

Digestibilidade ileal verdadeira da proteína em frangos de corte sob dietas com diferentes níveis de proteína bruta

Marson Bruck Warpechowski^{1*}, Alexandre de Mello Kessler², Simone Pophal², André Ebert² e Andréa Machado Leal Ribeiro²

¹Departamento de Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, 80035-050, Curitiba, Paraná, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Autor para correspondência email: marson@ufpr.br

RESUMO. A digestibilidade ileal aparente (DIA-PB) e verdadeira (DIV-PB) da proteína bruta (PB) foram determinadas em frangos de 39 dias de idade sob 4 dietas à base de milho e farelo de soja com níveis de PB variando entre 19,8 e 23,5% (4 repetições de 8 frangos/sexo/dieta). As aves receberam as dietas com 0,25% óxido de cromo em quatro refeições diárias, sendo abatidas entre 2 e 4 horas após o início da última refeição. A perda endógena de PB foi obtida pelo intercepto da regressão linear entre o consumo de alimento e a quantidade de PB colhida no íleo. A digestibilidade aumentou linearmente com o aumento na PB, com coeficientes de regressão e de variação (CV%) menores para DIV-PB ($1,8 \cdot \text{PB} + 36,3$; $r^2=0,97$; $P<0,02$; $\text{CV}\%=2,9$) que para DIA-PB ($3,3 \cdot \text{PB} + 0,9$; $r^2=0,99$; $P<0,01$; $\text{CV}\%=3,7$). A metodologia foi eficiente para determinação da DIV-PB em frangos. A DIA-PB superestimou o efeito do nível dietético de proteína.

Palavras-chave: aves, digestibilidade ileal aparente, equilíbrio dinâmico do indicador, nível protéico, óxido de cromo, perda endógena de proteína.

ABSTRACT. True ileal protein digestibility in broilers fed diets with different crude protein levels. Crude protein apparent ileal digestibility (DIA-PB) and true ileal digestibility (DIV-PB) were determined in 39 day old broilers on four corn-soybean meal diets with 19.8 to 23.5% crude protein content (4 replicates of 8 birds/sex/diet). Diets contained 0.25% chromium oxide and were given in four daily meals. Birds were sacrificed between 2 and 4 hours after the start of the last meal. Endogenous protein loss was obtained as the intercept of the linear regression between the feed intake and the protein collected in the ileum. A linear increase in digestibility with dietary protein level increment was observed. Lower coefficients of variation (CV%) and of regression were observed with DIV-PB ($1.8 \cdot \text{CP} + 36.3$; $r^2=0.97$; $P<0.02$; $\text{CV}\%=2.9$) than with DIA-PB ($3.3 \cdot \text{CP} + 0.9$; $r^2=0.99$; $P<0.01$; $\text{CV}\%=3.7$). Studied methodology was efficient to determine true ileal digestibility in broilers. Apparent ileal digestibility overestimated the effect of dietary crude protein level.

Key words: poultry, apparent ileal digestibility, marker steady state, protein level, chromic oxide, endogenous protein losses.

Introdução

O uso de resultados de digestibilidade ileal em aves é justificado pela interferência da fermentação microbiana e pela contaminação com nitrogênio proveniente da urina nos resultados de ensaios de digestibilidade baseados na análise da excreta (Payne *et al.*, 1968; Raharjo e Farrell, 1985; Johns *et al.*, 1986; Johnson, 1992; Kadin e Mougahn, 1997a, b; Short *et al.*, 1999). Entretanto, existem diferenças na metodologia de determinação da digestibilidade ileal nos trabalhos publicados, incluindo o local de colheita no segmento ileal, o indicador de

digestibilidade e o manejo de sua administração, o sistema de alimentação e o tipo de ave (Raharjo e Farrell, 1985; Summers e Robblee, 1985; Johnson, 1992; Kadim e Moughan, 1997a, b; Short *et al.*, 1999). A técnica de abate e amostragem do íleo terminal é a mais utilizada e, apesar do grande número de trabalhos e das variações na metodologia experimental, poucos autores (Summers e Robblee, 1985; May *et al.*, 1988; Kadim e Moughan, 1997a) têm registrado dados sobre a quantidade de amostra obtida por ave e sobre a variação entre aves, dados importantes para a escolha do desenho experimental a ser adotado. O tamanho do segmento intestinal

amostrado tem relação positiva com a quantidade de amostra obtida (Kadim e Moughan, 1997a), mas pode afetar os resultados de digestibilidade, uma vez que o íleo é tido como o principal sítio de absorção de nutrientes (Raharjo e Farrell, 1984; Johnson, 1992). Trabalhos publicados por Summers e Robblee (1985), May *et al.* (1988), Kadin e Moughan (1997b) e Short *et al.* (1999) demonstram que o sistema de alimentação, o manejo de luz e o intervalo entre o arraçãoamento e o abate podem ser ferramentas importantes para maximizar o conteúdo ileal no momento da colheita de amostra.

