

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Avaliação Química e Energética de Ingredientes de Origem  
Vegetal com Frangos de Crescimento Lento em Diferentes Idades**

**Felipe Dilelis de Resende Sousa**

**2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO QUÍMICA E ENERGÉTICA DE INGREDIENTES DE  
ORIGEM VEGETAL COM FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO EM  
DIFERENTES IDADES.**

**FELIPE DILELIS DE RESENDE SOUSA**

*Sob a orientação do professor*  
**Augusto Vidal da Costa Gomes**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal

**Seropédica, RJ  
Julho de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**FELIPE DILELIS DE RESENDE SOUSA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 10/07/2013

---

Augusto Vidal da Costa Gomes. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Cristina Amorim Ribeiro de Lima. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ

---

Gerusa da Silva Salles Corrêa. Dr<sup>a</sup>. UFMT

## DEDICATÓRIA

*À Deus, por me conduzir na caminhada.  
Aos meus pais, Grauto Dilelis de Resende Sousa e Adriana dos Santos Neto Sousa, por  
sempre incentivarem a minha caminhada, acreditando nas minhas escolhas.  
À minha esposa, Taís, por escolher seguir caminhando ao meu lado.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor **Augusto Vidal da Costa Gomes** pela orientação, amizade, incentivo e ensinamentos.

À Professora Doutora **Cristina Amorim Ribeiro de Lima** pela amizade, apoio incondicional e crescimento profissional proporcionado.

Aos Funcionários **Marcus Pessoa** e **Evandro Manoel**, pela amizade, compreensão nos momentos de ausência e ajuda na realização das análises bromatológicas.

Ao Centro Integrado de Produção da UFRRJ pelo apoio no fornecimento de insumos para o experimento.

À empresa Rações Pilotos, pelo fornecimento dos ingredientes objetos de estudo.

Aos colegas da pós-graduação **Túlio Leite Reis** e **Débora Costa Barroso** pela amizade e pelo apoio durante todos os momentos do mestrado.

Aos estagiários: **Ana Carolina**, **Rômulo**, **Cleriston**, **Letícia**, **Jéssica** pelo auxílio fundamental para a condução do experimento.

Aos funcionários **Pedro** e **Valdecir** pela ajuda na preparação e condução do experimento.

Aos funcionários **Fernando** e **Luís** pela ajuda na fabricação das dietas experimentais.

A todos os familiares e amigos que me apoiaram e contribuíram para a conclusão de mais esse ciclo.

## RESUMO

SOUSA, Felipe Dilelis de Resende. **Avaliação química e energética de ingredientes de origem vegetal com frangos de crescimento lento em diferentes idades.** 2013. 26p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

Foi estudada a composição química, os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), o coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CME) e o coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (CMEn) de três ingredientes de origem vegetal com frangos de corte de crescimento lento da linhagem Redbro Plumé em duas diferentes idades. Os ingredientes avaliados foram farelo de algodão, farelo de arroz e farelo de trigo. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio e fósforo dos ingredientes. Para determinação dos valores energéticos e dos coeficientes de metabolizabilidade foi utilizado o método de coleta total de excretas. Foram realizados dois ensaios de digestibilidade: de 15 a 25 dias de idade e de 35 a 45 dias de idade, em delineamento inteiramente casualizado com o fornecimento de quatro dietas, sendo uma ração referência e três rações teste, que foram constituídas por 60% da ração referência e 40% do ingrediente a ser avaliado, exceto para farelo de algodão que substituiu a ração referência em 20%, com seis repetições de dez e oito aves na primeira e segunda idade respectivamente. A determinação de energia das excretas e das rações testes foi feita nos calorímetros PARR 1381, adiabático, e IKA 2000, isoperibólico, a fim de avaliar a possibilidade de influência do tipo de sistema calorimétrico utilizado. Os valores de EMA e EMAn, não diferiram ( $P > 0,05$ ) para o tipo de calorímetro utilizado. Os valores de EMA em kcal/kg, para primeira e segunda idade, respectivamente, foram: farelo de algodão, 1394 e 1792; farelo de arroz, 3243 e 3439; farelo de trigo, 2303 e 2479. Os valores de EMAn em kcal/kg, para primeira e segunda idade respectivamente, foram: farelo de algodão, 1255 e 1564 kcal/kg; farelo de arroz, 3124 e 3301; farelo de trigo, 2211 e 2383. Os alimentos apresentaram maior valor energético ( $P < 0,05$ ) quando avaliados com frangos mais velhos, sendo a diferença de EMAn entre idades maior para o farelo de algodão (24,62%), que continha o maior teor de FDA (29,95%). Estes dados sugerem que com o avanço da idade os frangos de crescimento lento aproveitam melhor os alimentos mais fibrosos.

Palavras-chave: Frango caipira; Energia metabolizável; Calorímetro;

## ABSTRACT

SOUSA, Felipe Dilelis de Resende. **Energy and chemical evaluation of vegetable ingredients with slow-growing broilers at different ages.** 2011. 26p. Dissertation (Master Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Was studied chemical composition and the values of apparent metabolizable energy (AME), nitrogen corrected apparent metabolizable energy (AMEn), dry matter metabolizability coefficient (DMMC), apparent energy metabolizability coefficient (EMC) and corrected apparent metabolizability coefficient (DMMC) of three ingredients of plant origin with broilers slow-growing strain Redbro plume at two different ages. The ingredients evaluated were cottonseed meal, rice meal and wheat meal. We determined the dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), ash (MM), crude fiber (CF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), calcium and phosphorus of ingredients. To determine energy values and metabolizability coefficients was used total collection method. Were performed two digestibility assays: 15 to 25 days old and 35 to 45 days old, in a completely randomized design with four diets providing, with one reference and three test diets, which are incorporated mixture of 60% of the basal diet with 40% of each ingredient to be evaluated, except for cottonseed meal that replaced the reference diet by 20%, with six replications of ten and eight birds in the first and second age respectively. A determination of excreta's and test diets' energy was made in different calorimeters, PARR 1381, adiabatic, and IKA 2000, isoperibolic, to evaluate if there is influence of the type of calorimetric system used. AME and AMEn values were not significantly different ( $P > 0,05$ ) for the type of calorimeter used. The AME kcal/kg for the first and second age respectively, were: cottonseed meal, 1394 and 1792; rice meal, 3243 and 3439; wheat meal, 2303 and 2479. The AMEn kcal/kg for the first and second age respectively, were: cottonseed meal, 1255 and 1564 kcal/kg; rice meal, 3124 and 3301; wheat meal, 2211 and 2383. The ingredients presented higher energy value ( $P < 0,05$ ), when evaluated with older broilers, and AMEn difference between ages was higher to the cottonseed meal (24,62%), that contained the highest level of ADF (29,95%). These results suggest that with advancing age slow growing broilers take advantage of more fibrous feed.

Keywords: Free-range broiler; Metabolizable energy; Calorimeter;

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 O Frango Caipira.....	3
2.2 Composição Química e Energética dos Alimentos .....	4
2.3 Fatores que Podem Influenciar os Valores de Energia Metabolizável .....	5
2.3.1 Idade .....	5
2.3.2 Níveis de substituição.....	6
2.3.3 Metodologias.....	6
2.3.4 Tipos de calorímetros.....	9
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
4.1 Composição Química dos Alimentos .....	14
4.2 Valores Energéticos Determinados em Diferentes Calorímetros.....	15
4.3 Valores de Energia e Coeficiente de Metabolizabilidade em Diferentes Idades .....	16
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	20
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21

## 1 INTRODUÇÃO

Na busca por maior respeito ao bem-estar animal, os consumidores vêm buscando fontes de proteína animal produzidas de formas diferenciadas, como é o caso da produção de frangos em sistema agroecológico. A produção deste tipo de ave tem sido uma alternativa para pequenos produtores, sendo alvo de diversos projetos que incentivam a agricultura familiar no país. Dentre os sistemas de criação agroecológico, destacam-se a produção de frango caipira e de frango orgânico.

A criação de frangos de corte tipo caipira, no Brasil, foi regulamentada pelo Ofício Circular N°007/99 da Divisão de Operações Industriais, do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento e de acordo com este Ofício, neste sistema de criação os frangos devem ter acesso à área externa a partir dos 25 dias de idade, não deve ser utilizado nenhum tipo de aditivo melhorador de desempenho em suas dietas, não podem ser utilizados ingredientes de origem animal na alimentação das aves e devem ser utilizadas linhagens exclusivas para este fim, que são as linhagens de frango de crescimento lento (BRASIL,1999).

Já a produção de frango orgânico foi regulamentada pela Instrução Normativa n. 64, de 18/12/2008, onde é descrito que pelo menos 80% dos ingredientes utilizados na alimentação devem ser de origem orgânica, deve haver acesso à área externa de no mínimo 2,5m<sup>2</sup> por ave, a lotação máxima a ser praticada nos galpões é de dez aves por m<sup>2</sup>, é proibido o uso de melhoradores de desempenho, bem como o uso de medicamentos provenientes de organismos geneticamente modificados.

