

**VALORES ENERGÉTICOS DE FARELOS E  
GRÃOS DE SOJA PROCESSADOS,  
DETERMINADOS COM FRANGOS DE CORTE E  
POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

**MÁRCIA CRISTINA DE MELLO ZONTA**

**LAVRAS**

**2004**

**MÁRCIA CRISTINA DE MELLO ZONTA**

**VALORES ENERGÉTICOS DE FARELOS E GRÃOS DE SOJA  
PROCESSADOS, DETERMINADOS COM FRANGOS DE CORTE E  
POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Paulo Borges Rodrigues

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Zonta, Márcia Cristina de Mello

Valores energéticos de farelos e grãos de soja processados, determinados com  
frangos de corte e por equações de predição / Márcia Cristina de Mello Zonta.

Lavras : UFLA, 2004.

44 p. : il.

Orientador: Paulo Borges Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Predição de energia. 2. Energia metabolizável. 3. Soja integral. 4. Farelo  
de soja. 5. Aves. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD- 636.5085

**MÁRCIA CRISTINA DE MELLO ZONTA**

**VALORES ENERGÉTICOS DE FARELOS E GRÃOS DE SOJA  
PROCESSADOS, DETERMINADOS COM FRANGOS DE CORTE E  
POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2004

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas	DZO/UFLA
Prof. Antônio Gilberto Bertechini	DZO/UFLA
Prof. Elias Tadeu Fialho	DZO/UFLA
Prof. Raimundo Vicente de Souza	DMV/UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues  
DZO/UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

A **DEUS**, pela bondade com que ilumina minha vida.

A **Nossa Senhora Aparecida**, mãe de puro amor.

A **Santa Rita de Cássia**, pelo auxílio nas horas difíceis.

Aos **meus pais, Anna e Manoel**, pelo apoio constante na busca dos meus sonhos.

## **OFEREÇO**

“ Ao meu marido, **Augusto Zonta**, pelo amor, apoio e dedicação.

À nossa filha, **Anna Clara de Mello Zonta**, que com seu sorriso faz brilhar todos os meus dias.

Pela família unida que somos.”

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade da realização do curso.

Ao meu orientador, o professor Paulo Borges Rodrigues, pela orientação, ensinamento, amizade, compreensão e apoio nos momentos difíceis.

Ao meu co-orientador, professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pelo total apoio nas análises estatísticas e amizade.

Aos professores Antônio Gilberto Bertechini, Elias Tadeu Fialho, Flávia Maria de Oliveira Borges Saad, Raimundo Vicente de Sousa, Priscila Vieira Rosa Logato e Renata Apocalypse Nogueira Pereira, pelos ensinamentos, apoio e amizade, e aos demais professores do Departamento de Zootecnia.

À CAPES (Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo financiamento do projeto.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal-DZO, e em especial à José Geraldo Virgílio, pela boa vontade e amizade.

Às funcionárias da limpeza, Rogéria e Lia, pelo carinho e amizade

Aos funcionários da secretaria, Keila Cristina de Oliveira, Carlos Henrique de Souza e Pedro Adão Pereira, pela amizade.

Em especial ao colega e bolsista de iniciação científica, Carlos Ribeiro Pereira, acadêmico do curso de Agronomia, pela amizade e ajuda plena em todos os momentos.

Aos colegas Adriano Kaneo Nagata, Yolanda Lopes da Silva, Vander Bruno dos Santos e Paulo Ost, pela amizade e importante colaboração no experimento.

Aos alunos da pós graduação, Marta, Gilson, Kamilla, Paula, Juliana Sampaio, Juliana, Ana Lígia, Carol, Gilberto, Taís, Ronam, Ana Luíza, Paula, Vinícius, Elen, Reinaldo, Adriano, Edson Fabiana, Aniela, Valdomiro e Flávia, pelo agradável convívio e amizade.

Aos funcionários da escolinha Semente do Amanhã, em especial à Clarice, Zenália, Geralda, Mara e Dona Nésinha, que cuidaram da minha filha com muito amor e dedicação para que eu pudesse concluir este trabalho.

Aos meus vizinhos, Andrea, Zézinho, Douglas, Michael, Silvia Helena, Mariana, Regina, Elisa, Helen, Josi e Jefersson, pela amizade.

A todos do grupo de oração da Matriz de Santana, Ana Eliza, Dora, Dona Anésia, Dona Nazaret, Dona Ivone, Dona Cecília, Dona Dulce, Dona Irene e Dona Rita, pela amizade e momentos de alegria.

Às minhas amigas Madalena, Simone e Érika.

Aos meus irmãos, Maurício, Maria Regina e Mauro, pela amizade verdadeira e apoio constante.

Aos meus cunhados, Reinaldo, Cristina, Alexandre, Ana Cláudia e em especial, à Maria José de Paula Tosta Mello “Zezé” (in memoriam).

À minha sogra, Maria Aparecida Mazzola, pelo carinho e amizade.

Aos meus sobrinhos, Paulinho, Aruã, Máximo, Alice, Pedro, Maria Vitória e, especialmente, para Nayra Luiza de Tosta Mello, que me ajudou bastante.

À minha cachorra e amiga, “Bruma”, pela amizade e alegria a todo momento.

Aos meus pais, Manoel Sabino de Mello e Anna Alves de Mello, orgulho da minha vida.

Ao meu marido, Augusto Zonta, por tudo !

## **BIOGRAFIA**

MÁRCIA CRISTINA DE MELLO ZONTA, filha de Manoel Sabino de Mello e Anna Alves de Mello, nasceu na cidade de São Paulo (SP), em 06 de dezembro de 1970.

Em 1988, iniciou o curso Técnico em Agropecuária na ETAESG – Manoel dos Reis Araújo, em Santa Rita do Passo Quatro, SP, concluindo-o em 1990.

Em março de 1993, ingressou na Universidade Estadual de Botucatu - UNESP, na qual se graduou em Zootecnia no dia 27 de janeiro de 1997.

Iniciou o curso de Pós-Graduação pelo Departamento de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras em fevereiro de 2002, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, com concentração em Nutrição de Monogástricos, em 19 de fevereiro de 2004.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Composição química dos alimentos .....	3
2.2 Valores energéticos dos alimentos .....	4
2.3 Predição dos valores energéticos por equações de predição .....	7
2.4 O uso e as limitações da soja na alimentação de aves .....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1 Local e período experimental .....	14
3.2 Instalações e equipamentos .....	16
3.3 Ensaio metabólico – valores energéticos de farelos e grãos de soja processados .....	16
3.4 Análises laboratoriais .....	18
3.5 Valores energéticos estimados por equações de predição .....	18
3.6 Análises estatísticas .....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4.1 Composição dos alimentos .....	21
4.2 Valores energéticos dos alimentos, determinados com pintos em crescimento (coleta total de excretas).....	24
4.3 Atividade ureática e solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2% .....	27
4.4 Valores energéticos estimados pelas equações de predição. ....	29
5 CONCLUSÕES .....	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

## RESUMO

ZONTA, Márcia Cristina de Mello. **Valores energéticos de farelos e grãos de soja processados, determinados com frangos de corte e por equações de predição.** 2004. 44p. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>.

Um ensaio metabólico com pintos em crescimento (método tradicional de coleta total de excretas) foi conduzido no Departamento de Zootecnia da UFLA, Lavras, MG, para determinar a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de alguns alimentos, bem como a determinação dessa energia por equações de predição descritas na literatura nacional e estrangeira. Neste ensaio metabólico, determinou-se a EMAn de 8 alimentos, sendo 3 amostras de soja integral (extrusada, tostada, micronizada) e 5 amostras de farelos de soja de diferentes marcas comerciais. Foram realizadas análises laboratoriais para a determinação da composição centesimal dos alimentos testados, a qual foi utilizada na predição da EMAn. Os valores estimados pelas equações foram, então, comparados com os observados, utilizando-se a correlação de Spearman. Além disso, foram estimados intervalos de confiança, a partir dos valores de EMAn obtidos no ensaio metabólico. Os valores energéticos das amostras de farelos de soja 1, 2, 3, 4, e 5, sojas integrais extrusada, tostada e micronizada foram 2601, 2650, 2727, 2500, 2426, 3674, 3609, 4296 kcal/kg de MS, respectivamente, para a EMAn determinada com frangos de corte no ensaio metabólico. Dentre as equações de predição estudadas, as equações  $-822,33 + 69,54PB - 45,26FDA + 90,81EE$  e  $2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$  foram as que mais se correlacionaram ( $P < 0,05$ ) com valor médio de EMAn observada *in vivo*, além de estimarem o maior número de valores energéticos dentro do intervalo de confiança calculado. A equação  $37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$  estimou todas as amostras de farelos de soja, como também a equação  $1822,76 - 99,32FB + 60,50EE + 286,73MM - 52,26amido$  fez boas predições para as amostras soja integral, ambas correlacionadas positivamente ( $P < 0,05$ ). Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que as equações  $-822,33 + 69,54PB - 45,26FDA + 90,81EE$  e  $2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$  são as mais indicadas para predizer valores de EMAn dos alimentos estudados e a equação  $37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$  é a mais indicada para predizer os valores energéticos dos farelos de soja.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues DZO - UFLA (Orientador), Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas DZO – UFLA, Prof. Antônio Gilberto Bertechini DZO - UFLA.

## ABSTRACT

ZONTA, Márcia Cristina de Mello Zonta. **Energy values of processed full fat and soybean meal, determined with broilers by prediction equations.** 2004. 44p. Dissertation (Master in Animal Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>.

