar a necessidade real de cada um dos AAs e, conseqüentemente, o resultado obtido nos estudos. Obviamente se esses resultados não são compreendidos ou devidamente considerados, não haverá validação dos mesmos. As exigências proteicas de suínos variam de acordo com o estágio fisiológico, função fisiológica, sexo, temperatura ambiente, entre outras. Existem recomendações diferenciadas quanto aos níveis proteicos nas rações para leitões com peso vivo compreendido de 5 a 10 kg. Nesse caso, o NRC (2012) sugere 20%. Segundo Rostagno et al. (2005), os níveis proteicos devem estar de acordo com o potencial genético, sendo 18%, 21% e 22% para baixo, médio e alto potencial, respectivamente. Recentemente foi sugerido para leitões de alto potencial genético na fase pré-inicial, machos castrados ou inteiros e fêmeas com peso vivo de 3,5 a 9 kg a exigência de 20% de PB e para leitões dos 9,3 aos 15 kg, 21% (Rostagno et al., 2011). Deve-se salientar que esses são níveis sugeridos e que o leitão de 3,5 kg que ainda não foi desmamado, encontra-se em vantagem aos demais, porque ainda recebe o leite materno. A avaliação dos níveis de PB para leitões dos 5 a 15 kg, desmamados aos 27 dias, foi verificada por

Donzele et al. (1992) utilizando rações à base de milho, farelo de soja e leite em pó desnatado. Observou-se que o melhor nível de proteína para essa fase foi de 18,67%. Além disso, observaram que o ganho de peso diário (GPD) dos leitões que receberam 16% de PB foi menor em relação aos que receberam 18% ou mais, contudo, não observaram efeito sobre o consumo. Neste experimento não foram usados AAs sintéticos, os níveis de proteína foram alcançados somente com o aumento do farelo de soja nas rações. Para Trindade Neto et al. (1994), o nível de 16% de PB parece ser satisfatório para leitões desmamados, desde que as exigências nutricionais de AAs limitantes, como lisina e metionina, sejam atendidas. Desempenhos semelhantes foram observados com a utilização de dietas com 21% de PB comparadas com dietas com 17%, desde que suplementadas com lisina, metionina e treonina, podendo reduzir a quantidade de proteína na ração por meio do balanceamento destes AAs (Hansen et al., 1993).

O desempenho e as características de carcaça de 180 suínos alimentados com rações cujo teor de proteína foi reduzido em quatro pontos percentuais nas fases de creche e crescimento (19 x 15 e 16 x 12, respectivamente) e três pontos percentuais na fase de terminação (14 x 11) foram avaliados por Kerr et al. (1995). Além de avaliar os efeitos das rações com baixa proteína com e sem suplementação de AAs sintéticos. As rações com baixos teores de PB e sem AAs sintéticos propiciaram redução significativa no GPD e conversão alimentar (CA). Quando essas rações tiveram adição dos aminoácidos lisina, treonina e triptofano, o GDP e a CA foram semelhantes aos obtidos com a ração controle.

Balço de nitrogênio

O método de coleta total de fezes e urina foi descrito por Sibbald and Slinger (1963) é um dos métodos mais utilizados para determinar a digestibilidade de nutrientes, assim como os valores de energia digestível e metabolizável dos alimentos ou rações. O ensaio envolve um período de adaptação dos animais às rações e às instalações que deve ser de 4 a 7 dias, e o período de coleta das fezes e urina e controle do consumo das rações de 4 a 5 dias (Sakomura and Rostagno, 2007).

Ensaio de digestibilidade com suínos em crescimento foram realizados por Sugimoto and Furuya (1983) com o objetivo de determinar o

tempo ótimo dos períodos de adaptação e de coleta de fezes. Concluíram que, para o período de adaptação, após 3 ou 4 dias, as fezes atingiam o *steady state* (estado estacionário) e sugeriram no mínimo 4 dias de adaptação às dietas experimentais. Para o período de coleta de fezes os pesquisadores concluíram que o coeficiente de variação da digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas experimentais foi maior nos primeiros 3 a 4 dias de coleta, diminuindo muito pouco com períodos de coletas maiores.

