

A TÉCNICA DA ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA

REVISÃO

A TECHNIQUE DE L'ÉNERGIE MÉTABOLISABLE RÉELLE
RÉVISION

TRUE METABOLIZABLE ENERGY BIOASSAY
REVIEW

MARIA ELVIRA SALES BAPTISTA

Médico-Veterinário

Assistente de Nutrição e Alimentação da Escola Superior Agrária de Santarém

RESUMO

A energia tem uma importância qualitativa e quantitativa fundamental na formulação de dietas para aves, pelo que é essencial conhecer com precisão o valor energético dos alimentos. Nesta revisão, analisam-se os diferentes sistemas de avaliação do valor energético dos alimentos para aves e comparam-se as técnicas de determinação da Energia Metabolizável. Conclui-se que das técnicas existentes para determinar o valor energético dos alimentos para aves, como método de rotina, com vista a obter dados utilizáveis na formulação prática de dietas, a técnica da Energia Metabolizável Verdadeira (EMV) é mais rápida, mais económica, mais precisa (não sendo os valores obtidos influenciados por características relacionadas com o tipo de ave, o alimento, ou o ensaio), apresentando ainda a vantagem de poder utilizar a metodologia para determinar a biodisponibilidade de outros nutrientes (ácidos aminados, lípidos e minerais).

RÉSUMÉ

Dans la formulation pratique de rations pour les volailles, l'énergie est très importante qualitative et quantitativement. Il est donc nécessaire de connaître avec précision, la valeur énergétique des aliments.

Dans cette révision, on réfère les différents systèmes pour évaluer le contenu énergétique des aliments pour les volailles, et on compare les techniques pour déterminer l'Énergie Métabolisable. On arrive à la conclusion que comme méthode d'analyse routinière, la technique de l'Énergie Métabolisable Réelle (EMR) est plus rapide, plus économique, plus précise (parce que les valeurs ne sont pas influencées par les caractéristiques de l'animal, de l'aliment ou de l'experimentation) et elle a encore l'avantage de pouvoir utiliser la méthodologie pour déterminer la biodisponibilité d'autres nutriments (acides aminés, lipides et éléments minéraux).

SUMMARY

Energy play an important rule in poultry practical feed formulation; therefore it is of great concern to determine the energy value of feedingstuffs. Net and Metabolizable Energy systems for poultry are considered in this review, and comparasion is made among the different methods for Metabolizable Energy determinations. It is concluded that the True Metabolizable Energy (TME) bioassay minimize costs and time spended and it is less likely to yeld erroneous data. Otherwise, values obtained using the TME assay are applicable in the formulation of practical diets for poultry and application of TME bioassay methodology led to the development of assays for other nutrients bioavailability (amino acids, lipids and mineral).

Introdução

As dietas para aves são formuladas em função de um determinado nível energético, necessário para cobrir as necessidades de manutenção e produção, o que permite um aporte dos restantes nutrientes nas quantidades necessárias quando alimentados *ad libitum*, devido à característica fisiológica que estes animais possuem, de ingerirem quantidades de alimentos inversamente proporcionais à sua concentração energética. Além deste papel qualitativo, que tem reflexos directos na produção, a energia desempenha um papel quantitativo importante, representando mais de 75 % da dieta.

Torna-se, assim, primordial conhecer o valor energético dos alimentos locais disponíveis, utilizados na indústria de alimentos compostos, para o que se empregam os sistemas energéticos.

Em 1946, Fraps introduziu um sistema de Energia Limpa (que ele denominava de Energia Produtiva e que se baseava no método do abate comparativo), para medir a retenção energética em pintos, mas este

sistema nunca foi muito utilizado porque os valores resultantes de um único alimento eram muito variáveis, devido às diferenças individuais entre animais. Guillaume e Col. (1976), baseados no facto de que a gordura alimentar é utilizada metabolicamente com maior eficiência do que os glúcidos ou os prótidos, utilizam constantes biológicas resultantes de estudos calorimétricos, que aplicam às diferentes fracções de nutrientes da dieta, obtendo valores de Energia Limpa.

São, no entanto, os sistemas de Energia Metabolizável os mais práticos e simples de utilizar em aves, porque as urinas e fezes destes animais são excretadas conjuntamente.

Sistemas de energia metabolizável

I — Métodos indirectos

A Energia Metabolizável pode ser calculada a partir das características físicas dos grãos (Sibbald e Price, 1976), da fibra (Moir e Conner, 1977; Salmon e O'Neil, 1977) ou ainda da composição química, utilizando equações de regressão.

Shang e Hamilton (1982), que compararam os valores de Energia Metabolizável, previstos a partir de quatro métodos indirectos baseados na composição química dos alimentos (Carpenter e Clegg, 1956; Bolton 1962; Janssen e col., 1979; Sibbald e col., 1963), com os valores determinados de Energia Metabolizável Aparente obtidos pelo método rápido de Farrel, utilizando a análise de variância e regressão, concluíram que os métodos indirectos podem ser mais rápidos que os biológicos, mas o erro inerente aos cálculos varia entre 0.28 e 0.40 Kcal/g, provavelmente porque se parte do pressuposto que cada fracção química (Proteína Bruta, Fibra Bruta, Extracto Etéreo) tem o mesmo coeficiente metabolizável e é independente do alimento (Sibbald, 1979).