A metabolism assay were carried out with chickens in growing phase (by using a traditional method of total collection of excreta) at the Animal Science Department of UFLA, Lavras – MG, in order to determinate the nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn) of some feedstuffs, as well the determination of the energy values by prediction equations presented in the national and international literature. In the metabolism assay, was determined AMEn of eight feedstuffs, being five soybean meal samples and three processed full fat samples (extruded, toasted and micronized). The feedstuffs were analyzed the chemical composition as well as the gross energy and these values were used in the prediction of AMEn by equations. The estimated values were compared with those obtained by metabolism assay, using the Spearman correlation. In addition, the confidence intervals of data from metabolism assays were determined. The energy values of soybean meal samples (1, 2, 3, 4 and 5), full fat soybean extruded, toasted and micronized were 2601, 2650, 2727, 2500, 2426, 3674, 3609, 4296 kcal/kg DM, respectively. Among the studied equations, the  $-822,33 + 69,54CP - 45,26ADF + 90,81EE$  and  $2723,05 - 50,52ADF + 60,40EE$  equation correlated ( $P < 0,05$ ) with AMEn mean value observed *in vivo*, estimating the highest number of energy values inside of calculated confidence intervals. The equation  $37,5CP + 46,39EE + 14,9NFE$  estimated all the samples of soybean meal, as well the equation  $1822,76 - 99,32CF + 60,50EE + 286,73ash - 52,26starch$  was good for full fat soybean samples, both equations was correlated ( $P < 0,05$ ). The results obtained in this assay, allow concluded that the equation  $-822,33 + 69,54CP - 45,26ADF + 90,81EE$  and  $2723,05 - 50,52ADF + 60,40EE$  should be used to predict AMEn values of the studied feedstuffs. The equation  $37,5CP + 46,39EE + 14,9NFE$  is more indicated for predict the energy values of soybean meals.

---

<sup>1</sup> Guidance committee: Paulo Borges Rodrigues DZO - UFLA (Advisor), Rilke Tadeu Fonseca de Freitas DZO - UFLA, Antônio Gilberto Bertechini DZO - UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento do setor avícola deve-se principalmente ao dinamismo desta atividade, que absorve rapidamente as inovações tecnológicas de diversos ramos da ciência, como a genética, sanidade, manejo e nutrição, resultando em melhoria da produtividade do setor.

Para atender adequadamente às exigências nutricionais dos animais e para que possam expressar o máximo do seu potencial, é imprescindível que se formulem rações eficientes, evitando que haja uma maior excreção de dejetos, fato este preocupante no que se refere à questão ambiental. Por isso, é necessário conhecer, com uma maior precisão e rapidez, a composição química e os valores energéticos dos alimentos.

Sabe-se bem que existem alguns fatores que interferem na concentração de nutrientes dos ingredientes, como a fertilidade de solo, o clima, a cultivar, o armazenamento, a amostragem, os tipos de processamento e as substâncias antinutricionais. A variação na composição dos alimentos é inevitável e o uso de tabelas estrangeiras, na maioria das vezes, não pode ser aplicada nas condições brasileiras, levando à necessidade de uma constante atualização das tabelas nacionais.

Nesse caso, o uso de equações de predição é de grande valia, por possibilitar uma forma rápida e fácil de se determinar os valores energéticos dos alimentos. Estão disponíveis na literatura trabalhos de pesquisa, os quais estabeleceram equações de predição para os valores de uma série de alimentos, porém, existem poucos relatos que venham a validar tais equações em novas determinações.

A presente pesquisa teve como objetivo a determinação da energia

metabolizável aparente corrigida (EMAn) de farelos e grãos de soja processados, utilizando um ensaio metabólico com frangos em crescimento e por equações de predição, por meio da composição química desses alimentos, fazendo inferências dos valores de EMAn determinados *in vivo* com aqueles obtidos a partir de equações de predição, publicadas por Janssen et al. (1979), Janssen (1989), Rodrigues (2000) e por Rodrigues et al. (2002), a fim de se verificar a aplicabilidade destas equações na determinação dos valores energéticos destes alimentos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Composição química dos alimentos

A formulação de rações envolve um criterioso uso de alimentos e subprodutos de forma combinada, para fornecer uma quantidade adequada dos nutrientes requeridos pelas aves. Muitas vezes, a determinação da composição química dos alimentos é onerosa e impraticável, levando ao constante uso de tabelas e matrizes de composição determinadas em laboratórios.

Na década de 1940, nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) iniciou uma série de estudos sobre as exigências nutricionais de várias espécies. Em 1959, a entidade lançou tabelas sobre composição dos alimentos, que passaram a ser periodicamente revisadas. Assim, pela inexistência de dados nacionais, foram utilizados os valores de composição de alimentos e recomendações nutricionais de tabelas publicadas nos Estados Unidos (Scott et al. 1982; NRC, 1994) e em outros países (INRA, 1984; Rhone Poulenc, 1993; Degussa, 1993; ITCF, 1995). Campos (1974) publicou, na década de 1970, uma tabela em português com dados compilados de várias instituições estrangeiras, o que facilitou o cálculo de rações aos nutricionistas brasileiros. No entanto, a partir da década de 80, pesquisadores intensificaram seus esforços em publicações de tabelas brasileiras com composição de alimentos para aves e suínos, sendo as mesmas atualizadas e reeditadas.

Atualmente estão disponíveis diferentes fontes de consultas, como as tabelas nacionais da EMBRAPA (1991) e Rostagno et al. (2000), e estrangeiras do NRC (1994), Lesson & Summers (1997), Dale (2001), dentre outras, o que permite aos nutricionistas optarem por uma ou outra fonte de recomendação

nutricional e composição de alimentos, a fim de alcançarem melhores resultados de campo. Segundo Silva (1978), na formulação de rações, a composição dos ingredientes e seus respectivos valores energéticos devem ser os mais exatos possíveis, justificando a determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável dos alimentos nacionais, comumente utilizados na formulação de rações de mínimo custo.

Albino (1991) comparou a composição química e níveis energéticos de diversos alimentos e observou grande variação dos valores de subprodutos de origem animal. Estas variações originaram-se dos diferentes métodos de processamento e pela falta de padronização dos produtos nacionais.

Segundo Brum et al. (2000) a variação na composição química e energética dos ingredientes através dos anos é evidenciada por diversos estudos (Lanna et al. 1979; Albino et al. 1982; Coelho et al. 1983; Rutz, 1983; Albino & Fialho, 1984; Albino et al. 1994. Nesse sentido, vários trabalhos têm sido realizados, avaliando nutricionalmente alimentos comumente utilizados na formulação de rações para aves, com o objetivo de se atualizar as tabelas existentes.

## **2.2 Valores energéticos dos alimentos**

As exigências nutricionais são estabelecidas de acordo com o nível de energia metabolizável (EM), pois, quando as aves recebem ração *ad libitum*, o consumo de ração e, principalmente, a conversão alimentar, dependem do nível de energia. Os valores de EM podem ser afetados pela idade das aves, o alimento, sua composição química, o nível de inclusão, a metodologia utilizada para determinação da EM e os fatores antinutricionais. É importante ressaltar que a

alteração na ingestão de energia determina que sejam realizadas correções no fornecimento de nutrientes.

Existem vários métodos para se determinar os valores energéticos dos alimentos para aves. Albino & Silva (1996) citam o método tradicional de coleta total de excretas (Sibbald & Slinger, 1963), o da alimentação precisa (Sibbald, 1976a) e o método rápido de Farrel (1978), destacando também o uso de equações de predição, as quais se baseiam na composição físico-química dos alimentos. Tais métodos permitem estimar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), energia metabolizável verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn).

O NRC (1994) descreve a EMA como a energia bruta do alimento consumida, menos a energia bruta excretada. Como as aves excretam fezes e urina juntos, não é usual o emprego da energia digestível. Assim, a energia bruta excretada engloba a energia das fezes, da urina e dos gases da digestão, sendo esta última não aplicável para aves. Nas fezes existem duas frações, os resíduos não digeridos ou não absorvidos do alimento e fração metabólica, formada por bile, secreções digestivas e células procedentes da mucosa intestinal.

Sibbald (1976b) desenvolveu modificações na metodologia empregada, de forma a corrigir a energia excretada, considerando as energias fecal metabólica e urinária endógena, obtidas com aves mantidas em jejum, sendo esta então denominada de EMV. Durante as décadas de 1970 e 80, a energia contida nos alimentos para aves foi medida e expressa em termos de EMA (Lima et al. 1989).

Várias pesquisas foram realizadas, para comparar as metodologias utilizadas na determinação dos valores energéticos dos alimentos (Han et al. 1976; Sibbald, 1976b; Dale & Fuller, 1980; Lima et al. 1989; Albino et al. 1992b), avaliar a influência da idade da ave utilizada nos ensaios (Sibbald, 1978; Shires et

al. 1980; Zelenka, 1997) e a correção dos valores energéticos por meio do balanço de nitrogênio (Sibbald, 1981; Muztar & Slinger, 1981; Parsons et al. 1982; Dale & Fuller, 1984).

O balanço de nitrogênio pode ser positivo ou negativo nos ensaios biológicos para a determinação dos valores energéticos dos alimentos. A retenção de nitrogênio pode ser afetada por vários fatores, dentre os quais se incluem o consumo e a composição do alimento fornecido. O nitrogênio dietético retido no corpo, se catabolizado, é excretado na forma de compostos contendo energia, como o ácido úrico. Assim, é comum a correção dos valores de EMA para balanço de nitrogênio igual a zero (Sibbald, 1982), podendo-se determinar a EMAn e EMVn. Hill & Anderson (1958) propuseram um valor de correção de 8,22 que corresponde à quantidade de energia bruta (Kcal) obtida pela combustão completa de um grama de nitrogênio urinário, na forma de ácido úrico, ou seja, é a energia obtida quando o ácido úrico é completamente oxidado.