O método da coleta total, apesar de proporcionar bons resultados, tem apresentado alguns problemas. Um dos principais problemas é obtenção de uma amostra representativa das fezes, urina ou excretas para posteriores análises, principalmente em virtude da contaminação com a ração, pelas penas, descamação da pele e perda de excreta durante a coleta. Outro cuidado a ser tomado em relação à coleta das fezes é evitar sua fermentação, reduzindo o intervalo entre as coletas ([Sakomura and Rostagno, 2007](#)).

O balanço de nitrogênio é a diferença entre o nitrogênio ingerido e a soma do nitrogênio excretado nas fezes e na urina, o qual é obtido pelo método de coleta total de fezes e urina. Para [Sgarbieri \(1996\)](#), em indivíduos adultos e saudáveis, recebendo uma dieta balanceada em relação aos nutrientes nitrogenados deve-se encontrar o verdadeiro balanço de nitrogênio, isto é, o nitrogênio ingerido deverá ser igual à soma do nitrogênio excretado nas fezes e na urina. Nos indivíduos em crescimento deve-se encontrar o “balanço positivo” em que o nitrogênio ingerido deverá ser superior à soma do nitrogênio excretado pelas vias fecal e urinária.

Essa situação de retenção de nitrogênio é importante sempre que houver necessidade de formação de novos tecidos pelo organismo. Isto se verifica não só no crescimento normal como também em determinados estados fisiológicos (prenhez, lactação, período de recuperação após ferimentos), em que o organismo tem necessidade de formar novos tecidos e proteínas ou de repor perdas endógenas, que ocorrem como consequência do estado patológico ([Sgarbieri, 1996](#)).

Por outro lado, existem várias condições em que o balanço de nitrogênio poderá ser negativo. Esta situação ocorre em estados mórbidos ou patológicos ou em idade muito avançada em que se verifica uma perda maior de nitrogênio endógeno como consequência da predominância

do catabolismo sobre o anabolismo. No entanto, isso vai depender do tipo de patologia, pois a exigência pode ser maior ou menor dependendo de cada caso patológico. Resultado semelhante se verifica, também, após ingestão contínua de uma dieta desbalanceada, contendo proteínas de má qualidade e que não contém um ou mais dos aminoácidos essenciais ([Sgarbieri, 1996](#)). O balanço de nitrogênio, tanto em indivíduos adultos como em indivíduos em crescimento, poderá fornecer dados sobre o valor nutritivo das proteínas, através de cálculo dos índices de digestibilidade, valor biológico da proteína dietética e utilização líquida da proteína.

Excreção de nitrogênio

Toda tecnologia que melhora a eficiência alimentar dos animais deve ser encarada como um fator para a redução da quantidade de dejetos produzidos. Os dejetos dos suínos possuem diferentes elementos químicos como nitrogênio, fósforo, potássio e elementos biológicos (microrganismos) que podem provocar danos ao ambiente. Cada elemento, encontrado nos dejetos dos suínos, possui características próprias, resultando em diferentes situações ou grau de prejuízo ao ambiente, quando não manejados corretamente.

O nitrogênio é um dos principais elementos poluidores, presente nos dejetos da suinocultura, sendo de grande importância desenvolver e aperfeiçoar tecnologias com o objetivo de reduzir a excreção de nitrogênio na suinocultura moderna. O excesso de nitrogênio nos dejetos é transformado em muitas substâncias não desejáveis ao ambiente, saúde e desempenho de animais e do homem, como nitrato e amônia ([Paiano et al., 2009](#)). A quantidade total de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais. Para os suínos, os valores são decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso vivo por dia, na faixa de 15 a 100 kg. O volume produzido também depende de outros fatores como o manejo, o tipo de bebedouro e o sistema de higienização adotado, entre outros ([Perdomo et al., 2003](#)).

Os AAs da dieta requeridos pelos suínos são destinados para a manutenção dos tecidos e síntese de proteína corporal. A parte indigestível da proteína dietética é excretada pelas fezes. Contudo, a maior proporção do nitrogênio excretado na urina, resultante do processo de desaminação do excesso de AAs absorvidos

