

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ARROZ E PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA EM DIETAS  
PRÉ-INICIAIS PARA FRANGOS DE CORTE**

**PATRÍCIA DINIZ EBLING**

Zootecnista – UFSM  
Mestre em Zootecnia – UFSM

Tese apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Doutor em Zootecnia  
Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Novembro de 2014.

### CIP - Catalogação na Publicação

Ebling, Patrícia Diniz

Arroz e proteína isolada de soja em dietas pré-  
iniciais para frangos de corte / Patrícia Diniz  
Ebling. -- 2014.

119 f.

Orientadora: Andréa Machado Leal Ribeiro.

Coorientador: Alexandre de Mello Kessler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. amido. 2. arroz branco. 3. arroz parboilizado.  
4. tamanho de partículas. 5. porcentagem de óleo. I.  
Ribeiro, Andréa Machado Leal, orient. II. Kessler,  
Alexandre de Mello, coorient. III. Título.

PATRÍCIA DINIZ EBLING  
Zootecnista e Mestre em Zootecnia

## TESE

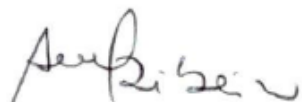
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

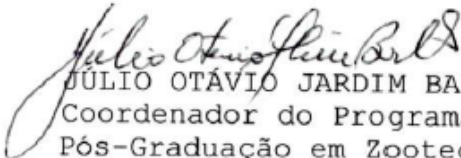
### DOUTORA EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

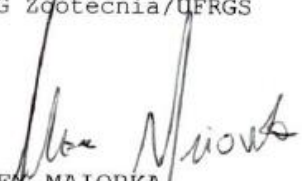
Aprovada em: 13.11.2014  
Pela Banca Examinadora


Homologado em: 22.12.2014  
Por


  
ANDRÉA MACHADO LEAL RIBEIRO  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientadora

  
JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia

  
MAITÉ DE MORAES VIEIRA  
PPG Zootecnia/UFRGS

  
ALEX MAIORKA  
UFPR - Curitiba/PR

  
FABIANO DAHLKE  
UFSC - Florianópolis/SC

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

“Pouco conhecimento faz com que as criaturas se sintam orgulhosas.  
Muito conhecimento, que se sintam humildes.  
É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o  
céu, enquanto que as cheias as baixam para terra, sua mãe!”

Leonardo da Vinci

Aos meus pais,  
Ireni Diniz Ebling e Célio Rodrigues Ebling

e meus irmãos,  
Sandra e Éderson,

dedico.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos que oportunizou a realização do doutorado. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS e ao corpo docente do programa, pela oportunidade e ensinamentos.

À minha orientadora professora Andréa Machado Leal Ribeiro, por ter me aceitado como orientada e continuar orientando-me durante quase quatro anos de muito aprendizado.

Ao co-orientador professor Alexandre de Mello Kessler, pelas orientações, ensinamentos e paciência.

Aos professores Luciano Trevizan e Maitê de Moraes Vieira, pela solicitude, incentivo e apoio durante a condução deste trabalho.

Agradeço à Aline Leuven do Laboratório de Nutrição Animal (UFRGS), cujo conhecimento e disposição foram imprescindíveis na condução das análises de amido. À Melissa Walter pelas orientações que, mesmo à distância, foram muito importantes.

À querida amiga Tayana e toda a família Marchese Sessegolo, pelo apoio e amizade incondicional.

Aos meus primeiros grandes amigos do LEZO, Gabriel Colombo Pontalti e Araceli Pacheco Villanueva, obrigada pela troca de conhecimentos e cumplicidade.

À Alessandra Monteiro, Geruza Machado, Giovani Farina e Raquel Melchior, vocês além de excelentes colegas são grandes amigos.

A todos os demais colegas do LEZO que também fazem parte deste trabalho: Fábio Ritter Marx, Liegi Teixeira, Marcelo Somensi, Mariana Della, Paula Pires e Rodrigo Borille.

**Muito Obrigada!!!**

## ARROZ E PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA EM DIETAS PRÉ-INICIAIS PARA FRANGOS DE CORTE <sup>(1)</sup>

Autora: MSc. Patrícia Diniz Ebling

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Andréa Machado Leal Ribeiro

Co-orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

### RESUMO

Apesar da maioria das agroindústrias adotarem dieta específica para a fase pré-inicial, os ingredientes utilizados são os mesmos das fases posteriores, basicamente milho e farelo de soja, os quais nesta fase não apresentam alta digestibilidade. Com base nesse cenário, foram conduzidos três experimentos (Exp) para avaliar a substituição do milho por arroz, branco (AB) ou parboilizado (AP), e a inclusão de 6% de proteína isolada de soja (PIS), visando o uso desses ingredientes em dietas pré-iniciais. No Exp I as substituições foram feitas até 21 dias, enquanto nos Exp II e III, as dietas substitutivas foram utilizadas somente até os sete dias de idade, sendo que nas fases posteriores, todas as aves receberam a mesma ração, com base no milho e no farelo de soja. No Exp I avaliou-se os coeficientes de retenção aparente (CRA) das dietas pré-iniciais e iniciais, digestibilidades ileal e jejunal do amido das dietas iniciais, com intuito de investigar a velocidade de digestão do amido dos diferentes cereais e sua influência no desempenho de frangos de corte (1-21 dias). Na sequência, dois Exp foram conduzidos para avaliar as mesmas dietas pré-iniciais, porém sob a forma física peletizada (Exp II) e farelada (Exp III), variando na porcentagem de óleo (Exp II) ou não (Exp III) no desempenho de frangos (1-33 dias). Não houve interação entre os fatores avaliados ( $P > 0,05$ ). O arroz (AB ou AP), comparado ao milho, conferiu os melhores resultados tanto para os CRA dos componentes das dietas e digestibilidades jejunal e ileal do amido, quanto para desempenho ( $P < 0,01$ ). A diferença entre a digestibilidade ileal e jejunal do amido foi de 11,2 pontos percentuais para o milho, 7,5 para o AB e 4,4 para o AP, mostrando maior velocidade na digestão do amido do arroz comparado ao milho. Entre os dois tipos de arroz, dietas com AB resultaram no maior aproveitamento de todos os componentes das dietas ( $P < 0,05$ ), com exceção do amido e energia metabolizável aparente que não diferiram das dietas com AP ( $P > 0,05$ ). No Exp I, dietas com 6% de PIS apresentaram melhor CRA, porém reduziram o consumo de ração, prejudicando o desempenho das aves ( $P < 0,01$ ). No Exp III, a melhor conversão alimentar conferida pelas dietas com arroz persistiu nas fases posteriores ( $P < 0,05$ ). Nos Exp II e III a inclusão de PIS não melhorou o desempenho das aves ( $P > 0,05$ ). O arroz (AB ou AP) comparado ao milho foi a melhor opção em dietas pré-iniciais. A inclusão de PIS não melhorou o desempenho, em dietas peletizadas ou com igual porcentagem de óleo. Sugere-se a substituição do milho por arroz em dietas pré-iniciais para frangos.

---

(1) Tese de Doutorado em Zootecnia - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (119 p.) Novembro, 2014.

## RICE AND SOY PROTEIN ISOLATE IN PRE-STARTER DIETS FOR BROILERS <sup>(1)</sup>

Author: MSc. Patrícia Diniz Ebling

Advisor: Dr.<sup>a</sup> Andréa Machado Leal Ribeiro

Co-advisor: Dr. Alexandre de Mello Kessler

### ABSTRACT

Although most industries use a specific diet for the pre-starter phase, ingredients are used as the later phases, primarily corn and soybean meal, which at this stage does not have high digestibility. Based on this scenario, three experiments (Exp) were conducted to evaluate the replacement of corn by rice, white (WR) or parboiled (PR), and the inclusion of 6% of soy protein isolate (SPI) were conducted aiming to use these ingredients in pre-starter diets. In Exp I substitutions were made up to 21 days. In Exp II and III, substitute diets were used only until seven days of age, whereas in the later stages, all birds received the same diet based on corn and soybean meal. In Exp I we evaluated the coefficients of total tract apparent retention (CTTAR) of pre-starter and starter diets and jejunal and ileal digestibility of starch starter diets, in order to investigate the rate of starch digestion and its influence on broilers performance (1-21 days). In the sequence, two Exp were conducted to evaluate the same pre-starter diet, but in pellets physical form (Exp II) or mash (Exp III) varying the percentage of oil (Exp II) or not (Exp III) and broilers performance until 33 days. There was no interaction between the factors evaluated ( $P>0.05$ ). Rice (WR or PR) compared to corn, gave the best results for CTTAR of diet components, jejunal and ileal digestibility of starch, and performance ( $P<0.01$ ). The difference between starch jejunal and ileal digestibility was 11.2 percentage points for corn, 7.5 for WR and 4.4 for PR, showing greater speed in digestion of starch in rice compared to corn. Between the two types of rice, WR diets resulted in greater utilization of all components of the diets ( $P<0.05$ ), except starch and apparent metabolizable energy that no differed to PR ( $P>0.05$ ). In Exp I, diets with 6% SPI showed better CTTAR, but reduced feed intake, impairing the performance of broilers ( $P<0.01$ ). In Exp III, better feed conversion of rice diets was kept in the later stages ( $P<0.05$ ). In Exp II and III SPI did not improve bird performance ( $P>0.05$ ). Rice (WR or PR) compared to corn was the best option in pre-starter diets. The inclusion of SPI has not improved the performance in pelleted or equal percentage of oil diets. We suggest the replacement of corn by rice in pre-starter diets for broilers.

---

<sup>(1)</sup> Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (119 p.) November, 2014.



## SUMÁRIO

	Página
<b>Capítulo I</b>	
1. INTRODUÇÃO .....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
2.1 Limitações dos frangos de corte na fase pré-inicial .....	18
2.2 Digestão e absorção dos nutrientes na fase pré-inicial de frangos de corte.....	19
2.3 Importância da dieta pré-inicial.....	21
2.3.1 Características desejáveis das dietas pré-iniciais.....	22
2.3.1.1 Amido.....	22
2.3.1.2 Polissacarídeos não amiláceos (PNA) solúveis e insolúveis.....	25
2.3.1.3 Proteína.....	26
2.3.1.4 Gordura.....	27
2.4 Ingredientes para otimizar a fase pré-inicial de frangos de corte.....	28
2.4.1 O arroz.....	28
2.4.1.1 O arroz parboilizado.....	30
2.4.1.2 Valor nutricional do arroz branco e arroz parboilizado.....	32
2.4.1.3 Respostas metabólicas à alimentação com arroz branco e arroz parboilizado.....	35
2.4.1.4 Arroz em substituição ao milho como fonte energética em dietas para frangos de corte .....	36
2.4.2 Proteína isolada de soja (PIS) na alimentação de frangos de corte.....	39
2.5 Dificuldades para analisar o teor de amido nos produtos.....	40
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS .....	44
<b>Capítulo II</b>	
ARTIGO: Arroz e proteína isolada de soja em dietas pré-iniciais para frangos de corte .....	47
Resumo.....	48
Abstract .....	49
Introdução .....	50
Material e Métodos .....	52
Resultados e Discussão .....	55
Conclusões .....	61
Referências .....	62
<b>Capítulo III</b>	
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
APÊNDICES.....	98
VITA .....	119

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
<b>Capítulo I</b>	
TABELA 01: Classificação do arroz segundo a Instrução Normativa Nº 6/2009 (MAPA, 2014).....	30
TABELA 02: Composição nutricional média (expressa na matéria seca) de nove cultivares de arroz submetido a diferentes beneficiamentos.....	33
TABELA 03: Composição nutricional dos grãos de milho e arroz.....	37
<b>Capítulo II</b>	
TABELA 01: Composição nutricional e em ingredientes (%) e diâmetro geométrico médio (DGM) das dietas do experimento I com diferentes fontes de amido (milho, arroz branco-AB e parboilizado-AP) e presença ou não de proteína isolada de soja (PIS).....	67
TABELA 02: Composição nutricional e em ingredientes (%) das dietas pré-iniciais (1-7 dias) dos experimentos II (peletizada) e III (farelada), com diferentes fontes de amido (milho, arroz branco-AB e arroz parboilizado-AP) e presença ou não de proteína isolada de soja (PIS).....	68
TABELA 03: Coeficientes de retenção aparente (CRA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e valores de energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das dietas pré-iniciais e iniciais variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I) .....	69
TABELA 04: Coeficientes de digestibilidade (CD) jejunal e ileal e total do amido disponível das dietas iniciais (8-21 dias) variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I).....	71
TABELA 05: Peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais e iniciais variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I).....	72

- TABELA 06: Peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais peletizadas variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento II)..... 73
- TABELA 07: Peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais fareladas variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento III)..... 74

**RELAÇÃO DE FIGURAS**

	Página
<b>Capítulo I</b>	
FIGURA 01: Estrutura da amilopectina, regiões amorfas e cristalinas do grânulo de amido.....	23
FIGURA 02: Corte longitudinal de um grão de arroz .....	29

**RELAÇÃO DE QUADROS**

	Página
<b>Capítulo I</b>	
QUADRO 01: Trabalhos com diferentes estratégias nutricionais, que alcançaram resultados positivos na fase pré-inicial de frangos e presença ou não destes resultados em fases posteriores.....	22

## RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>AB</b>	Arroz branco
<b>ABIAP</b>	Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado
<b>ABIMILHO</b>	Associação Brasileira das Indústrias de Milho
<b>ALD</b>	Amido lentamente digerível
<b>AM</b>	Amido disponível
<b>ARD</b>	Amido rapidamente digerível
<b>AOAC</b>	Association of Official Analytical Chemists
<b>AP</b>	Arroz parboilizado
<b>APROSOJA</b>	Associação dos Produtores de Soja
<b>°C</b>	Grau Celsius
<b>CA</b>	Conversão alimentar
<b>Ca</b>	Cálcio
<b>CD</b>	Coeficiente de digestibilidade
<b>CDA</b>	Coeficiente de digestibilidade aparente
<b>CONAB</b>	Companhia Nacional de Abastecimento
<b>CRA</b>	Coeficiente de retenção aparente
<b>CRM</b>	Consumo de ração médio
<b>CTTAR</b>	Coefficients of total tract apparent retention
<b>Cu</b>	Cobre
<b>CV</b>	Coeficiente de variação
<b>cv</b>	Cavalo
<b>dig</b>	Digerível
<b>DMSO</b>	Dimetilsulfóxido
<b>EB</b>	Energia bruta
<b>EMAn</b>	Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>Exp</b>	Experimento
<b>Fe</b>	Ferro
<b>FEDNA</b>	Fundação Espanhola para o Desenvolvimento da Nutrição Animal
<b>FI</b>	Fator de indigestibilidade
<b>g</b>	Grama
<b>GPM</b>	Ganho de peso médio
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Ácido sulfúrico
<b>I</b>	Iodo
<b>IRGA</b>	Instituto Riograndense do Arroz
<b>K</b>	Potássio
<b>kcal</b>	Quilocaloria
<b>kg</b>	Quilograma
<b>λ</b>	Lambda (comprimento de onda)
<b>mm</b>	Milímetro

<b>MAPA</b>	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>mg</b>	Miligrama
<b>Mn</b>	Manganês
<b>MOPS</b>	[Ácido 3-(N-morfolino) - propanossulfônico]
<b>MS</b>	Matéria seca
<b>µm</b>	Micrômetro
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>Nº</b>	Número
<b>Na</b>	Sódio
<b>nm</b>	Nanômetro
<b>NRC</b>	National Research Council
<b>NS</b>	Não significativo
<b>P</b>	Fósforo
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>PIS</b>	Proteína isolada de soja
<b>PNA</b>	Polissacarídeo não amiláceo
<b>PR</b>	Parboiled rice
<b>RS</b>	Rio Grande do Sul
<b>SAS</b>	Statistical Analysis System
<b>Se</b>	Selênio
<b>SEM</b>	Standard error mean
<b>SPI</b>	Soy protein isolate
<b>UI</b>	Unidade Internacional
<b>USDA</b>	United States Department of Agriculture
<b>WR</b>	White rice
<b>Zn</b>	Zinco

## **CAPÍTULO I**





## 1. INTRODUÇÃO

A adoção de uma dieta específica para a fase pré-inicial (1-7 ou 1-10 dias de idade) é preconizada em razão da maior exigência nutricional nesta fase comparada às demais, e justificada pelas particularidades gastrintestinais dos frangos, que nesta fase possuem dificuldade em digerir e absorver nutrientes (Noy & Sklan, 1995; 1997), além da alta taxa de crescimento e da grande demanda por calor durante os primeiros dias de vida. Neste período, as aves sofrem ainda o impacto da transição da utilização do conteúdo do saco vitelínico, contendo lipídios como principal fonte de energia, para alimentação exógena, rica em carboidratos.

Sendo a idade média de abate dos frangos de 40 dias, os sete primeiros correspondem a uma boa parcela do tempo de alojamento, ou seja, 17,5% do período total. Além disso, o peso corporal do final da primeira semana apresenta correlação positiva com o peso ao abate (Tona et al., 2004). Assim, fatores que otimizem o desempenho de frangos de corte durante a fase pré-inicial são cada vez mais importantes, devido à progressiva diminuição do ciclo de produção dos frangos.

Na formulação de dietas pré-iniciais deve-se preconizar o uso de ingredientes diferenciados, que apresentem alta concentração e disponibilidade de nutrientes, para compensar as limitações fisiológicas das aves nesta fase. Apesar da maioria das agroindústrias adotarem dieta específica para a fase pré-inicial de frangos, os ingredientes utilizados são os mesmos das fases posteriores, basicamente milho e farelo de soja. Embora estes ingredientes estejam consolidados na alimentação de aves, estudos indicam que o aproveitamento de seus nutrientes é menor na fase pré-inicial de frangos (Batal & Parsons, 2002). Entre os ingredientes que podem substituir o milho, destaca-se o arroz. Para substituir o farelo de soja tem-se a proteína isolada de soja (PIS). Nutricionalmente, o arroz é caracterizado pelo seu elevado teor de amido (71,8%; FEDNA, 2010) de excelente qualidade (Tester et al., 2004), fator que pode melhorar a eficiência de uso da energia. Além disso, seu uso na produção de não ruminantes pode valorizar a indústria do arroz e estabilizar preços que por vezes diminuem em função de supersafras. E por último, é um produto disponível, em especial no RS. Já a PIS tem proteína de alta digestibilidade e baixo conteúdo de polissacarídeos não amiláceos (Parsons et al., 2000).

Objetivou-se com o presente trabalho estudar a substituição do grão de milho pelo arroz, branco ou parboilizado, e a inclusão da proteína isolada de soja em substituição de parte do farelo de soja, em dietas pré-iniciais para frangos de corte avaliando a metabolizabilidade de componentes das dietas, as digestibilidades jejunal e ileal do amido e o desempenho imediato e posterior à mudança da dieta.

Este documento é estruturado de forma sequencial em três capítulos constituídos por (1) Introdução geral e revisão bibliográfica; (2) Artigo científico intitulado “Arroz e proteína isolada de soja em dietas pré-iniciais para frangos de corte”; (3) Considerações finais, referências bibliográficas e apêndices.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Limitações dos frangos de corte na fase pré-inicial

O período pós-eclosão é crítico para o crescimento das aves. Nesta fase, apesar de estarem anatomicamente desenvolvidos, os sistemas gastrintestinal, imunológico e termorregulador não são totalmente funcionais. Adicionalmente, as aves sofrem o impacto da transição da absorção embrionária do saco vitelino para a utilização de alimentos exógenos, o que corresponde à transição de lipídios como fonte de energia para, principalmente, carboidratos. Contudo, as aves ainda necessitam se tornarem rapidamente capazes de absorver, com eficiência, os nutrientes da alimentação exógena para sustentar a rápida taxa de crescimento, visto que o peso corporal de linhagens atuais de frangos de corte quadruplica nos sete primeiros dias de vida.

O crescimento inicial da ave é influenciado pela quantidade de saco vitelino residual e sua relação com o período de jejum pós-eclosão, quantidade de enzimas, capacidade absorptiva do trato gastrintestinal e, principalmente, digestibilidade dos alimentos (Dibner, 1996 *apud* Longo, 2003).

Após a eclosão, o saco vitelino representa 20 a 25% do peso corporal da ave (Noy et al., 1996). Um pinto com 40g de peso corporal possui aproximadamente 8g de conteúdo vitelínico, com 2,72g de lipídios e 1,6g de proteínas (Sklan & Noy, 2000). Segundo os autores, o saco vitelino é uma adequada reserva de nutrientes para aves durante três a cinco dias pós-eclosão. Entretanto, a utilização do saco vitelino residual para fins nutricionais não é recomendável, sendo que seus componentes, imunoglobulinas e fosfolipídios, são mais importantes na execução de funções específicas como manutenção da imunidade passiva e síntese das membranas celulares (Dibner et al., 1998; Maiorka et al., 2006).

Somente após a segunda semana de vida é que a ave começa a tornar-se independente das imunoglobulinas herdadas da mãe, presentes no saco vitelino (Dibner et al., 1998). Os autores citam três maneiras em que a alimentação precoce pode influenciar o desenvolvimento imunológico das aves: a) os nutrientes fornecem substratos para a proliferação e diferenciação de células; b) a alimentação pode afetar os níveis endógenos de hormônios ou outros imunomoduladores e; c) a ingestão oral fornece muitos dos antígenos que impulsionam tanto o desenvolvimento de isotipos, como a produção de diversas imunoglobulinas na bursa de *Fabricius*.

Os fosfolipídios são componentes essenciais das membranas celulares, dessa forma não devem ser usados como fonte energética (Dibner et al., 1998). Os demais lipídios que compõem o saco vitelino são triglicerídeos (72%, Ding & Lilburn, 1996). Porém, segundo Akiba & Murakami (1995 *apud* Dibner et al., 1998) mesmo se o teor de triglicerídeos do saco vitelino fosse totalmente disponível e metabolizado com 100% de eficiência, forneceria apenas 9 kcal, inferior à exigência de 11 kcal para o primeiro dia de vida da ave.

Assim, o saco vitelino desempenha papel de fonte de energia temporária somente até o momento em que a ave torna-se capaz de obter energia a partir do alimento fornecido (Dibner, 1996 *apud* Longo, 2003). Ding &

Lilburn (1996) demonstraram que, em perus, os lipídios do saco vitelino são rapidamente esgotados durante os últimos estágios de incubação, sugerindo que não podem representar grande reserva de energia para recém-nascidos. Murakami et al. (1992) constaram que a absorção do saco vitelino residual ocorre de forma independente da ingestão de alimento, tendo como principal função, complementar os nutrientes oriundos da dieta para garantir o rápido crescimento das aves na fase pós-eclosão. No entanto, Noy et al. (1996) observaram que aves alimentadas utilizam o saco vitelino mais rapidamente que aves em jejum, devido a maior atividade intestinal encontrada em pintos alimentados.

Em condições comerciais, os pintos de corte ficam muitas vezes mais de 48 horas sem acesso à alimentação e água (Dibner et al., 1998; Geyra et al., 2001) e há uma relação linear entre o tempo de espera no incubatório e a perda de peso do pinto (Sklan et al., 2000). Estes pesquisadores demonstraram que a perda de peso corresponde a 10-15% quando o período de espera é de 40 horas. Este período é variável e dependente da logística de produção de cada empresa, estando associado à “janela de nascimento”, eficiência dos manejos de sexagem e vacinação no incubatório, além da distância percorrida no transporte das aves até a granja. Segundo Maiorka et al. (2003), o prolongado atraso no acesso ao alimento e água além de causar desidratação, afeta negativamente o desenvolvimento morfológico da mucosa intestinal.

No período pós-eclosão as reservas de glicogênio são baixas (John et al., 1988). A demanda de glicose, durante o jejum, é atendida pela gliconeogênese utilizando, principalmente, esqueletos de carbono oriundos da desaminação de aminoácidos das reservas proteicas musculares (Vieira & Moran Junior, 1998). Dependendo da intensidade da perda de peso durante o período pós-eclosão, há o comprometimento do crescimento e posterior desempenho dos frangos (Geyra et al., 2001; Noy & Sklan, 2001; Batal & Parsons, 2002; Obun & Osaguona, 2013), e pode prolongar em dois dias o período necessário para o frango atingir o peso para abate (Nir & Levanon, 1993). Além de minimizar os prejuízos no desempenho das aves, a alimentação precoce com dietas que atendam às exigências da fase pré-inicial das aves, possibilita melhor manutenção da temperatura corporal devido à produção de calor, em resposta ao aumento da taxa de metabolismo (Van Den Brand et al., 2010), o que é muito relevante sabendo-se que o sistema termorregulador em frangos atinge a maturidade somente em torno dos 10 dias de idade (Nichelmann & Tzschentke, 2002).

## **2.2 Digestão e absorção dos nutrientes na fase pré-inicial de frangos de corte**

Após a eclosão, provavelmente é necessário um período mínimo de maturação do trato gastrointestinal até que o intestino alcance um bom tamanho relativo e o pâncreas alcance níveis de síntese de enzimas digestivas que não limitem a alta taxa de crescimento das aves (Nir, 1997 *apud* Krabbe, 2000). Frangos de corte apresentam consumo de alimento próximo à capacidade do trato gastrointestinal e, durante a primeira semana de vida, consomem via ração aproximadamente 30% do seu peso corporal (Nir, 1997 *apud* Krabbe, 2000). O

autor sugere que apesar deste alto consumo aumentar o conteúdo intestinal, o crescimento do pâncreas e intestino não o acompanha. A maior taxa de crescimento do pró-ventrículo, moela e intestino delgado concentra-se entre o terceiro e o sétimo dia pós-eclosão (Murakami et al., 1992). O peso do intestino delgado e pâncreas aumentam quatro vezes na primeira semana de vida das aves e, o peso do fígado, aumenta duas vezes mais rápido que o peso corporal (Nitsan et al., 1995). O período entre o quarto e o 21º dia de vida compreende o de maior crescimento dos vilos e profundidade das criptas intestinais das aves, que é variável para cada segmento do intestino delgado, atingindo o máximo desenvolvimento entre seis e oito dias pós-eclosão no duodeno, e após 10 dias no jejuno e íleo (Uni et al., 1995).

A secreção pancreática (enzimática) e biliar de frangos por grama de ração consumida alcança seu ponto máximo aos sete dias de idade (Uni et al. 1995). A secreção duodenal de amilase, tripsina e lipase aumentam respectivamente, 100, 50 e 20 vezes dos quatro aos 21 dias de idade (Noy & Sklan, 1995). A secreção de sais biliares no duodeno aumenta mais de duas vezes entre o quarto e sétimo dia e entre o sétimo e décimo dia pós-eclosão, e continua aumentando até os 21 dias (Noy & Sklan, 1995).

A atividade das enzimas também é proporcional à concentração de substrato presente no intestino (Moran Junior, 1985). Nitsan et al. (1991) observaram que, no pâncreas, os valores máximos de atividade das enzimas digestivas foram alcançados no oitavo dia pós-eclosão para a amilase e lipase e no 11º dia para tripsina e quimiotripsina. Já no intestino delgado a atividade máxima das enzimas foi alcançada no quarto dia pós-eclosão para a lipase, 11º dia para a tripsina e quimiotripsina e 17º dia para a amilase.

A atividade da amilase é insignificante até o segundo dia de idade (Moran Junior, 1985), visto a necessidade de um período de adaptação à alimentação exógena à base de carboidratos como fonte energética. Uni et al. (1995) demonstraram que a capacidade de digerir o amido melhora com a idade (que está correlacionada com a maiores quantidades de substrato ingerido).

As limitações fisiológicas do trato gastrintestinal nos primeiros dias de vida das aves refletem o aproveitamento dos nutrientes das dietas. Noy & Sklan (1995) constataram que a digestibilidade ileal de amido e lipídios variou entre 82 e 89% do quarto ao 21º dia pós-eclosão. Para Vieira & Pophal (2000), provavelmente são necessários de três a quatro dias para o estabelecimento da capacidade enzimática para digestão de carboidratos. Reisenfeld et al. (1980) demonstraram que a digestão do amido em aves aos 12 dias de idade era mais de 95% no jejuno, indicando adequada concentração de amilase pancreática e atividade amilolítica intestinal nesta idade. Em relação à proteína, Noy & Sklan (1995) observaram 78% de digestibilidade aos quatro dias pós-eclosão, aumentando para 92% aos 21 dias.

