



## Dieta aminoacídica na determinação da perda endógena ileal de frangos de corte: uma proposta metodológica<sup>1</sup>

Claudson Oliveira Brito<sup>2</sup>, Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>3</sup>, Horacio Santiago Rostagno<sup>3</sup>, Paulo Cezar Gomes<sup>3</sup>, Lídson Ramos Nery<sup>2</sup>, Eliane Aparecida da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pelo CNPq.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Zootecnia – DZO/UFV.

<sup>3</sup> DZO/UFV.

**RESUMO** - O objetivo neste estudo foi propor o uso de dieta livre de proteína (DLP) combinada com um complexo de aminoácidos sintéticos (AA) como metodologia para determinação da perda endógena de aminoácidos e proteínas em frangos de corte, visto que o fluxo endógeno normal é subestimado com o uso da DLP. Utilizaram-se 84 frangos de corte machos, Ross 308, de 17 a 22 dias idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, totalizando dois tratamentos com seis repetições e sete aves por unidade experimental. A partir dos resultados das análises, foram determinadas as perdas endógenas de aminoácidos. Não foi observada diferença na perda endógena de proteína e de aminoácidos entre os frangos de corte alimentados com a DLP e a DLP+AA, exceto dos aminoácidos não-essenciais cistina ( $0,216 \times 0,162$  mg/g matéria seca ingerida, MSI) e serina ( $0,432 \times 0,356$  mg/g MSI), que foram maiores nas aves alimentadas com DLP+AA em comparação àquelas que receberam a DLP, respectivamente. Com exceção dos aminoácidos lisina, triptofano, arginina, leucina e histidina, as perdas de todos os demais foram numericamente maiores nas aves que receberam a DLP+AA. Em ambas as dietas (DLP e DLP+AA), os aminoácidos com menor perda foram metionina (0,087 e 0,096 mg/kg MSI) e triptofano (0,079 e 0,066 mg/kg MSI) e os de maior perda, treonina (0,481 e 0,600 mg/kg MSI) e ácido glutâmico (0,623 e 0,648 mg/kg MSI). O uso de DLP+AA é uma metodologia alternativa ao uso da dieta livre de proteína para determinação da perda endógena de aminoácidos e proteína em frangos de corte.

Palavras-chave: aminoácidos sintéticos, dieta livre de proteína, digestibilidade, fisiologia, metabolismo, proteína

## Aminoacidic diet in determining ileal endogenous losses in broiler chickens: a methodological proposal

**ABSTRACT** - The objective of the present study was to propose the use of protein free diet (PFD) associated with synthetic amino acids (AA) as method to determine the amino acid and protein endogenous loss in broiler chicks, as the normal endogenous flux is underestimated in PFD use. Eighty-four Ross 308 male chickens were used, aged from 17 to 22 days in a randomized complete design, totaling two treatments with six replications, with seven birds per experimental unit. The endogenous amino acid losses were determined from the results of the analyses. No difference was observed in the endogenous losses of protein and amino acids in broilers fed with PFD+AA or PFD, except for the nonessential amino acid cystine ( $0.216 \times 0.162$  mg/g Dry Matter Intake, DMI) and serine ( $0.432 \times 0.356$  mg/g DMI), that was greater in birds fed with PFD+AA than in those fed PFD, respectively. With the exception of lysine, tryptophan, arginine, leucine and histidine, all other amino acids were lost in a considerable amount when the birds received PFD+AA. In both diets, the amino acids with lowest losses were methionine (0.087 and 0.096 mg/kg DMI) and tryptophan (0.079 and 0.066 mg/kg DMI) and the greatest losses were threonine (0.481 and 0.600 mg/kg DMI) and acid glutamic (0.623 and 0.648 mg/kg DMI). The use of PFD+AA is an alternative method to the use of the protein-free diet to determine the endogenous loss of amino acids in broiler chickens.

Key Words: digestibility, metabolism, physiology, protein, protein free diet, synthetic amino acid

### Introdução

Nas últimas décadas, metodologias que utilizam animais em jejum (Sibbald, 1976), dieta livre de proteína

(Rostagno et al., 1973), caseína enzimaticamente hidrolisada (Moughan et al., 1990) e a técnica da homoarginina (Ravindran et al., 2004) têm sido empregadas e propostas para determinar a perda ou fluxo endógeno de aminoácidos

e proteína. Com suas vantagens e desvantagens, visam contribuir para a obtenção da digestibilidade verdadeira dos nutrientes, com a qual se observa a redução da excreção de nutrientes, a possibilidade do uso de alimentos alternativos e melhora do desempenho animal.