II — Métodos directos

1 — Lentos

a) Energia Metabolizável Aparente (EMA)

Vários ensaios biológicos foram desenvolvidos para determinar a E. Metabolizável (Hill e Anderson, 1958; Hill e col., 1960; Potter e col., 1960; Mcintoch e col., 1962; Sibbald e Slinger, 1963). Utilizavam aves alimentadas durante um longo período de tempo (2 semanas), com dietas-base que serviam de suporte ao alimento em estudo, incluído a diferentes percentagens e marcado com óxido de crómio; colhiam

amostras de fezes em mais de um dia, determinando a E. Metabolizável pela seguinte fórmula:

$$\text{EM, g alimento} = \text{E. Bruta/g alimento} - \frac{\text{Cr}_2 \text{ O}_3/\text{g alimento}}{\text{Cr}_2 \text{ O}_3/\text{g excreta}} \times \text{E. Bruta/g excreta}.$$

Além de ser um método caro, lento e laborioso, é afectado por várias variáveis ligadas ao alimento experimental, nomeadamente:

- teor de humidade do alimento
- forma de apresentação do alimento (Summers e col., 1968)
- composição química do alimento (Skurray, 1974; Farrel, 1976)
- nível de ingestão do alimento (Sibbald, 1975)
- espécie da ave (Slinger e col., 1964; Bayley e col., 1968; Fisher e Shannon, 1973)
- idade da ave (Bayley e col., 1968; Zelenker, 1968; Lodhi e col. 1969)
- sexo da ave (Gurguis, 1976 b)
- estirpe da ave (Slinger e col., 1964; Foster, 1968; March e Biely 1971),

o que causa a variabilidade entre os valores de EMA, motivo que põe em dúvida a utilidade destes ensaios.

Por outro lado, os valores obtidos são valores de E. Metabolizável Aparente, porque não toma em consideração as perdas de Energia Fecal Metabólica (EF_m) nem de Energia Urinária Endógena (EU_e).

2 — Rápidos

a) Energia Metabolizável Verdadeira (EMV)

Em 1976, Sibbald propôs a utilização do sistema de Energia Metabolizável Verdadeira, que utiliza animais adultos alimentados forçadamente com o alimento-teste, após 24 h de jejum prévio com o fim de esvaziar o tubo digestivo. Nas 24 h após a ingestão do alimento, jejuam novamente, colhendo-se quantitativamente os excreta correspondentes a esse período, corrigindo-os para as perdas endógenas e metabólicas determinadas com uma ave não alimentada (controlo negativo).

b) Energia Metabolizável Aparente de Farrel (EMA_F)

Farrel, em 1978, sugeriu um novo método para determinar a EMA, de um modo aparentemente mais rápido. Utiliza aves treinadas para ingerirem voluntariamente a ração de um dia numa hora, e recolhe

quantitativamente os excreta de 24 h; segundo ele a principal vantagem sobre o EMV é a de poder comparar os resultados com os dados de EMA obtidos anteriormente, não sendo necessário corrigir para as perdas de $EF_m + EU_e$, devido às grandes quantidades de alimento consumido (70 g/ave).

3 — Comparação e Conclusões

Várias comparações foram realizadas entre os ensaios biológicos de EMV e EMA_F . Arvat e col. (1980) analisaram as variâncias dos resultados de EMV e EMA_F e não encontraram diferenças significativas entre os ensaios. Chami e col. (1980) concluíram que a técnica proposta por Farrel é mais rápida, alegando que ambos os métodos requerem 48 h de colheita de excreta, necessita dum ensaio de EMV de mais 24 h de jejum prévio, ou seja, o ensaio de EMV demora 72 h e o de EMA_F apenas de 48 h. Em 1982, Schang e Hamilton chamam a atenção para o facto de que as comparações tinham sido feitas apenas entre poucos alimentos, apesar da enorme variação na composição química, e compararam estes dois ensaios biológicos utilizando treze alimentos diferentes, concluindo que o ensaio de Farrel:

- É mais lento e laborioso, porque necessita de cerca de 14 dias para treinar as aves a consumirem o alimento numa hora, gastando-se igualmente tempo na determinação prévia do conteúdo energético da dieta-base e na preparação e processamento das dietas em estudo.
- Produz dados altamente variáveis, pois o nível de inclusão do alimento teste pode afectar a aceitação por parte das aves, causando baixos níveis de ingestão e variabilidade entre unidades experimentais, observações que estão de acordo com as realizadas por Muztar e Slinger (1980). Este problema pode ser ultrapassado usando um maior número de aves e eliminando as que têm baixos níveis de ingestão, o que é dispendioso, ou então corrigindo para $EF_m + EU_e$, sendo no entanto esta última solução o princípio em que assenta a determinação da EMV, tendo este método a vantagem de utilizar a alimentação forçada.

Concluimos, portanto, que:

- A utilização de equações de regressão, apesar de rápido, proporciona um erro apreciável.
- Os ensaios de EMA e EMA_F são caros, lentos e são afectados por várias variáveis, não apresentando vantagens óbvias sobre o ensaio de EMV, pelo que seguidamente iremos analisar detidamente este método.