(nitrogênio descartado do metabolismo). Existem citações de que os suínos em peso de abate podem excretar de 9 a 11% do nitrogênio consumido através das fezes e 42 a 48% pela urina. Esse nitrogênio urinário encontra-se predominantemente na forma de ureia (mais de 95%), o qual é rapidamente transformado em amônia e volatilizado; enquanto que o nitrogênio nas fezes é mais resistente à degradação ([Jongbloed and Lenis, 1992](#)). Uma redução de 45% na eliminação de nitrogênio urinário foi observada por [Canh et al. \(1998\)](#), quando o teor de proteína da ração diminuiu de 16,5% para 12,5%. Para estes autores, cerca de 60 a 80% do nitrogênio total excretado é eliminado por esta via, e concluíram que o nitrogênio das fezes tem origem no nitrogênio ingerido, que não foi absorvido, e na fração endógena. O nitrogênio endógeno é oriundo principalmente das secreções digestivas (pancreáticas, biliares e intestinais), das descamações do epitélio intestinal e da massa microbiana.

O menor pH intestinal é particularmente importante para os animais nas fases iniciais de criação, fase em que em virtude da imaturidade do trato digestório há menor quantidade de secreções digestivas o que leva a uma menor digestão das proteínas e maior desenvolvimento de microrganismos indesejáveis ([Noblet et al., 1987](#)).

Efeito do teor de proteína da ração nos metabólitos do sangue e urina

Os exames bioquímicos realizados com amostra de plasma e soro sanguíneo são importantes ferramentas para auxiliar o diagnóstico de diversas doenças que acometem aos animais ([Kaneko et al., 2008](#)). Os parâmetros de bioquímica clínica funcionam como indicadores nos processos adaptativos do organismo, no metabolismo energético, proteico e mineral, além de oferecer indicativos na interpretação do funcionamento hepático, ósseo, muscular, cardíaco, do sistema nervoso central e do trato gastrointestinal ([Gonzalez and Silva, 2006](#)).

A composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete de modo fiel a situação metabólica dos tecidos animais, podendo avaliar as lesões teciduais, transtorno no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante dos desafios nutricionais e fisiológicos e de desequilíbrios metabólicos específicos de origem nutricional ([González and Scheffer, 2002](#)).

O sangue age como um mediador das interações metabólicas entre todos os tecidos. Ele é responsável pelo transporte de vários nutrientes do organismo, ajuda na regulação da temperatura corpórea e na proteção do corpo. A porção líquida é constituída pelo plasma sanguíneo, que é composto por 90% de água e 10% de solutos. Uma grande variedade de proteínas, lipoproteínas, nutrientes, metabólitos, produtos de excreção, íons inorgânicos e hormônios estão dissolvidos ou em suspensão no plasma. Mais de 70% dos sólidos do plasma são proteínas plasmáticas, principalmente imunoglobulinas, albumina sérica, transferrina e proteínas da coagulação sanguínea, como fibrinogênio e protrombina ([Lehninger, 2006](#)).

Diferentemente dos carboidratos e lipídeos, o excesso de AAs não é armazenado nos tecidos, sendo catabolizado e transformado em amônia que, pela sua toxicidade, é convertida em glutamina, liberada na corrente sanguínea e conduzida ao fígado para ser convertida em ureia ([Wright, 1995](#)). Os níveis de ureia são analisados em relação ao nível de proteína da dieta e ao funcionamento renal. A ureia é excretada principalmente pela urina e, em menor grau pelo intestino ([Gonzalez and Silva, 2006](#)) e representa em torno de 95% do nitrogênio total da urina ([Canh et al., 1998](#)). As mudanças nas concentrações da ureia no sangue podem ocorrer por causa da dieta do animal, às alterações no fígado e nas funções renais, e à mudança na taxa do catabolismo das proteínas ([González and Scheffer, 2002](#)). O aumento dos níveis da ureia sanguínea pode ocorrer por uma obstrução urinária, na desidratação, problemas renais ou cardíacos e em dietas ricas em proteínas. A diminuição ocorre no caso de uma insuficiência hepática, na síndrome da má absorção, na sobre-hidratação e em dietas com níveis baixos de proteína e com alto teor glicídico ([González and Scheffer, 2002](#)). Assim, o conteúdo de ureia sanguínea serve como indicador da qualidade da proteína fornecida aos suínos ([Brown and Cline, 1974](#), [Coma et al., 1995](#)), sendo que as rações de baixa proteína, suplementadas com aminoácidos essenciais, propiciam menor concentração de ureia no sangue ([Gomez et al., 2002](#), [Kerr et al., 2003](#)).