A demanda pela carne de frango criados em sistema agroecológico é superior à oferta, exigindo um aumento de produção deste setor. Deste modo, avanços tecnológicos no setor são necessários para dar suporte a essa expansão, incluindo a avaliação nutricional de ingredientes que apresentem possibilidade de uso na alimentação das aves.

Assim como na avicultura tradicional, os maiores custos na criação de frangos tipo caipira são com a alimentação. Aproximadamente 70% dos custos de produção estão relacionados ao arraçamento, tendo este como base o milho e o farelo de soja, ingredientes utilizados na alimentação humana. O milho e a soja são commodities, o que leva a especulações e variações mercadológicas em seus preços de negociação, como aconteceu com o preço do milho, que teve alta em seu preço em função da sua utilização na produção de biocombustíveis (AHO, 2007).

Com o objetivo de diminuir os custos com a alimentação, diversos pesquisadores vêm estudando a utilização de ingredientes alternativos na produção de aves. Para linhagens de frango de crescimento lento estes estudos apresentam grande importância, uma vez que estas aves possuem menor exigência nutricional em g/ave/dia quando comparada à linhagens para produção tradicional, permitindo a formulação de rações com maior inclusão destes ingredientes.

Com a utilização de ingredientes alternativos na formulação de dietas, além da possível diminuição nos custos, proporciona-se ainda uma forma de produção mais sustentável e este poderia ser mais um conceito agregador de valor para o frango tipo caipira.

O teor energético dos alimentos é um dos componentes fundamentais na formulação de dietas avícolas, sendo mais utilizados os valores de energia metabolizável. Alguns fatores afetam estes valores como a idade, o nível de substituição dos alimentos teste e a metodologia utilizada.

Para determinação dos valores de energia metabolizável dos alimentos a idade da ave deve ser levada em consideração, uma vez que aves mais jovens possuem menor capacidade digestiva e maior sensibilidade a fatores antinutricionais, enquanto aves mais velhas possuem o trato digestório mais desenvolvido e maior capacidade de absorção (FREITAS et al, 2006).

Já a variação na composição química dos alimentos é um problema enfrentado por nutricionistas, e vários são os fatores que podem influenciar na composição, como tipo de solo, clima da região, cultivar utilizada, forma de armazenamento, processamento utilizado, entre outros (ALBINO & SILVA, 1996; NAGATA et al, 2004; FREITAS et al, 2005).

Na literatura consultada não foi encontrado estudos relacionando o tipo de calorímetro com o valor energético dos alimentos. Segundo Hirota (2009), são três os sistemas calorimétricos: adiabático, isoperibólico e isotérmico, sendo os mais comumente utilizados os adiabáticos e isoperibólicos.

A determinação da composição bromatológica, bem como o valor energético de ingredientes alternativos, permite a obtenção de dados que podem contribuir para maior exatidão na formulação de rações balanceadas, proporcionando melhor desempenho animal, refletindo positivamente nos custos de produção.

Assim, o objetivo deste trabalho é determinar a composição bromatológica, a energia metabolizável com frangos de crescimento lento em diferentes idades, bem como avaliar a utilização de diferentes calorímetros na avaliação de ingredientes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Frango em Sistema Agroecológico

A avicultura alternativa tem como principal finalidade produzir carne e ovos de forma mais natural e menos estressante para as aves. Esta carne apresenta menor teor de gordura, coloração mais avermelhada e uma maior consistência da fibra muscular em função da maior atividade e idade das aves, proporcionando sabor diferenciado à carne (DANTAS, 2006, TAKAHASHI et al, 2006).

A chamada agricultura familiar, constituída por pequenos e médios produtores, representa a maioria de produtores rurais no Brasil. São cerca de 4,5 milhões de estabelecimentos, cujos produtos representavam em 2007 aproximadamente 10% do PIB nacional (GUILHOTO et al, 2007).

Neste contexto está inserida a produção de frango em sistema agroecológico que pode se tornar uma fonte de renda extra para pequenos e médios produtores, uma vez que os investimentos necessários são menores que os praticados na avicultura industrial e os preços de comercialização são mais atrativos, por tratar-se de um produto diferenciado. Dentre os sistemas de produção alternativos, destacam-se as produções de frango caipira e de frango orgânico.

O frango caipira pode receber vários sinônimos tais como: Frango Colonial, Frango tipo ou estilo Caipira, Frango tipo ou estilo Colonial e Frango Verde (FIGUEIREDO, 2007). Todos estes termos referem-se ao frango produzido em sistema de semi-confinamento ou extensivo, com acesso a área externa de no mínimo três m<sup>2</sup> por ave a partir dos 25 dias de idade, abate mínimo aos 85 dias de idade, alimentação livre de aditivos melhoradores de desempenho e proibição de utilização de produtos de origem animal, e ainda devem ser utilizadas linhagens de frangos exclusivas para este tipo de criação, conforme as normas do Ofício Circular N°007/99 da Divisão de Operações Industriais, do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal, do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (BRASIL, 1999).

No meio rural, 90% dos produtores orgânicos são pequenos e médios produtores (BUAINAIN; BATALHA, 2007). O frango orgânico também é conhecido por diversos nomes, são eles: ecológico, biológico, biodinâmico, natural, sustentável, regenerativo e agroecológico (BRASIL, 2003). A regulamentação da produção orgânica no país teve início no ano de 1999 com a Instrução Normativa n.7, de 17/05/1999, a qual foi revogada pela Instrução Normativa n.64, de 18/12/2008 e, em dezembro de 2010, a Portaria n. 1.131 complementou a Instrução Normativa n. 64 de 2008 (ROSSA et al., 2012).

A legislação brasileira estabelece que na impossibilidade de adquirir aves provenientes de sistema orgânico, elas poderão ser adquiridas de unidades convencionais, desde que possuam no máximo dois dias de vida. A higiene e a saúde deverão ser mantidas em todo o período de criação, e que as vacinas e exames determinados pela legislação de sanidade animal são obrigatórios. É proibido o uso de aditivos zootécnicos melhoradores de desempenho, bem como de medicamentos provenientes de organismos geneticamente modificados. As instalações devem respeitar um mínimo de 2,5m<sup>2</sup> por ave de área externa, e uma lotação máxima de dez aves por m<sup>2</sup> nos galpões. A alimentação deve ser oriunda da própria unidade ou de outras unidades orgânicas de produção, quando escassos os alimentos provenientes de unidades orgânicas, admite-se o uso de até 20% de alimento convencional. (BRASIL, 2011).

As substâncias permitidas para higienização, limpeza e desinfecção, bem como equipamentos empregados no processamento, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia permitidos no processamento de origem animal e vegetal orgânico são regulamentadas pela Instrução Normativa Conjunta n.46, de 06/10/2011.

Uma parcela de consumidores está disposta a pagar um preço mais elevado ao praticado na comercialização do frango industrial. Ressalta esclarecer que o frango produzido em sistema agroecológico não compete com a avicultura industrial e sim atende a um nicho de mercado diferenciado. Este nicho de mercado busca uma alimentação livre de aditivos melhoradores de desempenho (BUTOLO, 2002).

A maior ênfase ao bem-estar animal também é um agregador de valor ao produto, uma vez que as aves são criadas em sistema semi-intensivo, com acesso à área externa e as densidades praticadas nos galpões são inferiores à avicultura tradicional.

## **2.2 Composição Química e Energética dos Alimentos**

A produção de frangos, até setembro de 2013, foi responsável pelo consumo de 47,52% do total de ração produzida no país, esta porcentagem representa 22,1 milhões de toneladas de ração. São 13,5 milhões de toneladas de milho e 6,8 milhões de toneladas de farelo de soja, que juntos representam aproximadamente até 90% da composição da ração para frangos de corte (SINDIRAÇÕES, 2013).

A utilização de ingredientes alternativos pode ser viável, desde que se tenha conhecimento dos valores nutricionais e energéticos destes alimentos para a formulação da ração.

O valor nutricional de um alimento está relacionado com a sua composição química. O conhecimento da disponibilidade dos nutrientes e da digestibilidade é importante para o balanceamento de dietas que proporcionem o máximo desempenho.

As tabelas de composição química e de valores energéticos dos alimentos são muito utilizadas uma vez que as análises bromatológicas dos ingredientes utilizados na formulação da ração são onerosas e demoradas (BRUMANO, 2005). Para alimentos não convencionais a importância de conhecer a composição química aumenta, seja pela inexistência de informações ou variação dos dados das tabelas nacionais e internacionais (GENEROSO et al., 2008).

Fornecer energia adequadamente é um dos aspectos fundamentais para obter-se sucesso em um programa de alimentação. A energia dos alimentos não é um nutriente, mas sim a propriedade do nutriente em fornecer energia quando oxidado no metabolismo (NRC, 1994).