Sistema de energia metabolizável verdadeira

I — Técnica

O sistema proposto por Sibbald (1976) para determinar a EMV era o seguinte:

- 1 — *Tipo de ave em ensaio* — Galos adultos de uma raça leve (SCWL), alojados em gaiolas individuais.
- 2 — *Jejum* — Durante 24 h, retira-se o alimento às aves, mantendo o livre acesso à água, de molde a esvaziar o conteúdo do seu tubo digestivo de restos de alimentos ingeridos anteriormente.
- 3 — *Alimentação* — Selecciona-se uma ave, pesa-se a alimenta-se forçadamente, ou seja, introduz-se no papo através de um tubo de vidro uma quantidade determinada de alimento-teste sob a forma de grânulos ($\pm 1\%$ do peso corporal da ave).
- 4 — *Determinação da $EF_m + EU_e$* — controlo negativo — Uma outra ave é pesada, mas não é alimentada. É o controlo negativo, que tem por função determinar as perdas energéticas.
- 5 — *Colheita de excreta* — Passadas 24 h, colhem-se quantitativamente os excreta das aves alimentadas e das aves em jejum.
- 6 — Os pontos 3, 4 e 5 são repetidos para obter o número de réplicas desejado.
- 7 — As únicas análises que se realizam são determinações de Energia Bruta dos excreta e dos alimentos, utilizando uma bomba adiabática, depois das amostras terem sido liofilizadas, equilibradas com a humidade atmosférica e moídas.
- 8 — A Energia Metabolizável Verdadeira calcula-se com a seguinte fórmula:

$$EMV \text{ (Kcal/g)} = \frac{(EB_{\text{alimento}} \times X) - (EE_{aa} - EE_{aj})}{X}$$

em que:

EMV — Energia Metabolizável Verdadeira

EB — Energia Bruta do alimento

X — Quantidade de alimento administrada forçadamente

EE_{aa} — Energia Bruta dos excreta da ave alimentada

EE_{aj} — Energia Bruta dos excreta da ave em jejum

II — Análise da técnica

Tem vindo a ser testada a influência que algumas variáveis possam ter sobre o valor de EMV, entre elas as que afectavam os valores de

EMA e, como consequência, o ensaio original de Sibbald (1976) sofreu algumas alterações.

1 — *Influência do tipo de ave de ensaio*

a) *Espécie*: A quantidade de energia derivada de uma dieta depende da espécie animal e da sua habilidade para metabolizar o alimento. Já se tinha verificado, anteriormente, que os perus obtinham mais Energia Metabolizável Aparente de alimentos fibrosos, em comparação com a energia obtida pelos pintos. No entanto, Sibbald (1976 b) verificou que as peruas diferiam dos galos na sua capacidade para metabolizar farinha de soja, mas não encontrou razões aparentes para este facto, pois neste ensaio os perus não obtiveram mais energia dos alimentos com maior teor fibroso.

b) *Raça*: Sibbald (1976 b) não encontrou diferenças significativas, estatisticamente, entre os valores de EMV determinados com as raças leves (SCWL) e raças pesadas de carne (Broilers).

c) *Estirpe*: Segundo concluiu Sibbald (1976 b), os valores de EMV não diferem quando se utilizam aves de estirpes diferentes. Chama, no entanto, a atenção para o facto de que as estirpes que utilizou, nos ensaios efectuados, tinham a mesma base genética, sendo possível que se encontrem diferenças quando se usarem aves de diversas origens genéticas.

d) *Sexo*: Os machos excretam mais energia por grama de matéria seca ingerida do que as fêmeas, e, de um modo semelhante, os machos em jejum excretam mais energia do que as fêmeas; esta maior excreção energética parece não ser função do peso corporal (Parsons e col., 1982). As diferenças existentes entre machos e fêmeas deixam de ser significativas quando a energia dos excreta é corrigida com a $EF_m + EU_e$: obtida com as aves em jejum, podendo utilizar-se quer galos quer galinhas nas determinações de EMV. O inconveniente que o emprego de fêmeas apresenta é a produção de ovos, e, apesar de Sibbald (1976 b) não ter encontrado diferenças óbvias entre os valores de EMV obtidos com galinhas que puseram ovos e galinhas que não puseram, deve ter-se em consideração que os ovos se podem partir no oviducto, obrigando à eliminação dos dados obtidos com essas aves.

e) *Idade*: O ensaio de Sibbald utiliza galos adultos, porque considera que estes se encontram em equilíbrio azotado. No entanto, vários outros tipos de aves podem ser utilizados. Shires e col. (1980) realizaram determinações de EMV com galos e frangos e verificaram não haver influência significativa da idade sobre o valor de EMV, o que está de acordo com as observações feitas por Dale e Fuller (1980). Estes autores concluíram que a correcção do valor de EMA para as perdas energéticas fecais e urinárias diminui a variação atribuída à idade da ave, deixando de ser significativa.

2—Influência do tempo de jejum

O tempo de jejum óptimo antes da alimentação forçada no ensaio de EMV foi determinado por Sibbald (1976 c), que verificou que períodos de jejum desde as 24 h até às 96 h não têm efeito significativo sobre os valores de EMV. Por outro lado, a dieta anterior ao jejum não tem efeito sobre o tempo necessário para esvaziar o tubo digestivo (Storey e Allen, 1981). Sibbald (1976 c) verificou igualmente que, à medida que o jejum aumentava, a excreção de $EF_m + EU_e$ tendia a decrescer cada dia, e concluiu que a ave não alimentada, que serve de controlo negativo, deve passar por um período de jejum igual ao da ave alimentada, sendo igualmente essencial que a duração do ensaio seja a mesma para todas as aves.