Muitos trabalhos relatam que a digestão e absorção dos produtos da hidrólise de lipídios são limitadas durante a fase pré-inicial de aves (Carew Junior et al., 1972; Krogdahl & Sell, 1989; Sell, 1996), devido a possível baixa atividade da enzima lipase e/ou secreção biliar insuficiente. No entanto, Noy & Sklan (1995) relataram que aos quatro dias de idade, a digestibilidade ileal da gordura de uma dieta contendo 6% de gordura insaturada (óleo de soja), foi

acima de 85%, com aumento leve aos 21 dias, sugerindo que quantidades suficientes de lipase e sais biliares estariam disponíveis já naquela idade.

Segundo Moran Junior (1985), durante a fase embrionária das aves os enterócitos têm como função principal a absorção de imunoglobulinas. A passagem do alimento pelo trato digestivo nos primeiros dias pós-eclosão favorecem o desenvolvimento dos enterócitos nas criptas, substituindo gradualmente os enterócitos formados durante a fase embrionária. Para o autor, quando essa substituição ocorre, os frangos de corte atingem sua maturidade para digestão e absorção dos nutrientes.

Nota-se que a presença do alimento exógeno no trato gastrointestinal é o que estimula as alterações morfológicas e fisiológicas responsáveis pelo período de maturação do trato gastrointestinal das aves. Portanto, o alimento exógeno estimula o crescimento em tamanho do intestino, bem como o aumento de sua capacidade absorptiva, síntese, secreção e atividade das enzimas digestivas (Noy & Sklan, 2000; Sklan, 2001; Geyra et al., 2001; Noy & Sklan, 2002).

Sabendo-se disso, é imprescindível que a estratégia nutricional durante a fase pré-inicial direcione-se para a qualidade dos ingredientes que compõem a dieta, sobretudo em relação à digestibilidade de nutrientes com intuito de compensar as limitações fisiológicas desta fase.

### **2.3 Importância da dieta pré-inicial**

As alterações morfológicas e fisiológicas responsáveis pelo período de maturação do trato gastrointestinal das aves durante a primeira semana de vida exercem efeito sobre a utilização dos nutrientes. Duas estratégias podem ser consideradas para melhorar a resposta das aves durante o período pós-eclosão. A primeira alternativa seria admitir que a ave utiliza com menos eficiência os ingredientes e a partir daí ajustar o valor nutricional dos mesmos para o uso nessa fase. À exemplo disso, a tabela da FEDNA (2010), apresenta o valor nutricional dos ingredientes para aves na fase inicial (1-21 dias). Longo et al. (2004) determinaram a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) do milho e farelo de soja para frangos na fase pré-inicial, 3213 e 2085 kcal/kg, respectivamente. Os valores foram inferiores aos encontrados na literatura, 3381 e 2254 kcal/kg, respectivamente (Rostagno et al., 2011), confirmando a tese de que as aves, nesta fase, aproveitam com menor eficiência a energia das dietas. Uma segunda possibilidade é, na ausência dessas informações em relação aos demais componentes das dietas pré-iniciais, preconizar a qualidade dos ingredientes, principalmente no que se refere à alta concentração e digestibilidade dos seus nutrientes.

Embora muitas das estratégias nutricionais com o objetivo de otimizar a fase pré-inicial de frangos demonstrem melhorias nesta fase, os efeitos diminuem com a idade, não influenciando o desempenho ao abate. Observa-se no Quadro 1 que de dez trabalhos citados na bibliografia, somente em quatro os efeitos positivos do fornecimento de dietas especiais na fase pré-inicial de frangos persistiram nas fases subsequentes. Destes, o trabalho de Swennen et al. (2009) impôs grandes diferenças entre os tratamentos ao investigar a substituição isoenergética entre os três macronutrientes (carboidrato, proteína e gordura) das dietas. No entanto, em

condições práticas, com desafios sanitários, térmicos, de maior competição por bebedouros e comedouros e onde a desuniformidade dos lotes pode ser maior, o melhor desempenho das aves na fase pré-inicial pode ter uma importância maior no desempenho final do lote.

QUADRO 1 – Trabalhos com diferentes estratégias nutricionais, que alcançaram resultados positivos na fase pré-inicial de frangos e presença ou não destes resultados em fases posteriores

Trabalho	Estratégia nutricional avaliada	Efeito positivo nas fases subsequentes
Noy & Pinchasov (1993)	Intubação de fontes energéticas imediatamente pós à eclosão	sim
Noy & Sklan (2002)	Porcentagens de proteína e gordura	não
Vieira et al. (2003)	Teores de Na na fase pré-inicial	não
Sorbara (2003)	Fontes de carboidratos	não
Ribeiro et al. (2004)	Diferentes níveis de Na e diâmetros geométricos do milho	sim
Silva et al. (2004)	Inclusão de 0,25% de açúcar em dietas fareladas ou peletizadas	somente em dietas peletizadas
Longo et al. (2005a)	Fontes de proteínas	não
Vieira et al. (2006)	Diferentes teores de energia metabolizável	não
Longo et al. (2007)	Diferentes fontes energéticas e proteicas	não
Swennen et al. (2010)	Efeito de substituições isoenergéticas entre gordura, carboidratos e proteínas	se manteve até 28 dias mas não até 42 dias

### 2.3.1 Características desejáveis das dietas pré-iniciais

#### 2.3.1.1 Amido

O amido representa a maior fonte de carboidratos das dietas, destacando-se também por ser potencialmente digerível pelas enzimas no trato gastrintestinal e, posteriormente, absorvido na forma de glicose no intestino delgado. Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina, que estão associadas por pontes de hidrogênio. A amilose é uma molécula linear formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 com um pequeno número de ramificações (Lamberts et al., 2009). Já a amilopectina é uma macromolécula altamente ramificada e consiste em cadeias lineares mais curtas de ligações  $\alpha$ -1,4 contendo 10 a 60 unidades de glicose e cadeias laterais de ligação  $\alpha$ -1,6 com 15 a 45 unidades de glicose (Vandeputte & Delcour, 2004).

O grânulo de amido é dividido em uma região cristalina e uma amorfa (Figura 1). A estrutura linear da amilopectina encontra-se empacotada no sentido paralelo da região cristalina, enquanto que sua estrutura ramificada está localizada na região amorfa. A localização das moléculas de amilose ainda é incerta, porém acredita-se que estejam dispersas entre as moléculas de amilopectina concentrando-se em maior parte na região amorfa (Juliano, 2003).

Cada cereal possui uma proporção específica de amilose e amilopectina, que influenciará a digestibilidade do mesmo. Níveis entre 15% e 25% de amilose são típicos na maioria dos grãos. No entanto, alguns cereais

denominados cerosos, são praticamente livres de amilose e, portanto, possuem maior digestibilidade.

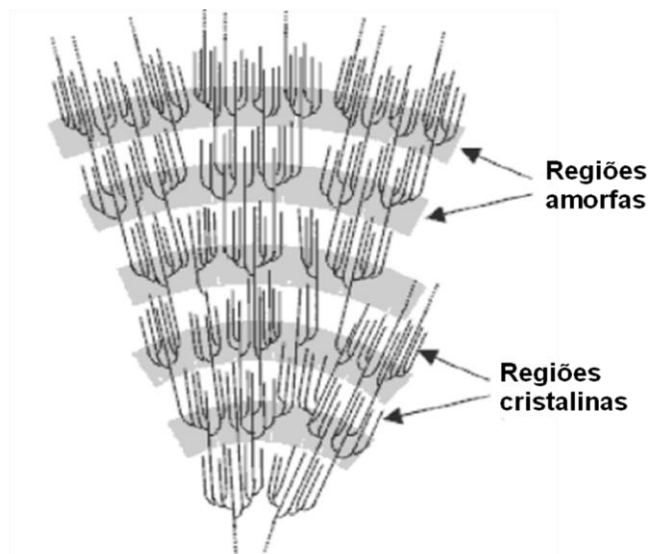


FIGURA 1: Estrutura da amilopectina, regiões amorfas e cristalinas do grânulo de amido.

Fonte: Adaptado de Parker & Ring (2001) e Denardin & Silva (2009)

Nutricionalmente, o amido pode ser classificado como glicêmico ou resistente. O amido glicêmico é degradado à glicose por enzimas até o final do intestino delgado (Walter et al., 2005a), sendo ainda classificado como amido rapidamente ou amido lentamente digerível de acordo com a velocidade com a qual o alimento é digerido *in vitro* (Englyst et al., 1992). Para esses autores o amido é considerado rapidamente digerível quando, ao ser submetido à incubação com amilase pancreática e amiloglicosidase em uma temperatura de 37°C, converte-se em glicose em 20 minutos e; lentamente digerível se, nas condições anteriores, é convertido em glicose em 120 minutos. Entretanto, o amido resistente não é digerido pelas enzimas no intestino delgado, alcançando o intestino grosso, onde é fermentado pelos micro-organismos (Faisant et al., 1993; Wolf et al., 1999).

Existe quase um consenso de que carboidratos facilmente digeríveis são melhor utilizados pelas aves durante a fase pré-inicial (Garcia, 2006), principalmente pelo fato de que podem reduzir a gliconeogênese nos primeiros dias de vida das aves, mantendo as reservas proteicas musculares da ave (Lilburn et al., 1998). Batal & Parsons (2004) avaliaram diferentes fontes de carboidratos altamente digeríveis (dextrose, amido de milho convencional, amido de milho dextrinizado, amido de milho pré-gelatinizado, amido de mandioca, dextrina de mandioca, amido com alto teor de amilose e, ainda, polímeros mistos de glicose) em dietas para frangos (1-21 dias). As aves alimentadas com dietas contendo dextrose apresentaram os maiores ganhos de peso, enquanto o amido com alto teor de amilose e o amido de milho pré-gelatinizado conferiram às aves pior desempenho. Os valores de EMAn foram maiores para dietas contendo dextrose e menores para o amido com alto teor de amilose.



Longo et al. (2005b) avaliaram dietas pré-iniciais com diferentes fontes de amido: amido de milho, amido de mandioca, glicose e sacarose. Mesmo apresentando altos coeficientes de retenção aparente, 97,8%, 93,2% e 93,8% para amido de mandioca, glicose e sacarose, respectivamente, estes ingredientes não melhoraram significativamente o desempenho do frangos nos sete primeiros dias de vida. Em estudo semelhante, Longo et al. (2007) não observaram diferença no desempenho e rendimento de carcaça de frangos alimentados com dietas pré-iniciais contendo diferentes combinações de ingredientes especiais (amido de mandioca, sacarose, glúten de milho e plasma sanguíneo) em relação às alimentadas com milho e farelo de soja. Dietas contendo sacarose conferiram maior ganho de peso às aves comparadas às dietas contendo glúten de milho, plasma sanguíneo e glúten+sacarose, resultado que não persistiu nas fases posteriores.

Sorbara (2003) constatou que o uso dos carboidratos glicose, sacarose, amido de milho e amido de mandioca foi benéfico no desempenho de frangos de corte de um a sete dias. Segundo o autor, este resultado deve-se à melhora da capacidade do trato gastrintestinal, especialmente do peso relativo do intestino delgado. No entanto, aos 42 dias, a conversão alimentar dos frangos com a dieta à base de milho e farelo de soja foi melhor comparada a dos demais tratamentos. Mateos & Sell (1980) relataram que dietas com açúcares simples, como principal fonte energética, promovem maior taxa de passagem da digesta e conseqüente menor difusão com enzimas. Neste sentido o aproveitamento do amido é considerado maior que o de açúcares simples.

Nos estudos de Weurding et al. (2003ab) e Enting et al. (2005) concluiu-se que dietas contendo alto teor de amido lentamente digerível (ALD) em relação ao rapidamente digerível (ARD) proporcionam melhor aproveitamento proteico e, conseqüentemente, maior desempenho às aves. Weurding et al. (2003a) avaliaram dietas isonutritivas e com quantidades conhecidas de ARD e ALD. Duas dietas foram formuladas para conter alto teor de ALD (à base de milho ceroso, ervilha e sorgo) ou baixo teor de ALD (à base de milho comum e farinha de mandioca). Os teores de ARD e ALD foram de 298 e 52g/kg para a dieta com alto teor de ALD e 345 e 7g/kg para a dieta com baixo teor de ALD, respectivamente. Como resultados, os frangos alimentados com dietas contendo alto teor de ALD apresentaram o melhor desempenho. Weurding et al. (2003b) investigaram possíveis interações entre a taxa de digestão do amido e o aproveitamento da proteína das dietas e concluíram que dietas com ALD (33,5% de milho e 33% de ervilha) possibilitaram melhor aproveitamento em energia e proteína pelos frangos que dietas contendo ARD (14,5% de milho e 41,5% de farinha de mandioca). A maior parte da digestão do ARD acontece até o jejuno posterior, enquanto que grande parte da digestão do ALD ocorre no íleo. Os autores supõem que quando o amido é digerido na porção superior do intestino delgado, não fornece glicose para demanda energética da porção posterior do intestino delgado que, conseqüentemente utilizará aminoácidos para supri-la, sugerindo que o local do intestino onde ocorre a maior digestão e absorção do amido possa determinar o local onde ocorre sua utilização e, conseqüentemente, influenciar o desempenho das aves (Weurding et al., 2003b).

Durante o período pós-eclosão grande parte da energia e proteína são direcionadas para o desenvolvimento do intestino (Noy & Sklan, 1999). Fleming et al. (1997) constataram que a manutenção do epitélio intestinal utiliza aproximadamente 20% da energia bruta da dieta consumida pelo animal, sendo que a glicose é preferencialmente utilizada para fornecer energia ao intestino delgado.