O conteúdo energético dos alimentos pode ser expresso como energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). A energia metabolizável é uma das formas como se pode expressar o conteúdo energético dos ingredientes, e é o mais usual na nutrição de aves. A energia bruta do alimento é de fácil determinação, porém não representa quanto efetivamente da energia do alimento é aproveitada pelo animal, por isso a realização de bioensaios para determinação da energia metabolizável devem ser realizados (SCOTT et al, 1998).

A energia metabolizável é definida como a energia bruta do alimento, menos a energia bruta das fezes, urina e gases da digestão, porém para aves os gases da digestão não são considerados (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

A energia da excreta tem origem em parte do alimento não absorvido e não metabolizado pelo animal e também das perdas de material endógeno. A energia

metabolizável aparente (EMA) é a diferença entre energia consumida e energia excretada, não sendo considerado que parte da energia da excreta seja oriunda de compostos endógenos. Assim, a energia contida na excreta proveniente das perdas endógenas é contabilizada como energia do alimento que não foi absorvido. Quando se determina a quantidade de energia proveniente de perdas endógenas e considera-se este valor nos cálculos, temos a energia metabolizável verdadeira (EMV). Com isso, os valores de EMV será sempre superior aos valores de EMA, como citado por Song et al. (2003).

Ao determinar os valores de energia metabolizável é rotineiro corrigir estes valores pelo balanço de nitrogênio (BN), que é a diferença entre o nitrogênio ingerido e o excretado pelo animal. Esta correção é utilizada para contabilizar a deposição de proteína corporal nas aves, sendo proposto o valor de correção de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido, em razão de esta ser a energia obtida quando o ácido úrico é completamente oxidado (HILL & ANDERSON, 1958).

O BN tende a ser positivo para frangos em crescimento, pois estão retendo nitrogênio para a formação de músculos. Andreotti et al. (2004) observaram que há maior retenção de nitrogênio para frangos em crescimento com idade de 22 a 30 dias quando comparados com frangos na fase final, de 42 a 50 dias.

## **2.3 Fatores que Podem Influenciar os Valores de Energia Metabolizável**

### **2.3.1 Idade**

Um motivo de polêmica entre pesquisadores é a adoção de apenas um valor de EMA para diferentes espécies e categorias de aves. Sell (1996) relatou que frangos de corte em fase inicial possuem o trato digestório ainda imaturo, devido à mudança do ambiente nutricional, uma vez que pintos utilizam as reservas de nutrientes do saco vitelínico por 4 a 5 dias, e com o avançar da idade a ave jovem completa o desenvolvimento físico e funcional do trato gastrointestinal, melhorando a digestibilidade dos nutrientes e o aproveitamento da energia da dieta. Aves mais jovens, de acordo com Batal & Parsons (2002), são menos eficientes na utilização dos nutrientes dos alimentos, especialmente durante os primeiros 7 a 10 dias pós-eclosão e a partir dos 14 dias de idade os pintos já são capazes de utilizar eficazmente a energia das dietas.

Por outro lado, as aves mais velhas podem utilizar melhor os alimentos fibrosos (ROSTAGNO & QUEIROZ, 1978; BORGES et al., 2003). Fuente et al. (1998) encontraram para a cevada valor superior de energia metabolizável com aves de 30 dias de idade quando comparado com aves de 10 dias de idade. Do mesmo modo, Borges et al. (2003), ao compararem os valores de energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de farelos de trigo, determinados pelo método tradicional de coleta total de excretas, encontraram 2097 kcal/kg para aves de 39 dias de idade e 1931 kcal/kg para aves de 14 dias de idade. Uma possível justificativa para o melhor aproveitamento energético dos alimentos por frangos de corte de maior idade foi apresentada por Sakomura et al. (2004), segundo os quais, os menores valores de EMA determinados nas três primeiras semanas de idade podem ser justificados pelos baixos coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo verificados nessa fase, assim como pelas atividades da amilase e da lipase indicando que nestas semanas, a capacidade de digestão das aves não está completamente desenvolvida, limitando o aproveitamento dos nutrientes das dietas, principalmente das gorduras.

Em relação aos frangos de menor potencial de crescimento, Mendonça (2005) observou que frangos mais velhos obtiveram valor superior de EMAn quando comparado ao valor originalmente calculado, respectivamente 2984 e 2800 kcal/kg, enquanto as aves na fase inicial apresentaram EMAn inferior ao calculado, respectivamente 2525 e 2600 kcal/kg.

Esses resultados sugerem que a utilização de dados tabelados em única idade podem superestimar o aproveitamento energético de aves na fase inicial e subestimar em aves na fase final (MENDONÇA, 2005).

Avaliando a composição bromatológica e o valor energético de alimentos protéicos para frangos de corte nas idades: 21 a 30 dias e 41 a 50 dias, Brumano et al. (2006) encontraram valores superiores de EMAN no segundo ensaio biológico. Foram avaliados oito ingredientes, entre eles o farelo de algodão, que apresentou valores de EMAN em kcal/kg de 1.963 e 2.461, significativamente superior na segunda idade.

A composição química e o valor energético do farelo de algodão, do farelo de arroz e do farelo de trigo foram estudados por Generoso et al. (2008) em duas idades (21 a 30 e 41 a 50 dias) com frangos de corte. Os autores citam os valores de EMAN de 1.605 kcal/kg e 1.786 kcal/kg para farelo de algodão, 2.444 kcal/kg e 2.650 kcal/kg para farelo de arroz e 1.683 e 1.877 kcal/kg para farelo de trigo, nos dois períodos experimentais respectivamente, concluindo que com o avançar da idade as aves aproveitam melhor o alimento.

Mello et al. (2009) avaliaram a composição química de 10 alimentos, dentre eles o farelo de trigo e o farelo de arroz, com frangos de corte em quatro diferentes idades (10 a 17, 26 a 33, 40 a 47 dias de idade e galos com 25 semanas de idade). Encontraram valor superior de EMAN para o farelo de arroz com galos adultos, 2611 kcal/kg, não havendo diferença significativa entre os outros três períodos avaliados, 2105, 2137 e 2047 kcal/kg. Já para o farelo de trigo encontraram menor valor de EMAN na idade de 10 a 17 dias, 1579 kcal/kg, valores intermediários, 1621 e 1738 kcal/kg, para os períodos de 26 a 33 e de 40 a 47 dias de idade, e maior valor de EMAN, 1921 kcal/kg, em galos adultos com 25 semanas de idade.

Estudando a composição energética de 11 alimentos de origem vegetal, com aves em quatro diferentes idades, 10 a 17, 26 a 33, 40 a 47 dias de idade e galos com 25 semanas de idade, Calderano et al. (2010), também encontraram valores superiores de EMAN com as aves de maior idade. Freitas et al. (2006) recomendam que as rações formuladas para aves com idade superior aos 21 dias de idade devem levar em consideração o melhor aproveitamento energético do alimento, levando a formulações mais precisas e de maior economicidade.

### **2.3.2 Níveis de substituição**

No método tradicional de coleta total de excretas, os níveis de substituição dos ingredientes teste na ração referência variam comumente de 20 a 40%, dependendo do teor de fibra bruta do ingrediente a ser avaliado (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Os valores de EMA e EMAN diminuíram, de acordo com Paula et al. (2002), com o aumento do nível de substituição do alimento teste, sendo os valores mais precisos encontrados, para farinhas de carne e ossos e de vísceras, no nível de 30% de substituição na ração referência.

Freitas et al. (2004) concluíram que a substituição de 40% da ração referência por semente de girassol e farelo de girassol resultou em uma diminuição da digestibilidade da matéria seca, bem como diminuição da EMAN. Tal fato pode ser devido ao alto teor de fibra do alimento ter aumentado a taxa de passagem e/ou ter dificultado o acesso das enzimas digestivas aos nutrientes durante o processo de digestão.

### **2.3.3 Metodologias**

Várias metodologias têm sido utilizadas para a determinação dos valores de EMAN, que pode ser realizada através de ensaios biológicos pelo método tradicional de coleta total de

excretas (SIBBALD & SLINGER, 1963), pelo método de alimentação forçada com galos adultos (SIBBALD, 1976) e pelo método de condicionamento (FARREL, 1981). Entre os métodos biológicos, o método de coleta total de excreta foi o mais difundido para determinação de EMAn (FISCHER JR et al., 1998).

O método de coleta total de excretas consiste em quantificar o consumo de uma mistura de ração mais alimento teste, que deve ser fornecido *ad libitum*, e coletar todas as excretas durante um período de tempo pré-determinado. Já no método de alimentação forçada, deve-se utilizar galos adultos em prévio jejum, aos quais são administrados uma quantidade de alimento teste de 20 a 30g diretamente no papo, então se procede a coleta de excretas durante as próximas 48 horas. No método de condicionamento, utilizam-se galos adultos treinados a consumir 80 a 100g de uma mistura meio a meio de ração com alimento teste no período de uma hora, prosseguindo-se a coleta subsequentemente. Alguns autores tem utilizado uma variação do método de coleta total de excretas, o qual usa o óxido crômico como indicador, assim não sendo necessário coletar toda a produção de fezes das aves (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Foi relatado por Rodrigues et al. (2005) que o método com uso de óxido crômico é muito criticado devido a grandes variações, possivelmente à falta de padronização no preparo das amostras, que ficam sujeitas as análises. Cortés et al. (2009) concluíram que o método de resultados mais precisos foi o de coleta total de excretas, enquanto que o método com utilização de óxido crômico apresentou menores resultados de EMAn e de digestibilidade dos nutrientes.