3—Influência da alimentação

a) *Input* alimentar: Sibbald (1977 b) relatou que valores de EMV obtidos com galos adultos diminuam à medida que o *input* alimentar aumentava de 10 para 30 g; entre 30 e 60 g os valores estacionavam e acima deste valor a regurgitação do alimento podia ocorrer. Daqui se conclui que:

- Baixos níveis de ingestão levam a uma sobrestimação dos valores de EMV, desde que pequenos erros na recolha dos excreta ocorram.
- Altos níveis de ingestão também levam a sobrestimar os valores de EMV, devido à regurgitação.

b) Apresentação do alimento: Wehner e Harrold (1982) avaliaram o efeito sobre a EMV do milho de cinco técnicas de alimentação diferentes: Grânulos (*pellets*) secos, grânulos (*pellets*) húmidos, alimentação semilíquida, alimentação em pasta e farinha, sem observarem que a forma de apresentar o alimento tivesse um efeito significativo sobre os valores de EMV, verificando igualmente por observação visual que os grânulos húmidos, a alimentação semilíquida e em pasta produziam comportamentos alimentares de menor *stress*. Estes dados estão de acordo com as observações de Sibbald (1977 a), que tinha verificado que o processo de granulação não afectava o valor de EMV das dietas.

c) *Input* energético: Dale e Fuller (1982) realizaram uma série de experiências para determinar a influência que o *intake* energético tem na excreção de $EF_m + EU_e$, e consequentemente na EMV, e observaram que nas 24 h após uma ave ter sido alimentada forçadamente, a excreção de energia diminuía significativamente à medida que o *input* energético aumentava, o que sugere que as perdas de energia endógena e meta-

bólica estão inversamente relacionadas com o *intake* energético em aves em balanço energético negativo, presumivelmente devido ao facto de os tecidos serem poupados ao catabolismo. É de salientar, no entanto, que esta influência não excede os 2% sobre o valor final de EMV, pelo que não é preocupante em determinações de rotina.

4 — Influência da determinação de $EF_m + EU_e$

O método de determinação da EMV difere do de EMA por corrigir os valores aparentes com as perdas metabólicas e endógenas, quantificadas através das perdas de uma ou mais aves, não alimentadas ou alimentadas. A precisão dos valores de EMV depende, assim, da proximidade entre os valores determinados de $EF_m + EU_e$ e as perdas energéticas das aves alimentadas com o alimento em estudo. Os valores de $EF_m + EU_e$ podem ser determinados, utilizando:

- a) *Análise de regressão*: Utilizando a regressão dos valores energéticos dos excreta sobre o peso do alimento consumido, podemos estimar os valores das perdas energéticas quando a ave não recebe qualquer alimento.
- b) *Aves em jejum*: Uma ave que não receba alimento continua a excretar energia proveniente de processos metabólicos e endógenos (descamações celulares, enzimas e substâncias secretadas no tubo digestivo). Assim, se jejuarmos as aves 24 h, esvaziamos o seu aparelho digestivo dos alimentos fornecidos anteriormente, podendo utilizar a $EF_m + EU_e$ destas aves como medida das perdas energéticas das aves alimentadas. A $EF_m + EU_e$ pode ser determinada de três maneiras diferentes, quando se utilizam aves em jejum:

- *Emparelhamento* — (Sibbald, 1976) — A excreção de cada ave alimentada é corrigida com os valores energéticos dos excreta de uma ave de peso semelhante.
- *Média de um grupo controlo* — Dentro de cada período, a excreção energética de cada ave alimentada é corrigida subtraindo a média de excreção de $EF_m + EU_e$ das aves não alimentadas do grupo controlo. É a mais frequentemente utilizada pela sua simplicidade e precisão.
- *Autocorreção* — (Sibbald e Price, 1980) — Os excreta de cada ave alimentada são corrigidos com os valores energéticos de $EF_m + EU_e$ da própria ave, medidos num período adjacente ao ensaio.

Destas três técnicas, a autocorreção permite obter valores mais precisos (Sibbald e Price, 1980), o que sugere que a

$EF_m + EU_e$ é uma característica individual, explicando-se assim as enormes variações observadas (num conjunto de 300 dados, a $EF_m + EU_e$ variava entre 5.97 e 16.57 Kcal/ave/24 h, sendo apenas 23 % da variação devida ao peso corporal). No entanto, esta técnica, por ser mais lenta e laboriosa, não se justifica em determinações de rotina.

- c) Aves alimentadas: Durante as 24 h iniciais de jejum, os galos passam a um estado pós-absortivo e presumivelmente esgotam as suas reservas de glicogénio. Durante as segundas 24 h de jejum, têm então de contar exclusivamente com a catabolização dos seus tecidos para suprir as suas necessidades energéticas basais. Nas aves alimentadas, contudo, o catabolismo tecidular pode ser poupado, desde que o alimento a ensaiar forneça a energia necessária. Consequentemente, as aves encontram-se em diferentes balanços energéticos, não se devendo pressupor que a $EF_m + EU_e$ das aves jejuadas seja igual à das aves alimentadas. Para obstar a este inconveniente, podemos utilizar como controlo negativo aves alimentadas com uma mistura de glucose e/ou amido de milho, pois a EMV destes produtos é igual ao seu teor em Energia Bruta, indicando uma completa absorção no tubo digestivo; a energia excretada por estas aves não é alimentar mas de origem endógena e metabólica, encontrando-se estas aves no mesmo estado de balanço energético que as alimentadas. A utilização desta técnica em rotina não se justifica, pois os erros inerentes aos cálculos quando se empregam aves em jejum não ultrapassa os 2 %.