Os óxidos metálicos, como os óxidos de cromo, ferro e titânio têm sido os indicadores externos mais utilizados para o cálculo da digestibilidade pelo método de abate. Entretanto, uma vez que esse tipo de substância não apresenta correspondência com as características dos componentes do alimento ou com nutrientes a serem avaliados, para sua validade como indicadores da digestibilidade é necessário o estabelecimento do estado de equilíbrio dinâmico de sua passagem no trato gastrointestinal, com taxas constantes de entrada e saída (Warner, 1981). Considerando Ferrando *et al.* (1987), que observaram diferenças na passagem gastrointestinal devido ao tamanho e a dureza da partícula do indicador, e Pettersson *et al.* (1994), que atribuíram a obtenção de valores de digestibilidade ileal negativos para a fibra solúvel à segregação do óxido de cromo durante a passagem intestinal, poucos autores têm levado em conta os cuidados com o equilíbrio dinâmico do indicador e sua representatividade nos experimentos de digestibilidade ileal pelo método de abate. Considerações detalhadas sobre a validade de indicadores de digestibilidade foram relatadas no trabalho de Sibbald (1979) e nas revisões de Warner (1981) e de Sibbald (1987).

Por outro lado, a correção para a perda endógena aumenta a acurácia das determinações de digestibilidade para aminoácidos, proteína e energia (Raharjo e Farrell, 1985; Sibbald, 1987; Bordillon *et al.*, 1990; Short *et al.*, 1999), mas a quantificação direta da perda endógena basal com aves em jejum é dificultada em métodos como o da digestibilidade por abate e colheita do conteúdo ileal. Considerando que a perda endógena total é a soma da perda endógena basal e da perda endógena específica do consumo de determinado alimento (Sibbald, 1987; Sève, 1994), a perda endógena pode ser determinada por regressão entre a quantidade de proteína colhida no segmento intestinal e o consumo de alimento, como já tem sido utilizado para a perda endógena de aminoácidos (Angkanaporn *et al.*, 1997a; Short *et al.*, 1999) e de energia (Bordillon *et al.*, 1990). Além da relação com

o consumo de alimento, a perda endógena depende da composição da dieta ingerida (Sibbald, 1980; Zander, 1986; Lange *et al.*, 1990; Angkanaporn *et al.*, 1997b), de forma que a determinação da perda endógena com aves em jejum ou consumindo dietas livres de nitrogênio não expressam necessariamente a mesma perda que ocorre durante o consumo de determinada dieta. Os métodos de determinação da perda endógena também têm sido motivo de discussão em relação ao sistema de energia metabolizável verdadeira (Bordillon *et al.*, 1990; McNab, 2000; Yaghobfar e Boldaji, 2002).

O objetivo principal do presente trabalho foi descrever e avaliar metodologia para determinar a digestibilidade ileal verdadeira da proteína para frangos de corte. Um objetivo secundário foi estudar o efeito do nível de proteína bruta sobre a digestibilidade ileal aparente e verdadeira da proteína em frangos recebendo dietas formuladas para atender a necessidade dos quatro primeiros aminoácidos limitantes.

Material e métodos

Foram utilizados 256 frangos Ross machos e fêmeas com 39 dias de idade, criados em gaiolas metabólicas de aproximadamente 1 m² (8 frangos por gaiola), com água à vontade em bebedouros tipo calha e iluminação artificial 24 h/dia. As aves receberam quatro dietas fareladas isoenergéticas e formuladas para níveis similares de aminoácidos limitantes e para níveis crescentes de proteína bruta (Tabela 1). Foi utilizado o delineamento blocos casualizados, considerando as repetições como blocos (ordem de abate) e os efeitos de sexo e dieta, com quatro repetições (gaiolas) por tratamento.