As principais desvantagens do método de alimentação forçada são o estresse causado ao animal através do jejum pré e pós-coleta, além de o alimento ter sua digestibilidade avaliada em condições fisiológicas não normais do animal (SCOTTÁ et al., 2012). Ao determinarem os valores de energia dos alimentos através do método de coleta total e do método de alimentação forçada Freitas et al. (2006) relataram a partir dos resultados de desempenho de frangos que o método de coleta total é o mais adequado para avaliação energética do alimento.

#### **2.3.4 Calorímetros**

Segundo Hirota (2009) a calorimetria pode ser classificada de três formas de acordo com a forma de controle da temperatura do meio reacional, são elas:

Calorimetria adiabática: nesta técnica a temperatura da camisa é controlada e mantida em um valor próximo à temperatura do reator, minimizando as perdas térmicas e a transferência de calor do meio reacional para o para o fluido de refrigeração, ou seja, todo o calor da reação é acumulado dentro do reator.

Calorimetria isoperibólica: nesta técnica a temperatura da camisa é mantida constante, enquanto que a temperatura reacional é uma variável medida, ou seja, ambas as temperaturas são independentes e possuem dinâmicas próprias.

Calorimetria isotérmica: neste método é a temperatura do meio reacional que é mantida constante, sendo a temperatura da camisa a variável medida, mantando a taxa de acúmulo de calor no reator próximo a zero.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios biológicos foram realizados no Laboratório de Metabolismo do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens (DNAP) do Instituto de Zootecnia (IZ) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, RJ, nos períodos de 17 a 27 de julho e de 6 a 16 de agosto do ano de 2012.

Os teores de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM) foram determinados de acordo com AOAC (1995), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al. (1995), foram determinados no Laboratório de Bromatologia do DNAP e as análises de cálcio (Ca) e fósforo (P) dos ingredientes foram realizadas no Laboratório de Análise dos Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os tratamentos consistiram em: três alimentos, farelo de algodão, farelo de arroz integral e farelo de trigo e dois períodos avaliados, 15 a 25 dias de idade (1º ensaio de metabolismo) e 35 a 45 dias idade (2º ensaio de metabolismo), em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2 (3 ingredientes x 2 idades) com seis repetições de 10 e 8 aves para o primeiro e segundo ensaio, respectivamente. O menor número de aves por repetição no segundo ensaio, com frangos de 35 à 45 dias de idade, foi necessário devido ao espaço limitado da gaiola.

Para realização dos cálculos necessários a obtenção dos valores energéticos dos ingredientes, foi mantido um grupo de frangos, distribuídos da mesma forma que os tratamentos no que se refere ao número de repetições e número de aves por repetição, recebendo apenas ração referência, não sendo este objeto de análise estatística.

Para avaliar a possível influência do tipo de calorímetro na determinação dos valores energéticos, as análises de EB foram realizadas em duas bombas calorimétricas distintas. Foram utilizadas uma bomba calorimétrica Parr, modelo 1341, adiabático, com precisão de 0,01°C; e uma bomba calorimétrica IKA, modelo 2000, isoperibólico, com precisão de 0,001°C. Ambas as bombas trabalham sobre a mesma pressão de oxigênio, 30 atmosferas, porém o peso de amostra necessário para a determinação é diferente, sendo 1g de amostra para o calorímetro Parr e 0,5g de amostra para o calorímetro IKA.

Foram alojados inicialmente nas gaiolas metabólicas 300 pintos machos de um dia da linhagem Redbro Plumé (Vermelho Pesado – C44). A escolha desta linhagem foi feita devido a uma observação prévia, realizada no mês de janeiro do ano de 2012 no setor de avicultura da UFRRJ, com três linhagens caipiras a fim de observar qual apresentaria o melhor potencial de produtivo (COSTA et al., 2012). Foi ainda considerada como vantajosa o fato desta linhagem apresentar uma altura moderada, facilitando a adaptação dessas aves quando alojadas em gaiolas. Todos os pintos receberam de 1 à 14 dias de idade a ração inicial formulada de forma a atender as exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2011). Cada gaiola foi equipada com um bebedouro pressão tipo copo e um comedouro tipo bandeja. A ração e a água foram fornecidas à vontade.

O aquecimento dos pintos foi feito com uma lâmpada incandescente por gaiola. Os pintos foram vacinados contra a doença de Marek, Bouda Aviária e Gumboro no incubatório, e aos 10 dias de idade, foram vacinados contra a doença de Newcastle via água de bebida.

**Tabela 1.** Composição da ração referência utilizada nos ensaios de metabolismo

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho (7,8% PB)	68,80
Farelo de soja (45% de PB)	27,71
Fosfato bicálcico	1,10
Calcário calcítico	0,79
Óleo de soja	0,58
Sal comum	0,39
DL-Metionina	0,18
L-Lisina HCl	0,18
Suplemento mineral <sup>1</sup>	0,10
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,10
Cloreto de colina	0,05
L-Treonina	0,01
Antioxidante <sup>3</sup>	0,01
<b>Total</b>	<b>100</b>
<b>Composição Calculada</b>	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3050
Proteína Bruta (%)	18,8
Ácido Linoleico	1,421
Lisina total (%)	1,080
Lisina digestível (%)	0,977
Metionina total (%)	0,478
Metionina digestível (%)	0,451
Met + Cis total (%)	0,787
Met + Cis digestível (%)	0,713
Treonina total (%)	0,733
Treonina digestível (%)	0,635
Triptofano total (%)	0,221
Triptofano digestível (%)	0,199
Cálcio (%)	0,688
Fósforo disponível (%)	0,312
Sódio (%)	0,195
Cloro (%)	0,438
Potássio (%)	0,672

<sup>1</sup> Composição por kg de produto: Ferro (min) 60 g/kg; cobre (min) 13 g/kg; manganês (min) 120 g/kg; zinco (min) 100 g/kg; iodo (min) 2.500 mg/kg; selênio (min) 500 mg/kg.

<sup>2</sup> Composição por kg de produto: Vitamina A (min) 7.500.000 UI/kg; vitamina D3 (min) 2.500.000 UI/kg; vitamina E (min) 1.200 mg/kg; vitamina K3 (min) 1.200 mg/kg; tiamina (min) 1.500 mg/kg; riboflavina (min) 5.500 mg/kg; piridoxina (min) 2000 mg/kg; vitamina B12 (min) 12.000 mcg/kg; niacina 35g/kg; panteonato de cálcio (min) 10 g/kg; biotina (min) 67 mg/kg

<sup>3</sup> Butil-hidroxi-tolueno (BHT)

Ao 15º dia de idade todos os pintos foram pesados em grupos de dez para a determinação do peso médio do lote. Em seguida os pintos foram pesados individualmente sendo selecionados os 240 mais uniformes, o que permitiu um peso inicial homogêneo ( $353,03 \pm 11,06$  g). As aves foram distribuídas nas baterias metálicas de três andares, sendo cada andar subdividido em dois compartimentos, totalizando 24 gaiolas, cada gaiola de 0,90 m x 0,85 m x 0,40 m, contendo dois bebedouros tipo calha e um comedouro tipo cocho. A unidade experimental foi constituída por dez pintos alojados por gaiola.

Para a determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), coeficiente de metabolizabilidade aparente de energia (CME) e coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia corrigida (CMEn) foi realizado o ensaio biológico de coleta total de excretas.

No primeiro ensaio as aves passaram por um período de adaptação de cinco dias a unidade e às dietas experimentais (15º ao 19º dia), seguidos de cinco dias de coleta (20º ao 24º dia de idade) de acordo com metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007).

Durante o ensaio foram fornecidas quatro rações, sendo uma ração referência, apresentada na Tabela 1, e três rações testes, que foram constituídas da mistura de 60% da ração referência com 40% do ingrediente tratamento a ser avaliado, exceto para farelo de algodão que substituiu a ração referência em 20%. O valor de substituição do farelo de algodão foi menor devido ao seu teor de fibra bruta.

As excretas foram coletadas em bandejas dispostas sob cada gaiola e revestidas com material plástico, para evitar contaminação. Foram realizadas duas coletas de excretas ao dia, às oito e às dezessete horas, para evitar fermentações fecais. As excretas de cada gaiola foram pesadas imediatamente após cada coleta e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer (-10°C) para análises posteriores, e o total de ração consumida por unidade experimental foi computado no final do período de coleta.

No intervalo dos períodos experimentais (25 a 34 dias de idade) as aves receberam ração de crescimento balanceada de forma a atender as exigências preconizadas por Rostagno et al. (2011).