Wolynetz & Sibbald (1984) consideraram essencial a correção dos valores energéticos pelo balanço de nitrogênio, cujas variâncias dos valores de EMAn e EMVn normalmente são menores que aquelas obtidas para EMA e EMV, respectivamente. No entanto, estas diferenças tendem a reduzir quando o consumo de alimento aumenta; assim, há possibilidade de ocorrer menor estimativa nos valores de energia metabolizável aparente em alimentos que tendem a causar depressão em seu consumo (Torres, 2003). Dale & Fuller (1984) observaram uma relação positiva entre o conteúdo de proteína dos alimentos e a diferença entre os valores de EMV e EMVn determinados.

De acordo com Shires et al. (1980), embora os valores de EMV e EMVn sejam, de certa forma, maiores que os de EMA e EMAn, os resultados obtidos nos ensaios de alimentação precisa podem ser perfeitamente utilizados na formulação

de rações para frangos em crescimento. Testando a aplicabilidade do uso da EMV na formulação de rações, Dale & Fuller (1982) concluíram que a EMV reflete com maior segurança os valores energéticos dos alimentos, comparados aos valores de EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn).

No entanto, Parsons et al. (1982), avaliando os efeitos da correção de energia da excreta pelo balanço de nitrogênio, usando galos e poedeiras, concluíram que os valores de EM com correção parecem mais precisos que os de EMV. Estudos realizados por Albino et al. (1992b), quando avaliaram rações formuladas com valores de EMAn e EMVn determinados com pintos e galos, mostraram que os valores determinados com pintos ajustaram-se melhor ao desempenho das aves no período de 1 a 28 dias de idade e, no período de 29 a 42 dias, os dois métodos foram adequados.

### **2.3 Predição dos valores energéticos por equações de predição**

A quantidade total de energia contida em um alimento pode ser facilmente medida pela combustão deste em bomba calorimétrica. Todavia, a variabilidade na digestibilidade e no metabolismo dos alimentos impede o uso deste valor para formulação de dietas ou comparação entre os alimentos. Portanto, na formulação de rações para aves, a energia metabolizável é a forma mais utilizada.

A dificuldade de se avaliar a disponibilidade energética e a importância de se conhecer o conteúdo de energia dos alimentos têm levado ao desenvolvimento de métodos para estimar o conteúdo de energia disponível. Dentre eles, as equações de predição têm se destacado. Pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de se utilizar equações para prever os valores energéticos dos alimentos por meio de sua composição proximal (NRC, 1994).

Portanto, as equações de predição são importantes para complementação dos valores energéticos e do conhecimento dos ingredientes nacionais, já que os valores obtidos na análise dos ingredientes diferem, em alguns pontos, dos valores obtidos nas tabelas estrangeiras (Azevedo, 1996).

De acordo com Sibbald (1982), nem toda tentativa de se relacionar composição química e energia tem sido obtida com sucesso e muitas equações de predição não respondem satisfatoriamente quando testadas com dados independentes, e a variabilidade das técnicas analíticas podem estar contribuindo para tal.

Silva (1978), avaliando a composição química e os valores de energia metabolizável determinados de vários alimentos, estimou as equações de predição e concluiu que estas equações são melhores estimadas quando os valores de fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral são incluídos na estimativa. Por outro lado, conduzindo experimentos para determinar os valores de EMn de várias amostras de farinha de vísceras de aves e relacionando os resultados obtidos com a análise proximal, através de regressões múltiplas, Pesti et al. (1986) observaram melhores ajustes ( $R^2 \cdot 0,90$ ) quando combinaram, duas a duas, as variáveis matéria mineral, proteína bruta, cálcio e fósforo.

Janssen (1989) elaborou a Tabela Européia de Valores Energéticos de Alimentos para Aves, na qual apresenta uma série de equações de predição dos valores de EMAn para vários grupos de alimentos, fundamentada na composição química ou nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (gordura, proteína bruta e extratos não nitrogenados), com dados oriundos de vários experimentos realizados na Europa. Entretanto, para alimentos cuja composição química varia muito da média apresentada, as equações estimadas podem levar à predição de resultados diferentes.

Dolz & De Blas (1992) obtiveram melhores predições quando utilizaram duas variáveis (proteína bruta e extrato etéreo), as quais foram responsáveis por mais de 96% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMAn e EMVn para a farinha de carne e ossos. Dale et al. (1993), citados por Azevedo (1996), analisaram a composição química e valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de 4 países diferentes e elaboraram equações para predizer a EMVn, de acordo com o conteúdo de extrato etéreo e cinzas, cuja diferença média entre 22 dados obtidos *in vivo*, para os resultados preditos, foi de 3,4%. As equações de predição foram desenvolvidas com base em uma, duas e três variáveis, sendo a melhor equação obtida quando foram incluídos extrato etéreo e matéria mineral.

Azevedo (1996), também fundamentado nos valores analisados de proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo, proteína digestível em pepsina a 0,2 e a 0,02%, obteve equações de predição dos valores de EMA e EMAn da farinha de carne e ossos. Este autor observou que quando se exclui a variável proteína bruta, o valor do coeficiente de determinação é reduzido em aproximadamente 0,12 e que a melhor equação foi obtida com os valores de proteína bruta e proteína digestível em pepsina a 0,02%.

Nunes et al. (2001) estimaram equações para predizer o conteúdo energético (EMA e EMAn) do grão de trigo e alguns subprodutos, observando que a equação composta pela proteína bruta e fibra em detergente neutro foi a que melhor se ajustou na predição dos valores de EMA e EMAn. Ressaltaram ainda que equações com duas a quatro variáveis podem ser usadas com maior facilidade, já que necessitam de menor número de análises laboratoriais.

Apesar de sua utilidade, o NRC (1994) atenta para o fato de que nenhum estudo verificou as equações estimadas com valores determinados posteriormente.

Porém, recentemente, Nagata (2003) validou equações para predizer a EMAn do milho, sorgo e alguns subprodutos do milho, para frangos de corte descritas no NRC (1994) e Rodrigues (2000). Rocha Júnior et al. (2003) estimaram o valor energético de alguns alimentos para ruminantes e validaram equações propostas pelo NRC (2001).

Os valores energéticos são raramente determinados pelo fato de as metodologias serem trabalhosas e dispendiosas. Nesse sentido, as equações de predição disponíveis na literatura podem ser consideradas uma maneira rápida, prática e econômica de avaliar a energia metabolizável, tornando-se uma alternativa de grande utilidade na avaliação do valor nutricional dos alimentos.

#### **2.4 O uso e as limitações da soja na alimentação de aves**

O uso da soja (*Glycine max.* L. Merrill) na alimentação humana e animal tem sido objeto de diversos estudos. As sementes de soja consistem, principalmente, de proteína, óleo, carboidratos e minerais. Quando comparadas ao milho, a sua produção, é quase 40% mais baixa. Por outro lado, seu valor protéico é cerca de 240% mais elevado que o do milho e sua proteína mais abundante contém todos os aminoácidos essenciais (Amaral, 1999). Em uma ração inicial para aves, quase 70% da proteína são provenientes do farelo de soja (Butolo, 2002) que apresenta uma composição de 88,10% de matéria seca, 45% de proteína bruta, 1,38% de extrato etéreo, 5,92% de fibra bruta, 0,32% de cálcio, 0,59% de fósforo total, 2,78 % de lisina, 0,65 % de metionina e 2266 kcal de EM/kg (Rostagno et al. 2000), sendo, considerado um alimento padrão. É um alimento protéico, que possui 20% de polissacarídeos estruturais da parede celular, denominados polissacarídeos não amídicos. De acordo com Dale (1997),

vários estudos vêm sendo realizados com o objetivo de maximizar o aproveitamento de suas propriedades nutricionais, haja vista a sua importância.

A soja integral e o farelo de soja possuem, em suas composições substâncias antinutricionais prejudiciais à alimentação dos animais monogástricos. Liener & Karade (1980) mencionam, como fatores antinutricionais da soja, os inibidores de tripsina, hemaglutininas, fatores goitrogênicos, antivitaminas e fitatos, que são termolábeis e saponinas, estrógenos, fatores de flatulência, lisoalaninas e alergênicos, que são fatores termorresistentes. De acordo com Jorge Neto (1992), os inibidores de proteases são compostos protéicos que se complexam com a tripsina e quimotripsina, prejudicando todo o processo de digestão das proteínas alimentares já degradadas pela pepsina. Esta complexação normalmente causa hipertrofia do pâncreas, onde a tripsina produzida não é suficiente para neutralizar o inibidor de tripsina, ocorrendo redução na digestão intestinal da proteína e, conseqüentemente, perda exógena de nitrogênio nas excretas. As lectinas (hemaglutininas) são glicoproteínas que possuem a capacidade de se aglutinarem com os eritrócitos. A presença das hemaglutininas nas células do epitélio intestinal causa uma reação inflamatória, prejudicando a absorção.

O tratamento térmico é um dos meios para eliminar os fatores antinutricionais dos grãos e do farelo de soja, desativando tais compostos. Dentre os tipos de processamentos, Pablos (1986) cita que o cozimento a vapor, a tostagem a seco e a extrusão são os métodos mais utilizados. A disponibilidade dos nutrientes do alimento processado depende do tipo de processamento e do uso adequado do equipamento. Independente dos fatores antinutricionais, a proteína da soja crua é de difícil digestão, porém, o processamento térmico muda as propriedades estruturais das proteínas, melhorando a digestibilidade dos

nutrientes.

Porém, o processamento térmico em excesso pode afetar o ingrediente quanto à disponibilidade e digestibilidade de alguns nutrientes, como carboidratos, proteínas, principalmente lisina (Martins, 1995), reduzindo assim os valores de energia metabolizável. Portanto, é necessária a utilização de alguns índices de controle de qualidade para comprovar a eficiência do processamento, como os testes de atividade ureática (AU) e solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2%.