Suínos consumindo rações com baixa quantidade de proteína com adição de AAs sintéticos perdem menos energia na urina em razão da menor síntese e excreção de ureia urinária. Estima-se que a cada grama adicional no consumo de proteína digestível haverá aumento na

energia perdida na urina de aproximadamente 6,8 kcal ([Le Bellego and Noblet, 2002](#)). Da mesma forma, [Rademacher \(1997\)](#) comenta que esse tipo de ração parece depositar mais gordura nas carcaças. A razão para esse fato reside, provavelmente, no elevado conteúdo de energia líquida nas dietas com baixa PB e suplementadas com AAs, porque parte da energia que seria utilizada na desaminação de aminoácidos é depositada na forma de gordura.

A creatinina é um composto nitrogenado não proteico. Sua origem tem início com a formação da creatina, que é um composto aminoacídico presente principalmente no tecido muscular. A creatina é sintetizada endogenamente mediante a glicina e arginina, agindo como uma fonte de energia rápida através da produção de ATP na ausência de oxigênio, que ao ser liberada pelo fígado é captada principalmente pelo tecido muscular. Após ser fosforilada pela enzima creatina quinase a creatina é estocada na forma de fosfocreatina, sendo uma importante reserva de energia no músculo que impede o esgotamento de ATP celular. A degradação da fosfocreatina gera creatinina excretada pelos rins ([Lehninger, 2006](#)). O conteúdo de creatinina é altamente correlacionado com o peso corporal e com a quantidade de carne magra na carcaça de bovinos e suínos ([Deguchi, 1997](#), [Cameron et al., 2003](#)), sua degradação para creatinina ocorre de maneira constante, aproximadamente 2% do total da creatina diária. A creatinina, sendo um dos produtos do metabolismo nitrogenado deve ser removido do corpo continuamente através dos rins uma vez que ela não é reabsorvida e nem reaproveitada pelo organismo. Assim, níveis altos de creatinina indicam uma deficiência na funcionalidade renal e valores baixos de creatinina podem ser explicados pela baixa ingestão de proteínas pelo animal ([González and Scheffer, 2002](#)).

As proteínas plasmáticas são sintetizadas pelo fígado, e desempenham uma grande variedade de papéis, como o transporte de moléculas, manutenção da pressão osmótica e coagulação ([Núñez and Bouda, 2007](#), [Stockham and Scott, 2011](#)). Podem ser aumentadas na desidratação, na perda de fluidos corporais, nas infecções, nos tumores, no choque, em animais mais velhos e na presença de hemólise na amostra a ser utilizada ([González and Scheffer, 2002](#)).

A albumina é a proteína mais abundante no plasma, perfazendo cerca de 35 a 50% do total de

proteínas. É sintetizada no fígado e tem diversas funções como: transporte de moléculas hidrofóbicas como os ácidos graxos; manutenção da pressão osmótica sanguínea e reserva proteica. Pode ser aumentada na desidratação e na perda excessiva de fluidos. Baixas concentrações de albumina plasmática refletem insuficiência hepática ou deficiência no fornecimento de AAs na dieta ([González and Scheffer, 2002](#)).

As globulinas plasmáticas podem ser separadas por eletroforese em várias classes: α -globulinas, β -globulinas e γ -globulinas. Cada fração, especialmente a γ -, contém imunoglobulinas ou anticorpos circulantes que protegem os animais contra as infecções. As frações α - e γ - globulinas se apresentam com níveis aumentados em todos os processos inflamatórios, infecciosos e imunes. O aumento na taxa da β -globulinas representa perturbação do metabolismo dos lipídeos ou dificuldade na excreção biliar, podendo ser encontrado, geralmente, nos casos de anemia ferropriva, por aumento da síntese de transferrina. Nos suínos as frações β - e γ - dificilmente se separam, formando uma fração única (beta+gama), sendo analisadas desta forma ([Kaneko et al., 2008](#)).

Resultados de estudos divulgados na literatura indicam que as condições de processamento do soro ou plasma sanguíneo, podem ser responsáveis por variações na quantidade dos metabólitos e isso pode dificultar a interpretação dos resultados. Considerando que existem poucos estudos realizados com suínos e também que o sangue dessa espécie é muito susceptível à hemólise, seria importante avaliar os efeitos de condições de processamento na concentração de metabólitos no soro ou plasma desses animais.