Conclui-se que a utilização da média de um grupo de aves em jejum tem nítidas vantagens, como técnica de rotina, sobre os valores obtidos com uma ave de peso semelhante, sobre o autocontrolo ou sobre as técnicas que utilizam aves alimentadas, pois apesar de não serem tão precisas são mais rápidas e simples.

5 — *Influência da colheita dos excreta*

No ensaio inicial proposto por Sibbald, o tempo de recolha dos excreta era de 24 h, pois pressupunha-se que seria o tempo necessário para que o alimento atravessasse o tubo digestivo. Acontece que à medida que mais alimentos foram sendo estudados, se verificou que alguns deles, nomeadamente a farinha de luzerna e a farinha de peixe, apresentavam taxas de passagem lentas, ou seja, demoravam mais

de 24 h, o que motiva uma sobrestimação dos valores de EMV (Sibbald, 1979 b). Para evitar este inconveniente, Sibbald (1979 c) experimentou:

- Prolongar o tempo de colheita dos excreta, o que torna o ensaio mais moroso; — diminuir o *input* alimentar, o que diminui o tempo de passagem mas aumenta a variabilidade, sobrestimando os valores de EMV; — administrar o alimento-teste diluído num material de transporte, o que não se mostrou uma solução satisfatória.

Com o objectivo de aumentar a precisão do ensaio, e desconhecendo quais as características de um alimento responsável pelo seu tempo de passagem pelo tubo digestivo, Sibbald (1979 b), sugere que o tempo de colheita dos excreta seja superior a 24 h.

6 — *Influência do intervalo entre os ensaios*

Schang, Leeson e Summers (1982), estudando o efeito do jejum e da alimentação forçada na recuperação do peso corporal de galos adultos, verificaram que todas as aves recuperavam o peso inicial em 8 dias se fossem alimentadas *ad libitum*, confirmando a correcção de fazer um intervalo de, pelo menos, 12 dias entre os ensaios. No entanto, a ave pode ser novamente utilizada num segundo ensaio biológico 24 h após o primeiro, como Sibbald verificou quando determinou a EMV de farinha de soja 24 h após ter utilizado as aves num ensaio com milho, não encontrando valores de EMV diferentes dos obtidos com aves que tinham repousado 21 dias entre os ensaios. Contudo, esta prática não permite a recuperação do peso corporal (Sibbald, 1978).

7 — *Influência da correcção azotada*

Durante um ensaio biológico, a ave pode perder ou reter azoto; portanto, quando se quer medir o valor energético de um alimento, pode corrigir-se esse valor para o azoto, ou seja, entra-se em linha de conta com o valor energético dos compostos azotados, multiplicada pela quantidade de azoto perdida ou retida; (se se considerar que o ácido úrico é o único produto de excreção resultante do metabolismo proteico (Hill e Anderson, 1958), multiplica-se a quantidade do azoto por 8.22; contudo, segundo Titus e col. (1959), o valor de 8.73 representa mais verdadeiramente o valor energético dos produtos finais do metabolismo proteico). Num ensaio de EMV as aves encontram-se numa situação anormal, já que provavelmente estão em balanço azotado negativo desde o início ao fim do ensaio, considerando o jejum prévio de 24 h e a pequena quantidade de alimento administrado, que pode não ser suficiente para

evitar o catabolismo do azoto corporal. Shires e col. (1980) corrigiram valores de EMV para o azoto e os valores corrigidos eram inferiores entre 3 e 12 % aos valores de EMV consoante o teor proteico do alimento, o que parece indicar retenção do azoto, mas Muztar e Slinger (1981) sugerem que a retenção observada é motivada por uma passagem incompleta do alimento e encontraram valores de EMV, corrigida consistentemente, superiores aos valores correspondentes de EMV, o que indica uma perda de azoto. A correlação *input* azotado e correcção azotada é altamente significativa, mas apenas explica 46 a 48 % da variação entre os valores de EMV e EMV corrigida, o que não justifica a sua aplicação em determinações de rotina, se atendermos aos custos e trabalho que estas análises acarretam.

III — Conclusões

A técnica da EMV possui as seguintes vantagens que a privilegiam como técnica de rotina, a utilizar na determinação do valor energético dos alimentos empregues na formulação de dietas para aves:

1 — Rapidez

a) Executa-se em 72 h, considerando o tempo que medeia entre o jejum e a colheita dos excreta.

b) Gasta com manipulações (pesar, alimentar e colocar nas gaiolas), 2-3 minutos/ave.

2 — Economia

a) Utilizar uma pequena quantidade de material de ensaio, cerca de 40 g por ave.

b) Não necessita de análises químicas, mas apenas a determinação da Energia Bruta dos excreta e do alimento-teste com uma bomba adiabática. Estas determinações, que são o factor de maior trabalho e tempo em todo o ensaio, podem ser no entanto simplificadas. Edmunson (1980), Dale e Fuller (1981) e Sibbald e More (1982) referem um processo de amostragem dos excreta que reduz as determinações de Energia Bruta em 80 % sem contudo afectar a precisão dos resultados.

c) Ao contrário dos valores de Energia Metabolizável Aparente, os valores de EMV não são afectados de modo significativo pelas seguintes variáveis:

- Idade, sexo, estirpe, raça da ave em ensaio.
- Número de horas de jejum anterior à alimentação forçada.
- *Input* alimentar, *input* energético, técnicas de alimentação.
- Intervalo entre ensaios.