Com o objetivo de desenvolver um estado de equilíbrio dinâmico na passagem do indicador no trato gastrointestinal, foi adotado o sistema de doses repetidas do indicador misturado às dietas, conforme recomendações de Warner (1981): iniciando três dias anteriormente ao abate, os frangos receberam as dietas experimentais contendo 0,25% de óxido de cromo, oferecidas em quantidade calculada para suprir 95% do consumo à vontade de matéria seca, distribuída equitativamente em quatro refeições diárias, às 01:00, 07:00, 13:00 e 19:00h. Os restos de cada refeição foram pesados e conservados para análise. Nos três últimos intervalos de seis horas entre refeições anteriores ao abate, o total de excreta acumulado de cada gaiola foi recolhido, pesado, amostrado e tratado para análise de cromo.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais.

Table 1. Experimental diets composition.

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
--	---------	---------	---------	---------

	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4
Ingredientes (%)				
<i>Ingredients (%)</i>				
Milho	56,51	59,96	63,53	66,61
<i>Corn grain</i>				
Farelo de soja (46% PB)	32,21	29,53	26,66	24,64
<i>Soybean meal (46% CP)</i>				
Glútem de milho	3,00	2,50	2,00	1,00
<i>Maise gluten</i>				
Óleo vegetal	3,90	3,40	2,91	2,60
<i>Vegetable oil</i>				
Fosfato bicálcico	1,66	1,69	1,72	1,74
<i>Bicalcium phosphate</i>				
Calcário calcítico	1,38	1,39	1,39	1,40
<i>Limestone</i>				
Bicarbonato de Na	-	0,13	0,27	0,37
<i>Na bicarbonate</i>				
NaCl	0,47	0,38	0,28	0,20
<i>NaCl</i>				
Suplemento e aditivos*	0,58	0,58	0,58	0,58
<i>Supplement and aditivs*</i>				
DL-Metionina	0,21	0,24	0,28	0,32
<i>DL-Methionine</i>				
L-Lisina	0,05	0,14	0,24	0,32
<i>L-Lysine</i>				
L-Treonina	-	0,01	0,06	0,11
<i>L- Threonine</i>				
L-Triptofano	-	0,01	0,02	0,03
<i>L- Tryptofan</i>				
Cloreto de Colina	0,03	0,04	0,05	0,06
<i>Choline-Cl</i>				
Composição Calculada				
<i>Calculated composition</i>				
EMA frangos (kcal kg ⁻¹)	3100	3100	3100	3100
<i>AME broilers (kcal kg⁻¹)</i>				
Proteína Bruta analisada (%)	23,5	22,3	21,0	19,8
<i>Analised crude protein (%)</i>				
Arginina (%)	1,40	1,30	1,20	1,12
<i>Arginine (%)</i>				
Lisina (%)	1,15	1,15	1,15	1,15
<i>Lysine (%)</i>				
Met.+Cis. (%)	0,86	0,86	0,86	0,86
<i>Met.+cist. (%)</i>				
Metionina (%)	0,52	0,54	0,55	0,57
<i>Methionine (%)</i>				
Tryptofano (%)	0,22	0,21	0,21	0,21
<i>Tryptophan (%)</i>				
Treonina (%)	0,77	0,74	0,74	0,74
<i>Threonine (%)</i>				
Ca (%)	0,95	0,95	0,95	0,95
<i>Ca (%)</i>				
P disp (%)	0,42	0,42	0,42	0,42
<i>Avail. P. (%)</i>				
Na (%)	0,20	0,20	0,20	0,20
<i>Na (%)</i>				
K (%)	0,76	0,72	0,68	0,65
<i>K (%)</i>				
Cl (%)	0,34	0,31	0,27	0,24
<i>Cl (%)</i>				
Na+K-Cl (meq)	186	185	185	185
<i>Na+K-Cl (meq)</i>				
Colina (g kg ⁻¹)	1,4	1,4	1,4	1,4
<i>Choline (g kg⁻¹)</i>				

*Suplemento mineral e vitamínico (0,16%) calculado para frangos em crescimento conforme o NRC (1994), além de (%): Virginiamicina 100% (0,001), Hidróxi Butil Tolueno (0,02), anticoccidiano (0,05), antifúngico (0,1) e sequestrante (0,25).

*Mineral and vitamin supplementation (0,16%) calculated for growing broilers following NRC (1994), and also (%): Virginiamycin 100% (0,001), Hydroxi-Butil-Toluene (0,02), anticoccidiostat (0,05), antifungal (0,1) and sequestrant (0,25).