Outra teoria está relacionada às respostas hormonais para a absorção de glicose, que por sua vez podem afetar a deposição de proteína. Uma alta taxa de digestão de amido resulta em rápido aumento no nível de insulina no sangue, seguido por um pico de glucagon. Por outro lado, uma digestão lenta de amido, resulta em menor resposta em insulina, porém mais duradoura. Esta resposta duradoura de insulina pode possibilitar uma deposição de proteína mais eficiente (Weurding et al., 2003a); uma vez que a insulina estimula a entrada de aminoácidos nas células e síntese de proteínas na maioria dos tecidos (Champe & Harvey, 1996). Entretanto, se considerarmos frangos de corte, esta segunda hipótese é pouco provável. O metabolismo energético das aves é diferente dos mamíferos já que o glucagon, e não a insulina, tem sido considerado o hormônio de ação preponderante. Aves têm altos níveis de glicose circulante (Butterwith, 1988) que são mantidos em uma alta relação entre os hormônios glucagon:insulina. Também foi demonstrada a capacidade marcante dos frangos em proceder a gliconeogênese a partir da proteína tanto ao nível hepático quanto renal, e nesta condição manter altas taxas de crescimento em dietas de alta proteína e sem carboidratos (Evans & Scholz, 1971; 1973).

### **2.3.1.2 Polissacarídeos não amiláceos (PNA) solúveis e insolúveis**

A presença de PNA, componentes da parede celular dos vegetais, pode limitar a utilização de alguns grãos de cereais e seus coprodutos principalmente na fase pré-inicial de aves. Os efeitos dos PNA são dependentes de sua solubilidade. Os PNA solúveis em água (arabinosilanos,  $\beta$ -glucanos, pentosanas) são os principais responsáveis por aumentar a viscosidade no trato intestinal (Hetland et al., 2004), afetando negativamente a absorção de nutrientes, devido à diminuição da difusão de enzimas digestivas e substratos. Essas substâncias diminuem também a taxa de passagem dos alimentos, favorecendo a multiplicação de micro-organismos indesejáveis, além de reduzirem a digestão e absorção de lipídios, uma vez que em ambiente viscoso, o contato entre as gorduras e secreções digestivas é menor (Garcia, 2006), devido ao maior espessamento da camada de água.

Alimentos que apresentam alto teor de fibra (PNA insolúveis) também são limitantes em dietas pré-iniciais para aves. A fibra aumenta a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, reduzindo a digestibilidade das dietas (Krás et al., 2013). Entretanto, González-Alvarado et al. (2007; 2008) observaram que uma quantidade mínima de fibra na dieta é necessária para estimular o desenvolvimento da porção superior do trato gastrointestinal e para o funcionamento ótimo da moela durante a fase inicial de frangos de corte. A inclusão de um mínimo de fibra (1,5%) em dietas iniciais melhorou o ganho de peso e a conversão alimentar de frangos (1-21 dias). Hetland et al. (2002)

explicaram que presença moderada de fibras na dieta estimula a atividade da moela, que pode aumentar o refluxo da digesta do duodeno para a moela, melhorando a secreção e difusão da amilase e ácidos biliares com os substratos.

### 2.3.1.3 Proteína

Além da limitação dos processos digestivos dos frangos durante a fase pré-inicial, a exigência proteica é alta nesta fase (22,4%, Rostagno et al., 2011), devendo-se priorizar fontes com alta concentração e disponibilidade de proteína. A inclusão de farelo de soja com 48% de proteína bruta resultou em melhor desempenho e metabolizabilidade durante os primeiros 21 dias de frangos de corte quando comparado a farelos com 44 e 46% de proteína bruta (Gerber et al., 2006). O farelo de soja 48%, por não conter a casca da soja, possui proteínas de melhor solubilidade.

Batal & Parsons (2002) concluíram que a digestibilidade de aminoácidos, em dietas com farelo de soja, aumenta com a idade dos frangos, atingindo um platô aos 10 dias, o que significa que este ingrediente não é ideal para esta fase. O farelo de soja é a fonte proteica mais utilizada em dietas para não ruminantes. Também é considerado o melhor farelo de oleaginosas, uma vez que é rico em proteína com ótimo perfil de aminoácidos, especialmente lisina, um dos principais aminoácidos limitantes para aves. Entretanto, como a soja possui vários fatores antinutricionais que prejudicam ou impedem a absorção dos nutrientes pelos animais, como os inibidores de tripsina e quimiotripsina, as lectinas, os taninos, os alcalóides, as saponinas e os glicosídeos (Zardo & Lima, 1999), faz-se necessário a desnaturação ou destruição desses fatores através do calor (tostagem). Porém, a qualidade da proteína pode ser comprometida por um superaquecimento durante o processamento prejudicando o valor biológico da proteína ao indisponibilizar aminoácidos, principalmente a lisina (Zardo & Lima, 1999). O superaquecimento desencadeia a reação de *Maillard*, que é a formação de um complexo entre um açúcar redutor e o grupamento amino do aminoácido, diminuindo a disponibilidade dos mesmos.

Os carboidratos compõem aproximadamente 35-40% (matéria seca) da soja, sendo que a metade são oligossacarídeos, principalmente rafinose e estaquiase, e pequena quantidade de amido, enquanto a outra metade é composta de polissacarídeos não amiláceos (Lilienthal et al., 2005). Os oligossacarídeos rafinose e estaquiase, apesar de serem derivados da sacarose, não são facilmente digeridos pelos não ruminantes, pois estes não possuem a enzima galactosidase capaz de hidrolizar as ligações galactosídicas (Hagely et al., 2013). Esses oligossacarídeos são fermentados no intestino grosso, processo que resulta na produção de gases. Devido a este efeito, são considerados fatores antinutricionais, e sua presença no farelo de soja provoca flatulência, diarreia e diminui o potencial energético da dieta (Hagely et al., 2013). Parsons et al. (2000) encontraram menor EMAn para farelos de soja com alto teor de oligossacarídeos comparado aos com baixo teor.

Neste sentido, entre possíveis fontes proteicas substitutas ao farelo de soja, destaca-se a proteína isolada de soja, que vem sendo utilizada especialmente na alimentação de animais em condições críticas, como na fase

pós-desmame de suínos, pois se encontra na forma de hidrolisado, facilitando a absorção de seus nutrientes (Scandolera et al., 2008). Além disso, o melhor aproveitamento dos componentes da proteína isolada de soja em relação ao farelo de soja é esperado devido à remoção dos oligossacarídeos rafinose e estaquiose (Parsons et al., 2000).

#### **2.3.1.4 Gordura**

Durante o desenvolvimento embrionário, os lipídios provenientes do saco vitelino são a principal fonte de energia para as aves. No entanto, vários autores defendem que, após a eclosão, as aves possuem uma circulação de sais biliares entero-hepática imatura e menor síntese de lipase, resultando numa menor capacidade de digestão de gordura, a qual é melhorada com a idade (Carew Junior et al., 1972; Krogdahl & Sell, 1989; Sell, 1996). Maiorka et al. (2008) não observaram diferenças significativas no desempenho aos sete e 14 dias de idade entre aves alimentadas com dietas contendo diferentes valores de EMAn (2900 e 3200 kcal/kg). Porém aos 21 dias o ganho de peso e conversão alimentar foram melhores para as aves alimentadas com 3200kcal/kg. Em outro experimento, Maiorka et al. (2008) avaliaram dietas isocalóricas com diferentes porcentagens de óleo (0, 1, 2 e 3%) e observaram maior preferência alimentar pelas dietas com maior porcentagem de óleo entre o 10º e 21º dia de idade das aves, além de maior consumo de ração e ganho de peso aos 21 dias. Neste experimento a atividade da lipase e amilase pancreática foram mensuradas, porém não observou-se alteração das mesmas. Os autores concluíram que dietas com altos níveis de energia provenientes de lipídios não são interessantes nas duas primeiras semanas de vida de frangos, por não melhorarem o desempenho das aves nesta fase. Kessler et al. (2009) constataram que aves selecionam dietas contendo alto nível de gordura e, conseqüentemente, maior energia já na primeira semana de vida. O maior consumo das dietas contendo alta gordura e energia refletiu no melhor desempenho das aves. Além de mostrar que aves aproveitam de forma eficiente a gordura na primeira semana de vida, estes resultados também sugerem que, provavelmente, o mecanismo de regulação da ingestão de ração em função do teor energético não é eficiente.

O tipo de gordura a ser inclusa em dietas pré-iniciais de aves deve ser considerado. As gorduras insaturadas, sobretudo as poli-insaturadas, são mais bem aproveitadas pelas aves do que as saturadas durante a fase inicial (Turner et al., 1999). Monoglicérides e ácidos graxos insaturados de cadeia longa quando ligados aos sais biliares formam prontamente as micelas, enquanto ácidos graxos saturados possuem menor capacidade para formá-las, devido à sua característica de baixa polaridade (Baião & Lara, 2005). Carew Junior et al. (1972) relataram que o coeficiente de retenção aparente da gordura de dietas com óleo de milho (20% de inclusão) aumentou de 84% para 95% do sétimo ao 15º dia de idade, enquanto que para as dietas com sebo bovino o aumento foi de 40% para 79% no mesmo período. O óleo degomado de soja é a fonte de gordura mais utilizada em dietas para aves. Enquanto que o óleo ácido de soja é o coproduto resultante do processo de refino do óleo degomado de soja. Este coproduto possui em torno de 70% de ácidos graxos na forma livre, o que pode comprometer sua absorção. Os ácidos graxos livres

são absorvidos com menor eficiência que ácidos graxos ligados ao glicerol, uma vez que o monoglicerídeo é essencial para a incorporação de ácidos graxos insolúveis no complexo micelar (Hofmann & Borgström, 1962). Portanto, uma alta relação ácido graxo livre: monoglicerídeo, pode prejudicar a absorção e aproveitamento da gordura. No entanto, Raber et al. (2008) mostraram que o óleo ácido de soja mostrou-se uma boa alternativa ao uso do óleo degomado de soja, tanto na fase inicial quanto na de crescimento. Sustentado pelos resultados de metabolismo e desempenho, o valor energético do óleo ácido em relação ao óleo de soja foi de 90 a 95%; corroborando o resultado estimado por Vieira et al. (2002) de 8114 kcal/kg. Vieira et al. (2006) não observaram diferenças significativas entre o desempenho de frangos alimentadas com dietas contendo óleo ácido e óleo degomado de soja na fase pré-inicial. Kessler et al. (2009) ao avaliarem óleo de soja, de milho, de coco, de linhaça e óleo ácido de soja e de algodão não encontraram diferenças significativas para desempenho nas três primeiras semanas de idade das aves.

## **2.4 Ingredientes para otimizar a fase pré-inicial de frangos de corte**

Apesar da maioria das agroindústrias adotarem a dieta pré-inicial para frangos, os ingredientes utilizados são os mesmos das fases posteriores, basicamente milho e farelo de soja. Entretanto, trabalhos indicam que, apesar destes ingredientes estarem consolidados na alimentação de aves, eles não são os de melhor digestibilidade e aproveitamento nessa fase, pois observa-se que os valores da EMAn e digestibilidade da lisina dessas dietas aumentam com a idade alcançando o platô aos 14 e 10 dias, respectivamente (Batal & Parsons, 2002). Além disso, no Brasil há dependência desses ingredientes, sendo que a indústria de alimentação animal utiliza aproximadamente 60% da produção de milho e 20% da soja produzidos no país. Como a disponibilidade desses ingredientes não é a mesma nas diferentes épocas do ano, ocorre aumento nos preços durante o período entre safras.

Entre alguns ingredientes que podem substituir o milho em dietas pré-iniciais, destaca-se o grão de arroz, caracterizado pelo seu elevado teor de amido e baixo teor de polissacarídeos não amiláceos (Choct, 1997). A proteína isolada de soja em substituição ao farelo de soja também parece ser uma boa opção, também devido ao baixo conteúdo de polissacarídeos não amiláceos, além da alta digestibilidade de sua proteína em comparação ao farelo de soja.

### **2.4.1 O arroz**

O arroz é um cereal originário da Índia, sendo uma cultura anual. Cerca de 162 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo, produzindo 476,2 milhões de toneladas, sendo que mais de 75% desta produção é oriunda do sistema de cultivo irrigado. A Ásia concentra aproximadamente 90% da produção de arroz e a China é a líder mundial, seguida pela Índia (USDA, 2014). O Brasil ocupa a nona posição no panorama mundial de produção de arroz (MAPA, 2014). Na América do Sul, o País é o grande destaque, onde a cultura do arroz ocupa o terceiro lugar na produção de grãos, atrás da soja e milho (CONAB, 2014). A produção nacional de arroz na safra 2013/14 foi de 12,2 milhões de toneladas, com incremento de 3,1%

em relação à safra passada. A região Sul é responsável por 72,5% da produção nacional do grão e o RS representa quase 67% da produção nacional (8,1 milhões de toneladas) (IRGA, 2014).

Por ser uma cultura versátil, se adapta a diferentes condições de solo e clima; portanto, o arroz é cultivado e consumido em todos os continentes. Assim, desempenha papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto no social (EMBRAPA, 2005).

Sob a ótica da Botânica, o grão do arroz (Figura 2) denomina-se cariopse (Amato et al., 2002). Nela, o pericarpo, que corresponde a 1 a 2% do peso do grão inteiro, encontra-se fundido com o tegumento da semente, estando envolto pela casca (Juliano, 2003). No embrião, que equivale a 2-3% do peso do grão integral, estão concentrados proteínas, lipídios e os micronutrientes, como vitaminas do complexo B e minerais (Amato et al., 2002). O endosperma (89 a 91% do peso do grão inteiro), parte branca do grão e rica em amido, é a única estrutura do grão que se mantém após os processos de beneficiamento do arroz, descascamento e polimento (Amato et al., 2002). As frações perdidas durante o polimento formam farelo, que correspondem de 6 a 10% do peso do grão integral (Coffman & Juliano, 1987; Juliano, 2003).