A metodologia mais empregada para estimar a perda endógena de aminoácidos foi proposta por Sibbald (1976) e utiliza galos cecectomizados e em jejum, com alimentação restrita e direta no papo, e com tempo de coleta de excreta por até 56 horas. Permite avaliar vários alimentos ao mesmo tempo e em curto período de tempo, porém altera a produção de enzimas digestivas e promove outras mudanças fisiológicas ocorridas durante a alimentação forçada (Lemme et al., 2004). Além disso, as aves em jejum apresentam menor perda endógena de aminoácidos em comparação a aves alimentadas (Siriwan et al., 1993; Wang et al., 2008). Para contrapor os efeitos da falta da alimentação, o uso da dieta livre de proteína (DLP) pode permitir os processos digestíveis normais, de modo que os aminoácidos coletados seriam considerados de origem endógena (Rostagno et al., 1973; Adedokun et al., 2007a,b; Golian, et al., 2008). Entretanto, Zanella et al. (1999) observaram que enzimas digestivas podem ou não ser estimuladas pela fonte exógena de proteína. Nesta mesma linha de pensamento, Gabert et al. (2001) comentaram que a falta de aminoácidos dietéticos compromete a produção de enzimas digestivas e pancreáticas, de modo que o uso de DLP não estimula a secreção normal das enzimas proteolíticas, portanto, subestimando a perda endógena de aminoácidos.

Chung & Baker (1992) e Adedokun et al. (2007a) utilizaram a caseína hidrolisada enzimaticamente (CHE) como opção para determinação do fluxo endógeno de aminoácidos, pois a proteína empregada (caseína) promove alta digestibilidade da dieta. O pré-tratamento enzimático empregado sobre a caseína produz pequenos peptídeos e aminoácidos livres com massa molecular menor que 10.000 Daltons. Considerando que as proteínas endógenas apresentam massas moleculares maiores que 10.000 Daltons, o emprego da centrifugação e da ultrafiltração pela CHE separaria esses aminoácidos de diferentes pesos moleculares. Desse modo, seria considerado que o material retido foi proveniente dos aminoácidos endógenos. A metodologia é criticada porque o fluxo endógeno contém aminoácidos livres ou pequenos peptídeos menores que 10.000 Daltons, que não retidos no filtrado e contribuiriam para subestimar o fluxo endógeno ou o erro metodológico (Moughan & Schutttert, 1991; Moughan et al., 2005).

Se a presença de fonte exógena de proteína e/ou aminoácido influencia a perda endógena, o uso de aminoácidos sintéticos seria uma boa alternativa, fato muito bem documentado por Burroughs et al. (1940) quando observaram redução de 30 a 50% da perda de nitrogênio endógeno de ratos alimentados com dieta aminoacídica, em comparação a dieta livre de proteína. Contribuindo para essas premissas, Izquierdo et al. (1988); Chung & Baker (1992) e Rostagno et al. (2005) demonstraram que os aminoácidos sintéticos apresentam digestibilidade acima de 98%, logo, seu uso como fonte proteica estimularia a fisiologia normal das aves.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de propor uma metodologia que emprega a dieta livre de proteína combinada com complexo de aminoácidos sintéticos visando à determinação da perda endógena de frangos de corte.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) utilizando-se 84 frangos de corte machos, Ross 308, de 17 a 22 dias idade. Até os 16 dias de idade, as aves foram alojadas em galpão de alvenaria de piso coberto com maravalha e recebendo ração inicial comercial, água a vontade e manejo segundo recomendações do manual da linhagem. Aos 17 dias de idade, foram transferidas para baterias frias com 2.250 cm<sup>2</sup> de área (45 cm de largura, 50 cm de comprimento e 40 cm de altura).

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, totalizando dois tratamentos com seis repetições e sete aves por unidade experimental. Todas as dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências das aves, seguindo recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto para proteína e aminoácidos.

Utilizaram-se uma dieta formulada para ser livre de proteína, DLP (Tabela 1), e outra obtida a partir da combinação da dieta DLP mais a participação de 8,84% de um complexo de aminoácidos sintéticos, denominada DLP+AA (Tabela 2).