O abate foi feito por deslocamento cervical seguido de sangria, com os frangos agrupados por sexo e repetição, iniciando duas horas após a refeição das 7h (machos) e das 13h (fêmeas). O íleo foi exposto após incisão abdominal e um segmento de 18 cm terminando a 1,5 cm da junção íleo-ceco-cólica foi pinçado e seu conteúdo delicadamente espremido por pressão digital dentro de tubos plásticos imersos em gelo. O material amostrado foi pesado, seco a 60°C em estufa de ar forçado, moído com peneira de 2 mm e mantido para análise. As amostras do conteúdo ileal, da excreta e das sobras de alimento foram analisados quanto aos teores de matéria seca a 105°C e proteína bruta de acordo com o AOAC

(1975), e quanto ao teor de Cr por espectrofotometria após digestão ácida (Udén *et al.*, 1980). A concentração do indicador no alimento consumido foi corrigida pela concentração e quantidade de Cr nos restos respectivos de cada repetição no último período anterior ao abate.

A digestibilidade ileal aparente da matéria seca (DIA-MS) e da proteína bruta (DIA-PB) foram determinadas a partir da sua concentração na dieta e na digesta ileal, corrigida para a concentração de indicador, conforme descrito a seguir:

$$DIA = 100 - (100 \cdot Ai / Aa \cdot CRa / CRi);$$

Onde: DIA é o coeficiente de digestibilidade ileal, Ai, a concentração do componente na digesta ileal, Aa, a concentração do componente no alimento, CRa, a concentração do indicador no alimento e CRi a concentração do indicador na digesta ileal (todos os valores expressos em %).

A digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (DIV-PB) foi calculada conforme descrito abaixo:

$$DIV-PB = 100 - (100 \cdot PBi \text{ corrigida} / PBa \cdot CRa / CRi \text{ corrigida});$$

Onde: PBi corrigida é a concentração de proteína bruta na digesta ileal corrigida para a perda de proteína endógena no íleo, PBa é a concentração de proteína bruta no alimento, e CRi corrigida é a concentração do indicador na digesta ileal corrigida para a perda de proteína endógena no íleo (todos os valores expressos em %).

A PBi corrigida foi calculado como:

$$PBi \text{ corrigida} = (PBi - PPE) / (I - PPE) \cdot 100;$$

Onde: PBi é a quantidade de proteína colhida no segmento ileal, PPE é a perda de proteína endógena no íleo e I é a quantidade de digesta ileal colhida (todos os valores expressos em g ave⁻¹).

A CRi corrigida foi calculada como:

CRi corrigida = CRi / (I - PPE) * 100; (todos os valores expressos em g ave⁻¹).

A perda de proteína endógena no íleo (PPE) foi obtida como o intercepto da equação de regressão linear entre o consumo de matéria seca (g ave⁻¹ dia⁻¹) e a quantidade de proteína colhida no segmento ileal (g ave⁻¹).

Para avaliação do estado de equilíbrio dinâmico na passagem do indicador no trato digestório, os resultados da quantidade de Cr excretada em cada intervalo foram transformadas em frações percentuais da quantidade de indicador ingerido e submetidos a uma análise de variância com arranjo fatorial 3x2x4

(período vs. sexo vs. dieta). A condição de equilíbrio dinâmico seria considerada válida no caso de não haver diferença entre períodos para a quantidade de Cr excretado. As médias por repetição da quantidade, do percentual de matéria seca colhida no segmento ileal e dos coeficientes de digestibilidade foram submetidas a uma análise de variância com arranjo fatorial 2x4 (sexo vs. dieta), considerando as repetições como blocos para controlar o efeito do tempo entre o início da última refeição e o abate. Os resultados de digestibilidade foram ainda submetidos à análise de regressão polinomial contra os níveis de proteína na dieta.

As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa StatGraphics Plus for Windows 4.1 (Manugistics, 1997).

Resultados e discussão

O intervalo de tempo entre o abate e a colheita do conteúdo ileal foi em média de 1,8 minutos. Segundo Summers e Robblee (1985), o tempo para iniciar a descamação do íleo após o abate é de aproximadamente 15 minutos. Na Tabela 2 são apresentados os resultados da matéria seca do conteúdo ileal colhido. Das 256 aves abatidas, cinco não apresentaram conteúdo sólido para colheita no segmento ileal avaliado, sendo desconsideradas.