4 — Possibilidade de aplicar os valores obtidos na formulação de alimentos compostos

a) Os dados obtidos com galos adultos podem ser utilizados na formulação de dietas para qualquer tipo de ave (pintos em crescimento, frangos de carne ou poedeiras).

b) Os valores de EMV dos alimentos individuais são aditivos. (Dale e Fuller, 1982).

c) Os valores de EMV das dietas reflectem de um modo mais aproximado as produções animais do que os valores de EMA corrigida para o azoto (Dale e Fuller, 1982).

Possui ainda a vantagem de poder utilizar a metodologia do ensaio de EMV para determinar a biodisponibilidade de outros nutrientes:

1 — Ácidos aminados verdadeiramente disponíveis (AAVD) — Likuski e Dorrel, 1978)

Para que o ensaio de EMV possa ser utilizado na determinação de AAVD, é necessário que a excreção de ácidos aminados seja independente do *input* energético e que exista uma relação linear entre *input* e *output* de ácidos aminados. Isto foi verificado por Sibbald, em 1979, quando alimentou aves com níveis crescentes de glucose, não encontrando alteração na excreção de 13 ácidos aminados, e alimentando-as com níveis crescentes de bagaço de soja, verificou um aumento linear na excreção de ácidos aminados; as aves que foram alimentadas com bagaço de soja e glucose apresentavam resultados muito semelhantes aos obtidos apenas com soja. Assim, é possível determinar, com um único ensaio, a EMV e os AAVD, desde que às determinações energéticas se acrescentem avaliações do teor em ácidos aminados do alimento e dos excreta das aves alimentadas e em controlo, calculando os AAVD pela seguinte fórmula:

$$\text{AAVD (mg/g)} = \frac{\text{input AA} - (\text{output AA}_{\text{aves alm.}} - \text{output AA}_{\text{aves controlo}})}{\text{input do alimento em estudo}}$$

2 — Lípidos verdadeiramente disponíveis (LVD) — (Sibbald e Kramer, 1980)

Enquanto as relações entre *input* e *output* de energia e ácidos aminados são lineares, o mesmo não acontece com os lípidos. Normalmente, para administrar a gordura em estudo recorre-se à sua inclusão a diferentes níveis numa dieta-base, mas os resultados assim obtidos parecem ser específicos das condições experimentais (composição da dieta-base, nível de incorporação dos lípidos). Corrigindo os valores

com os lípidos de origem metabólica e endógena, o efeito é pouco significativo, porque a excreção de lípidos metabólicos parece ser igualmente influenciada pela quantidade e natureza da dieta.

Esta metodologia requer ulteriores investigações; no entanto, Sibbald e Kramer sugerem que se utilize a seguinte fórmula para determinar os lípidos biodisponíveis:

$$LVD = \frac{\text{input L} - (\text{output } L_{\text{aves alim.}} - \text{output } L_{\text{aves controlo}})}{\text{input Lípidos}} \times 100$$

3 — Minerais biodisponíveis (MBD) — (Sibbald, 1982)

Num ensaio de EMV, o excesso de energia biodisponível que a ave ingere em relação às suas necessidades de manutenção e produção deposita-se como gordura ou perde-se como calor; quando há um excesso de ácidos aminados biodisponíveis, estes são catabolizados e utilizados como fontes energéticas, sendo os produtos azotados que resultaram da degradação excretados na urina. Para fins práticos, assumimos que os *output* energéticos e de ácidos aminados são independentes dos respectivos *input*.

O balanço mineral do organismo difere dos balanços citados anteriormente no facto de que um *input* superior às necessidades vai afectar o teor em minerais dos excreta pelo que o ensaio para determinar os MBD é mais complexo:

- O *input* deve ser inferior às necessidades, pelo que, para maior precisão do ensaio, a ave ideal é a galinha poedeira, cujas necessidades em minerais são elevadas.
- O jejum prévio iria minimizar as necessidades em minerais e por isso é sugerido que se utilizem anteriormente ao ensaio dietas com todos os nutrientes, mas com o mineral em estudo a nível de manutenção. No começo do ensaio, esta dieta é substituída por outra que não contenha o mineral. Após 24 h, o grupo de controlo negativo continua com a dieta deficiente, e o grupo-teste é alimentado forçadamente com o mineral numa quantidade determinada e inferior às necessidades, continuando depois com a dieta deficiente. Os excreta das 48 h subsequentes são colhidos e analisados para o mineral. A biodisponibilidade do mineral calcula-se pela seguinte fórmula:

$$MBD = \frac{\text{input M} - (\text{output } M_{\text{aves alim.}} - \text{output } M_{\text{aves controlo}})}{\text{input do mineral em estudo}} \times 100$$

AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer ao Dr. Afonso de Almeida (Departamento de Zootecnia da Universidade de Évora) o seu incentivo, apoio e críticas; ao Doutor Ramalho Ribeiro (Departamento de Nutrição e Alimentação da Estação Zootécnica Nacional) e a todos quantos contribuíram para tornar este trabalho possível.