O óxido de cromo foi adicionado às dietas com a finalidade de determinar o fator de indigestibilidade e o bicarbonato de sódio para a correção do pH.

A temperatura interna da sala foi registrada duas vezes por dia, às 8 e 16 horas, por meio de dois termômetros de máxima e mínima; a média das temperaturas mínimas foi de 23,9 ± 1,7°C e a média das máximas, de 27,5 ± 2,2°C.

O período experimental teve duração de cinco dias com a finalidade de adaptar as aves às baterias e às dietas. Aos

22 dias de idade, todas as aves de cada repetição foram abatidas por deslocamento cervical e imediatamente disseccionadas para obtenção da digesta da porção do íleo terminal, a 5 cm da junção íleo-cecocolica até 40 cm em

Tabela 1 - Composição percentual e química da dieta livre de proteína e da dieta livre de proteína mais complexo aminoacídico (DLP+AA)

Ingrediente	Dieta livre de proteína (DLP)	DLP+complexo aminoacídico <sup>6</sup>
Amido	78,06	68,97
Açúcar	5,00	5,00
Complexo aminoacídico <sup>1</sup>	-	8,84
Bicarbonato de sódio	-	0,25
Óleo de soja	5,00	5,00
Fosfato bicálcico	2,10	2,10
Calcário	1,00	1,00
Sal comum	0,45	0,45
Casca de arroz	5,00	5,00
Areia lavada	2,50	2,50
Minerais <sup>2</sup>	0,05	0,05
Vitaminas <sup>3</sup>	0,13	0,13
Cloreto colina (60%)	0,20	0,20
BHT <sup>4</sup>	0,01	0,01
Óxido de cromo	0,50	0,50
Total	100,00	100,00
Energia metabolizável (kcal/kg)	3460	3272
Matéria seca (%)	91,2	91,2
Proteína bruta (%)	0,00 (0,42) <sup>5</sup>	(7,46)
Cálcio (%)	0,95	0,95
Fósforo disponível (%)	0,40	0,40
Sódio (%)	0,18	0,18
Gordura (%)	5,13	5,13
Fibra bruta (%)	2,00	2,00
Lisina total (%)	0,00 (0,01)	(0,49)
Metionina total (%)	0,00 (0,01)	(0,16)
Cistina total (%)	0,00 (0,01)	(0,16)
Treonina total (%)	0,00 (0,01)	(0,34)
Triptofano total (%)	0,00 (<0,02)	(0,09)
Arginina total (%)	0,00 (0,02)	(0,52)
Valina total (%)	0,00 (0,02)	(0,42)
Leucina total (%)	0,00 (0,03)	(0,59)
Isoleucina total (%)	0,00 (0,01)	(0,34)
Histidina total (%)	0,00 (0,01)	(0,15)
Fenilalanina total (%)	0,00 (0,02)	(0,35)
Tirosina total (%)	0,00 (-)	(0,33)
Glicina total (%)	0,00 (0,02)	(0,58)
Alanina total (%)	0,00 (0,02)	(0,57)
Prolina total (%)	0,00 (0,03)	(0,24)
Serina total (%)	0,00 (0,02)	(0,01)
Ácido glutâmico total (%)	0,00 (0,04)	(2,81)
Ácido aspártico total (%)	0,00 (0,03)	(0,62)

<sup>1</sup> Participação do complexo aminoacídico, em % da dieta experimental (Tabela 2).

<sup>2</sup> Níveis de garantia por quilo do produto: manganês - 16,0 g; ferro - 100,0 g; zinco - 100,0 g; cobre - 20,0 g; cobalto - 2,0 g; iodo - 2,0 g; e veículo q. s. p. - 1.000g.

<sup>3</sup> Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 10.000.000 UI; vit. D3 - 2.000.000 UI; vit. E - 30.000 UI; vit. B1 - 2,0 g; vit. B6 - 4,0 g; ácido pantotênico - 12,0g; biotina - 0,10g; vit. K3 - 3,0 g; ácido fólico - 1,0 g; ácido nicotínico - 50,0 g; vit B12 - 15.000 mcg; selênio - 0, 25 g; e veículo q. s. p. - 1.000 g.

<sup>4</sup> Beta hidroxil-butil tolueno.

<sup>5</sup> Dados entre parênteses referem-se a valores analisados.