Dados de Hessing et al. (1995), citados por Bedford (1998) e posteriormente por Penz Jr. (1998), avaliaram amostras de farelo de soja em vários locais do mundo e demonstraram atividades dos inibidores de tripsina e níveis residuais de lectina variadas, apesar do tratamento pelo calor. Foi comprovado que as amostras de farelo de soja continham níveis de lectina residual suficientes para deprimir a digestibilidade da proteína, mostrando que 0,2 g/kg de inibidor de tripsina deprimem em 15% a digestibilidade da proteína onde esta variabilidade no conteúdo de substâncias antinutricionais possa ser responsável, em alguns casos, pela grande variação na resposta de crescimento das aves.

De acordo com citações de Pack et al. (1998), pesquisas no Canadá também mostraram uma grande variação nos níveis de lectinas em farelos de soja processados comercialmente, nos quais se detectou variação de 20% a 40% dos valores normalmente encontrados nos grãos, mostrando, de certa forma, alguma limitação das atuais técnicas de processamento. Para os referidos autores, o uso de proteases para degradar os inibidores de tripsina e lectinas contidos na soja pode ser muito efetivo para melhorar seu valor nutricional. Marsman et al. (1997) confirmaram que a suplementação de enzimas na dieta à base de soja para aves é

uma possibilidade para inativar os fatores antinutricionais, degradando os inibidores de tripsina, lectinas e os polissacarídeos não amídicos, aumentando a digestão e absorção de nutrientes.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local e período experimental**

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, Minas Gerais, situado a uma altitude de 910 metros, 24<sup>0</sup>14' de latitude sul e 45<sup>0</sup>00' de longitude oeste, no período de outubro a novembro 2002. As aves foram criadas em galpão de alvenaria até a idade de 16 dias, período no qual receberam uma ração inicial de frangos de corte, tendo como ingredientes básicos milho e farelo de soja, formulada de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2000), a qual foi utilizada como ração referência no ensaio de metabolismo Tabela 1. Após este período, as aves foram pesadas e transferidas para uma sala de metabolismo com controle de temperatura, recebendo luz artificial por 24 horas. As aves foram distribuídas aleatoriamente nas gaiolas das baterias, onde receberam os tratamentos experimentais durante o período pré-experimental e o de coleta total de excretas.

**TABELA 1.** Composição centesimal e calculada da ração referência

<b>INGREDIENTES</b>	<b>(%)</b>
Milho moído	58,000
Farelo de soja	35,700
Óleo vegetal	2,500
Fosfato bicálcico	1,850
Calcário calcítico	1,000
Sal iodatado	0,400
DL-metionina (99%)	0,200
L-lisina HCL (99%)	0,100
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100
Premix mineral <sup>2</sup>	0,100
Anticoccidiano <sup>3</sup>	0,050
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>
Composição calculada	
E. metabolizável (kcal/kg)	2970
Proteína bruta %	21,50
Metionina + cistina %	0,90
Lisina %	1,10
Cálcio %	0,90
Fósforo disponível %	0,42
Sódio %	0,20

<sup>1</sup>Contendo por kg do produto: Vit. A - 12.000.000 UI; Vit. D<sub>3</sub> - 2.200.000 UI; Vit E - 30.000 UI; Vit B<sub>1</sub> - 2,2 g; Vit B<sub>2</sub> - 6,0 g; Vit B<sub>6</sub> - 3,3 g; Vit B<sub>12</sub> - 0,016 g; Ácido nicotínico - 53,0 g; Ác. Pantotênico - 13,0 g; Vit. K<sub>3</sub> - 2,5 g; Ác. Fólico -1,0 g;; antioxidante - 120,0 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

<sup>2</sup>Contendo por kg do produto: manganês - 75 g; ferro - 20 g; zinco - 50 g; cobre - 4 g; cobalto - 0,2 g; selênio - 0,25 g; iodo - 1,5 g e veículoq.s.p. -1000g.

<sup>3</sup>Monensina sódica 20%

### **3.2 Instalações e equipamentos**

O experimento foi realizado em uma sala de metabolismo de 90m<sup>2</sup> (6 x 15m), com ambiente controlado por dispositivo digital de controle de temperatura. Foram utilizadas gaiolas de metabolismo construídas em arame galvanizado, com dimensões de 50 cm de largura, 50 cm de profundidade e 50 cm de altura, providas de bandejas coletoras de excretas. Os bebedouros usados foram do “tipo nipple” com copo coletor e comedouro individual de calha com borda para evitar desperdício.

### **3.3 Ensaio metabólico - valores energéticos de farelos e grãos de soja processados**

Para determinação dos valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de farelos e grãos de soja processados, foi conduzido um ensaio metabólico com pintos em crescimento (método tradicional de coleta total de excretas).

Foram utilizados 270 pintos da linhagem Cobb, machos e fêmeas, com peso médio de 447g ± 5g, que receberam as rações experimentais constituídas de 8 alimentos e a ração referência. Os alimentos substituíram a ração referência em 30%, devido ao seu elevado conteúdo de PB. Foi determinada a EMAn de cada alimento testado e da ração referência em 6 repetições de 5 aves em cada parcela. Os alimentos testados foram: soja integral extrusada (SIE), soja integral tostada (SIT), soja integral micronizada (SIM) e 5 amostras de farelos de soja de diferentes marcas comerciais, denominados FS1, FS2, FS3, FS4 e FS5.

As rações e água foram fornecidas à vontade, por um período de 10 dias,

sendo 7 dias de adaptação (pré-experimental) e 3 dias de coleta total de excretas em cada unidade experimental, a qual foi realizada uma vez ao dia, iniciada sempre às oito horas da manhã. De acordo com os resultados de Martinez (2002), o período de coleta total de excretas na determinação do valor energético foi reduzido de 5 para 3 dias. No período de coleta (24 a 26 dias de idade), as bandejas foram revestidas com plástico sob o piso de cada gaiola, a fim de se evitar perdas.

O consumo de ração de cada unidade experimental durante o período de coleta foi registrado e as excretas coletadas foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenadas em freezer. Então, as amostras foram pesadas, homogeneizadas e retiradas as alíquotas devidas para as análises de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e energia bruta (EB), após pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por um período de 72 horas, para obtenção da ASA (amostra seca ao ar) em porcentagem. Após a pré-secagem, as mesmas foram moídas e embaladas para as posteriores análises laboratoriais. Os valores de (EMAn) foram determinados conforme as fórmulas de substituição dos alimentos na ração referência, propostas por Matterson et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio. As fórmulas utilizadas foram:

$$\text{EMAn da RT ou RR} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 \cdot \text{BN})}{\text{MS ingerida}} \text{ em que:}$$

RT = ração teste;

RR = ração referência;

EB = energia bruta;

BN = balanço de nitrogênio = N ingerido - N excretado

MS = matéria seca;

$$\text{EMAn do alimento} = \text{EMAn}_{\text{RR}} + \frac{\text{EMAn}_{\text{RT}} - \text{EMAn}_{\text{RR}}}{\text{g/g de substituição}}$$

### **3.4 Análises laboratoriais**

Para cada alimento foram determinados: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra bruta (FB), fibras em detergente ácido e neutro (FDA e FDN), extrativo não nitrogenado (ENN), matéria mineral (MM) conforme as técnicas descritas por Silva (1990). O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por Nelson (1944) e a atividade ureática (AU) e solubilidade da proteína em (KOH) a 0,2% foram determinadas segundo as técnicas descritas no Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1998). Foram realizadas análises de MS, N e EB das rações experimentais e das excretas. Os valores de energia bruta das rações, das excretas e dos alimentos foram determinados em uma bomba calorimétrica modelo Parr-1261 e o nitrogênio pelo método de Kjeldahl. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFLA, com exceção do amido, que foi determinado no Laboratório do Departamento de Ciências dos Alimentos da UFLA.

### **3.5 Valores energéticos estimados por equações de predição**

Objetivando comparar os valores de EMAn, estimados por meio de equações de predição descritas por Janssen et al. (1979), Janssen (1989), Rodrigues (2000) e por Rodrigues et al. (2002), com os valores obtidos diretamente no ensaio metabólico, foram utilizados os dados da composição

centesimal dos 8 alimentos testados para o cálculo da EMAn. As equações propostas por Rodrigues (2000) e Rodrigues et al. (2002) foram estimadas a partir da composição química e valores de EMAn da soja e farelos de soja, para prever os valores energéticos desse grupo de alimentos. Porém, as equações de Janssen et al. (1979) e Janssen (1989) são específicas para cada alimento.

**Equações de predição (EQP) propostas por Rodrigues (2000) e Rodrigues et al. (2002):**

**EQP-1**  $EMAn = 1822,76 - 99,32FB + 60,50EE + 286,73MM - 52,26amido$

**EQP-2**  $EMAn = 2822,19 - 90,13FB + 49,96EE$

**EQP-3**  $EMAn = -822,33 + 69,54PB - 45,26FDA + 90,81EE$

**EQP-4**  $EMAn = 2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$

**Equações de predição (EQP) propostas por Rodrigues (2000):**

**EQP-5**  $EMAn = 2372,54 + 53,69EE$

**EQP-6**  $EMAn = 7660,52 - 101,45PB$

**Equações de predição propostas por Janssen et al. (1979):**

**EQP-8 (para o farelo de soja)**  $EMAn8 = 2702 - 57,4FB + 72,0EE$

**EQP-10 (para a soja integral)**  $EMAn10 = 2769 - 59,1FB + 62,1EE$

**Equações de predição propostas por Janssen (1989):**

**EQP-7 (para o farelo de soja)**  $EMAn7 = 37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$

**EQP-9 (para o farelo de soja)**  $EMAn9 = 36,63PB + 77,96EE + 19,87ENN$

### **3.6 Análises estatísticas**

A fim de se verificar a aplicabilidade das equações citadas, realizou-se uma análise de correlação (Correlações de Spearman), verificando-se a correlação existente entre os valores energéticos determinados e os valores energéticos estimados por meio das equações de predição e a correlação existente entre as equações. As análises estatísticas foram feitas por meio do pacote estatístico SAEG (UFV, 1992), considerando como tratamentos:

- T1:** Valores de EMAn do ensaio metabólico;
- T2:** Valores de EMAn estimados pela EQP-1;
- T3:** Valores de EMAn estimados pela EQP-2;
- T4:** Valores de EMAn estimados pela EQP-3;
- T5:** Valores de EMAn estimados pela EQP-4;
- T6:** Valores de EMAn estimados pela EQP-5;
- T7:** Valores de EMAn estimados pela EQP-6;
- T8:** Valores de EMAn estimados pela EQP-7;
- T9:** Valores de EMAn estimados pela EQP-8;
- T10:** Valores de EMAn estimados pela EQP-9;
- T11:** Valores de EMAn estimados pela EQP-10.