No 35º dia de idade foi iniciado o segundo ensaio de metabolismo. Os frangos de cada gaiola foram pesados, sendo mantidos os oito que apresentaram peso corporal mais próximo da média na unidade experimental. O peso médio determinado foi de  $1291 \pm 80,37$ g.

Os procedimentos de manejo e de coleta foram semelhantes aos descritos no primeiro ensaio de metabolismo.

As temperaturas máximas e mínimas foram observadas diariamente estando relacionadas na Tabela 2 as temperaturas mínimas e máximas observadas em cada ensaio de metabolismo. As temperaturas foram aferidas por dois termômetros de máxima e mínima colocados em lugares diferentes do Laboratório de Metabolismo.

**Tabela 2.** Temperaturas mínima e máxima observadas nos ensaios de metabolismo.

Ensaio	Temperatura mínima	Temperatura máxima
15 – 25 dias	21°C	27°C
35 – 45 dias	21°C	28°C

Após o término do experimento, as excretas foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas, retirando-se sub-amostras de 250g para análises laboratoriais. Foi realizada a pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por 72 horas. Após a pré-secagem, as excretas foram expostas ao ar até atingirem a temperatura ambiente para serem pesadas, moídas e armazenadas em potes plásticos devidamente identificados para análises posteriores.

As excretas e as rações experimentais foram submetidas à análise de matéria seca (MS), nitrogênio (N) e energia bruta (EB) de acordo com as metodologias descritas por AOAC (1995).

Foram determinados os valores de energia bruta, de matéria seca e de nitrogênio das excretas, das rações teste e da ração referência, sendo então calculados os valores de EMA e EMAN, por meio de equações descritas por Matterson et al. (1965):

**Energia metabolizável aparente (EMA):**

$$EMA_{RR} = \frac{EB_{ing} - E_{exc}}{MS_{ing}}$$

$$EMA_{RT} = \frac{EB_{ing} - EB_{exc}}{MS_{ing}}$$

$$EMA_{ALIM} = EMA_{RR} + \frac{EMA_{RT} - EMA_{RR}}{\% \text{ de substituição}}$$

**Energia metabolizável aparente corrigida (EMAN):**

$$BN = N_{ing} - N_{exc}$$

$$EMAN_{RR} = \frac{(EB_{ing} - EB_{exc}) - 8,22 \times BN}{MS_{ing}}$$

$$EMAN_{RT} = \frac{(EB_{ing} - EB_{exc}) - 8,22 \times BN}{MS_{ing}}$$

$$EMAN_{ALIM} = EMAN_{RR} + \frac{EMAN_{RT} - EMAN_{RR}}{\% \text{ de substituição}}$$

Em que:

EMA<sub>RR</sub> = energia metabolizável aparente da ração-referência;

EMA<sub>RT</sub> = energia metabolizável aparente da ração-teste;

EMA<sub>ALIM</sub> = energia metabolizável aparente do alimento;

EMAN<sub>RT</sub> = energia metabolizável aparente corrigida da ração-teste;

EMAN<sub>RR</sub> = energia metabolizável aparente corrigida da ração-referência;

EMAN<sub>ALIM</sub> = energia metabolizável aparente corrigida do alimento;

EB<sub>ing</sub> = energia bruta ingerida;

EB<sub>exc</sub> = energia bruta excretada;

MSing = matéria seca ingerida;  
BN = balanço de nitrogênio.  
Ning = nitrogênio ingerido  
Nexc = nitrogênio excretado

Com base nos valores de EB, de EMA, EMAn e MS foram determinados os coeficientes de metabolizabilidade da energia e da matéria seca dos alimentos através das equações:

$$CME = \frac{EMA}{EB} \times 100$$

$$CMEn = \frac{EMAn}{EB} \times 100$$

$$CMMS = \frac{MSexc - MSing}{MSing} \times 100$$

Em que:

CME = coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente

CMEn = coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida

CMMS = coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e suas médias foram comparadas por meio do teste F, ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2003).

O modelo matemático utilizado para análise das variáveis estudadas foi:

$$y_{ij} = \mu + \sigma_i + \pi_j + (\sigma\pi)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = observação relativa ao i-ésimo ingrediente e j-ésima idade;

$\mu$  = média geral;

$\sigma_i$  = efeito do alimento, sendo i = farelo de algodão, farelo de arroz e farelo de trigo

$\pi_j$  = efeito da idade, sendo j = 1 (15 a 25 dias) e 2 (35 a 45 dias)

$(\sigma\pi)_{ij}$  = efeito da interação alimento x idade;

$\epsilon_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Foi feita uma segunda análise estatística em esquema fatorial 3x2 (3 ingredientes x 2 calorímetros). O desdobramento de interação de interesse para o estudo é o fator calorímetro dentro do fator ingrediente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e suas médias foram comparadas por meio do teste F, ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2003).

O modelo matemático utilizado para análise das variáveis estudadas foi:

$$y_{ij} = \mu + \sigma_i + \pi_j + (\sigma\pi)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = observação relativa ao i-ésimo ingrediente e j-ésima calorímetro;

$\mu$  = média geral;

$\sigma_i$  = efeito do alimento, sendo i = farelo de algodão, farelo de arroz e farelo de trigo

$\pi_j$  = efeito do calorímetro, sendo  $j = 1$  (Parr) e  $2$  (Ika)  
 $(\sigma\pi)_{ij}$  = efeito da interação alimento x calorímetro;  
 $\epsilon_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Composição Química dos Alimentos

Os valores de composição química e energia bruta dos alimentos estudados estão relacionados na Tabela 3. Ao comparar os resultados obtidos com a literatura, foram observadas variações na composição química e nos valores de EB, tanto naqueles descritos na literatura nacional (NERY et al., 2005; GENEROSO et al., 2008; JUNQUEIRA et al., 2009; MELLO et al., 2009; CALDERANO et al., 2010; CARVALHO et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2011), quanto os descritos na literatura internacional (NRC, 1994; STERLING et al., 2002; DONKOH & KOTOKU, 2009; BABIKER et al., 2009). Estas diferenças podem ocorrer devido a variações no clima, tipo de solo, forma de armazenamento, e principalmente nos subprodutos, devido as mais variadas formas de processamento para sua obtenção.

**Tabela 3.** Composição química e valores de energia bruta dos alimentos testados<sup>1</sup>

Item	Farelo de algodão	Farelo de Arroz	Farelo de Trigo
Matéria seca (%)	88,45	88,31	87,42
Proteína bruta (%)	30,68	12,59	15,49
Extrato etéreo (%)	3,53	19,72	4,37
Matéria mineral (%)	4,67	10,71	4,45
Fibra bruta (%)	21,74	9,68	7,34
Fibra em detergente neutro (%)	46,76	26,56	36,29
Fibra em detergente ácido (%)	29,95	15,72	10,09
Fósforo (%)	0,65	1,82	0,83
Cálcio (%)	0,19	0,07	0,062
Energia bruta (kcal/kg)	4082	4477	3997

<sup>1</sup>Valores expressos na matéria natural

O farelo de algodão utilizado neste estudo apresentou 30,68% de PB, sendo encontrados farelos que variam de 25% (REZENDE et al., 2012) a 41% (DONKOH & KOTOKU, 2009). A composição química do farelo de algodão foi próxima ao descrito por Rostagno et al. (2011), exceto quanto ao EE, sendo o valor encontrado no presente estudo (3,53%) 175% maior que o citado por aquele autor (1,26%). Já Rezende et al. (2012) obtiveram o teor de 9% de EE para o farelo de algodão. Tais diferenças nos teores de EE podem ser explicadas em função do tipo de processamento para sua obtenção, por extração mecânica ou extração por solvente, sendo a extração por solvente a que gera farelos de algodão com menor teor de EE (NRC, 1994). Essas variações no teor de EE se refletem também nos valores de EB do alimento, enquanto Rezende et al. (2012) encontraram valor de EB de 4484 kcal/kg o valor analisado no presente estudo foi de 4082 kcal/kg.

Pode haver também uma relação entre o teor proteico e a quantidade de fibra no farelo de algodão. Carvalho et al. (2010) encontraram no farelo de algodão 27% de PB, 48% de FDN e 29% de FB enquanto Brumanno et al. (2006) encontraram 38,5% de PB, 29,21% de FDN e 13% de FB. No presente estudo foram observados valores intermediários, 30,68% de PB, 46,76% de FDN e 21,74% de FB, o que indicou que quanto maior o teor de PB menor o percentual de fibra no farelo de algodão. Este fato pode ser em parte explicado pelo tipo de processamento utilizado na obtenção do farelo de algodão, podendo um maior nível de inclusão de casca levar a um aumento nos teores de fibra do ingrediente.