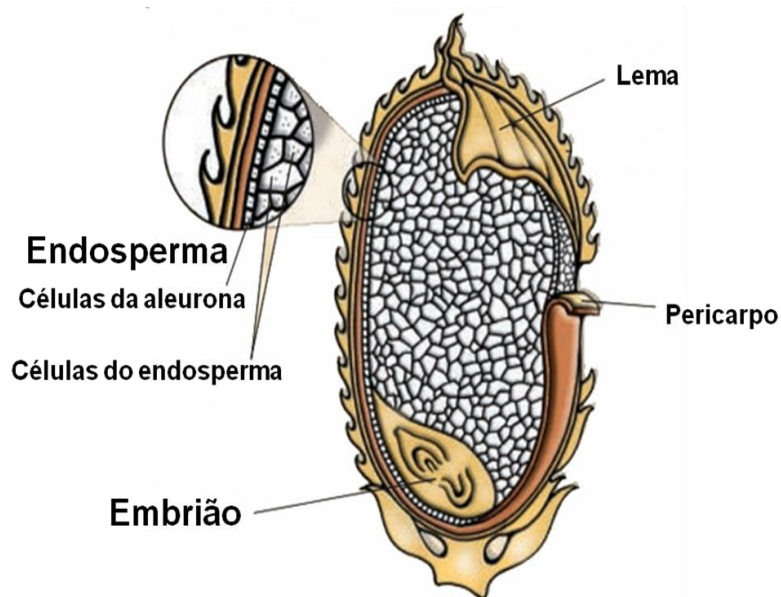


FIGURA 2: Corte longitudinal de um grão de arroz

Fonte: Adaptado de Encyclopedia Britannica (2009) e Pascual (2010)

Até o século XIX, o arroz era consumido somente na forma integral. Foi somente com a Revolução Industrial e o surgimento da máquina a vapor e da mecanização, que os processos de beneficiamento do arroz passaram a ser possíveis (Amato & Elias, 2005).

Atualmente, no Brasil são comercializados seis tipos de arroz (Tabela 1):

TABELA 1 – Classificação do arroz segundo a Instrução Normativa Nº 6/2009 (MAPA, 2014)

<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo</b>
Arroz em casca	Arroz natural Arroz parboilizado
Arroz beneficiado	Arroz integral Arroz polido Arroz parboilizado integral Arroz parboilizado polido

Maiores detalhamentos sobre alguns tipos de arroz da Tabela 1 encontram-se a seguir:

a) Arroz sem casca ou arroz integral (esbramado)

É o arroz obtido após a retirada da casca, possuindo em torno de 10% do farelo. O arroz integral representa apenas 1% da preferência dos consumidores brasileiros (ABIAP, 2014). Possui curta vida de prateleira, devido à potencialidade de ativação de enzimas lipolíticas localizadas nas camadas externas do grão e no embrião após a retirada da casca, o que ocasiona a rancificação (Amato et al., 2002).

b) Arroz polido

Também conhecido como arroz branco, é obtido após a retirada do embrião e pericarpo, que se encontram abaixo da casca. O arroz polido ou arroz branco é o mais consumido mundialmente, sendo responsável por aproximadamente 74% da comercialização (ABIAP, 2014).

c) Arroz parboilizado integral

É o arroz obtido após a parboilização, porém não é submetido ao polimento, somente ao descascamento.

d) Arroz parboilizado

Arroz que, quando ainda em casca, foi submetido ao processo hidrotérmico, com posterior polimento e descascamento. Atualmente em torno de 25% do arroz produzido no Brasil é submetido ao processo de parboilização (ABIAP, 2014).

#### **2.4.1.1 O arroz parboilizado**

A palavra parboilizado tem origem na adaptação do termo inglês *parboiled*, proveniente da aglutinação de *partial+boiled*, que corresponde à expressão “parcialmente fervido” (Amato et al., 2002). O processo de parboilização do arroz no Brasil é definido segundo a Instrução Normativa Nº6/2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA, 2014) como sendo: “o processo hidrotérmico no qual o arroz em casca é imerso em água para uso em processos hidrotérmicos industriais, a uma temperatura acima de 58°C, seguido de gelatinização parcial ou total do amido e secagem”.

Pode-se considerar que a origem da parboilização é remota, mas sua introdução no mundo ocidental é recente. Somente a partir de 1940 passou a ser utilizada nos Estados Unidos e Itália, então difundindo-se para outros países (Amato & Elias, 2005). Um fato muito interessante e por isso válido de

ser citado, é a publicação de um artigo intitulado “A Revolução do Arroz” publicado na revista *Seleções*, do Reader’s Digest, de autoria de George Kent, do jornal *Washington Post* em maio de 1944, portanto durante a fase final da 2ª Guerra Mundial (Amato et al., 2002). Este artigo divulgava o processo da parboilização do arroz bem como suas vantagens nutricionais e de maior conservação, sendo embasado por pesquisas daquela época. O artigo atribuiu o desenvolvimento do processo da parboilização a Gordon Harwell, corretor de gêneros alimentícios de Houston (EUA), e Eric Huzenlaub, químico inglês (Amato et al., 2002). Este último, ao percorrer a Índia e países da África, cujo principal alimento da população era o arroz, descobriu que as tribos que parboilizavam o arroz não apresentavam incidência de beribéri, causada por insuficiência de vitamina B1 (Amato & Elias, 2005). No Brasil, a parboilização teve início nos anos 50 com a instalação de uma Empresa no RS, na atual cidade de Eldorado do Sul (Amato et al., 2002). A Empresa baseou-se numa patente norte-americana que utilizava autoclave para conduzir a gelatinização do amido. Provavelmente à mesma época, foi desenvolvido outro processo de parboilização, de tecnologia mais simples, chamado de Estufa (Amato & Silveira Filho, 1991).

Hoje, a maior parte do arroz parboilizado é oriunda do processamento com autoclave. Na parboilização a partir do método Estufa, a gelatinização ocorre concomitantemente à secagem inicial por transferência de calor. A estufa é aquecida por fogo direto, obtido da combustão das cascas (Amato & Silveira Filho, 1991; Amato et al., 2002). Nos processos que utilizam a autoclave, a gelatinização pode ser considerada mais efetiva. Neste caso, o calor úmido é difundido mais rápido, enquanto que no processo Estufa, a distribuição de calor é menos homogeneia, podendo ocorrer superexposição de calor em algumas partes dos grãos e, em outras, exposição insuficiente ao calor (Amato & Silveira Filho, 1991).

A parboilização compõe-se de três etapas principais, de acordo com Amato & Silveira Filho (1991) e Amato et al. 2002:

a) Encharcamento

O arroz em casca é colocado em tanques com água quente, entre 58 e 68°C, por no máximo cinco horas. O objetivo do encharcamento é preparar o grão para a gelatinização. Para isso a umidade no centro do grão deve chegar a 30-32%, com máximo de uniformidade e ao mais rápido possível. Como os micronutrientes (minerais e vitaminas) estão concentrados nas camadas mais externas do grão, durante a parboilização a água promove a migração dos micronutrientes solúveis em água, minerais e vitaminas do complexo B, para o interior do grão por lixiviação, onde serão fixados durante a gelatinização do amido. No entanto, o aumento de nutrientes como proteína e vitamina E no arroz parboilizado comparado ao branco, não se deve à migração, e sim à remanescência de partes do embrião e película, que normalmente seriam descartados no farelo durante o beneficiamento para obtenção do arroz branco (Amato et al., 2002).

b) Gelatinização do amido

Após o encharcamento, o arroz contendo 30-36% de umidade é submetido à temperatura mais elevada, maior que 78°C, geralmente em vapor sob pressão (autoclave). O objetivo primário da gelatinização do amido durante



a parboilização é “soldar” os grãos que estariam destinados à quebra durante o beneficiamento, quando são retirados a casca e o farelo. Secundariamente, há a fixação de nutrientes solúveis em água que migraram da periferia do grão para o centro do mesmo durante o encharcamento (Amato et al., 2002).

#### c) Secagem e descascamento

Nesta etapa o arroz é seco em três fases para posterior descascamento. Na secagem primária a umidade do arroz que, após a gelatinização, é de aproximadamente 32% deve ser diminuída para 22%. A secagem secundária é mais lenta, tendo como intuito migração da umidade até a periferia do grão. A operação intermediária às duas etapas de secagem é o Revenido, quando o grão permanece estacionado com o objetivo de homogeneizar a distribuição de água nas suas camadas (Amato et al., 2002).

Durante a gelatinização há o intumescimento dos grãos de arroz, como consequência a parte central do grão tem suas dimensões alteradas, enquanto a casca não, ocorrendo o deslocamento entre a casca e as demais camadas, o que promove a maior facilidade do descascamento, típico do arroz parboilizado (Amato et al., 2002).

Entre os benefícios da parboilização destaca-se o maior rendimento durante o beneficiamento, uma vez que obtém-se maior número de grãos inteiros quando o grão em casca é submetido ao processamento hidrotérmico, sendo esta a principal vantagem econômica da parboilização. Considerando esta vantagem, Amato et al. (2002) estimou que, se o total de arroz produzido no Brasil fosse parboilizado, poderia-se reduzir um milhão de hectares de área plantada, sem que a produção anual de arroz diminuísse, em função do maior rendimento que o arroz parboilizado proporciona. Além disso, como arroz parboilizado é descascado mais facilmente que os demais, possibilita redução de energia elétrica em seu beneficiamento.

A parboilização permite que o produto (arroz parboilizado) se conserve por muito mais tempo (*shelf life*) do que o arroz apenas polido, devido à boa efetividade na diminuição da atividade enzimática e da diminuição da carga microbiológica (autoclave) possibilitando a maior estabilidade dos grãos (Patindol et al., 2008). No entanto, a parboilização também conduz a mudanças indesejáveis nos grãos de arroz, como maior tempo para o cozimento, devido ao aumento da dureza dos grãos (Lamberts et al., 2009), e coloração mais escura dos grãos, fatores que dificultam a aceitação pelos consumidores (Amato et al., 2005). Lamberts et al. (2008) relataram que a alteração da cor do arroz após a parboilização pode estar relacionada à migração de pigmentos da casca e/ou farelo para o endosperma, ou ainda pelo desencadeamento da reação de *Maillard*, diminuindo a disponibilidade de aminoácidos.

#### **2.4.1.2 Valor nutricional do arroz branco e arroz parboilizado**

Nutricionalmente o arroz é considerado um alimento energético, por constituir-se basicamente por carboidratos, principalmente amido (90%), localizado no endosperma (Coffman & Juliano, 1987; Juliano, 2003). No entanto, a quantidade dos nutrientes do arroz é muito variável, sendo influenciada por diversos fatores como tipo de processamento (Tabela 2, Storck et al., 2005a), cultivar (Frei et al., 2003; Storck et al., 2005ab; Zhang et al., 2007), solo, clima e uso de fertilizantes (Juliano, 2003).

TABELA 2 - Composição nutricional média (expressa na matéria seca) de nove cultivares de arroz submetido a diferentes beneficiamentos

Nutrientes, %	Arroz Branco	Arroz Parboilizado	Arroz Integral
Amido digestível	84,5 a	80,7 b	70,6 c
Amido resistente	3,1 c	4,4 a	3,5 b
Amilose	22,7 a	19,3 a	19,3 a
Proteína bruta	8,9 a	9,4 a	10,5 a
Extrato etéreo	0,4 b	0,7 b	2,5 a
Fibra total	2,9 c	4,2 b	11,8 a
Matéria mineral	0,3 c	0,7 b	1,2 a

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ )

Fonte: Adaptado de Storck et al. (2005a)

### a) Amido

O teor de amido do arroz pode variar em função do tipo de cultivar, como demonstraram Storck et al. (2005a) ao encontrarem variação de 82,2-88% de amido disponível em nove variedades de arroz branco e 2,89-3,40% de amido resistente. Para o arroz parboilizado a variação foi de 77,9-83,5% e 4,07-4,85% para amido disponível e resistente, respectivamente. Zhang et al. (2007) encontraram variação de 78,89-89,48% no amido total em cinco cultivares tipo índica de arroz branco e de 76,45-92,98% para cinco cultivares tipo japônica. Para o amido resistente a variação foi de 0,47-1,82% para o tipo índica e 0,16-0,92% para o tipo japônica.

Assim como os fatores genéticos, o tipo de processamento o qual o arroz é submetido também pode alterar sua fração de amido, tanto em termos de quantidade quanto em relação à estrutura do amido (Mahadevamma & Tharanathan, 2007). A parboilização diminui o teor de amido disponível em função da formação do amido resistente (Storck et al., 2005a), que ocorre durante a retrogradação da fração amilose do amido após sua gelatinização.

Quando as moléculas de amido são aquecidas em meio aquoso, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxil, o que causa um aumento na solubilidade e inchamento do grânulo (Singh et al., 2003). Por isso a gelatinização do amido torna-o mais facilmente acessível à ação das enzimas digestivas. Também ocorrem alterações na estrutura dos grânulos de amido; a zona cristalina transforma-se em amorfa (Baik et al., 1997), tornando o arroz mais digestível (Denardin et al., 2012). Por outro lado, durante o resfriamento e armazenagem, as moléculas de amilose do amido gelatinizado, mais rapidamente que as de amilopectina, vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias começam a reassociar-se num estado mais ordenado, resultando na formação de zonas de junção entre as moléculas, ou seja, áreas cristalinas (Lobo & Silva, 2003; Denardin & Silva, 2009). A este fenômeno dá-se a denominação de retrogradação, que origina o amido retrogradado ou amido resistente tipo III.

Segundo Englyst et al. (1992), o amido resistente é classificado como:

- Tipo I: quando o grânulo de amido está fisicamente inacessível às enzimas, devido ao tamanho ou composição das paredes celulares e proteínas.

Pertencem a este grupo grãos e sementes inteiros ou parcialmente moídos de cereais.

- Tipo II: refere-se aos grânulos de amido cru, encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade devido às características intrínsecas da estrutura cristalina dos seus grânulos. Podem ser encontrados na batata e banana verde.

- Tipo III: consiste em polímeros de amido retrogradado (principalmente de amilose), produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização. Apesar de todos os tipos poderem ser encontrados nos alimentos, o amido resistente tipo III é o mais comum, sendo originado do processamento dos alimentos.

A formação do amido resistente depende do teor de amilose do amido (Hu et al., 2004) e da severidade das condições de processamento, tais como temperatura, pH, teor de umidade, número de ciclos de aquecimento e refrigeração adotados (Mahadevamma & Tharanathan, 2001). A máxima retrogradação do amido do arroz dá-se em temperatura de 4°C (Baik et al., 1997), portanto a formação do amido resistente ocorre nas etapas de resfriamento dos alimentos processados.