<sup>6</sup> Dieta livre de proteína e suplementada com aminoácidos.

Tabela 2 - Participação dos aminoácidos essenciais e não-essenciais no complexo aminoacídico

Aminoácidos essenciais	%
L-lisina HCL	0,63
L-metionina	0,16
L-treonina	0,35
L-triptofano	0,10
L-arginina	0,53
L-valina	0,40
L-leucina	0,55
L-isoleucina	0,33
L-fenilalanina	0,33
L-histidina	0,15
Aminoácidos não-essenciais	%
L-tirosina	0,30
Glicina	0,60
L-ácido glutâmico	2,90
Alanina	0,55
Prolina	0,20
Ácido aspártico	0,60
L-cistina	0,16
Total	8,84

direção anterior ou em direção ao jejuno. Esse segmento foi seccionado transversalmente e seu conteúdo, retirado e colocado dentro de copo plástico.

As dietas e as digestas foram devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em freezer (-10°C). Após a pré-secação a 55°C, por 72 horas, em estufa de ventilação forçada, as amostras foram trituradas em moinho de bola e imediatamente preparadas para as análises de matéria seca, proteína bruta, aminoácidos e cromo.

As análises químicas das digestas (Tabela 3) e das dietas foram realizadas utilizando-se as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002) e as análises de aminoácidos (três amostras por tratamento), pelo método da HPLC (*High-performance liquid chromatography*). A partir dos resultados das análises, foram determinadas as perdas endógenas de metionina, cistina, metionina+cistina, lisina, treonina, triptofano, arginina, isoleucina, leucina, valina, histidina, fenilalanina, serina, glicina, prolina, ácido glutâmico e ácido aspártico.

A perda endógena dos aminoácidos foi calculada em miligrama de aminoácido por miligrama de matéria seca ingerida, conforme descrito por Kadim et al. (2002):

$AA \text{ (mg/g de MS ingerida)} = AA \text{ na digesta ileal} \times (Cr_{\text{dieta}} \div Cr_{\text{digesta ileal}})$ , considerando a presença do cromo na dieta e na digesta como fator de indigestibilidade.

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias analisada pelo teste de *Student-Newman-keuls* (SNK) a 5% de significância utilizando-se o programa estatístico SAEG (UFV, 2000).

## Resultados e Discussão

Não foi observada diferença significativa nas perdas endógena de proteína bruta e aminoácidos (Tabela 3) entre as dietas DLP e DLP+AA, exceto para os aminoácidos não-essenciais cistina (0,216 mg/g MS) e serina (0,432 mg/g MS), cujas perdas endógenas aumentaram quando as aves foram alimentadas com a dieta DLP+AA em comparação às aves que receberam a DLP (0,162 e 0,356 mg/g MS, respectivamente). Com exceção dos aminoácidos lisina, triptofano, arginina, leucina e histidina, todos os demais foram perdidos em maior quantidade quando as aves receberam a DLP+AA, fato comprovado pela diferença entre as perdas endógenas (Tabela 3).

Entre as perdas dos aminoácidos essenciais e não-essenciais, o menor valor foi observado, respectivamente, para a metionina e cistina e o maior para treonina e ácido glutâmico, porém, as aves que receberam a DLP+AA tiveram perda endógena em maior quantidade que aquelas alimentadas com a DLP. Observações semelhantes foram feitas por Leme et al. (2004) e Kadim et al. (2002).

Essas comparações demonstram que a presença de fonte proteica dentro do tubo digestivo, em especial na porção ileal, altera o fluxo endógeno da proteína e dos aminoácidos e o coeficiente de digestibilidade verdadeiro

utilizado para a correção desses nutrientes presentes nos alimentos.

Em grande parte dos trabalhos para avaliação da perda endógena, utilizam-se como técnica jejum, a dieta livre de proteína ou a dieta com caseína enzimaticamente hidrolisada. Lemme et al. (2004) demonstraram que o uso da DLP em frangos de corte proporciona perda endógena de proteína de 6,28 mg/g MS, treonina de 0,494 mg/g MS e valina de 420 mg/g MS, porém, com o uso da caseína enzimaticamente hidrolisada, as perdas foram de 9,23; 0,571 e 0,449 mg/g MS, respectivamente. Observação semelhante foi feita por Ravindran et al. (2004), que quantificaram que o fluxo endógeno da proteína, treonina, valina, lisina e metionina em frangos de corte alimentados com DLP foram, respectivamente, de 7,3; 0,51; 0,42; 0,21 e 0,10 mg/g MS e de 19,3; 1,10; 0,95; 1,05 e 0,25 mg/g MS quando alimentados com caseína hidrolisada enzimaticamente.