A composição química do farelo de arroz integral apresentou valores próximos em PB e MM e valores maiores em extrato etéreo e FB, quando comparados aos valores relacionados na Tabela Brasileira de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011). O mesmo padrão foi observado ao comparar os dados analisados aos apresentados por Mello et al. (2009). O farelo de arroz analisado apresentou maior valor de EB quando comparado à literatura (TORRES, 2003; GENEROSO et al., 2008; JUNQUEIRA et al., 2009; DONKOH & KOTOKU, 2009; ROSTAGNO et al., 2011), provavelmente devido ao elevado teor de EE.

Os valores de FDN, FDA, FB do farelo de trigo estudado foram inferiores aos descritos por Rostagno et al. (2011) mas foram maiores quanto aos teores de EE e EB, sendo próximo em PB. Estão descritos na literatura farelos de trigo com teores de PB de 13,01% a 19,06% (NRC, 1994; BORGES et al., 2003; NUNES et al., 2008; SILVA et al., 2009). No presente estudo os valores em PB e FB foram inferiores aos relatados por Babiker et al. (2009), 18,69% e 8,75% para PB e FB, respectivamente. Por outro lado o valor obtido para EE (4,37%) foi semelhante ao encontrado por Donkoh & Kotoku (2009), já os valores de PB e de FB foram, respectivamente, 6,2% e 25% inferiores aos relacionados por estes autores. Tais variações na composição química implicam também em variações nos teores de EB. Em um estudo conduzido por Nunes et al. (2001) foram analisados quatro diferentes farelos de trigo tendo os valores de energia bruta variado de 3701 a 4020 kcal/kg. Neste trabalho foi obtido o valor de 3997 kcal/kg de EB para o farelo de trigo.

#### 4.2 Valores Energéticos Determinados em Diferentes Calorímetros

As análises de energia bruta das rações teste, ração referência e das excretas foram realizadas em dois calorímetros, um adiabático Parr modelo 1341 e um isoperibólico IKA modelo 2000. Os valores obtidos foram utilizados na determinação dos valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio determinados nas idades de 15 a 25 dias (Tabela 4) e de 35 a 45 dias (Tabela 5).

**Tabela 4.** Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), na idade de 15 a 25 dias, obtidos com diferentes calorímetros e seus respectivos desvios-padrão

Alimento	EMA (kcal/kg)		EMAn (kcal/kg)	
	PARR	IKA	PARR	IKA
F. de algodão	1410 ± 147	1394 ± 155	1245 ± 95	1255 ± 110
F. de arroz	3191 ± 85	3243 ± 77	3068 ± 79	3124 ± 73
F. de trigo	2211 ± 151	2303 ± 139	2126 ± 149	2211 ± 140

<sup>1</sup>Valores expressos na matéria natural

Médias na linha, dentro de cada parâmetro, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05)

**Tabela 5.** Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), na idade de 35 a 45 dias, obtidos com diferentes calorímetros e seus respectivos desvios-padrão

Alimento	EMA (kcal/kg)		EMAn (kcal/kg)	
	PARR	IKA	PARR	IKA
F. de algodão	1748 ± 143	1792 ± 195	1500 ± 119	1564 ± 181
F. de arroz	3374 ± 72	3439 ± 59	3226 ± 69	3301 ± 54
F. de trigo	2387 ± 99	2479 ± 70	2292 ± 97	2383 ± 65

<sup>1</sup>Valores expressos na matéria natural

Médias na linha, dentro de cada parâmetro, não diferem entre si pelo teste F ( $P>0,05$ )

Os resultados de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida dos alimentos avaliados não foram afetados ( $P>0,05$ ) pelo tipo de calorímetro utilizado.

Os trabalhos na literatura em geral não citam o tipo de calorímetro utilizado na determinação dos valores energéticos dos ingredientes estudados (BRUMANO et al., 2006; GENEROSO et al., 2008; MELLO et al., 2009; CARVALHO, 2010). Os resultados obtidos nesta pesquisa podem indicar que os valores em energia metabolizável dos ingredientes determinados por diferentes autores com o uso de diferentes calorímetros são igualmente confiáveis e podem ser utilizados na formulação de ração para frangos de corte.

O calorímetro Parr, modelo 1341, adiabático, é um modelo de menor custo de aquisição, com a necessidade de maior grau de intervenção do técnico na análise, sendo gasto em cada análise aproximadamente o tempo de trinta minutos. As aferições das temperaturas inicial e final são feitas manualmente, em um termômetro com precisão de 0,01°C, assim como é acionado manualmente também a queima do material, a inserção de 30 atm de oxigênio na bomba calorimétrica, a aferição do volume de dois litros em balão volumétrico e a medida do tempo necessário para aferição das temperaturas (PARR, 1967)

Já o calorímetro IKA, modelo 2000, isoperibólico, é um modelo com um custo de aquisição superior ao calorímetro Parr, modelo 1341. No entanto o tempo gasto em cada análise é de aproximadamente dez minutos, e com menor grau de intervenção do técnico na análise. Assim como no Parr 1341, as etapas manuais são a pesagem e a montagem da bomba calorimétrica, porém as leituras das temperaturas inicial e final, a medida do tempo para aferição de temperatura, a inserção de 30 atm de oxigênio, bem como a aferição do volume de água, são completamente automatizados. O termômetro também possui maior precisão, 0,001°C (IKA, 2007).

A escolha do calorímetro vai depender do capital disponível para investimento, bem como a presença de um técnico capacitado e treinado, levando em conta a hora-homem trabalhada e o número de análises a serem realizadas diariamente.

### 4.3 Valores de Energia e Coeficiente de Metabolizabilidade dos Ingredientes em Diferentes Idades

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) determinados em diferentes idades encontram-se na Tabela 6.

Como não houve diferença significativa entre os valores obtidos nos diferentes calorímetros, os dados subsequentes serão apresentados e discutidos com os valores obtidos com a bomba calorimétrica IKA, modelo 2000, por esta ser uma bomba mais moderna e com maior grau de automatização, bem como maior precisão na aferição de temperatura e menor intervenção de um técnico na realização das análises.

Os três ingredientes avaliados apresentaram valores superiores ( $P < 0,05$ ) de EMA e EMAn quando a determinação foi feita no período de 35-45 dias de idade, indicando que os ingredientes foram melhor aproveitados pelos frangos mais velhos. Batal & Parsons (2002) sugerem que os valores de EMA e EMAn são afetados pela idade da ave devido a melhora na digestibilidade dos nutrientes, principalmente do amido e da gordura, ao avançar da idade.

Ao avaliar o efeito da idade dos frangos na atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral extrusada, Sakomura et al. (2004) encontraram maiores valores de EMA e EMAn em aves mais velhas, assim como um maior crescimento alométrico do pâncreas e um aumento da concentração das enzimas pancreáticas, constatando que com o avançar da idade há um amadurecimento do trato digestório das aves e um melhor aproveitamento da energia dos alimentos.

**Tabela 6.** Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) em diferentes idades e seus respectivos desvios-padrão

Alimento	EMA (kcal/kg)		EMAn (kcal/kg)	
	15-25	35-45	15-25	35-45
Farelo de algodão	1394 ± 155 <sup>b</sup>	1792 ± 195 <sup>a</sup>	1255 ± 110 <sup>b</sup>	1564 ± 181 <sup>a</sup>
Farelo de arroz	3243 ± 077 <sup>b</sup>	3439 ± 059 <sup>a</sup>	3124 ± 073 <sup>b</sup>	3301 ± 054 <sup>a</sup>
Farelo de trigo	2303 ± 139 <sup>b</sup>	2479 ± 070 <sup>a</sup>	2211 ± 140 <sup>b</sup>	2383 ± 065 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Valores referentes a matéria natural

Médias seguidas por letras diferentes na linha, dentro de cada parâmetro, diferem entre si pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

O farelo de algodão avaliado apresentou EMA de 1394 kcal/kg e 1792 kcal/kg e EMAn de 1255 kcal/kg e 1564 kcal/kg para a primeira e segunda idade, respectivamente. Os valores de EMAn foram menores do que o relacionado por Rostagno et al. (2011), que é de 1666 kcal/kg, valores estes em geral obtidos com frangos de linhagem convencional. Mas os resultados desta pesquisa também foram menores aos encontrados por Holanda (2011), que trabalhou com frangos de linhagem de crescimento lento e encontrou EMA e EMAn de 1965 kcal/kg e 1954 kcal/kg, respectivamente. Esta variação pode ser devida em parte ao teor percentual de fibra bruta dos farelos estudados: 14% em Holanda (2011), 21% no presente estudo e 24,93% em Rostagno et al. (2011). O valor de EMAn de 1188 kcal/kg foi encontrado por Carvalho et al. (2010) ao avaliarem um farelo de algodão com um teor elevado de fibra bruta, 29%.

Quanto às duas idades dos frangos nos ensaios, o farelo de algodão apresentou valores maiores (28,55% para EMA e 24,62% para EMAn) no período de 35 a 45 dias de idade, quando comparados ao período de 15 a 25 dias de idade, resultado semelhante aos obtidos por Brumano et al. (2006) e Generoso et al. (2008), os quais avaliaram EMA e EMAn do farelo de algodão com frangos de corte linhagem convencional em diferentes idades (21-30 e 41-50 dias de idade) e encontraram valores superiores na segunda idade avaliada.