Além da análise de correlação foram estimados os intervalos de confiança (IC) para as médias dos valores energéticos (EMAn) dos alimentos, obtidos no ensaio metabólico. Os valores calculados pelas equações de predição foram, então, comparados com o IC de cada alimento.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Composição dos alimentos**

A composição química, determinada pelas análises laboratoriais, dos alimentos utilizados no experimento está apresentada na Tabela 2. Os alimentos dentro de seu respectivo grupo, sojas integrais processadas e amostras de farelos de soja, apresentaram diferentes valores, quando comparados aos das tabelas de composição de alimentos estrangeiras (NRC, 1994 e Dale, 2001) e nacionais (EMBRAPA, 1991 e Rostagno et al. 2000). Entretanto, os valores obtidos se enquadram dentro da amplitude de sua categoria. Estas variações ocorreram em pesquisas realizadas por Café (1993), Del Bianchi (1996) e Rodrigues et al. (2002), utilizando os mesmos alimentos. Essas diferenças eram esperadas, já que a fertilidade do solo, clima, genética, armazenamento e processamento, principalmente no caso de subprodutos, são fatores que interferem na composição química dos alimentos (Albino & Silva, 1996; Butolo, 2002).

**TABELA 2.** Composição química de farelos e grãos de soja processados (expressos na matéria natural).

Nutriente	Alimento <sup>1</sup>							
	SIE	SIT	SIM	FS 1	FS 2	FS 3	FS 4	FS 5
MS <sup>2</sup> (%)	95,21	92,64	93,99	90,47	90,69	90,70	89,77	89,49
PB <sup>2</sup> (%)	36,24	35,15	40,99	44,30	44,24	44,09	41,62	41,76
EB <sup>2</sup> (kcal/kg)	4854	5254	5411	4222	4217	4294	4074	4079
EE <sup>2</sup> (%)	22,30	22,19	24,64	3,92	2,78	3,73	4,91	5,10
FDN <sup>2</sup> (%)	12,80	18,34	12,73	11,12	12,08	9,09	13,38	13,43
FDA <sup>2</sup> (%)	8,91	9,06	3,23	10,17	9,52	7,47	11,06	10,39
FB <sup>2</sup> (%)	5,77	6,20	1,17	4,35	5,32	4,88	5,63	5,95
ENN <sup>3</sup> (%)	26,45	24,26	23,04	32,18	32,56	32,33	31,83	31,28
MM <sup>2</sup> (%)	4,46	4,84	4,15	5,73	5,79	5,67	5,79	5,40
Amido <sup>4</sup> (%)	9,00	6,93	6,24	8,49	8,57	9,90	6,49	8,86

<sup>1</sup>SIE – soja integral extrusada; SIT – soja int. tostada; SIM – soja int. micronizada; FS – farelos de soja; <sup>2</sup>Laboratório de Nutrição Animal/DZO; <sup>3</sup>Valor calculado; <sup>4</sup>Laboratório da Ciências dos Alimentos/DCA

O teor de proteína bruta determinado da SIE (38,06%) foi inferior aos valores encontrados por Café (1993), Brum et al. (2000) e Rostagno et al. (2000); que foram de 40,32%, 40,10% e 41,33%, respectivamente. Estas semelhanças podem ser explicadas pelo maior rigor existente na padronização e controle da temperatura, pressão e umidade empregada no processo de extrusão, minimizando as perdas protéicas pela ação do calor. O valor de MM (4,68%) determinado para a SIE neste trabalho ficou próximo aos valores encontrados pelos pesquisadores citados acima, que foram 4,87%, 4,97% e 5,02%, respectivamente. O teor de FB da SIE encontrado no presente trabalho foi de 6,06%, sendo superior aos valores apresentados pela EMBRAPA, (1991) e Café, (1993), de 5,63% e 4,89%, respectivamente, e inferior ao valor encontrado por Rostagno et al. 2000 (6,94%).

A EB da SIE determinada neste estudo (5098 kcal/kg) foi 10,46%

inferior à encontrada por Rostagno et al. 2000 (5694 kcal/kg). O teor de amido (9,45%) da SIE foi superior em 20,85% e 29,74%, respectivamente, aos valores determinados para SIT e SIM.

No presente trabalho, a SIM, também conhecida como farinha integral micronizada ou extrato solúvel de soja, apresentou valores de EE (26,22%) e EB (55757 kcal/kg) semelhantes aos encontrados por Café (1993) de 26,02% e 5818 kcal/kg, respectivamente.

As análises da SIT determinaram um teor de PB 3% inferior e MM 7,85% superior à SIE. Este valor de PB (37,94%) foi semelhante (39,76%) ao encontrado por Café (1993) porém, inferior em média 6,45% aos valores apresentados no NRC (1994), e por Rodrigues et al. (2002); Rostagno (2000) e Dale (2001).

O EE determinado da SIT (23,95%) foi próximo (23,89%) ao encontrado por Rodrigues et al. (2002) e superior em 16,49%, em média, dos valores apresentados nas tabelas estrangeiras (NRC, 1994 e Dale, 2001). O mesmo comportamento foi encontrado para os valores de FB (6,69% e 6,81%), sendo 12,85% superior aos valores apresentados nas tabelas estrangeiras citadas.

Os farelos FS1, FS2 e FS3 apresentaram MS, PB e EB muito semelhantes entre si. O EE do FS2 foi, em média, 27,07% inferior ao FS1 e FS3, e o amido do FS3 foi, em média, 7% superior ao do FS1 e FS2.

Entre os farelos, observa-se que o FS4 e o FS5 apresentam uma composição química muito semelhante, diferindo de maneira relevante apenas no teor de amido, com a superioridade do FS5 de 33,73%, em relação ao FS4.

Os valores de energia bruta determinados para os farelos FS4 e FS5 (4538 e 4558 kcal/kg) foram semelhantes aos apresentados por Rodrigues et al. (2002) e Rostagno et al. (2000), respectivamente 4527 e 4647 kcal/kg.

Diante dos resultados obtidos neste estudo, evidencia-se a necessidade de

uma melhor caracterização dos ingredientes que podem ser incluídos em rações para aves, juntamente com a padronização dos processamentos e metodologias, reduzindo, desse modo, as diferenças que existem entre as tabelas de composição de ingredientes.

#### **4.2 Valores energéticos dos alimentos, determinados com pintos em crescimento (coleta total de excretas)**

Na Tabela 3 estão apresentados os valores energéticos determinados no ensaio metabólico, com base na matéria seca e na matéria natural, pois esta é a forma utilizada na formulação de rações para aves. No presente estudo observou-se que, em média, a EMA foi superior em 156 kcal/kg de MS em relação à EMAn, sofrendo uma redução de 4,85% quando se corrige para o balanço de nitrogênio. Esse valor se mostra próximo aos encontrados por Rodrigues et al (2002), nos quais a EMA foi superior a EMAn em 164 kcal/kg de MS, ocorrendo uma redução de 5,36%, em média, quando se corrige para o balanço de nitrogênio. De acordo com Wolynetz & Sibbald (1984), em condições de consumo à vontade, a EMA é maior que a EMAn, quando a retenção de nitrogênio é positiva. Como no presente ensaio as aves apresentaram consumo normal de ração, à vontade, o nitrogênio retido foi maior que zero e, conseqüentemente, a EMA foi superior a EMAn.

**TABELA 3.** Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) de farelos e grãos de soja processados, determinados com pintos em crescimento (24 a 26 dias de idade) e seus respectivos desvios padrões.

<b>Alimento</b>	<b>MS (%)</b>	<b>EMAn (kcal/kg de MS)</b>	<b>EMAn (kcal/kg de MN)</b>
<b>Soja integral extrusada</b>	95,21	3674 ± 199	3398 ± 189
<b>Soja integral tostada</b>	92,64	3609 ± 228	3343 ± 212
<b>Soja integral micronizada</b>	93,99	4296 ± 207	4025 ± 194
<b>Farelo de soja 1</b>	90,47	2601 ± 231	2353 ± 209
<b>Farelo de soja 2</b>	90,69	2650 ± 172	2403 ± 156
<b>Farelo de soja 3</b>	90,70	2727 ± 238	2473 ± 216
<b>Farelo de soja 4</b>	89,77	2500 ± 212	2244 ± 191
<b>Farelo de soja 5</b>	89,49	2426 ± 204	2171 ± 182
<b>CV %</b>		6,90	7,20

A EMAn das amostras de farelo de soja variaram de 2426 a 2727 kcal/kg de MS. As amostras de farelos de soja apresentaram, em média, 2580 kcal de EMAn/kg de MS, valor superior aos encontrados na literatura nacional (EMBRAPA, 1991; Café, 1993; Rostagno et al. 2000; Rodrigues et al. 2002) e nas tabelas estrangeiras (Janssen, 1989; NRC, 1994 e Dale, 2001).