Maior perda endógena com o uso de caseína hidrolisada enzimaticamente em relação à dieta livre de proteína foi observada por Hendricks et al. (1996) em gatos, por Hodgkinson et al. (2000) em suínos, por Ravindran et al. (2004) em frangos de corte, Moughan et al. (2005) no homem e Adedokun et al. (2007a) em perus. Todavia, Hodgkinson et al. (2000) e Ravindran et al. (2004) comentaram que as diferenças dentro de uma mesma espécie observadas entre os trabalhos

Tabela 3 - Composição da digesta e do conteúdo de perda endógena da proteína e de aminoácidos de frangos de corte alimentados com dieta livre de proteína (DLP) e dieta livre de proteína e com aminoácidos (DLP+AA)

Aminoácido	Composição da digesta		Perda endógena			CV %
	DLP	DLP+AA	DLP <sup>1</sup> PFD	DLP+AA <sup>2</sup>	Diferença	
			mg AA/g MS ingerida			
Proteína	41,4	40,5	7,29	8,91	-1,62	10,4
Aminoácidos essenciais						
Metionina (%)	0,496	0,436	0,087	0,096	-0,009	8,1
Metionina+cistina (%)	1,417	1,346	0,249	0,296	-0,047	8,0
Lisina (%)	1,133	0,836	0,199	0,184	0,015	11,6
Treonina (%)	2,732	2,727	0,481	0,600	-0,119	9,5
Triptofano (%)	0,450	0,300	0,079	0,066	0,013	9,7
Arginina (%)	1,416	1,054	0,249	0,232	0,017	9,3
Isoleucina (%)	1,487	1,200	0,262	0,264	-0,002	7,6
Leucina (%)	2,371	1,818	0,417	0,400	0,017	14,5
Valina	2,055	1,745	0,362	0,384	-0,022	5,9
Histidina (%)	0,672	0,509	0,118	0,112	0,006	10,7
Fenilalanina (%)	2,198	1,927	0,387	0,424	-0,037	5,5
Aminoácidos não-essenciais						
Cistina (%)	0,921	0,982	0,162b	0,216a	-0,054	3,2
Glicina (%)	1,842	1,600	0,324	0,352	-0,028	8,4
Serina (%)	2,022	1,963	0,356b	0,432a	-0,076	3,3
Prolina (%)	2,835	2,508	0,499	0,552	-0,053	7,1
Alanina (%)	1,877	1,673	0,330	0,368	-0,038	10,4
Ácido aspártico (%)	2,906	2,545	0,511	0,560	-0,049	4,7
Acido glutâmico (%)	3,540	2,945	0,623	0,648	-0,025	13,0

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras distintas na mesma linha são diferentes pelo teste de SNK (P<0,05).

<sup>1</sup> Valores obtidos a partir do conteúdo da digesta × 0,176 (fator de indigestibilidade).

<sup>2</sup> Valores obtidos a partir do conteúdo da digesta × 0,220 (fator de indigestibilidade).

com caseína enzimaticamente hidrolisada podem estar relacionadas à fonte de caseína, pois, diferentes coquetéis de enzimas proteolíticas utilizadas para produzir este produto podem produzir peptídeos hidrolisados de diferentes tipos e tamanhos.

Segundo Hodgkinson et al. (2000), o uso da ultrafiltração da digesta, necessária quando se utiliza a caseína hidrolisada enzimaticamente, subestimava o fluxo de aminoácidos endógenos devido à perda de aminoácidos e peptídeos de baixo peso molecular. De acordo com Gabert et al. (2001), a DLP não estimulava a síntese de enzimas proteolíticas, o que subestimaria a perda endógena no íleo terminal de suínos. Nesta mesma linha de pensamento, Butts et al. (1991), confirmaram que o uso da caseína enzimaticamente hidrolisada é melhor que o da dieta livre de proteína, porém, o processo da ultrafiltração provoca grandes diferenças na perda endógena de valina, isoleucina, leucina, serina e ácido glutâmico. Essas observações permitem exaltar os benefícios do uso da DLP+AA como alternativa na determinação da perda endógena de aminoácidos em frangos de corte.