Tabela 2. Resultados da colheita de digesta ileal dos frangos¹.
Table 2. Results of broilers ileal digest collection¹.

	Sexo ² Sex ²	Média Average	Erro padrão Standard error	Mínimo Minimal	Máximo Maximal
Matéria seca % Dry matter %		20,35	0,67	19,09	21,61
Matéria seca g ave ⁻¹ Dry matter g bird ⁻¹	Machos Male	0,84	0,04	0,76	0,91
	Fêmeas Female	0,72	0,05	0,64	0,79

¹Colheita dos 18 cm finais do íleo; ²Diferença significativa entre sexos pelo teste F (P<0,05);

¹Collection from the last 18 cm of the ileum; ²Significant difference between sexes by the F test (P<0.05).

O teor médio de matéria seca no conteúdo ileal foi próximo a 20%, semelhante ao registrado por May *et al.* (1988), apresentando baixa variabilidade, e não houve efeito significativo devido a nenhum dos fatores ou interação significativa entre os fatores considerados (P>0,20).

Observou-se diferença significativa entre sexos (P<0,01) para o total de MS colhida no íleo por ave, verificando-se maior conteúdo ileal nos machos que nas fêmeas. Entretanto, o efeito de sexos está confundido com o turno de abate (machos pela manhã e fêmeas pela tarde) e, além disso, o consumo de ração dos machos foi aproximadamente 14% maior que das fêmeas, o que pode explicar parcialmente essa diferença.

May *et al.* (1988), trabalhando com frangos de 42 dias, registraram conteúdo médio por ave no total do intestino delgado de aproximadamente 7,5 e 4,5 g MS

(20,4% MS), duas e quatro horas após retirada da alimentação, respectivamente. A quantidade de material no íleo diminuiu muito com tempos maiores de jejum. O trabalho de abate e colheita do conteúdo ileal no presente experimento iniciou duas horas após o início do oferecimento de ração, estendendo-se por aproximadamente duas horas, mantendo-se no período propício segundo os dados de May *et al.* (1988).

Por outro lado, Kadim e Moughan (1997a), trabalhando com alimentação forçada ou fornecimento de alimento por uma hora após jejum de 24 horas, obtiveram quantidades bem maiores de matéria seca nos 15 cm finais do íleo de frangos de 23 dias, com valores em g ave⁻¹ variando de 1,2 ± 0,17 com dieta semi-purificada à base de trigo obtida 6 horas após o início do consumo, até 3,3 ± 0,15 com dieta à base de farelo de algodão obtida 4 horas após o início do consumo. Estes autores observaram relação positiva entre o tamanho do segmento ileal (10 a 25 cm) e a quantidade de material recuperado, mas sem efeito do tamanho do segmento sobre a digestibilidade ileal aparente do nitrogênio com dietas semipurificadas à base de farelo de trigo, farelo de soja e farinha de sangue, pelo que consideraram os 15 cm finais do íleo como tamanho adequado. Esses resultados confirmam o observado por Summers e Robblee (1985), com dietas à base de farelo de soja e farelo de canola, que concluíram pela utilização dos 18 cm finais do íleo, metodologia adotada no presente trabalho.

Os resultados da avaliação do estado de equilíbrio dinâmico na passagem do indicador no trato gastrointestinal das aves é apresentado na Tabela 3. A recuperação do óxido de cromo foi em média, próxima a 96% do consumido e não houve efeito significativo ou interação significativa entre os fatores avaliados. A correção do consumo de óxido crômico pela análise das sobras foi importante para a correta avaliação da recuperação do mesmo na excreta bem como da correção de grande parte da variação entre repetições. A não ocorrência de diferença na excreção de indicador entre os períodos de colheita de excreta anteriores ao abate demonstram estabilidade na passagem do mesmo pelo trato gastrointestinal das aves. De acordo com Warner (1981), no estado de equilíbrio dinâmico há entrada e saída de determinada substância (no caso o indicador óxido crômico) em determinado segmento ou no trato digestório total, em taxas iguais e constantes. Nesta situação, embora não apresente características físicas semelhantes às da maior parte do alimento (solubilidade, resistência e tamanho de partícula), o