Referências Bibliográficas

- ANUALPEC. 2016. *Anuário da Pecuária Brasileira*, 20th edn. Instituto FNP, São Paulo, SP, Brasil.
- Baker, D. H. 1997. Ideal amino acid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. *Biokyowa Technical Review*, 9.
- Batterham, E. S. 1994. *Protein and energy relationships for growing pigs*.
- Bertechini, A. G. 2006. *Nutrição de monogástricos*, 1 edn. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Bertechini, A. G. 2012. *Nutrição de monogástricos*, 2 edn. Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- Brown, J. A. & Cline, T. R. 1974. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. *The Journal of Nutrition*, 104, 542-545.
- Bünzen, S., Salguero, S., Albino, L. F. T. & Rostagno, H. S. 2008. Recentes avanços na nutrição de suínos. *Simpósio Brasil Sul de Suinocultura*.
- Cameron, N. D., McCullough, E., Troup, K. & Penman, J. C. 2003. Physiological responses to divergent selection for daily food intake or lean growth rate in pigs. *Animal Science*, 76, 27-34.
- Canh, T. T., Aarnink, A. J., Verstegen, M. W. & Schrama, J. W. 1998. Influence of dietary factors on the pH and ammonia emission of slurry from growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 76, 1123-1130.
- Coma, J., Carrion, D. & Zimmerman, D. R. 1995. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirements of pigs. *Journal of Animal Science*, 73, 472-481.
- Deguchi, E. 1997. Relation between body weight and urinary creatinine in 24 h in castrated male large white pigs. *Animal Science and Technology*, 68, 347-350.
- Di Campos, M. S., Abreu Sodr , L. R. q., Machado, A. A. & Savastano J nior, H. 2008. Efeito da redu o da proteína bruta da ra o para suínos mantidos em termoneutralidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 7-11.
- Donzele, J. L., Costa, P. M. A., Rostagno, H. S. & Fernandes, A. L. 1992. Níveis de proteína bruta para suínos de 5 a 15 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 21, 1077-1083.
- Fialho, E. T. & Barbosa, H. P. 2008. *Alimentos alternativos para suínos*. UFLA/FAEPE, Lavras.
- Gomez, R. S., Lewis, A. J., Miller, P. S. & Chen, H. Y. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding level. *Journal of Animal Science*, 80, 644-653.
- González, F. H. D. & Scheffer, J. F. S. 2002. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: González, F. H. D. (ed.) *Avalia o metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluídos corporais (sangue, leite e urina)*. Arquivos do 29^o Congresso Nacional de Medicina Veterinária, Gramado, RS, Gramado, RS.
- Gonzalez, F. H. D. & Silva, S. C. 2006. *Introdu o   bioquímica clínica animal*. Gráfica de Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grade do Sul.
- Hansen, J. A., Knabe, D. A. & Burgoon, K. G. 1993. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 20-to 50-kilogram swine. *Journal of Animal Science*, 71, 442-451.
- Jongbloed, A. W. & Lenis, N. P. 1992. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. *Livestock Production Science*, 31, 75-94.
- Kaneko, J. J., Harvey, J. W. & Bruss, M. L. 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academic press, New York.
- Kansas. 1994. *Cooperative extension service*. Kanas State University, USA.
- Kerr, B. J. & Easter, R. A. 1995. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. *Journal of Animal Science*, 73, 3000-3008.
- Kerr, B. J., McKeith, F. K. & Easter, R. A. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 73, 433-440.
- Kerr, B. J., Yen, J. T., Nienaber, J. A. & Easter, R. A. 2003. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 81, 1998-2007.
- Le Bellego, L. & Noblet, J. 2002. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *Livestock Production Science*, 76, 45-58.
- Lehninger, N. D. L. 2006. *Principios de bioquímica*. São Paulo.
- Lewis, A. J. & Miller, E. R. 1991. Amino acids in swine nutrition. *Swine Nutrition*, 1, 147-164.
- Mack, S., Bercovici, D., Groote, G., Leclercq, B., Lippens, M., Pack, M., Schutte, J. & Van Cauwenberghe, S. 1999. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. *British Poultry Science*, 40, 257-265.