Chung & Baker (1992) demonstraram que galos cecectomizados alimentados com dieta livre de proteína e suplementada com 15,02% de um complexo aminoacídico, apresentam maior quantidade de aminoácidos excretados em comparação a aves alimentadas com dieta sem a suplementação. Segundo esses autores, a fonte, o tipo de proteína, o teor de fibra e os fatores antinutricionais na dieta influenciam na perda endógena de nitrogênio, portanto, é difícil formular uma dieta livre de proteína similar à dieta prática, daí a importância da presença de fonte proteica para a perda endógena proposta neste trabalho.

Observação muito interessante foi obtida para a serina, visto que não houve adição desse aminoácido sintético na DLP+AA (Tabela 2) e sua perda significativa (0,076 mg/g MS) pode ter forte relação com a maior perda endógena de treonina (0,119 mg/g MS), observada nas aves que consumiram a DLP+AA (Tabela 3). Sabe-se que a serina é importante em diversos caminhos biossintéticos, inclusive os que envolvem pirimidinas, purinas, creatina e profirinas, bem como na porção ativa das enzimas tripsina e quimotripsina. A maior parte da fosforilação das proteínas é catalisada por proteínas quinases, entre elas, as proteínas serina/treonina quinases, envolvidas em eventos de transdução de sinais.

Segundo Aoyama et al. (2003), o principal tipo de serina/treonina fosfatase (PP1) tem importante papel em vários processos celulares do ponto de vista genético,

farmacológico e bioquímico, de maneira que mutações na PP1 provocam defeitos na mitose, meiose, integridade celular e no metabolismo do glicogênio. Davis & Austic (1997), confirmam que frangos de corte alimentados com dietas com elevado teor de proteína têm elevada atividade de treonina dehidrogenase no fígado, responsável pela conversão da treonina em glicina, podendo dar origem à serina.

A atividade metabólica dos aminoácidos e suas inter-relações poderiam explicar a maior quantidade de ácido glutâmico, do ácido aspártico, da treonina e da glicina no fluxo endógeno das aves alimentadas com DLP+AA. Uma vez que as glicoproteínas da mucina são ricas nesses aminoácidos (Lien et al., 1997), compondo a glicina mais de 90% do aminoácido da bile (Souffrant, 1991). Segundo Tavemer et al. (1981), outra explicação para a maior concentração destes aminoácidos no fluxo endógeno seria a absorção mais lenta no lúmen intestinal em comparação a outros aminoácidos.

## Conclusões

O uso da dieta livre de proteína suplementada com um complexo de aminoácidos sintéticos é uma metodologia alternativa ao uso da dieta livre de proteína para determinação da perda endógena dos aminoácidos e de proteína, o que proporciona menores erros de análises em comparação às demais metodologias disponíveis.

## Agradecimentos

Às empresas Degussa Brasil Ltda e Poli Nutri Alimentos Ltda.

## Literatura Citada

- ADEDOKUN, S.A.; PARSONS, C.M.; LILBURN, M.S. et al. Comparison of ileal endogenous amino acid flows in broiler chicks and turkey poults. *Poultry Science*, v.86, n.8, p.1682-1689, 2007a.
- ADEDOKUN, S.A.; PARSONS, C.M.; LILBURN, M.S. et al. Endogenous amino acid flow in broiler chicks is affected by the age of birds and method of estimation. *Poultry Science*, v.86, n.12, p.2590-2597, 2007b.
- AOYAMA, H; SILVA, T.M.A; MIRANDA, M.A. et al. Proteínas tirosina fosfatases: propriedades e funções biológicas. *Química Nova*, v.26 n.6, 2003.
- BURROUGHS, E.W; BURROUGHS, H.S; MITCHELL, H.H. The interdependence among amino acids in their utilization in the endogenous metabolism *Journal of Nutrition*, v.19, p.385-391, 1940.
- BUTTS, C.A.; MOUGHAN, P.J.; SMITH, W.C. Endogenous amino acid flow at the terminal ileum of the rat determined under conditions of peptide alimentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.55, n.2, p.175-187, 1991.