indicador torna-se uma referência válida para a determinação da digestibilidade dos componentes do alimento consumido, pois mantém concentração constante em cada segmento do trato, enquanto que a variação na concentração dos componentes digestíveis deve-se ao seu desaparecimento. Ao contrário, a utilização de óxido de cromo administrado em dose única pode resultar em diferentes taxas de recuperação no segmento intestinal avaliado de acordo com o alimento testado, conforme observado por Kadim e Moughan (1997a; 1997b), que obtiveram maiores taxas de recuperação do indicador com alimentos e dietas que continham fibra de cereais. Parte desse efeito pode ser creditada ao efeito da fibra sobre a passagem da digesta (Van Der Klis e Van Voorst, 1993; Warpechowski, 1996), que pode resultar em segregação de indicadores como o óxido de cromo em experimentos de dose única e afetar a determinação da digestibilidade ileal (Pettersson *et al.*, 1994).

A regressão entre o conteúdo de proteína colhida no segmento ileal e a quantidade de MS consumida resultou em um intercepto de 0,0306 g PB ave^{-1} ($r^2=0,85$; $p<0,01$), sem diferença para sexos ($P=0,64$). Esse valor foi considerado como a taxa de perda ileal endógena de proteína, a qual representou em torno de 33% da quantidade média de proteína recuperada no segmento ileal das aves. Essa estimativa por regressão foi conseguida com a variação espontânea no consumo de alimento pelas aves, mas caso houvesse interesse devido a possível falta de variação no consumo, se poderia utilizar oferecimento de níveis crescentes de arrazoamento, como é utilizado no método europeu para a determinação da energia endógena por regressão (Bordillon *et al.*, 1990). Os resultados publicados quanto à perda endógena determinada por regressão têm sido contraditórios, com valores maiores ou menores do que os resultados obtidos com aves em jejum, dependendo da dieta, do nível de consumo e do método de administração de ração (Bordillon *et al.*, 1990; Angkanaporn, 1997b; McNab, 2000; Yaghobfar e Boldaji, 2002). Entretanto, para prevenir a influência do nível de consumo sobre a digestibilidade e levando em conta o padrão da relação do nível de consumo com a digestibilidade e com a taxa de perda endógena (Johnson, 1992), é recomendável que os níveis de arrazoamento escolhidos fiquem dentro de uma faixa próxima ao nível de consumo à vontade. Dessa forma, o intercepto da regressão para a determinação da perda endógena deve resultar em valor mais alto

do que o determinado em jejum, uma vez que a inclinação da reta é menor, aproximando-se mais do valor real para a perda endógena que ocorre na situação de consumo à vontade.

Tabela 3. Teste da condição de equilíbrio dinâmico na passagem do indicador no trato gastrointestinal dos frangos (fração recuperada do Cr ingerido, %).

Table 3. Test of the steady state condition of the marker passage in the broilers gastrointestinal tract (recovered fraction of the Cr intake, %).

Período* Period*	Média Average	Erro padrão Standard error	Mínimo Minimum	Máximo Maximum
1 (13 – 19 h)	96,11	0,98	94,16	98,05
2 (19 – 01 h)	95,23	0,98	93,29	97,18
3 (01 – 07 h)	96,30	0,98	94,35	98,24

*Excreta acumulada em cada período de 6 horas.

*Accumulated excreta in each six hours period

Os resultados obtidos para DIA-MS, DIA-PB e DIV-PB são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados da digestibilidade ileal aparente da matéria seca (DIA-MS) e da proteína bruta (DIA-PB) e da digestibilidade ileal verdadeira da proteína bruta (DIV-PB).

Table 4. Dry matter (DIA-DM) and crude protein (DIA-CP) apparent ileal digestibility and crude protein true ileal digestibility (DIV-CP) results..

Fator <i>Factor</i>		Média ± e.p. ¹ <i>Average ± s.e.¹</i>	Mínimo <i>Minimal</i>	Máximo <i>Maximal</i>
DIA-MS (%) ²				
Sexo <i>Sex</i>	Fêmeas <i>Females</i>	48,09 ± 5,74	34,21	54,80
	Machos <i>Males</i>	43,94 ± 4,63	35,72	48,99
DIA-PB (%) ³				
Nível de Proteína (%)	19,8	65,04 ± 8,18	48,17	72,99
	21,0	67,32 ± 4,81	60,99	76,69
<i>Protein</i>	22,3	71,66 ± 5,42	62,11	78,84
<i>Level (%)</i>	23,5	77,19 ± 2,92	72,82	79,85
DIV-PB (%) ⁴				
Nível de Proteína (%)	19,8	72,64 ± 5,55	63,63	78,22
	21,0	74,25 ± 4,20	68,53	79,65
<i>Protein</i>	22,3	77,41 ± 4,37	70,30	81,82
<i>Level (%)</i>	23,5	79,13 ± 8,03	62,09	84,97