O valor energético da SIM foi superior, em comparação às demais sojas integrais, no entanto, 4296 kcal/kg de EMAn/kg de MS foi semelhante aos valores encontrados por Café (1993) e Rodrigues et al. (2002), (4305, 4104kcal de EMAn/kg de MS, respectivamente). De todas as amostras de alimentos estudadas

no presente trabalho, a SIM apresentou maior conteúdo em energia bruta (5411 kcal/kg) e menor teor de fibra bruta (1,17%). Estes fatos podem ter contribuído para esta maior energia metabolizável, além de que, durante o processo de micronização, ocorre a remoção da casca (Jorge Neto, 1992), melhorando a digestibilidade aliada à menor granulometria (30 a 35 microns), que possibilita uma maior exposição dos nutrientes às enzimas digestivas (Café, 1993 e Sakomura, 1996).

Comparando-se com os valores de literatura, pode-se observar que o valor de EMAn determinado para a SIE (3674 kcal/kg de MS), foi inferior em 15% ao valor médio (4324 kcal/kg de MS) apresentado por Del Bianchi (1996) e próximo (3630 kcal/kg de MS) ao apresentado por Café (1993), usando a metodologia de coleta total com frangos de corte em crescimento.

O valor de 3609 kcal de EMAn/kg de MS para a SIT determinado no presente estudo foi inferior aos valores encontrados por Del Bianchi (1996), INRA (1984) e Wiseman, (1994), citado por Said (1995) (3764, 3800 e 3728 EMAn/kg de MS) e superior aos valores apresentados por Albino et al. (1992a), EMBRAPA (1991), Café (1993) e Rodrigues et al. (2002), respectivamente 3280, 3467, 3383 e 3400 de EMAn/kg de MS. Os valores de EMAn da SIT foram os que apresentaram maior variação na literatura consultada, provavelmente por existir uma grande variação nos tipos de processamentos utilizados.

Café (1993) cita que as diferenças encontradas entre os valores de EMAn das sojas integrais processadas são decorrentes das diferentes condições de processamento a que as sojas são submetidas, já que, para o mesmo tipo de processamento não existe padronização das condições de temperatura, umidade, tempo e pressão. Isto pode ser comprovado pelo estudo de Moreira (1993) que, trabalhando com 3 tipos de soja integral extrusada, verificou uma grande variação

na energia bruta (5403, 4881 e 5252 kcal/kg).

Os valores da composição química e da EMAn determinados neste estudo são, em grande parte, diferentes dos encontrados na literatura nacional e estrangeira, provavelmente devido aos diferentes processamentos da soja, que conferiram a este alimento características nutricionais distintas para as aves.

#### **4.3 Atividade ureática e solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2%**

Os valores de atividade ureática e solubilidade da proteína em (KOH) a 0,2% estão apresentados na Tabela 4.

Os valores de atividade ureática da SIE (0,03), FS1 (0,02) e FS4 (0,04) estão abaixo do limite inferior dos padrões referidos na literatura (0,05 a 0,20, segundo Leeson & Summers, 1997). Araba & Dale (1990a) não observaram diferença no ganho de peso de pintos de 1 a 21 dias de idade, que receberam dietas contendo farelos de soja com valores de atividade ureática inferiores a 0,05. Os demais alimentos estão dentro do intervalo de tostagem recomendada.

A urease é uma enzima que hidrolisa a uréia em  $\text{CO}_2 + \text{NH}_3$  e encontra-se presente em todas as sementes de leguminosas. Por ser enzima termolábil, a avaliação de suas atividades em produtos como o farelo de soja dá uma indicação do seu grau de tostagem. Alta urease indica falta de tostamento e a baixa atividade ureática indica um tostamento adequado (Teixeira, 1997). A atividade ureática é expressa pela diferença entre o pH da amostra e o do branco.

**TABELA 4.** Atividade ureática e solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2%, das sojas integrais processadas e de farelos de sojas<sup>1</sup>

<b>Alimento</b>	<b>Atividade ureática</b>	<b>Solub. em (KOH) a 0,2%</b>
<b>Soja integral extrusada</b>	0,03	80,17
<b>Soja integral tostada</b>	0,06	78,40
<b>Soja integral micronizada</b>	0,14	90,95
<b>Farelo de soja 1</b>	0,02	81,35
<b>Farelo de soja 2</b>	0,11	78,71
<b>Farelo de soja 3</b>	0,05	83,45
<b>Farelo de soja 4</b>	0,04	82,42
<b>Farelo de soja 5</b>	0,06	80,30

<sup>1</sup>Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFLA

Os maiores valores da solubilidade da proteína em (KOH) a 0,2% observados para SIM, FS3 e FS4, foram 90,95%, 83,45%, 82,42% respectivamente. Os valores de solubilidade protéica, neste estudo, evidenciam que nenhuma soja teve problemas com o superprocessamento, ou seja, a solubilidade da proteína em (KOH) a 0,2% dos alimentos testados não foi inferior a 70%, conforme Araba & Dale (1990b). Porém, a SIM apresentou um valor de 90,95% de solubilidade, demonstrando que possa ter sofrido um subprocessamento, considerando que os valores indicados são até 85%, segundo Sakomura (1996). No entanto, o valor de EMAn da SIM encontrado neste trabalho foi superior ao apresentado por Rodrigues et al. (2002), mostrando que a alta solubilidade não afetou o valor energético.

Jorge Neto (1992) sugere que uma soja processada adequadamente deve

apresentar um valor de solubilidade acima 75%, destacando 80% como ideal. Segundo Sakomura (1996), os valores ideais de solubilidade estão entre 70% a 85%. Esta mesma autora relatou que a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2% tem sido proposta como um indicador de excesso no processamento térmico, mostrando o nível de desnaturação de suas proteínas e o grau de biodisponibilidade dos seus aminoácidos. Leeson & Summers (1997) chamam a atenção para o fato de que o superprocessamento pode destruir a lisina e reduzir os valores de energia metabolizável.

#### **4.4 Valores energéticos estimados pelas equações de predição**

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados das correlações de Spearman. Analisando-se os alimentos em conjunto, observa-se que as equações 3, 2, 7, 1 e 4 (**-822,33 + 69,54PB - 45,26FDA + 90,81EE; 2822,19 - 90,13FB + 49,96EE; 1822,76 - 99,32FB + 37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN; 60,50EE + 286,73MM - 52,26amido e 2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE**, respectivamente) seguidas da equação 10 (**2769 - 59,1FB + 62,1EE**), se associaram significativamente ( $P < 0,05$ ) com o valor médio de EMAn determinado no ensaio metabólico. A correlação positiva foi de 85,71%, 80,95%, 78,57%, 73,81%, 73,81 e 64,29%, respectivamente, mostrando-se boas preditoras dos valores energéticos, confirmando a indicação dos referidos autores.

Apesar de apresentarem uma correlação relativamente baixa (54,76%), as equações 6 (**7660,52-101,45PB**) e 9 (**36,63PB + 77,96EE + 19,87ENN**) foram as que mais se aproximaram do valor médio de EMAn determinado no ensaio metabólico ( $P < 0,05$ ). Já a equação 10 (**2769 - 59,1FB + 62,1EE**) obteve uma correlação de 64,20% e sua média se aproximou do valor médio de EMAn

determinado *in vivo* ( $P < 0,05$ ).

**TABELA 5.** Correlações de Spearman entre a média dos valores de EMAn determinado (ensaio metabólico) com a média da EMAn estimada (equações de predição).

Variável	Variável <sup>1</sup>	Obser	Correlação	Z	Signif
Ensaio metabólico	Equação 1*	8	0,7381	1,9528	0,0254
Ensaio metabólico	Equação 2*	8	0,8095	2,1418	0,0161
Ensaio metabólico	Equação 3*	8	0,8571	2,2678	0,0117
Ensaio metabólico	Equação 4*	8	0,7381	1,9528	0,0254
Ensaio metabólico	Equação 5	8	0,5238	1,3859	0,0829
Ensaio metabólico	Equação 6	8	0,5476	1,4489	0,0737
Ensaio metabólico	Equação 7*	8	0,7857	2,0788	0,0188
Ensaio metabólico	Equação 8**	8	0,6190	1,6378	0,0507
Ensaio metabólico	Equação 9	8	0,5476	1,4489	0,0737
Ensaio metabólico	Equação 10*	8	0,6429	1,7008	0,0445

<sup>1</sup> Equações 1 a 4 Rodrigues (2000) e Rodrigues et al. (2002); Equações 5 e 6 Rodrigues (2000); Equações 8 e 10 Janssen et al. (1979); Equações 7 e 9 Janssen (1989)

\* Correlação significativa ( $P < 0,05$ ); \*\* Correlação significativa ( $P = 0,051$ )

Observou-se que as equações com duas e quatro variáveis, consideradas no modelo de predição, apresentaram os valores de EMAn calculados mais correlacionados com o valor médio determinado. Isto confirma as colocações de Rodrigues et al. (2002) e Nunes et al. (2001), os quais relatam que equações com duas a quatro variáveis predizem melhor os valores energéticos. Porém, nem todas equações com este número de variáveis fazem boas estimativas, pois, apesar da variável compor a equação, ela deve estar correlacionada com os valores energéticos (Rodrigues et al. 2002).

Para uma análise separada, em relação aos alimentos, foram realizadas comparações entre o valor de EMAn de cada alimento com os valores de EMAn determinado por cada equação, utilizando-se os intervalos de confiança (IC) determinados a partir das observações obtidas no ensaio de metabolismo. Os valores de EMAn dos alimentos, determinados no ensaio *in vivo* e seus respectivos intervalos de confiança (IC) estão descritos na Tabela 6, bem como os valores estimados pelas equações de predição. Nenhuma das equações estudadas estimou todos os valores de EMAn dos alimentos dentro do IC calculado.

**TABELA 6.** Valores energéticos determinados, seus respectivos intervalos de confiança (IC), bem como os valores energéticos estimados pelas equações de predição.