Os valores energéticos encontrados para o farelo de arroz na primeira e segunda idade, respectivamente, foram: 3243 kcal/kg e 3439 kcal/kg de EMA; 3124 kcal/kg e 3301 kcal/kg de EMAn. Os valores encontrados para EMAn foram bem superiores quando comparados aos valores sugeridos por diferentes autores: 2897 kcal/kg segundo Giacometti et al. (2003), 2897 kcal/kg de acordo Junqueira et al. (2009) e 2521 kcal/kg sugerido por Rostagno et al. (2011). Tal diferença pode ser devido ao elevado percentual de EE no farelo de arroz deste estudo (19,72%).

Os valores de EMA e EMAn do farelo de arroz foram superiores na segunda idade quando comparados aos valores da primeira idade em 6,05% e 5,67%, respectivamente. Estes resultados corroboram os de Generoso et al. (2008), que trabalhando com frangos de corte convencionais em duas idades, 21-30 e 41-50 dias de idade encontraram respectivamente, os valores de 2446 kcal/kg e 2650 kcal/kg, sendo o valor encontrado na segunda idade 8% superior ao da primeira. Entretanto, não estão de acordo com as observações de Mello et al. (2009), que não observaram diferenças nos valores de EMAn do farelo de arroz em frangos de corte nas idades de 10 a 17, 26 a 33, 40 a 47 dias, encontrando valor superior de EMAn apenas em galos adultos.

Os valores energéticos encontrados para o farelo de trigo na primeira e segunda idade, respectivamente, foram: 2303 kcal/kg e 2479 kcal/kg de EMA; 2211 kcal/kg e 2333 kcal/kg de EMAn. Estes valores são próximos aos encontrados por Silva et al. (2009) com poedeiras comerciais, 2396 kcal/kg de EMA e 2185 kcal/kg de EMAn. Contudo, os valores deste estudo são superiores aos obtidos por Nunes et al. (2001), que encontraram EMAn variando de 1807 kcal/kg a 1972 kcal/kg em quatro tipos de farelos de trigo, e por Rostagno et al. (2011), que citam EMAn de 1795 kcal/kg para o farelo de trigo.

Os valores de EMA e EMAn do farelo de trigo estudado na segunda idade foram superiores em 7,64% e 7,77% , respectivamente, aos valores obtidos com os frangos na primeira idade. Estas observações estão de acordo com as de Generoso et al. (2008) que encontraram EMAn de 1683 kcal/kg para frangos de 21 a 30 dias e de 1877 kcal/kg para frangos de 41 a 50 dias de idade. Avaliando diferentes idades em frangos de corte, Mello et al (2009) citam maior valor de EMAn do farelo de trigo para galos, valores intermediários de 26 a 33 e 33 a 40 dias de idade e menor valor para a idade de 10 a 17 dias.

Todos os alimentos apresentaram maior valor energético ( $P < 0,05$ ) quando avaliados com frangos mais velhos, sendo a diferença de EMAn entre idades maior para o farelo de algodão (24,62%), que continha o maior teor de FDA (29,95%). Estes dados corroboram os de diferentes autores que sugeriram que com o avanço da idade as aves aproveitam melhor os alimentos mais fibrosos (ALBINO et al., 1981; HÄRTEL, 1986; BORGES et al., 2003; KRÁS, 2010).

As variáveis CME e CMEn foram superiores ( $P < 0,05$ ) nas avaliações realizadas com frangos de 35 a 45 dias de idade, resultados esperados, uma vez que estas variáveis são dependentes das variáveis EMA e EMAn (Tabela 7).

Para a variável CMMS apenas o farelo de arroz obteve maior valor na segunda idade avaliada ( $P < 0,05$ ), não sendo encontrado efeito da idade para o CMMS do farelo de algodão e do farelo de trigo ( $P > 0,05$ ). Os valores de CMMS do farelo de algodão, farelo de arroz e farelo de trigo estão próximos aos encontrados por outros autores (TORRES, 2003; SILVA et al., 2009; CARVALHO et al., 2010) porém os valores de CMA e CMAn obtidos neste trabalho foram superiores aos citados por estes autores. Tais diferenças podem ser em parte relacionadas às variações na composição química e nos valores mais elevados de EMA e EMAn dos alimentos avaliados

**Tabela 7.** Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente (CME) e coeficiente de metabolizabilidade da energia aparente corrigida (CMEn) em diferentes idades e seus respectivos desvios padrões

Alimento	CMMS (%)		CME (%)		CMEn (%)	
	15-25	35-45	15-25	35-45	15-25	35-45
F. de algodão	26,1±3,6 <sup>a</sup>	28,9±4,3 <sup>a</sup>	34,1±3,8 <sup>b</sup>	43,9±4,7 <sup>a</sup>	30,7±2,7 <sup>b</sup>	38,3±4,4 <sup>a</sup>
F. de arroz	53,4±1,5 <sup>b</sup>	57,0±1,7 <sup>a</sup>	72,4±1,7 <sup>b</sup>	76,8±1,3 <sup>a</sup>	69,7±1,6 <sup>b</sup>	73,7±1,2 <sup>a</sup>
F. de trigo	46,1±4,0 <sup>a</sup>	50,7±1,4 <sup>a</sup>	57,9±3,9 <sup>b</sup>	62,0±1,7 <sup>a</sup>	55,6±4,0 <sup>b</sup>	59,6±1,6 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras diferentes na linha, dentro de cada parâmetro, diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida dos alimentos avaliados não foram afetados pelo tipo de calorímetro utilizado, o que pode indicar que valores determinados com diferentes calorímetros são igualmente confiáveis e podem ser utilizados na formulação de ração para frangos de corte.

Os alimentos apresentaram maior valor energético quando avaliados com frangos mais velhos, sendo a diferença de EMAn entre idades maior para o farelo de algodão (24,62%), que continha o maior teor de FDA (29,95%). Estes dados sugerem que com o avanço da idade os frangos de crescimento lento aproveitam melhor os alimentos mais fibrosos.

A utilização de valores tabelados determinados em idade única pode superestimar ou subestimar os valores energéticos dos ingredientes. Rações formuladas para frangos de crescimento lento com mais de 35 dias de idade devem levar em consideração um melhor aproveitamento energético dos ingredientes.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHO, P. Impact on the World Poultry Industry of the Global Shift to Biofuels. **Poultry Science** v.86 p.2291–2294, 2007.

ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; COSTA, P. M. A.; SILVA, D. J.; SILVA, M. A. Tabela de composição de alimentos concentrados. V. Valores de composição química e de energia determinados com aves em diferentes idades. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 10, n. 1, p.133-146, 1981.

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, MG. Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.303-318.

ANDREOTTI, M. O., JUNQUEIRA, O. M., BARBOSA, M. J. B., et al. Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.33, n.5, p.1145-1151, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY –AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington:AOAC International, 1995. 1025p.

BABIKER, M. S.; KIJORA, C.; ABBAS, S. A.; DANIER, J. Nutrient composition os mean poultry feed ingredients used in Sudan and their variations from local standart tables values. **International Journal of Poultry Science**, v.8, n.4, p.355-358, 2009.

BATAL, A. B; PARSONS, C. M. Effects of age on nutriente digestibility in chicks fed different diets. **Poultry Science**, v.81, p.400-407. 2002.

BORGES, F. M. O., ROSTAGNO, H. S., SAAD, C. E. P. et al. Avaliação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte utilizando diferentes metodologias. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.722–733, 2003.

BRASIL. Lei nº 10831, de 23 de dezembro de 2003. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2003. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N° 46**, de 6 de Outubro de 2011. Brasília, DF. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ofício Circular DOI/DIPOA N° 007 de 19 de maio de 1999**. Dispõe sobre as normas para frango caipira e produção de ovos caipira. Brasília, DF. 1999.

BRUMANO, G. **Composição química e valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alimentos protéicos para aves**. Viçosa, UFV, 2005. 69p. Dissertação de Mestrado em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa, 2005.

BRUMANO, G.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de produtos orgânicos**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: IICA, 2007. 108 p. (MAPA. Série agronegócios, v. 5).

BUTOLO J.E. **Novos padrões de produção avícola**. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Supre Mais – Nutrição Animal, 2002.

CALDERANO, A. A.; GOMES, P. C. G.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, S. R.; SOUZA, R. M.; MELLO, H. H. C. Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinada em aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.320-326, 2010.

CARVALHO, C. B.; DUTRA JR., W. M.; REBBELO, C. B.; LIMA, S. B. P.; TAKATA, N. M.; NASCIMENTO, G. R. Avaliação nutricional do farelo de algodão de alta energia no desempenho produtivo e características de carcaças de frangos de corte. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.40, n. 5, p.1166-1172, 2010.

CORTÉS, M. E. M.; RIBEIRO, A. M. L.; GIANFELICI, M. F.; KESSLER, A. M.; MORAES, M. L. Study of methodological variations in apparent nutrient metabolism determination in broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1921-1927, 2009.