¹Erro padrão; ²Efeito significativo de sexo ($P<0,05$); ³DIA-CP = $0,92 + 3,29 \times \text{PB}$ ($r^2=0,99$; $P<0,01$); ⁴DIV-CP = $36,27 + 1,83 \times \text{PB}$ ($r^2=0,97$; $P<0,02$)

¹Standard error; ²Significant sex effect ($P<0,05$); ³DIA-CP = $0,92 + 3,29 \times \text{CP}$ ($r^2=0,99$; $P<0,01$); ⁴DIV-CP = $36,27 + 1,83 \times \text{CP}$ ($r^2=0,97$; $P<0,02$).

Não foi detectado efeito significativo do nível de PB sobre a DIA-MS ($P>0,05$). As fêmeas apresentaram significativamente maior DIA-MS que os machos. Entretanto, estes consumiram aproximadamente 14% mais ração e foram abatidos pela manhã, enquanto que as fêmeas foram abatidas pela tarde, o que pode explicar parte desta diferença. O coeficiente de variação para a DIA-MS foi de 5,8%, enquanto que para a DIA-PB e a DIV-PB foram respectivamente de 3,7 e 2,9%, um pouco maiores que os registrados por Kadim e Moughan (1997b), de aproximadamente 2,5%.

Observou-se aumento linear da digestibilidade ileal da proteína bruta com o aumento no nível de PB na dieta, independentemente do método utilizado. Entretanto, a inclinação observada com DIV-PB foi menor do que com DIA-PB, concordando com o

observado para aminoácidos por Angkanaporn *et al.* (1997a) e Short *et al.* (1999), para os quais a diferença entre a digestibilidade aparente e verdadeira diminui com o aumento no nível de proteína na dieta. O efeito positivo do nível de proteína sobre a digestibilidade ileal da mesma está de acordo com os dados publicados por Short *et al.* (1999), em que a digestibilidade ileal dos aminoácidos aumentou com o aumento no nível de proteína em dietas utilizando trigo como única fonte de proteína. Entretanto, no presente trabalho, parte desse efeito pode ser também creditada à substituição parcial gradativa da proteína do milho pela da soja, que ocorreu mesmo com o aumento concomitante do glúten de milho (Tabela 1).

Conclusão

A metodologia de arrazoamento adotada é eficiente para a manutenção do equilíbrio dinâmico na passagem de óxido crômico pelo trato gastrointestinal de frangos, validando sua utilização quando do uso desse indicador de digestibilidade em segmentos intestinais.

A utilização de regressão linear entre o consumo de alimento e a quantidade de proteína colhida no segmento ileal para determinação da excreção endógena é alternativa viável para a determinação da digestibilidade ileal verdadeira da proteína em frangos de corte pelo método do abate e colheita no segmento terminal do íleo.

Dentro da faixa de valores estudada, a digestibilidade ileal da proteína aumenta com o aumento no nível de proteína balanceada na dieta de frangos.

O coeficiente de digestibilidade ileal aparente superestima a digestibilidade da proteína em frangos, especialmente em dietas com menor nível protéico.

Referências

ANGKANAPORN, K. *et al.* Influence of caecectomy and dietary protein concentration on apparent excreta amino acid digestibility in adult cockerels. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 38, p. 270-276, 1997a.

ANGKANAPORN, K. *et al.* Evaluation of homoarginine as a marker for the determination of endogenous amino acid concentrations in poultry excreta. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 38, p. 577-585, 1997b.

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*. 12. ed. Washington, D.C.: Official press, 1975.

BOURDILLON, A. *et al.* European reference method for the *in vivo* determination of metabolisable energy with adult cockerels: reproducibility, effect of food intake, comparison with individual laboratory methods. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 31, p. 557-565, 1990.

FERRANDO, C. *et al.* Study of the rate of passage of food with chromium-mordanted plant cells in chickens (*Gallus gallus*). *Quart. J. Exp. Physiol.*, Cambridge, v. 72, p. 251-259, 1987.