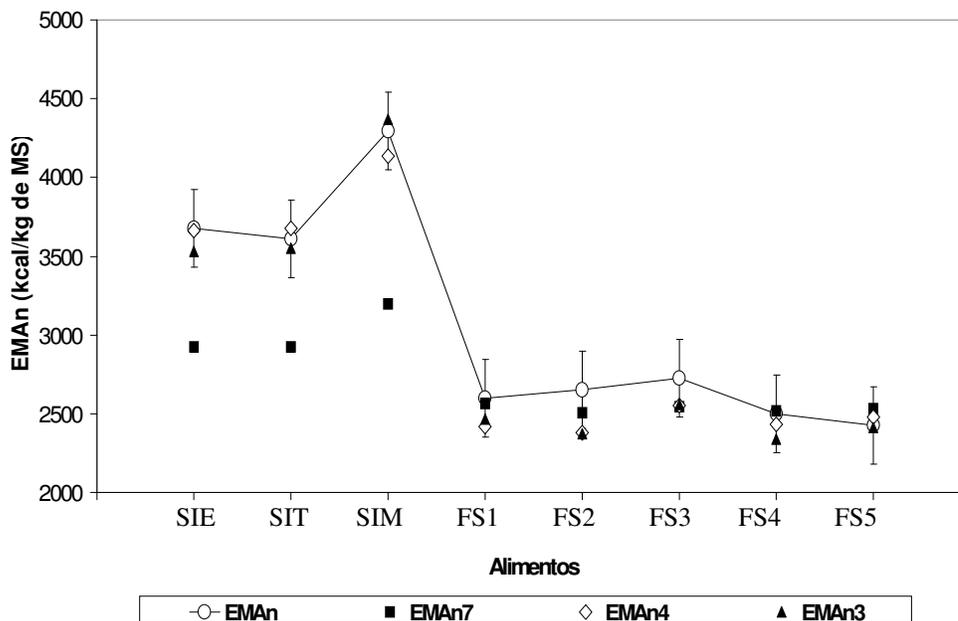
<b>Alimento</b>	<b>SIE</b>	<b>SIT</b>	<b>SIM</b>	<b>FS1</b>	<b>FS2</b>	<b>FS3</b>	<b>FS4</b>	<b>FS5</b>
<b>EMAn<sup>2</sup></b>	<b>3674</b>	<b>3609</b>	<b>4296</b>	<b>2601</b>	<b>2650</b>	<b>2727</b>	<b>2500</b>	<b>2426</b>
<b>IC</b>	3465a 3883	3369a 3849	4079a 4513	2359a 2843	2469a 2831	2477a 2977	2277a 2723	2212a 2640
<b>CV<sup>3</sup></b>	5,41	6,33	4,82	8,87	6,50	8,75	8,48	8,39
<b>EMAn1</b>	3486	3713	4204	2934	2763	2759	3001	2718
<b>EMAn2</b>	3446	3416	4020	2605	2447	2543	2530	2507
<b>EMAn3</b>	3528	3549	4366	2467	2373	2559	2340	2415
<b>EMAn4</b>	3665	3676	4133	2417	2378	2555	2431	2480
<b>EMAn5</b>	3630	3659	3780	2650	2537	2593	2666	2678
<b>EMAn6</b>	3799	3811	3338	2693	2712	2729	2957	2926
<b>EMAn7</b>	2928	2924	3217	2567	2506	2545	2520	2535
<b>EMAn8</b>	4040	4043	4518	2738	2586	2689	2736	2730
<b>EMAn9</b>	3772	3778	4129	2838	2739	2809	2829	2848
<b>EMAn10</b>	3865	3861	4324	2754	2613	2706	2738	2730

<sup>1</sup>Valor energético em itálico está dentro do intervalo de confiança;

<sup>2</sup>Valores energéticos determinados no ensaio de metabolismo expressos em kcal/kg de MS; EMAn-1 a 4 – equações de Rodrigues (2000) e Rodrigues et al. (2002); EMAn- 5 e 6 – equações de Rodrigues (2000); EMAn- 8 e 10 – equações de Janssen et al. (1979); EMAn- 7 e 9 - equações de Janssen (1989);

<sup>3</sup>Coefficiente de variação dos IC.

As equações que estimaram um maior número de valores energéticos (Figura 1), sete dos oito alimentos avaliados, foram as equações 3 ( $-822,33 + 69,54PB - 45,26FDA + 90,81EE$ ) e 4 ( $2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$ ), que utilizaram a fibra em detergente ácido e o extrato etéreo para estimar a EMAn, não estimando apenas a amostra de FS2, provavelmente devido ao baixo teor de extrato etéreo contido neste farelo. Nunes et al. (2001), trabalhando com trigo e alguns subprodutos, relatam que a equação composta pela PB e FDN é a que melhor se ajusta na predição dos valores energéticos. No entanto, para estes alimentos do grupo da soja, a FDA parece ter-se composto melhor, apesar da baixa correlação negativa (-5,34%) observada por Rodrigues et al. (2002).



**Figura 1.** Valores energéticos determinados *in vivo* com pintos em crescimento e estimados por equações de predição e seus intervalos de confiança.

Apesar de Janssen utilizar uma equação específica para cada alimento, a equação 9 (**36,63PB + 77,96EE + 19,87ENN**), indicada para o farelo de soja, estimou seis valores energéticos, sendo a EMAn das três sojas integrais (SIE, SIT e SIM) e três amostras de farelos (FS1, FS2 e FS3) e a equação 10 (2769 - 59,1FB + 62,1EE), apesar de ser específica para soja integral, estimou três amostras de farelos de soja (FS1, FS2 e FS3), como também os valores energéticos de duas sojas integrais (SIE e SIM). Diante disso, a especificidade para alimentos, segundo as equações de Janssen, foi observada para a equação 7 (**37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN**) que apresentou uma correlação de 78,57% e estimou todas as amostras de farelos de soja, mostrando-se boa preditora (Figura 1). Já a equação 8 (**2702-57,4FB + 72,0EE**) estimou três valores de farelos de soja, reforçando a especificidade destas equações para o farelo ( $P < 0,05$ ).

As equações 2 e 10 (**2822,19 - 90,13FB + 49,96EE** e **2769 - 59,1FB + 62,1EE**) estão correlacionadas positivamente ( $P < 0,05$ ) com os valores energéticos observados *in vivo*, confirmando a indicação de Rodrigues (2000). Este autor relatou que a equação composta pelas variáveis EE e FB explicou 93,0% das variações, mostrando que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos.

A equação 9 (**36,63PB + 77,96EE + 19,87ENN**), apesar de estimar os valores energéticos das três sojas integrais (SIE, SIT e SIM), possui uma correlação baixa (54,76%), não sendo considerada uma boa preditora.

A equação 1 (**1822,76 - 99,32FB + 60,50EE + 286,73MM - 52,26amido**) apresentou uma correlação positiva (73,81%) e significativa ( $P < 0,05$ ), estimando duas amostras de farelos (FS1 e FS2) e as três sojas integrais. Esses dados confirmam a indicação de Rodrigues (2000), que relata que equações compostas até por quatro variáveis no modelo explicaram 94% ou mais da variação nos

valores de EMAn ( $R^2 > 0,94$ ). No entanto, observa-se que o amido compõe a equação e a sua determinação não é considerada uma análise rotineira em laboratórios, não compondo a análise proximal dos alimentos, o que pode, às vezes, comprometer sua aplicação na predição dos valores energéticos desses alimentos.

Percebe-se que, em todas as equações de Janssen et al. (1979) e Janssen (1989), o extrato etéreo foi a variável que compôs as equações. O mesmo foi observado, com exceção da equação 6 (**7660,52 - 101,45PB**), para as equações descritas por Rodrigues (2000) e Rodrigues et al. (2002), os quais destacam uma alta correlação do extrato etéreo com os valores energéticos deste grupo de alimentos.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o ensaio, pôde-se concluir que:

Os valores energéticos das amostras de farelo de soja variaram de 2426 a 2727 kcal/kg de MS, sendo melhor estimados pela equação  **$37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$** ;

Os valores de EMAn das sojas integrais extrusada, tostada e micronizada foram de 3674, 3609, 4296 kcal/kg de MS, respectivamente e melhor estimados pelas equações  **$-822,33 + 69,54PB - 45,26FDA + 90,81EE$**  e  **$1822,76 - 99,32FB + 60,50EE + 286,73MM - 52,26amido$** ;

A utilização das equações  **$-822,33 + 69,54PB - 45,46FDA + 90,81EE$**  e  **$2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$**  para predizer a EMAn deste grupo de alimentos é viável.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L.F.T.; FERREIRA, A.S.; FIALHO, E.T.; CESAR, S.S. **Determinação dos valores de energia metabolizável e matéria seca aparentemente metabolizável de alguns alimentos.** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.11, n.2, p.207-221, 1982.

ALBINO, L.F.T.; FIALHO, E.T. Avaliação química e biológica de alguns alimentos usados em rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.13, n.3, p.291-300, 1984

ALBINO, L. F. T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte.** 1991. 141 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; TORRES, R. A. Utilização de diferentes sistemas de avaliação energéticas dos alimentos na formulação de rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1037-1046, Nov./dez. 1992a.

ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; TAFURI, M. L.; SILVA, M. A. Determinação dos valores de energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos para aves, usando diferentes métodos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1047-1058, nov./dez. 1992b.

ALBINO, L.F.T.; BRUM, P.A.R. de; FIALHO, F.B.; PAIVA, G.J.; HARA, C. Análise individual versus “pool” de excreta na determinação da energia bruta em ensaio de energia metabolizável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.467-473, mar. 1994.

ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais. . .** Viçosa: UFV, 1996. p. 303-318.

AMARAL, A.A. **Soja na alimentação animal.** Avicultura Industrial, Porto Feliz, v.90, n. 1072, 1999, p.4.