- Moura, A. M. A. 2004. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 1, 31-34.
- Noblet, J., Henry, Y. & Dubois, S. 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 65, 717-726.
- NRC. 2012. *Nutrient Requirements of Swine*, 7th rev. edn. Natl. Acad. Press, Washington, DC., Washington.
- Núñez, O. L. & Bouda, J. 2007. *Patología Clínica Veterinaria*, Mexico: FMVZ-UNAM.
- Oliveira, G. C., Moreira, I., Furlan, A. C., Bastos, A. O. & Fraga, A. L. 2004. Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1747-1757.
- Oliveira, V., Fialho, E. T., Lima, J. A. F., Freitas, R. T. F., Bertechini, A. G. & Santos, J. A. 2006. Características de carcaça e peso de vísceras em suínos alimentados com rações contendo baixos teores de proteína bruta. *Ciência Rural*, 36, 1890-1895.
- Paiano, D., Moreira, I., Silvestrin, N., Carvalho, P. L. & Perdigão, L. S. 2009. Relações treonina: lisina digestíveis para suínos na fase inicial, alimentados com rações de baixa proteína, calculadas de acordo com o conceito de energia líquida. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61, 211-218.
- Peiniau, J., Aumaitre, A. & Lebreton, Y. 1996. Effects of dietary protein sources differing in solubility on total tract and ileal apparent digestibility of nitrogen and pancreatic enzymes activity in early weaned pigs. *Livestock Production Science*, 45, 197-208.
- Perdomo, C. C., Oliveira, P. A. V. & Kunz, A. 2003. Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos. *Embrapa Suínos e Aves-Comunicado Técnico*. EMBRAPA, Chapecó, Santa Catarina.
- Rademacher, M. 1997. Manejo nutricional de suínos na fase de crescimento: terminação: conceitos básicos e novas idéias. *Encontro de Nutrição Animal*, 4, 1-11.
- Reece, W. O. 2008. *Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos*. Editora Roca, São Paulo.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. & Euclides, R. F. 2005. *Composição de alimentos e exigências nutricionais*, 2 edn. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. & Euclides, R. F. 2011. *Composição de alimentos e exigências nutricionais*, 3 edn. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Roth, F. X., Gotterbarm, G. G., Windisch, W. & Kirchgessner, M. 1999. Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Germany)*, 81, 232-238.
- Sakomura, N. K. & Rostagno, H. S. 2007. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. FUNEP, Jaboticabal.
- Santiago, A. L. S., Carvalho, L. E., Bastos, F. J. S., Espíndola, G. B. & Kronka, R. N. 2004. Efeitos de diferentes níveis de proteína bruta sobre o desempenho zootécnico e bioeconômico de leitões de 21 a 42 dias de idade. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26, 367-371.
- Sgarbieri, V. C. 1996. *Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações-modificações*. Livraria Varela, São Paulo.
- Sibbald, I. R. & Slinger, S. J. 1963. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Science*, 42, 313-325.
- Stockham, S. L. & Scott, M. A. 2011. *Fundamentos de patologia clínica veterinária*, Rio de Janeiro.
- Sugimoto, N. & Furuya, S. 1983. Studies on the length of preliminary and collection periods in digestion trials with pigs. *New strategies for improving animal production for human welfare: proceedings*. Japan: Japanese Society of Zootechnical Science, Tokyo.
- Suida, D. & Biolatina, A. 2001. Interação da nutrição protéica com fatores econômicos, desempenho, meio ambiente e sanidade de suínos. *Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos*.

- Trindade Neto, M. A., Lima, J. A. F., Bertechini, A. G. & Oliveira, A. G. 1994. Dietas e níveis protéicos para leitões desmamados aos 28 dias de idade—fase inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 23, 92-99.
- Vidal, T. Z. B., Fontes, D. O., Silva, F. C. O., Vasconcellos, C. H. F., Silva, M. A., Kill, J. L. & Souza, L. P. O. 2010. Efeito da redução da proteína bruta e da suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 914-920.
- Wang, T. C. & Fuller, M. F. 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 62, 77-89.
- Wright, P. A. 1995. Nitrogen excretion: three end products, many physiological roles. *Journal of Experimental Biology*, 198, 273-281.
- Zangeronimo, M. G., Fialho, E. T., Lima, J. A. F., Rodrigues, P. B. & Murgas, L. D. S. 2006. Redução do nível de proteína bruta da ração suplementada com aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 849-856.

Article History:*Received 13 June 2017**Accepted 20 July 2017**Available on line 31 August 2017*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.