DANTAS, F. E. R. **Apostila de Criação de Frangos e Galinhas Caipiras**. Fortaleza, 2006.

DONKOH, A.; KOTOKU, V. Nutritive value of feedstuffs for poultry in Ghana: chemical composition, apparent metabolizable energy and ileal amino acid digestibility. **Livestock Research for Rural Development** 21 (3) 2009.

FARREL, D. J. An assessment of quick bioassays for determining the true metabolizable energy and apparent metabolizable energy of poultry feedstuffs. **World's Poultry Science**, v.37, p.72-83, 1981.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análises estatísticas para dados balanceados**. Lavras: UFLA/ DEX/ SISVAR, 2003, 145p.

FIGUEIREDO, E. A. P. Diferentes Denominações e classificação brasileira de produção alternativa de frangos. In: Conferencia de ciência e tecnologia avícola – Apinco, Campinas, 2001. **Anais...** Campinas: Apinco, p.209-222, 2001.

FISCHER JR., A. A., ALBINO, L. F. T., ROSTAGNO, H. S., GOMES, P. C. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.314-318, 1998.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; EZEQUIEL, J. M. B.; NEME, R.; MENDONÇA, M.O. Energia metabolizável de alimentos na formulação de ração para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.41, n.1, p.107-115, 2006.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R. Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável da semente e do farelo de girassol para frangos de corte. In: reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R. et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1938-1949, 2005.

FUENTE, J. M.; PEREZ DE AYALA, P.; FLORES, A.; VILLAMIDE, M. J. Effect of storage time and dietary enzyme on the metabolizable energy and digesta viscosity of barleybased diets for poultry. **Poultry Science**, v.77, p.90-97, 1998.

GENEROSO, R. A. R.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T.; BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para frangos de corte em duas idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1251-1256, 2008.

GIACOMETTI, R. A.; TEIXERA, A. S.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BETERCHINI, A. G.; FIALHO, E. T. SANTOS, A. V. Valores energéticos do farelo de arroz integral suplementado com complexos enzimáticos para frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.27, n.3, p.703-707, maio/jun., 2003.

GUILHOTO, J. J. M. ; ICHIHARA, S. M. ; SILVEIRA, F. G. ; AZZONI, C. R. Agricultura Familiar: contribuindo para a riqueza nacional. **Marco Social (Rio de Janeiro)**, v. 9, p. 20-25, 2007.

HÄRTEL, H. Influence of food input and procedure of determination on metabolizable energy and digestibility of a diet measured with young and adult birds. **British Poultry Science**, v.27, p.11-39,1986.

HILL, F. W.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations whit growing chicks. **Journal of Nutrition**, Davis, v.64, n.3, p.587-604, 1958.

HIROTA, W. H. **Avaliação de técnicas calorimétricas aplicadas ao monitoramento de processos químicos**. São Paulo, SP, 2009. Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

HOLANDA, M. A. C. **Utilização do farelo de algodão e do farelo integral de mandioca em dietas de frangos caipira**. Recife, PE, 2011. Tese de Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, PE, 2011.

IKA WERKE. **Ika calorimeter system C 2000 operating instructions**. U.S.A., 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (SÃO PAULO). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São

Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2008

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1ª Edição Digital.

JUNQUEIRA, O. M.; DUARTE, K. F.; CANCHERINI, L. C.; ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, M. C.; GARCIA, E. A. Composição química, valores de energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de subprodutos do arroz para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2497-2503, 2009.

KRÁS, R. V. **Efeito do nível de fibra da dieta, da linhagem e da idade sobre desempenho, balanço energético e o metabolismo da digesta em frangos de corte**. Porto Alegre, RS, 2010. Dissertação de Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

MATTERSON, L.S.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: **University of Connecticut (Agricultural Experiment Station Research Report)**, v.11, 11p. 1965.

MELLO, H. H. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.863-868, 2009.

MENDONÇA, M. O. **Níveis de energia metabolizável para aves de corte de crescimento lento criadas em sistema semiconfinado**. Jaboticabal, Unesp, 2005. 115p. Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Faculdade de Ciências Avícolas e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, 2005.

NAGATA, A. K.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F. et al. Energia metabolizável de alguns alimentos energéticos para frangos de corte, determinada por ensaios metabólicos e por Equações de predição. **Ciências e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.668-677,2004.

NASCIMENTO, A. H.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T. et al. Valores de composição química e energética de alimentos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.579-583, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9ª ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.

NERY, L. R. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 100p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; NUNES, C. G. V.; POZZA, P. C.; ARAUJO, M. S. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.89-94, 2008.

NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. et al. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo

para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.785-793, 2001.

PARR INSTRUMENT COMPANY. **Instructions for the 1341 plain jacket oxygen bomb calorimeter**. Illinois, U.S.A, 1978. 28 p.

PAULA, A.; BRUM, P. A. R.; AVILA, V. S.; MAIER, J. C. Valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos e farinha de vísceras determinados com diferentes níveis de substituição para frangos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8 n. 1, p. 51-55, 2002

PENZ JR., A.M.; KESSLER, A.M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999. p.1-24.

REZENDE, I. M. B.; DUTRA JR., W. M.; REZENDE, F. M.; PALHARES, L. O.; LUDKE, M. C. M. M.; RABELLO, C. B. Digestibility of the cottonseed meal with or without addition of protease and phytase enzymes in swine diet. **Acta Scientiarum Animal Sciences, Maringá**, v. 34, n. 3, p. 259-265, July-Sept., 2012.

RODRIGUES, P.; MARTINEZ, R.; FREITAS, R.; BERTECHINI, A.; FIALHO, E. Influência do tempo de coleta e metodologias sobre a digestibilidade e o valor energético de rações para aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.34, n.3, p.882-889, 2005.

ROSSA, L. S.; STERTZ, S. C.; MACEDO, R. E. F. Regulamentação, mercado e qualidade da carne de frango orgânico no Brasil – Revisão. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 29-44, jan./mar. 2012.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELLE, J. L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. Ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

ROSTAGNO, H. S.; QUEIROZ, A. C. Milho, sorgo, e novas fontes energéticas para aves. In: Encontro nacional de técnicos em nutrição avícola, 1, 1978. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Universidade Estadual de São Paulo, 1978. p. 85-103.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SAKOMURA, N. Z.; BIANCHI, M. D.; PIZAURO, J. M. Jr; CAFÉ, M. B.; FREITAS, E. R. Efeito da Idade dos Frangos de Corte na Atividade Enzimática e Digestibilidade dos Nutrientes do Farelo de Soja e da Soja Integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.924-935, 2004.

SCOTT, T. A.; SILVERSIDES, F. G.; CLASSEN, H. L. et al. Comparison of sample source (excreta or ileal digest) and age of broiler chick on measurement of apparent digestible energy of wheat and barley. **Poultry Science**, v.77, p.456-463, 1998.

SCOTTÁ, B. A.; PEREIRA, C. M. C.; BERNARDINO, V. M. P. Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis dos alimentos para frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 170 v.9, nº 04 p.1861 - 1874 – Julho/Agosto 2012.

SELL, J. L. Physiological limitations and gastrointestinal tract function of poultry. **Journal Applied Poultry Research**, v. 5, p.96-101, 1996.

SIBBALD, I. R. A bioassay for metabolizable energy in feeding stuffs. **Poultry Science**, v.55, n.1, p.303–308, 1976.

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**, v.42, n.1, p.13–25, 1963.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV/Imprensa Universitária, 2002. 235p.

SILVA, E. P.; RABELLO, C. B.; LIMA, M. B.; LOUREIRO, R. R. S.; GUIMARÃES, A. A. S.; DUTRA JR., W. M. Valores energéticos de ingredientes convencionais para aves de postura comercial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p.91-100, jan./mar., 2009.

SINDIRAÇÕES, Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. **Boletim informativo do setor**, Dezembro de 2013. São Paulo, 2013.

SONG, G. L.; LI, D. F.; PIAO, X. S.; CHI, F.; WANG, J. T. Comparisons of Amino Acid Availability by Different Methods and Metabolizable Energy Determination of a Chinese Variety of High Oil Corn. **Poultry Science**, v. 82, p.1017–1023, 2003.

STERLING, K. G.; COSTA E. F.; HENRY M. H.; Responses of broiler chickens to cottonseed and soybean meal based diets at several protein levels. **Poultry Science**, v.81, p.217-226, 2002.

TAKAHASHI, S. E.; MENDES, A. A.; SALDANHA, E. S. P. B.; PIZZOLANTE, C. C.; PELÍCIA, K.; GARCIA R. G.; PAZ I. C. L .A.; QUINTEIRO, R. R.. Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte tipo colonial. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.624-632, 2006.

TORRES, D. M. **Valor nutricional de farelos de arroz suplementados com fitase, determinado por diferentes metodologias com aves**. Lavras, MG, 2003. Tese de Doutorado em Zootecnia, Lavras, MG, 2003. 172p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.P.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1995.