BIBLIOGRAFIA

- ARVAT, V., J. LYONS & J. M. VANDEPOPULIERE (1980) — A comparison of metabolizable energy and true metabolizable energy. *Poultry Sci.*, 59: 1579 (Abstr.).
- BAYLEY, H. S., J. D. SUMMERS & S. J. SLINGER (1968) — Effect of heat treatment on the metabolizable energy value of wheat germ meal and other wheat milling by-products. *Cereal Chem.*, 45: 557-563.
- BOLTON, W. (1962) — Energy value of poultry foods and complete diets. Pages 38-42 in XII *World's Poultry Congr.*
- CARPENTER, K. J. & K. M. CLEGG (1956) — The metabolizable energy of poultry feed-stuffs in relation to their chemical composition. *J. Sci., Food Agric.* 7: 45-59.
- CHAMI, D. B., P. VOHRA & F. H. KRATZER (1980) — Evaluation of a method for determination of true metabolizable energy of feed ingredients. *Poultry Sci.*, 59: 569-571.
- DALE, N. M. & H. L. FULLER (1980) — Additivity of true metabolizable energy values as measured with roosters, broiler chicks, and poults. *Poultry Sci.* 59: 1941-1942.
- DALE, N. M. & H. L. FULLER (1981) — The use of true metabolizable energy (TME) in formulating poultry rations. Pages 50-57 in *Proc. 1981, Georgia Nutri. Conf.*
- DALE, N. M. & H. L. FULLER (1982 b) — Applicability of the true metabolizable energy system in practical feed formulation. *Poultry Sci.*, 61: 351-356.
- DALE, N. M. & H. L. FULLER (1982 c) — Endogenous energy losses of fed versus fasted roosters. *Poultry Sci.*, 61: 898-901.
- EDMUNDSON, I. C. (1980) — The true metabolizable energy of meat and bone meal determined at different dose levels. Pages 20-25, in *Proc. 1980, South Pacific Poultry Sci. Convention, New Zealand.*
- FARRELL, D. J. (1978) — Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. *Br. Poultry Sci.*, 19: 303-308.
- FISHER, C. & D. W. F. SHANNON (1973) — Metabolizable energy determinations using chicks and turkeys. *Br. Poultry Sci.*, 14: 609-613.
- FOSTER, W. H. (1968) — The response of Brown Leghorn and Light Sussex laying flocks to dilution of the diet. *Record Agric. Res.*, 17: 13-17.
- GUILLAUME, L., L. DEROVET, R. BELLEC & J. GOMEZ (1976) — Net utilization of the energy from carbohydrates and protein in the growing chick (1 to 3 weeks of age) in *Energy metabolism of farm animals*, ed. M. Vermorel, pages 281-284 (G. de Bussac: Clermont-Ferrand).
- GUIRGUIS, N. (1976 a) — Metabolizable energy values of fats and protein concentrates for poultry: effect of sex and inclusion level of feedstuffs. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, 16: 691-695.
- HILL, F. W. & D. L. ANDERSON (1958) — Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.*, 64: 587-604.
- HILL, F. W., D. L. ANDERSON, R. RENNER & L. B. CAREN, JR. (1960) — Studies of the metabolizable energy of grain products for chickens. *Poultry Sci.*, 39: 573-579.
- JASSEN, W. M. M., K. TERPSTRA, F. F. E. BEEKING & A. J. N. BISALSKY (1979) — *Feedings values for poultry*, 2nd ed., Spelderholt Mededeling 303.
- LIKUSKI, H. J. A. & H. G. DORRELL (1978) — A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. *Poultry Sci.*, 57: 1658-1660.