A amilose além de retrogradar mais facilmente, também apresenta maior tendência para formação do complexo amilose-lipídio. Tal complexo é parcialmente resistente à ação enzimática, o que afeta a digestibilidade (Vandeputte & Delcour, 2004; Mahadevamma & Tharanathan, 2007). A retrogradação da amilopectina é um fenômeno mais complexo, devido a sua estrutura ramificada. Tem-se afirmado que a retrogradação da amilose atinge um limite após dois dias, ao passo que a retrogradação de amilopectina continua até 30-40 dias após a gelatinização (Frei et al., 2003). Helbig et al., (2007) observaram que o teor de amido resistente aumentou de 0,67%, antes da parboilização, para 1,97% após a parboilização do arroz com teor intermediário de amilose. Segundo Juliano (2003), o arroz pode ser classificado quanto ao teor de amilose em ceroso (1 a 2% de amilose), teor muito baixo de amilose (2 a 12%), baixo (12 a 20%), intermediário (20 a 25%) e alto (25 a 33%).

### **b) Proteína**

O conteúdo proteico do arroz é em torno de 8,9% no grão polido e 10,9% no integral (Tabela 2), para a maioria das cultivares em uso no País. O polimento do arroz remove quantidade significativa de proteína, que pode chegar a 15% (Amato et al., 2002). O processo de parboilização pode diminuir a digestibilidade das proteínas pela formação de complexos proteína-amido, produtos da Reação de *Maillard* (Lamberts et al., 2008). No entanto, a parboilização aumenta o valor biológico da proteína, que acaba se equivalendo ao do arroz branco (Coffman & Juliano, 1987).

### **c) Minerais e Vitaminas**

No arroz, vitaminas e minerais estão concentrados nas camadas mais externas do grão. Sendo que os teores desses micronutrientes podem variar em função das condições do solo, fertilizantes, tipo de cultivar e processamento (Pacual, 2010), assim como acontece com o amido e proteína. O arroz parboilizado apresenta maior teor de vitaminas do complexo B e

minerais hidrossolúveis, quando comparado ao arroz somente polido, devido à migração desses micronutrientes das camadas mais externas para o endosperma do grão durante a etapa de encharcamento (Amato et al., 2002, 2005). Entretanto, David et al. (2003) concluíram que o processo de parboilização do arroz não concentrou o teor dos minerais Zn, Cu, Fe e Mn. Os autores atribuíram os resultados a possível perda de alguns minerais após solubilização na água de encharcamento dos grãos.

No trabalho de Denardin et al. (2004), a parboilização do arroz resultou em acréscimos significativos para matéria mineral (0,67 versus 0,3%), K (149,6 versus 56,3mg/100g) e P (185,4 versus 104,5mg/100g) comparado ao arroz branco, não diferindo para os teores de Mg e Fe. Por outro lado, os teores de Mn, Zn e Na, ao contrário do esperado, foram inferiores no arroz parboilizado comparado ao arroz branco: 0,86 versus 1,52, 1,31 versus 2,35 e 0,87 versus 2,01mg/100g, respectivamente. Para Heinemann et al. (2005), que também observaram redução na concentração dos mesmos minerais após a parboilização do arroz, tais resultados podem indicar dispersão de alguns minerais para as camadas mais externas dos grãos de arroz durante a parboilização, sendo removidos posteriormente pelo polimento. Os autores ainda mencionam que, o significado dos benefícios nutricionais do arroz parboilizado ainda gera algumas controversas, devido à falta de processos comerciais uniformes aplicadas em diferentes países.

#### **2.4.1.3 Respostas metabólicas à alimentação com arroz branco e arroz parboilizado**

Em humanos o baixo índice glicêmico, proporcionado por carboidratos lentamente digeríveis, tem sido associado ao melhor controle do diabetes (Jenkins et al., 2002). As diferenças nas respostas glicêmicas ao amido da dieta estão diretamente relacionadas à taxa de digestão desse nutriente (O'dea et al., 1981; Wolf et al., 1999), ou seja, amidos rapidamente digeríveis são associados a altos índices glicêmicos e vice-versa. O maior teor de amilose está associado à formação de amido resistente durante processos hidrotérmicos, fatores que diminuem a taxa de digestão do amido e, conseqüentemente, reduzem a resposta glicêmica dos alimentos (Hu et al., 2004).

Trabalhos relacionados à nutrição humana afirmam que o amido do arroz branco é rapidamente digerível, pois resulta em rápida resposta glicêmica pós-prandial (Miller et al., 1992; Thompson et al., 2012). Em relação ao arroz parboilizado, no entanto, há muitas divergências na literatura. Os ensaios *in vivo* e *in vitro* de Casiraghi et al. (1993) e *in vivo* de Korach-André et al. (2004) apontaram diminuição do índice glicêmico para arroz parboilizado comparado ao não processado, em função da maior formação de amido resistente e complexos amilose-lipídios durante o processo de parboilização.

Em humanos, os efeitos do consumo de alimentos ricos em amido resistente têm sido associados aos da fibra alimentar e alimentos funcionais. Durante a fermentação do amido resistente no intestino grosso ocorre a produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o butirato (Yue & Waring, 1998). Segundo Brouns et al. (2002), estudos relacionam o butirato à possível inibição do crescimento de células cancerígenas, principalmente

devido à redução do pH no intestino grosso, além de estimular a regeneração da mucosa doente do intestino e realizar a manutenção do tecido saudável.

Pacual (2010) investigando a influência da parboilização do arroz integral na digestibilidade *in vitro* estimando-se o índice glicêmico, não observou alteração em função do processamento. O índice glicêmico estimado nas amostras cruas e parboilizadas de arroz integral foram cerca de 80%. Os teores médios de amido total e resistentes para nove cultivares de arroz parboilizado foi de 81,7% e 1,6%, respectivamente, sem diferenças significativas em relação ao arroz integral. Denardin et al. (2012) constataram que ratos *Wistar* alimentados com dietas contendo arroz parboilizado apresentaram maior ganho de peso, consumo de ração e melhor conversão alimentar, quando comparados ao arroz branco, em função da maior digestibilidade do amido parboilizado. Embora não significativa, a resposta glicêmica pós-prandial dos ratos alimentados com arroz parboilizado foi maior que a do arroz branco. Os autores explicam que apenas uma pequena porção de amido (cerca de 2,4-3,7%) torna-se resistente após parboilização do arroz, sendo que o remanescente se torna mais digestível, justificando o melhor desempenho de ratos alimentados com arroz parboilizado. Helbig et al. (2008) não encontraram diferenças significativas entre as dietas formuladas com arroz de alta, média e baixa amilose, parboilizado ou convencional na glicemia de jejum e pós-prandial de ratos *Wistar*, corroborando os resultados de Pacual (2010). Num estudo com gatos obesos alimentados com dietas que diferiram na fonte de carboidratos, os animais alimentados com farinha de arroz polido comparado às dietas com milho ou sorgo, consumiram mais energia e ganharam mais peso em alimentação com livre acesso, além de apresentarem maiores concentrações de glicose e secreção de insulina pós-prandial (Appleton et al., 2004).

#### **2.4.1.4 Arroz em substituição ao milho como fonte energética em dietas para frangos de corte**

Nos Estados Unidos e Brasil a principal fonte energética das dietas de aves é o milho, diferente do que acontece nos demais países produtores de frangos, onde se tem uma maior diversificação das fontes energéticas, devido às limitações de espaço físico ou condições climáticas, que podem inviabilizar o cultivo desse cereal. No Brasil, as dietas para aves e suínos absorvem por ano aproximadamente quatro milhões de toneladas de milho (ABIMILHO, 2014). Nos últimos anos, a valorização do grão no mercado internacional, principalmente devido a sua demanda para o biocombustível, auxiliou na instabilidade do mercado de aves e suínos.

O setor orizícola, por sua vez, tem enfrentado sucessivas crises. As supersafras e os estoques acumulados de anos anteriores causam a desvalorização do produto. Quando o cenário econômico permite, na tentativa de tornar mais viáveis os custos com a alimentação na produção animal de não ruminantes, e com intuito de valorizar a indústria do arroz, surge a possibilidade de substituir o cereal milho pelo arroz, como fonte energética.

Normalmente são utilizados os coprodutos do beneficiamento do arroz em grão, como o farelo (integral ou desengordurado) que são ingredientes de baixo custo e encontrados facilmente, devido à presença

difundida de agroindústrias de beneficiamento. Porém, o uso de coprodutos geralmente é limitante, pois estes normalmente possuem fatores antinutricionais que restringem sua utilização, como a presença de alto teor de polissacarídeos não amiláceos totais.

Já para o grão, ao analisar a Tabela 3 observa-se que não existe fator antinutricional que possa desencadear prejuízos no desempenho dos animais, ao substituir o grão de milho pelo de arroz, exigindo apenas pequenos ajustes na porcentagem dos demais ingredientes da dieta. A principal vantagem nutricional da substituição do milho pelo arroz está no maior teor de amido deste último, que torna o arroz equivalente ao milho em valor energético, apesar de possuir menor teor de gordura. Adicionalmente, apesar de ser um alimento energético, a proteína do arroz possui níveis mais elevados dos aminoácidos lisina e metionina, reduzindo a inclusão de aminoácidos sintéticos na ração, o que contribui para maior viabilidade econômica na substituição do milho (Brum et al., 2007).

TABELA 3 – Composição nutricional dos grãos de milho e arroz

<b>Nutriente (%)</b>	<b>Milho</b>	<b>Arroz polido quebrado</b>
Matéria Seca	86,2	87,2
Amido	63,3	71,8
Proteína Bruta (PB)	7,5	7,5
Coeficiente de digestibilidade da PB para aves	85	87
Extrato Etéreo	3,6	1,2
Fibra Bruta	2,3	1,0
Matéria Mineral	1,2	1,2
EMAn para frangos (< 20 dias de idade), kcal/kg	3180	3290
Ca	0,03	0,04
P disponível	0,05	0,02
<b>Aminoácidos digestíveis</b>		
Lisina	0,16	0,25
Metionina	0,14	0,17
Metionina+Cistina	0,27	0,32
Treonina	0,22	0,23
Triptofano	0,05	0,09
Isoleucina	0,22	0,26
Valina	0,30	0,37
Arginina	0,30	0,51

Fonte: Tabelas de composição e valor nutricional dos alimentos da FEDNA

A qualidade do amido do arroz é considerada superior a do milho. O encapsulamento é menor do que no milho (Slaughter et al., 2001; Svihus et al., 2005), assim como seus grânulos (3-8 versus 2-30 mm para o milho; Tester et al., 2004). O arroz ainda apresenta menor teor de amilose (5-12 versus 10-20% para o milho; Juliano, 2003; Vandeputte & Delcour, 2004), o que reflete em menor formação de complexos lipídio-amilose (0,1 versus 0,9-1,3%,

Vandeputte & Delcour, 2004). Dessa forma o amido de arroz está mais disponível para a ação das enzimas digestivas e, portanto, dietas à base de arroz podem otimizar o crescimento de frangos de corte durante a fase pré-inicial, visto as limitações fisiológicas das aves nesta fase. O arroz comparado ao milho também apresenta baixo teor de polissacarídeos não amiláceos totais (0,8 versus 8,1%; Choct, 1997).

Outro benefício de suma importância é a menor susceptibilidade do grão do arroz à proliferação de fungos, devido à forma de colheita e processamento (Butolo, 2002). Enquanto o arroz está com casca, esta o protege da infestação por fungos (Juliano, 2003). Já o milho é uma das culturas mais predispostas aos fungos e, conseqüentemente à contaminação por micotoxinas (Brabet et al., 2005).

Brum et al. (2007) avaliaram a substituição de 0, 20 e 40% do milho por arroz quebrado em dietas para frangos de corte (1-42 dias). Os autores concluíram que o arroz quebrado pode substituir em 40% o milho nas dietas para frangos de corte sem afetar o desempenho e rendimento de carcaça. Souza (2012) obteve resultados semelhantes: a substituição parcial ou total do milho por arroz integral na dieta de frangos de corte (1-42 dias) não alterou o desempenho e o peso de cortes das aves. Além disso, a substituição de milho por arroz foi economicamente viável. González-Alvarado et al. (2007) observaram que o arroz quebrado em substituição total ao milho em dietas iniciais isonutritivas (1-21 dias) melhorou o aproveitamento dos componentes das dietas bem como o desempenho das aves, sendo a melhor opção para esta fase das aves. No entanto, são escassos os estudos envolvendo a substituição do milho pelo arroz na alimentação de frangos de corte. As pesquisas focam muito mais esta estratégia na nutrição de suínos na fase pós-desmame.

Na nutrição de suínos vários estudos relataram efeitos positivos da substituição de milho pelo arroz. Ebert et al. (2005) observaram que as dietas à base de arroz quebrado proporcionaram maior margem de lucro bruto ao final do experimento, para leitões. As dietas com arroz também apresentaram maior digestibilidade da matéria seca e da energia bruta e maior retenção da energia em relação ao milho. Para os autores, estes melhores resultados do arroz quebrado em relação ao milho podem estar associados à ação mais eficiente das enzimas digestivas sobre o amido do arroz. Estes dados corroboram os obtidos nos estudos de Vicente et al. (2006; 2007), que justificam os efeitos benéficos, em parte, pelo aumento da resposta glicêmica observada nos suínos. Segundo os pesquisadores, cereais que provocam respostas altas de glicose e insulina pós-prandiais podem elevar o apetite, aumentando o consumo de ração e ganho de peso. Também Hongtrakul et al. (1998) e Mateos et al. (2006; 2007) observaram que a substituição de milho por arroz melhorou o desempenho de leitões.

Na alimentação de coelhos, Brum (2006) concluiu que o arroz quebrado pode substituir em 100% o milho em dietas para fase de crescimento, sem afetar o desempenho e rendimento de carcaça.