ARABA, M., DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as indicator of overprocessing soybean meal. **Poultry Science**. Champaign, v.69, n.1, 1990a, p.76-83.

ARABA, M., DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as na indicator of underprocessing soybean meal. **Poultry Science**. Champaign, v.69, n.10, 1990b, p.1749-1752.

AZEVEDO, D. M. S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. 1996. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de viçosa, Viçosa, MG.

BRUM, P.A.R.; ZANOTTO, D.L.; LIMA, G.J.M.M.; VIOLA, E.S. **Composição química e energia metabolizável de ingredientes para aves**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.35, n.5, p.995-1002, maio 2000

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas, 2002. 430 p.

CAFÉ, M.B.; SAKOMURA, N.K.; ALBINO, L.F.T.; JUNQUEIRA, O.M. Determinação da disponibilidade biológica dos aminoácidos e da energia metabolizável da soja integral processada para aves. IN: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos, SP. **Anais...** Campinas: FACTA, 1993. P.13.

CAMPOS, J. **Tabelas para cálculos de rações**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1974. 52 p.

COELHO, M.G.R.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B.; SILVA, D.J. da. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos, determinados com pintos e galos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AVICULTURA, 8., 1983, Camboriú. **Anais...** Camboriú : ACA/UBA, 1983. p.79-95. 153).

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações/Colégio Brasileiro de Nutrição Animal/**Ministérios da Agricultura**, 1998.

DALE, N.; FULLER, H. L. Additivity of true metabolizable energy values as measured with roosters, broiler chicks, and poults. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 8 , p. 1941-1942, Aug. 1980.

DALE, N.; FULLER, H. L. Aplicability of the metabolizable energy system in practical feed formulation. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 2 , p. 351-356, Feb. 1982.

DALE, N.; FULLER, H. L. Correlation of protein content of feedstuffs with the magnitude of nitrogen correction in true metabolizable energy determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 5 , p. 1008-1012, May 1984.

DALE, N. Formulando com soya sobreprocessada. **Indústria avícola**. Mount Morris, v. 44, n.3, marzo, 1997.

DALE, N. Ingredient analysis table: 2001 edition. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 73, n. 29, p. 220, 2001.

DEGUSSA, A. G. **Digestible amino acids in feedstuffs for poultry**. Frankfurt, 1993. 18 p.

DEL BIANCHI, M. **Efeito da idade do frango de corte na digestibilidade dos nutrientes da soja integral processada pelo calor**. UNESP, Imp. Univ. 1996, 90p. (Dissertação - mestrado em Zootecnia).

DOLZ, S.; DE BLAS, C. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, n. 2, p. 316-322, Feb. 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia, 1991. 97 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, n. 19).

FARREL, D. J. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockrels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 19, n. 03, p. 303-308, May 1978.

HAN, I. K.; HOCHSTETLER, H. W.; SCOTT, M. L. Metabolizable energy values of some poultry feeds determined by various methods and their estimation using metabolizability of the dry matter. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 1335-1342, July 1976.

HILL, S. J.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 64, n. 4, p. 587-603. Apr. 1958.

INSTITUT NATIONAL DE LA RESEARCH AGRONOMIQUE - INRA. **L'alimentacion de animaux monogastriques**. Paris, 1984. 279 p.

ITCF. **Ileal digestibility of aminoacids in feedstufs**. Eurolysine, Paris, 1995. 53 p.

JANSSEN, W.M.M.A., Terpstra, K., Beeking, F.F.E. & Bisalsky, A.J.N. Feeding Values for Poultry. **Cambridge University Press, Cambridge, UK**. 1979.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen, 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services).

JORGE NETO, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura e Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, SP, n. 988, ano 82, p. 4-15. Jun. 1992.

LANNA, P.A.S.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J. da; FONSECA, J.B.; FRANQUEIRA, J.M. **Tabela de composição de alimentos concentrados. I. Valores de composição química e de energia metabolizável determinados com pintos**. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.8, n.3, p.516-523, 1979.

LESSON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2. ed. University Books, Guelph, Ontário, 1997. 350 p.

LIENER, I.E., KARADE, M.L. Protease inhibitors. In: LIENER, I.E. **Toxic Constituents of Plant Foodstuffs**. 2. Ed. New York: Academic Press. 1980. P. 7-71.

LIMA, I. L.; SILVA, D. J.; ROSTAGNO, H. S.; TAFURY, M. L. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos determinados com pintos e galos, utilizando duas metodologias. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 6, p. 546-556. Nov./dez. 1989.

MARSMAN, G.J.; H. VAN DER POEL, F.A.; KWAKKEL, P.R.; VERTEGEN, M.W.; VORAGEN, A. G. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, total nutrient digestibilities and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 864-872, June 1997.

MARTINS, I.B. **Efeito do tratamento térmico sobre a qualidade nutricional do grão de soja no desempenho e na composição de carcaça de frangos de corte**. Porto Alegre, RS, UFRS, 1995. 170p. (Dissertação - mestrado em Zootecnia).

MARTINEZ, R. S. **Avaliação da metodologia e do período de coleta na determinação do valor energético de rações para aves**. 2002. 41 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs, Connecticut: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11 p. (Research Report, 7).

MOREIRA, I. **Valor nutritivo e utilização de milho e soja integral processadas a calor na alimentação de leitões**. Viçosa: UFV, 1993. 145p. Tese (Doutorado em Zootecnia).

MUZTAR, A. J.; SLINGER, S. J. An evaluation of the nitrogen correction in the true metabolizable energy assay. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, n. 4, p. 835-839, Apr. 1981.

NAGATA, A.K. **Valores energéticos de alguns alimentos, determinados com frangos de corte e por equações de predição**. Lavras: UFLA, 2003. 35 p. (Dissertação - mestrado em Zootecnia).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academy Press, 1994. 155 p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

NUNES, R.V; ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, 30(3):785-793, 2001

PABLOS, J. B. Consideraciones sobre el uso de la soya integral en la alimentacion de las aves. **Soya (ASA)**, Mexico D.C., n.61, p.1-4., 1986.

PACK, M.; BEDFORD, M.; WYATT, C. Enzimas para dietas basadas en maiz-soja. **Indústria Avícola**, Mount Morris, v. 45, n.6, p. 32-35. Junio, 1998.

PARSONS, C. M.; POTTER, L. M.; BLISS. B. A. True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 11, p. 2241-2246, Nov. 1982.

PENZ JR, A.M; MAGRO, N. Granulometria de rações: aspectos fisiológicos. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, Concórdia, SC, 1998. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998, p.1-12.

PESTI, G. M.; FAUST, L. O.; FULLER, H. L.; DALE, N. M. Nutritive value of poultry by-product meal. 1. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level of substitution. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 12, p. 2258- 2267, Dec. 1986.

RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION. **Rhodimet™ Nutrition Guide**. 2. ed. 1993. 55 p.

ROCHA JÚNIOR, V.R; VALADARES FILHO, S.C; BORGES, A.M.; DETMANN, E. et al. **Estimativa do valor energético dos alimentos e validação das equações propostas pelo NRC (2001)**. R. Bras. Zootec., v.32, n.2, p.480-490, 2003

RODRIGUES, P. B. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves.** 2000. 204 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; NUNES, R.V.; TOLEDO, R.S. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, 2002.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

RUTZ, F. **Utilização do farelo de colza e outros alimentos na ração de pintos até quatro semanas de idade.** Pelotas : UFPEL, 1983. 60p. Dissertação de Mestrado.

SAID, N. Extrusão e processamento de ingredientes e rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE FABRICAÇÃO DE RAÇÕES, 1995, Curitiba. P.1-15.

SAKOMURA, N.K. **Estudo do valor nutricional das sojas integrais processadas e de sua utilização na alimentação de frangos e poedeiras.** Jaboticabal, SP, FCAV - UNESP, 1996. 178p. (Tese de Livre Docência em Avicultura).

SCOTT, M. L.; NESHEIN, M. C.; YOUNG, R. J. **Nutrition of the chicken.** 3. ed. Ithaca, NY, 1982. 562 p.

SHIRES, A.; ROBBLEE, A. R.; HARDIN, R. T.; CLANDININ, D. R. Effect of the age of chickens on the true metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 2 , p. 396-403, Feb. 1980.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. **Poultry Science**, Champaign, v. 42, n. 1, p. 13-25, Jan. 1963.

SIBBALD, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 303-308, Jan.1976a.

SIBBALD, I. R. The true metabolizable energy values of several feedingstuffs measured with roosters, laying hens, turkeys and broiler hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 1459-1463, July 1976b.

SIBBALD, I. R. The effect of age of the assay bird on the true metabolizable energy values in feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 57, n. 4, p. 1008-1012, July 1978.

SIBBALD, I. R. Metabolic plus endogenous energy and nitrogen losses of adult cockerels: the correction used in the bioassay for true metabolizable energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, n. 4, p. 805-811, Apr.1981.

SIBBALD, I. R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Guelph, v. 62, n. 4, p. 983-1048, Dec. 1982.

SILVA, J. M. F. **Composição química e energia metabolizável de ingredientes usados na alimentação de poedeiras e sua utilização em rações de mínimo custo**. 1978. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1990. 165 p.

TEIXEIRA, A S. **Alimentos e alimentação dos animais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 402p.

TORRES, D.M. Valor nutricional de farelos de arroz suplementados com fitase, determinado por diferentes metodologias com aves. Lavras: UFLA, 2003, 172p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 5.0. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1992. 59p. (Manual do usuário)

WOLYNETZ, M. N.; SIBBALD, I. R. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 7, p. 1386-1399, July 1984.

ZELENKA, J. Effects of sex, age and food intake upon metabolizable energy values in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, Edinburgh, v. 38, n. 3, p. 281-284, July 1977.