JOHNS, D.C. *et al.* Comparison of amino acid digestibility using the ileal digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 27, p. 679-685, 1986.

JOHNSON, R.J. Principles, problems and application of amino acid digestibility in poultry. *World's Poult. Sci. J.*, Savoy, v. 48, p. 232-246, 1992.

KADIM, I.T.; MOUGHAN, P.J. Development of an ileal amino acid digestibility assay for the growing chicken – effects of time after feeding and site of sampling. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 38, p. 89-95, 1997a.

KADIM, I.T.; MOUGHAN, P.J. Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken – effect of the imposition of a fasting period and the nature of the test diet. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 38, p. 285-290, 1997b.

LANGE, C.F.M. *et al.* Real ileal protein and amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs as determined with the ¹⁵N-isotope dilution technique. *J. Anim. Sci.*, New York, v. 68, p. 409-418, 1990.

MANUGISTICS. *Statgraphics plus for windows*. (versão 4.1). Rockville, Maryland, 1997.

MCNAB, J.M. Rapid metabolizable energy assays. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). *Farm animal metabolism and nutrition. II. Feed evaluation methodologies*. New York: Cabi Publishing, 2000. p. 307-315.

MAY, D.J. *et al.* Effect of environmental temperature and feeding regimen on quantity of digestive tract contents of broilers. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 67, p. 64-71, 1988.

PAYNE, W.L. *et al.* Investigation of protein quality ileal recovery of amino acids. *Fed. Proc.*, Bethesda, v. 27, n. 5, p. 1199-1203, 1968.

PETTERSSON, D. *et al.* In-vitro and in-vitro studies on digestion of dietary fibre components in a broiler chicken diet based on rye. *J. Sci. Food Agric.*, London, v. 66, p. 267-272, 1994.

RAHARJO, Y.; FARRELL, D.J. A new biological method for determining amino acid digestibility in poultry feedstuffs using a simple cannula, and the influence of dietary fibre on endogenous amino acid output. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 12, p. 29-45, 1985.

SÈVE, B. Alimentation du porc en croissance: intégration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. *Prod. Anim.*, Paris, v. 7, p. 275-291, 1994.

SHORT, F.J. *et al.* Application of a method to determine ileal digestibility in broilers of amino acids in wheat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 79, p. 195-209, 1999.

SIBBALD, I.R. Passage of feed through the adult rooster. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 58, p. 446-459, 1979.

SIBBALD, I.R. The effects of dietary cellulose and sand on the combined metabolic plus endogenous energy and amino acid outputs of adult cockerels. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 59, p. 836-844, 1980.

SIBBALD, I.R. Estimation of bioavailable amino acids in feedingstuffs for poultry and pigs: a review with emphasis on balance experiments. *Can. J. Anim. Sci.*, Vancouver,

v. 67, n. 2, p. 221-300, 1987.

SUMMERS, D.J.; ROBBLEE, A.R. Comparison of apparent amino acid digestibilities in anesthetized versus sacrificed chickens using diets containing soybean meal and canola meal. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 64, p. 536-541, 1985.

UDÉN, P. *et al.* Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci., Food Agric.*, London, v. 31, p. 625-632, 1980.

VAN DER KLIS, J.D.; VAN VOORST, A. The effect of carboxy methyl cellulose (a soluble polysaccharide) on the rate of marker excretion from the gastrointestinal tract of broilers. *Poult. Sci.*, Champaign, v. 72, p. 503-512, 1993.

WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. *Nutr. Abstr. Rev. B*, Wallingford, v. 51, p. 789-820, 1981.

WARPECHOWSKI, M.B. *Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrintestinal de matrizes*

machos de linhagem de corte intactos, cecectomizados e fistulados no íleo terminal. 1996. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

YAGHOB FAR, A.; BOLDAJI, F. Influence of level of feed input and procedure on metabolisable energy and endogenous energy loss (EEL) with adult cockerels. *Brit. Poult. Sci.*, London, v. 43, p. 696-704, 2002.

ZANDER, R. Der einfluss einer strohapplikation als rohfaserquelle auf die N-exkretion bei kolostomierten broilerhennen und die bakterielle aktivität im darm. *Arch. Geflügelk*, Berlin, v. 50, n. 2, p. 68-73, 1986.

Received on March 02, 2006.

Accepted on September 18, 2006.