- LODHI, G. N., R. RENNER & D. R. CLANDININ (1969) — Studies on the metabolizable energy of rapeseed meal for growing chickens and laying hens. *Poultry Sci.*, 48: 964-970.
- MARCH, B. E. & J. BIELY (1971) — Factors affecting the response of chicks to diets of different protein value: breed and age. *Poultry Sci.*, 50: 1036-1040.
- McINTOSH, J. I., S. J. SLINGER, I. R. SIBBALD & G. C. ASHTON (1962) — Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. 7. The effects of grinding, pelleting and grit feeding on the availability of the energy of wheat, corn, oats and barley. 8. A study on the effects of dietary balance. *Poultry Sci.*, 41: 445-456.
- MOIR, K. W. & J. K. CONNOR (1977) — A Comparison of three fibre methods for predicting the metabolizable energy content of sorghum grain for poultry. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 2: 197-203.
- MUZTAR, A. J. & S. J. SLINGER (1980 a) — Rate of passage of feedstuffs through mature roosters and effect on the true metabolizable energy. *Nutr. Rep. Int.*, 22: 361-367.
- MUZTAR, A. J. & S. J. SLINGER (1980 b) — Effect of length of collection period on the metabolizable energy values in short-term assays. *Nutr. Rep. Int.*, 22: 589-595.
- MUZTAR, A. J. & S. J. SLINGER (1981) — An evaluation of the nitrogen correction in the true metabolizable energy assay. *Poultry Sci.*, 60: 835-839.
- PARSONS, C. M., L. M. POTTER & B. A. BLISS (1982) — True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium. *Poultry Sci.*, 61: 2241-2246.
- POTTER, L. M., L. D. MATTERSON, A. W. ARNOLD, W. J. PUDELKIEWICZ & E. P. SINGSEN (1960) — Studies in evaluating energy content of feeds for the chicks. I. The evaluation of the metabolizable energy and productive energy of alpha cellulose. *Poultry Sci.*, 39: 1166-1178.
- SALMON, R. E. & J. B. O'NEILL (1977) — Effects of frost damage on physical and chemical characteristics and true metabolizable energy of wheat. *Can. J. Anim. Sci.*, 57: 755-760.
- SCHANG, M. J. & R. M. G. HAMILTON (1982) — Comparison of two direct bioassays using adult cocks and four indirect methods for estimating the metabolizable energy content of different feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 61: 1344-1353.
- SCHANG, M. J., S. LEESON & J. D. SUMMERS (1982) — Effect of starvation and force feeding on body weight recovery time of adult roosters. *Can. J. Anim. Sci.*, 62 (1): 307-309.
- SHIRES, A., A. R. ROBBLEE, R. T. HARDIN & D. R. CLANDININ (1980) — Effect of the age of chickens on the true metabolizable energy values of feed ingredients. *Poultry Sci.*, 59: 396-403.
- SIBBALD, I. R. (1975) — The effect of level of feed intake on metabolizable energy values measured with adult roosters. *Poultry Sci.*, 54: 1990-1998.
- SIBBALD, I. R. (1976) — A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 55: 303-308.
- SIBBALD, I. R. (1976 b) — The true metabolizable energy values of several feedingstuffs measured with roosters, laying hens, turkeys and broiler hens. *Poultry Sci.*, 55: 1459-1463.
- SIBBALD, I. R. (1976 c) — The effect of the duration of starvation of the assay bird on true metabolizable energy values. *Poultry Sci.*, 55: 1578-1579.
- SIBBALD, I. R. (1977 a) — A test of the additivity of true metabolizable energy values of feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 56: 363-366.
- SIBBALD, I. R. (1977 b) — The effect of level of feed input on true metabolizable energy values. *Poultry Sci.*, 56: 1662-1663.
- SIBBALD, I. R. (1978) — The effect of the duration of the time interval between assays on true metabolizable energy values measured with adult roosters. *Poultry Sci.*, 57: 455-460.
- SIBBALD, I. R. (1979) — A new technique for estimating the ME content of feeds for poultry. Pages 38-43 in *Standardization of Analytical Methodology for Feeds*. IDRC-134 e.
- SIBBALD, I. R. (1979 a) — A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 58: 668-673.
- SIBBALD, I. R. (1979 b) — The effect of the duration of the excreta collection period on the true metabolizable energy values of feedingstuffs with slow rates of passage. *Poultry Sci.*, 58: 896-899.

- SIBBALD, I. R. (1979 c) — Effect of level of feed input, dilution of test material and duration of excreta collection on true metabolizable energy values. *Poultry Sci.*, 58: 1325-1329.
- SIBBALD, I. R. (1982) — Measurement of mineral bioavailability: Extension of true metabolizable energy methodology. *Poultry Sci.*, 61: 485-487.
- SIBBALD, I. R. & J. K. G. KRAMER (1980) — The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of true metabolizable energy, lipid and fatty acids. *Poultry Sci.*, 59: 316-324.
- SIBBALD, I. R. & P. M. MORSE (1982) — Pooling excreta prior to calorimetry in the bioassay for true metabolizable energy: the effect on estimates of variance. *Poultry Sci.*, 61: 1853-1858.
- SIBBALD, I. R. & K. PRICE (1975) — Variation in metabolizable energy values for poultry and some physical and chemical data describing canadian wheats, oats and barleys. *Can. J. Anim. Sci.*, 56: 255-268.
- SIBBALD, I. R. & K. PRICE (1980) — Variability in metabolic plus endogenous energy losses of adult cockerels and in the true metabolizable energy values and rates of passage of dehydrated alfafa. *Poultry Sci.*, 59: 1275-1279.
- SIBBALD, I. R. & S. J. SLINGER (1963) — A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings wich demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poultry Sci.*, 42: 313-325.
- SIBBALD, I. R., J. CZARNOCKI, S. J. SLINGER & G. C. ASHTON (1963) — The prediction of the energy content of poultry feedingstuffs from the knowledge of their chemical composition. *Poultry Sci.*, 42: 486-492.
- SKURRAY, G. R. (1974) — The nutritional evaluation of meat meals for poultry. *World's Poult. Sci. J.*, 30: 129-136.
- SLINGER, S. J., I. R. SIBBALD & W. F. PEPPER (1964) — The relatives abilities of two breeds of chickens and two varieties of turkeys to metabolize dietary energy and dietary nitrogen. *Poultry Sci.*, 43: 329-333.
- STOREY, MAUREEN L. & NEIL K. ALLEN (1982) — The effect of fasting time of mature, nonlaying female Embden Geese on true metabolizable energy of corn. *Poultry Sci.*, 61: 101-106.
- SUMMERS, J. D., H. V. BENTLEY & S. J. SLINGER (1968) — Influence of method of pelleting on utilization of energy from corn, wheat shorts and wheat bran. *Cereal Chem.*, 45: 612-615.
- TITUS, H. W., A. L. MEHRING, JR., D. JOHNSON, JR., L. L. NESBITT & T. TOMAS (1959) — An evaluation of MCF (Micro-Cel-Fat), a new type of fat product. *Poultry Sci.*, 38: 1114-1119.
- WEHNER, G. R., & R. L. HARROLD (1982) — The effect of feeding techniques on the true metabolizable energy value of yellow corn. *Poultry Sci.*, 61: 595-597.
- ZELENKA, J. (1968) — Influence of age of the chicken on the metabolizable energy values of poultry diets. *Br. Poultry Sci.*, 9: 135-142.