- CHUNG, T.K.; BAKER, D.H. Apparent and true amino acid digestibility of a crystalline amino acid mixture and of casein: comparison of values obtained with ileal-cannulated pigs and cecectomized cockerels. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3781-3790, 1992.
- DAVIS, A.J.; AUSTIC, R.E. Dietary protein and amino acid levels alter threonine dehydrogenase activity in hepatic mitochondria of *gallus domesticus*. **Journal of Nutrition**, v.127, p.738-744, 1997.
- GABERT, V.M.; JOGERSEN, H.; NYACHOTIC, M. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. (Eds.) **Swine nutrition**. 2.ed. Florida: CRC Press, 2001. p.151-186.
- GOLIAN, A.; GUENTER, W.; HOEHLER, D. et al. Comparison of various methods for endogenous ileal amino acid flow determination in broiler chickens. **Poultry Science**, v.87, n.4, p.706-712, 2008.
- HENDRIKS, W.H.; MOUGHAN, P.J.; TARTTELIN, M.F. Gut endogenous nitrogen and amino acid excretions in adult domestic cats fed a protein free diet or an enzymatically hydrolyzed casein-based diet. **Journal of Nutrition**, v.126, n.4, p.955-962, 1996.
- HODGKINSON, S.M.; MOUGHAN, P.J.; REYNOLDS, G.W. et al. The effect dietary peptide concentration on endogenous ileal amino acid loss in the growing pig. **British Journal Nutrition**, v.83, n.4, p.421-430, 2000.
- IZQUIERDO, O.A.; PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. Bioavailability of lysine in L-lysine HCl. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2590, 1988.
- KADIM, I.T.; MOUGHAN, P.J.; RAVINDRAN, V. Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken - comparison of ileal and excreta amino acid digestibility in the chicken. **British Poultry Science**, v.43, n.4, p.588-597, 2002.
- LEMME, A.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.60, n.4, p.423-438, 2004.
- LIEN, K.A.; SAUER, W.A.; FENTON, M. Mucin output in ileal digesta of pigs fed a protein-free diet. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1737-174, 1997.
- MOUGHAN, P.J.; SCHUTTERT, G. Composition of nitrogen-containing fractions in digesta from the distal ileum of pigs fed a protein-free diet. **Journal of Nutrition**, v.121, p.1570-1574, 1991.
- MOUGHAN P.J.; DARRAGH A.J.; SMITH W.C. et al. Perchloric and trichloroacetic acids as precipitants of rotein in endogenous ileal digesta from the rat. **Journal Science Food Agriculture**, v.52, p.13-21, 1990.
- MOUGHAN, P.J.; BUTTS, C.A.; ROWAN, A. et al. Dietary peptides increase endogenous amino acid losses from the gut in adults1. **American Journal Clinical Nutrition**, v.81, p.1359-1365, 2005.
- RAVINDRAN, V.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, G. et al. Endogenous amino acid flow in the avian ileum: quantification using three techniques. **British Journal of Nutrition**, v.92, p.217-223, 2004.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ROGLER, J.C; FEATHERSTON, W.R. Studies on the nutritional values of sorghum grains with varying tannin content for chicks. 2. Amino acids digestibility studies. **Poultry Science**, v.52, p.772-776, 1973.
- SIBBALD, I.R. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. **Poultry Science**, v.55, n.1, p.303-308, 1976.
- SIRIWAN, P.; BRYDEN, W.L.; MOLLAH, Y. et al. Measurement of endogenous amino acid losses in poultry. **British Poultry Science**, v.34, n.5, p.939-949, 1993.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV-Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SOUFFRANT, W.B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5., 1991, Wageningen, Netherland. **Proceedings...** Wageningen, Netherlands, 1991. p.147-166.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; PIZAURO, J.A. et al. Efeito da adição de enzimas exógenas na dieta sobre a atividade enzimática da amilase e tripsina pancreática em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999. p.45.
- TAVEMER, M.R.; HUME, I.D.; FARRELL, D.J. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. Endogenous levels of amino acids in ileal digesta and faeces of pigs given cereal diets. **British Journal Nutrition**, v.46, p.149-158. 1981.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Análises estatísticas no SAEG** (Sistema para análises estatísticas genéticas). Viçosa, MG, 2001. 301p.
- WANG, Z.Y.; SHI, S.R.; SHI, Y.J. et al. A Comparison of Methods to Determine Amino Acid Availability of Feedstuffs in Cecectomized Ganders. **Poultry Science**, v.87, n.1, p.96-100, 2008.