### 2.4.2 Proteína isolada de soja (PIS) na alimentação de frangos de corte

A soja representa mais da metade do total de grãos de leguminosas produzidos no mundo (Oliveira et al. 2005). Seu coproduto, farelo de soja, representa 80% dos farelos proteicos consumidos na alimentação animal (APROSOJA, 2014), e compõe cerca de 40% de uma dieta pré-inicial convencional para frangos. Apesar de ser considerado o melhor farelo de oleaginosas, apresenta fatores antinutricionais, como a baixa qualidade de seus carboidratos.

A PIS é o principal componente proteico do grão de soja, é obtida por meio da extração de frações não proteicas e solúveis em água. Por se encontrar na forma de hidrolisado e possuir alta concentração de proteína (91% na matéria seca), vem sendo estudada como fonte proteica na alimentação de leitões (Scandolera et al., 2008; Fialho et al., 2009) e mostrou reduzir a reação de hipersensibilidade transitória nesses animais, causada pelo farelo de soja, o que reflete no aumento no tamanho das vilosidades intestinais, no aumento da digestibilidade e no ganho de peso (Robles, 1993 *apud* Junqueira et al., 2004).

Quando considera-se a alimentação de frangos na fase pré-inicial, a presença de rafinose e estaquiose pode diminuir a digestibilidade da dieta. Neste contexto, a PIS torna-se uma opção interessante em substituição ao farelo de soja, pois une ótimo valor biológico à ausência dos oligossacarídeos, que são removidos no processo para obtenção da PIS (Parsons et al., 2000). Além disso, Genovese & Lajolo (1998) avaliando produtos comerciais oriundos da soja, concluíram que a PIS apresenta baixa atividade inibitória de tripsina. A justificativa de tal resultado está associada ao processo de obtenção dos isolados proteicos de soja, em que os referidos inibidores se concentram na fração solúvel que é descartada, após precipitação ácida das proteínas do extrato bruto (Honig et al., 1987).

Viola et al. (2008) estudando dietas para frangos com alta digestibilidade, incluindo 10,8 e 12% de PIS e amido de milho, concluíram que a digestibilidade das rações foi melhor quando houve diminuição do farelo de soja, e que a dieta de alta digestibilidade favoreceu a retenção proteica, sobretudo com rações contendo baixo nível de proteína bruta.

Longo et al. (2005a) estimaram o valor de 2110 kcal/kg para EMAn da PIS, valor bem abaixo do encontrado no NRC (1994), que é de 3500 kcal/kg. No mesmo estudo, o ganho de peso das aves não melhorou com a inclusão de 5,35% de PIS em substituição ao farelo de soja, mas houve melhora na conversão alimentar, em função do menor consumo. Os autores relataram que a PIS influenciou negativamente o consumo das aves, devido ao reduzido tamanho de partículas, que confere pior textura e maior pulverulência às dietas. Este efeito pode ser reduzido com a peletização. No estudo de Shelton et al. (2003), aves alimentadas com dietas contendo 22 e 23,4% de PIS apresentaram menor consumo de ração e, conseqüentemente, pior desempenho. Além do fator tamanho reduzido de partículas, os autores ainda mencionaram o maior teor energético das dietas com PIS para explicar o comprometimento do consumo das dietas.

Batal & Parsons (2003) incluíram 26,8% de PIS em dietas para frangos de 1 a 21 dias. A PIS melhorou a digestibilidade dos aminoácidos e



aumentou a EMAn. No entanto, o desempenho das aves alimentadas com PIS foi inferior às alimentadas com farelo de soja. Para os pesquisadores, este resultado pode estar relacionado ao desbalanceamento dos aminoácidos sulfurados e treonina da PIS. Emmert & Baker (1995) demonstraram que dietas semipurificadas sem suplementação de metionina e treonina, com 10% de proteína bruta oriunda da PIS, apresentaram qualidade proteica inferior às dietas com 10% de proteína bruta do farelo de soja. No entanto, quando as dietas com PIS foram suplementadas com os aminoácidos sintéticos, a qualidade proteica de ambas as dietas se igualaram.

## **2.5 Dificuldades para analisar o teor de amido nos produtos**

São inúmeras as técnicas e adaptações encontradas na literatura que propõem quantificar o amido. No entanto, não há consenso quanto a melhor, sendo que as existentes apresentam importantes diferenças de protocolo dificultando a comparação dos resultados obtidos.

Em dietas à base de milho e farelo de soja, Noy & Sklan (1995) encontraram 87% de coeficiente de digestibilidade (CD) ileal do amido em frangos com 21 dias de idade, utilizando técnica enzimática descrita por Rose et al. (1991). Já Sorbara (2008), com a técnica de amido Lane-Eynon, detectou 78,63 e 75,08% de CD ileal de amido em frangos com 19 dias e 40 dias, respectivamente. Rodrigues et al. (2003) utilizando técnica enzimática (Sigma Chemical Company, 1995), estimaram em média 95,67% de CD ileal de amido em frangos com 28 dias de idade, enquanto Weurding et al. (2001) encontraram 88,8% de CD jejunal, 95,3% de CD ileal (íleo anterior), 96,9% de CD ileal (íleo posterior) e 97,4% de CD total de dietas com milho para frangos com 29 dias de idade, utilizando técnica enzimática (Englyst et al., 1992).

A grande maioria das técnicas para análise de amido é enzimática, a exemplo da 996.11 descrita na Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1996), cujo princípio envolve a hidratação da amostra, com posterior hidrólise do amido a maltodextrinas a partir da ação da  $\alpha$ -amilase termoestável e alta temperatura (95-100°C). Em seguida, a temperatura e pH são ajustados e as maltodextrinas são hidrolisadas à glicose pela enzima amiloglicosidase. Então, a glicose é determinada pelo reagente de glicose oxidase-peroxidase em espectrofotômetro ( $\lambda$  505nm), cujo resultado da leitura é corrigido pelo fator 0,9, que transforma o valor obtido de glicose no seu equivalente de amido. Os produtos que contêm amidos com alto teor de amilose ou de amido resistente são pré-tratadas com dimetilsulfóxido (DMSO) em temperatura de 95°C, antes do tratamento com  $\alpha$ -amilase.

A técnica enzimática é muito laboriosa, sendo constituída de inúmeras etapas, portanto bastante sujeita a erros (Rose et al., 1991; Saliba et al., 2009). Além disso, os valores obtidos apresentam grande variação entre replicatas. Economicamente, são consideradas as mais onerosas, devido à utilização de muitos reagentes, entre eles enzimas. Porém, uma importante vantagem destas técnicas é a necessidade de pequena quantidade de amostra (100mg). Apesar de ser a técnica oficial da AOAC, apresenta várias limitações como a não utilização da enzima protease, além das já citadas. Sem esta enzima, a hidrólise do amido pode ser dificultada devido à presença de uma camada proteica ao redor dos grânulos de amido (complexos proteína-amido),

a qual pode diminuir a ação das enzimas amilolíticas (Walter et al., 2005b). Consequentemente, os resultados de amido disponível são subestimados, enquanto os de amido resistente são superestimados (Walter et al., 2005ab). A inclusão de protease aproxima o processo de hidrólise *in vitro* com os eventos digestivos no trato gastrointestinal (Goñi et al., 1996). Os resultados obtidos no estudo de Walter et al. (2005b) demonstraram variações significativas no teor de amido disponível e resistente para o arroz, influenciadas pela utilização de protease (88,06 e 0,15%, respectivamente) ou não (86,75 e 0,31%, respectivamente) durante a hidrólise do amido. Além do uso da protease, o trabalho de Walter et al. (2005b) constatou que a utilização de maior quantidade de amostra (300mg), em relação ao preconizado pela técnica da AOAC (100mg), diminuiu a variação entre replicatas. Quanto à economicidade, os resultados obtidos demonstraram que a substituição do tampão MOPS por tampão fosfato não alterou os resultados e proporcionou menor custo à análise.

Lima et al. (2006), fazendo uso da técnica 996.11 da AOAC e da enzima protease, observaram inconsistência entre os valores obtidos para amido disponível no amido de milho, sorgo e coproduto da laranja, e os valores apresentados em outros estudos. Os autores atribuíram tal variação à correção dos valores obtidos de amido disponível para a quantidade de açúcares simples das amostras, de acordo com Hall (2000). Os autores justificaram a correção em função da determinação do amido ter como base a medição da glicose, após hidrólise enzimática. Esta correção tem como intuito, evitar que glicose de outra origem, senão a do amido, seja quantificada como tal, superestimando os resultados. No entanto, a referida técnica da AOAC preconiza que, em amostras que contenham considerável teor de açúcares simples, as mesmas sejam pré-tratadas e centrifugadas com etanol aquoso (80%) aquecido à 80°C, descartando-se o sobrenadante, onde se encontram solubilizados os açúcares simples.

Entre outras técnicas reconhecidas para quantificação do amido está a de Lane-Eynon, muito aplicada em amostras com alto teor de amido. O princípio desta técnica titulométrica baseia-se na hidrólise completa do amido até glicose, que reduz o cobre do reagente de Fehling a óxido de cobre (Carvalho et al., 2006). Outra metodologia recomendada é polarimetria, cujo princípio fundamenta-se no valor do desvio da luz polarizada ao atravessar uma quantidade já determinada de uma solução opticamente ativa, após hidrólise branda do amido da amostra com solução de HCl (Machado et al., 2009). No entanto, um inconveniente da metodologia é a necessidade de quantidade significativa de amostra, mínimo de 8g. Machado et al. (2009) ao compararem as técnicas de Lane-Eynon e polarimetria, não observaram diferença significativa nos valores de amido obtidos, sendo que as duas técnicas mostraram-se precisas e exatas, desde que os operadores sejam adequadamente treinados. A técnica polarimétrica apresentou vantagens por ser de execução mais rápida e de menor custo. Porém, os autores comentam que, na polarimetria é comum ocorrer variação dos valores de amido obtidos em diferentes pesquisas, devido a diferenças principalmente na temperatura, do tempo e da agitação do banho-maria. Kennedy et al. (1994) sugeriram que, se o operador seguir rigorosamente as etapas da análise polarimétrica de amido, a imprecisão devido o operador pode chegar a menos de 0,5%. No

entanto, estes pesquisadores concluíram que metodologias enzimáticas são mais confiáveis.

Saliba et al. (2009) comparam uma técnica enzimática (McCleary et al., 1997) e duas instrumentais, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier e Análise Particular por Difração a Laser, na determinação do amido em amostras de mandioca. Como resultados, a técnica enzimática mostrou-se mais laboriosa e sujeita a variações nos resultados. As técnicas instrumentais mostraram-se promissoras para sua utilização na determinação do amido, pela uniformidade de seus resultados e rapidez na execução, além da vantagem de não utilizarem reagentes e exigirem mínima manipulação.

A quantificação do amido resistente é considerada ainda mais problemática, principalmente por esta fração não possuir uma estrutura química diferenciada, sendo constituída por um conjunto de estados físicos que alteram a taxa de digestão do amido convencional (Haralampu, 2000). O teor de amido resistente de um produto pode ser obtido por métodos *in vivo* e *in vitro*. Os métodos *in vivo* são pouco utilizados, devido sua complexidade e por serem bastante onerosos, visto que envolvem a utilização de indivíduos ileostomizados ou intubados com uma cânula até o ceco, permitindo a determinação do teor de amido que sai do intestino delgado ou determinação direta no conteúdo intestinal, respectivamente (Champ et al., 2001). Em função das várias inconveniências dos métodos *in vivo*, os métodos *in vitro* são os mais utilizados, nos quais o amido resistente pode ser estimado de forma direta, após a remoção do amido disponível (Berry, 1986), ou indiretamente, sendo a diferença do amido total e o digestível (Englyst et al., 1992). Para a solubilização do amido resistente é necessário a utilização de DMSO (método 996.11 da AOAC, 1996) ou hidróxido de potássio (NaOH; Englyst et al., 1992). Os métodos diretos são considerados mais precisos, devido o fato dos valores obtidos por métodos indiretos acumularem erros de duas determinações experimentais (Goñi et al., 1996). Posteriormente, o método direto original (Berry, 1986) foi modificado por Goñi et al. (1996), que incluíram o uso da enzima protease. No entanto, Faisant et al. (1993) concluíram que métodos *in vitro* subestimam o teor de amido resistente das amostras.

Walter et al. (2005c) compararam duas técnicas para quantificação de amido resistente, a 996.11 da AOAC, sem o uso de protease e, técnica Siljeström e Asp, que utiliza protease, em amostras de arroz branco e arroz parboilizado. Valores de amido resistente foram semelhantes entre arroz branco e parboilizado (4,2% versus 4,0 %) quando obtido pela técnica da AOAC 996,11. No entanto, quando se utilizou a técnica de Siljeström e Asp (1985) os valores de amido resistente do arroz branco foram menores do que os do arroz parboilizado (1,5% versus 3,8%). Para os pesquisadores a razão da grande diferença dos valores obtidos entre as duas técnicas está na utilização da enzima protease na técnica Siljeström e Asp, conforme recomenda Goñi et al. (1996). A protease desfaz a interação amido-proteína dos grãos mantendo apenas a sua fração do amido realmente resistente à ação enzimática. Zhang et al. (2007) recomendam ainda a utilização de antimicrobianos para evitar a proliferação microbiana durante a hidrólise da amostra na medição do amido resistente, evitando a superestimação dos

resultados. Os autores defendem que o crescimento microbiano pode afetar a atividade da  $\alpha$ -amilase e diminuir o grau de hidrólise do amido devido a acidificação da amostra durante a análise. De acordo com Perera et al. (2010), além das diferenças devido às técnicas, outras fontes de variação podem influenciar nos resultados como o tamanho de partículas da amostra, origem das enzimas e soluções tampão empregadas e temperaturas de incubação. Portanto, a complexidade em se proceder a quantificação do amido em produtos começa na escolha de uma metodologia apropriada entre várias, das quais nenhuma é unanimemente considerada ideal, o que resulta na dificuldade de comparação dos resultados obtidos em diferentes estudos.

### 3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

#### Hipóteses

1) Dietas com arroz e 6% de proteína isolada de soja são melhor aproveitadas pelas aves na fase pré-inicial do que dietas compostas por milho e farelo de soja.

2) O melhor desempenho de frangos de corte alimentados com dietas especiais durante a fase pré-inicial (1-7 dias) tem impacto positivo nas fases subsequentes.

3) A velocidade de digestão do amido, lentamente ou rapidamente digerível, pode influenciar o desempenho das aves.

#### Objetivos

1) Avaliar os efeitos da substituição do grão de milho pelo de arroz (branco e parboilizado) e da proteína isolada de soja em substituição de parte do farelo de soja em dietas pré-iniciais e iniciais para frangos de corte, considerando os coeficientes de retenção aparente dos componentes das dietas pré-iniciais e iniciais, além do desempenho das aves na fase pré-inicial e seu efeito acumulado nas fases subsequentes.

2) Obter as digestibilidades jejunal e ileal das dietas experimentais a fim de avaliar a velocidade de digestão do amido de diferentes cereais (milho, arroz branco e arroz parboilizado) e sua influência no desempenho das aves.

3) Avaliar a influência da porcentagem de óleo e forma física das dietas com proteína isolada de soja no consumo e, conseqüentemente, no desempenho de frangos na fase pré-inicial e seu efeito acumulado à fase subsequente, através da comparação de resultados de experimentos sequenciais.

## **CAPÍTULO II <sup>(1)</sup>**

---

<sup>(1)</sup> Artigo submetido à revista Poultry Science



**DIETAS PRÉ-INICIAIS PARA FRANGOS DE CORTE****Arroz e proteína isolada de soja em dietas pré-iniciais para frangos de corte****Rice and soy protein isolate in pre-starter diets for broilers**

P. D. Ebling\*<sup>1</sup>, A. M. Kessler\*, A. P. Villanueva\*, G. C. Pontalti\*, G. Farina\* e A. M.

L. Ribeiro\*

*\*Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS,*

*Brasil 91540-000*

Autor para correspondência: Patrícia Diniz Ebling

Endereço: Av. Bento Gonçalves, 7712 – Porto Alegre, RS, Brasil

CEP: 91540-000

Telefone: (55) 55 96612350

E-mail: pati\_sps@yahoo.com.br

Seção científica: Metabolismo e Nutrição

---

<sup>1</sup> Autor para correspondência: pati\_sps@yahoo.com.br



**RESUMO** Apesar da maioria das agroindústrias adotarem dieta específica para a fase pré-inicial de frangos, os ingredientes utilizados são os mesmos das fases posteriores, basicamente milho e farelo de soja, os quais nesta fase não apresentam alta digestibilidade. Foram conduzidos três experimentos (Exp) para avaliar a substituição do milho por arroz, branco (AB) ou parboilizado (AP), e a inclusão de 6% de proteína isolada de soja (PIS), visando o uso desses ingredientes em dietas pré-iniciais. No Exp I as substituições foram feitas até 21 dias, enquanto nos Exp II e III, as dietas substitutivas foram utilizadas somente até os sete dias de idade, sendo que nas fases posteriores todas as aves receberam a mesma ração, com base no milho e no farelo de soja. No Exp I avaliou-se os coeficientes de retenção aparente (CRA) das dietas pré-iniciais e iniciais, digestibilidades ileal e jejunal do amido das dietas iniciais e o desempenho de frangos de corte (1-21 dias). Na sequência, dois Exp foram conduzidos para avaliar as mesmas dietas pré-iniciais, porém sob a forma física peletizada (Exp II) e farelada (Exp III), variando na porcentagem de óleo (Exp II) ou não (Exp III) no desempenho de frangos (1-33 dias). Não houve interação entre os fatores avaliados ( $P > 0,05$ ). O arroz (AB ou AP), comparado ao milho, conferiu os melhores resultados tanto para os CRA dos componentes das dietas e digestibilidades jejunal e ileal do amido, quanto para desempenho ( $P < 0,01$ ). Entre os dois tipos de arroz, dietas com AB resultaram no maior aproveitamento de todos os componentes das dietas ( $P < 0,05$ ), com exceção do amido e energia metabolizável aparente que não diferiram das dietas com AP ( $P > 0,05$ ). No Exp I, dietas com 6% de PIS apresentaram melhor CRA, porém reduziram o consumo de ração, prejudicando o desempenho das aves ( $P < 0,01$ ). No Exp III, a melhor conversão alimentar das aves dos tratamentos com arroz persistiu até 33 dias de idade ( $P < 0,05$ ). Nos Exp II e III a inclusão de PIS não melhorou o desempenho das aves ( $P > 0,05$ ). A inclusão de PIS não melhorou o desempenho das aves em dietas peletizadas ou com igual porcentagem de óleo. Sugere-se a substituição do milho por arroz em dietas pré-iniciais para frangos.

**Palavras chave:** amido, arroz, dieta pré-inicial, frangos de corte, proteína isolada de soja

**ABSTRACT** Although most industries use a specific diet for the pre-starter phase, ingredients are used as the later phases, primarily corn and soybean meal, which at this stage does not have high digestibility. Three experiments (Exp) were conducted to evaluate the replacement of corn by rice, white (WR) or parboiled (PR), and the inclusion of 6% of soy protein isolate (SPI) were conducted aiming to use these ingredients in pre-starter diets. In Exp I substitutions were made up to 21 days. In Exp II and III, substitute diets were used only until seven days of age, whereas in the later stages, all birds received the same diet based on corn and soybean meal. In Exp I we evaluated the coefficients of total tract apparent retention (CTTAR) of pre-starter and starter diets and jejunal and ileal digestibility of starch starter diets and the broilers performance (1-21 days). In the sequence, two Exp were conducted to evaluate the same pre-starter diet, but in pellets physical form (Exp II) or mash (Exp III) varying the percentage of oil (Exp II) or not (Exp III) and broilers performance until 33 days. There was no interaction between the factors evaluated ( $P > 0.05$ ). Rice (WR or PR) compared to corn, gave the best results for CTTAR of diet components, jejunal and ileal digestibility of starch, and performance ( $P < 0.01$ ). Between the two types of rice, WR diets resulted in greater utilization of all components of the diets ( $P < 0.05$ ), except starch and AMEn that no differed to PR ( $P > 0.05$ ). In Exp I, diets with 6% SPI showed better CTTAR, but reduced feed intake, impairing the performance of broilers ( $P < 0.01$ ). In Exp III, better feed conversion of rice diets was kept in the later stages ( $P < 0.05$ ). In Exp II and III SPI did not improve bird performance ( $P > 0.05$ ). The inclusion of SPI has not improved the bird performance in pelleted or equal percentage of oil diets. We suggest the replacement of corn by rice in pre-starter diets for broilers.

**Key words:** broiler, pre-starter diet, rice, soy protein isolate, starch

## INTRODUÇÃO

A adoção de uma dieta específica para a fase pré-inicial (1-7 ou 1-10 dias de idade) de frangos é preconizada em razão da maior exigência nutricional nesta fase comparada às demais, e justificada pelas particularidades gastrintestinais dos frangos, que nesta fase possuem dificuldade em digerir e absorver nutrientes (Noy e Sklan, 1995; 1997), além da alta taxa de crescimento e da grande demanda por calor durante os primeiros dias de vida. Neste período, as aves sofrem ainda o impacto da transição da utilização do conteúdo do saco vitelínico, contendo lipídios como principal fonte de energia, para alimentação exógena, rica em carboidratos.

Na formulação de dietas pré-iniciais deve-se preconizar o uso de ingredientes diferenciados, que apresentem alta concentração e disponibilidade de seus nutrientes, para compensar as limitações fisiológicas das aves nesta fase. Apesar do milho e do farelo de soja estarem consolidados na alimentação de aves, estudos indicam que o aproveitamento de seus nutrientes é diminuído na fase pré-inicial de frangos (Batal e Parsons, 2002). Entre os ingredientes que podem substituir o milho, destaca-se o arroz. Nutricionalmente, o arroz é caracterizado pelo seu elevado teor de amido (71,8%; FEDNA, 2010) de excelente qualidade (Tester et al., 2004), fator que pode melhorar a eficiência de uso da energia.

Trabalhos relacionados à nutrição humana são unânimes em afirmar que o amido do arroz branco é rapidamente digerível, pois resulta em rápida resposta glicêmica pós-prandial (Miller et al., 1992; Thompson et al., 2012). Entretanto, após ser submetido ao processo hidrotérmico de parboilização, a estrutura do amido é alterada devido à gelatinização, podendo ocorrer ainda retrogradação durante o resfriamento, quando há formação de amido resistente (Englyst et al., 1992), o que pode diminuir digestibilidade total do amido (Guha et al., 2011). A velocidade da digestão do amido no intestino delgado, rapidamente ou lentamente digerível, pode influenciar o aproveitamento da proteína das dietas (Weurding et

al., 2003a) e, conseqüentemente o desempenho das aves (Weurding et al., 2003a,b), pois uma assincronia entre a digestão de amido e proteína pode ocasionar a oxidação de aminoácidos para suprir a demanda em energia pelo epitélio intestinal dos animais (Fleming et al., 1997).

A proteína isolada de soja (**PIS**) em substituição ao farelo de soja também parece ser melhor opção, em função da alta digestibilidade de sua proteína e baixo conteúdo de polissacarídeos não amiláceos (Parsons et al., 2000). Porém, em alguns estudos relatou-se diminuição no consumo de dietas contendo PIS em função do tamanho reduzido das partículas desse ingrediente (Shelton et al., 2003; Longo et al., 2005).

Com a idade média de abate dos frangos de 40 dias, os sete primeiros passaram a corresponder a uma boa parcela do tempo de alojamento, ou seja, 17,5% do período total, além do peso corporal do final da primeira semana apresentar correlação positiva com o peso ao abate (Tona et al., 2004). Assim, fatores que otimizam o desempenho de frangos de corte durante a fase pré-inicial são cada vez mais importantes, devido à progressiva diminuição do ciclo de produção dos frangos. Além disso, o consumo de ração nesta fase é pequeno, correspondendo à apenas 3,5% do total de ração consumida no alojamento, o que permite a inclusão de ingredientes de maior custo.

Objetivou-se com o trabalho avaliar os efeitos da substituição do grão de milho pelo arroz, branco ou parboilizado, e da inclusão da PIS em substituição de parte do farelo de soja, em dietas pré-iniciais para frangos de corte sobre a metabolizabilidade de componentes das dietas, digestibilidades jejunal e ileal do amido e desempenho imediato e posterior à mudança da dieta.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o registro Nº 23 285, estando de acordo com as normas éticas, as quais são baseadas na Lei Federal Nº 11794 de 08 de outubro de 2008.

### ***Procedimentos gerais***

Foram conduzidos três experimentos (**Exp**) com frangos de corte machos, da linhagem Cobb, para avaliar a substituição do milho por arroz, branco ou parboilizado, e a inclusão de 6% de proteína isolada de soja (**PIS**), visando o uso desses ingredientes em dietas pré-iniciais. No Exp I as substituições foram feitas até 21 dias, enquanto nos Exp II e III, somente até os sete dias de idade. As medidas avaliadas no Exp I foram coeficientes de retenção aparente (**CRA**) dos componentes das dietas, digestibilidades jejunal e ileal do amido e desempenho dos frangos. Nos Exp II e III foi avaliado o desempenho dos frangos alimentados com uma dieta peletizada (Exp II) ou farelada (Exp III), com diferentes porcentagens de óleo (Exp II) ou não (Exp III), mantendo as substituições de ingredientes do Exp I. As dietas foram formuladas para serem isonutritivas e para atenderem as exigências nutricionais das aves (Rostagno et al., 2011). A energia metabolizável aparente corrigida para o nitrogênio (**EMAn**) utilizada para o arroz foi de 3279 kcal/kg (Rostagno et al., 2011) e para a PIS foi de 3500 kcal/kg (NRC, 1994). Durante o período experimental as aves receberam água e ração à vontade. Os programas de iluminação foram de 24 horas (Exp I) e 21 horas de luz (Exp II e III). A ambiência das salas experimentais foi monitorada por meio de termômetros de máxima e mínima, com intuito de manter as aves sempre na zona de termoneutralidade.

### ***Experimento (Exp) I***

O Exp I envolveu avaliações de CRA das dietas experimentais durante a fase pré-inicial dos frangos (1-7 dias) e na fase inicial (8-21 dias), e avaliação de digestibilidades

jejunal e ileal do amido das dietas iniciais (aos 21 dias), além da avaliação de desempenho até os 21 dias.

Foram utilizados 240 frangos, de um a 21 dias de idade, alojados em baterias metálicas com bandeja para coleta de excretas, numa densidade de oito aves por gaiola metabólica. As dietas (Tabela 1) foram fornecidas às aves na forma farelada. O diâmetro geométrico médio das partículas do milho, arroz branco e arroz parboilizado foram de 490, 528 e 486  $\mu\text{m}$ , respectivamente. A metodologia utilizada para os ensaios de CRA foi a coleta total de excretas, com quatro dias de adaptação e três de coleta (Cortés et al., 2009). As excretas foram coletadas uma vez por dia, do quarto ao sétimo dia (na fase pré-inicial) e, do 16º ao 19º dia (na fase inicial), sendo imediatamente armazenadas a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Os teores de matéria seca (**MS**), nitrogênio (**N**), amido disponível (**AM**) e energia bruta (**EB**) foram determinados em dietas e excretas de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1996) para determinar os CRA da MS, proteína bruta (**PB**), AM, EB e EMAn. Para a análise de N das excretas, adicionou-se  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (antes da secagem), para evitar a perda do N durante o processo de secagem (Ribeiro et al., 2001). Na análise de AM das amostras considerou-se uma adaptação do método 996.11 da AOAC (1996) proposta por Walter et al. (2005), em que utilizou-se o tampão fosfato pH 6,8 (da incubação com  $\alpha$ -amilase termoestável) em substituição ao tampão MOPS [Ácido 3-(N-morfolino) - propanossulfônico] pH 7,0. A alteração do pH de 7,0 para 6,8 não influencia a atividade da enzima, visto que esta apresenta atividade ótima em intervalo de pH de 6,0 a 7,0 (Walter et al., 2005).

As digestibilidades jejunal e ileal do AM foram estimadas a partir das amostras coletadas das digestas do jejuno e íleo em frangos com 21 dias de idade, conforme metodologia descrita por Sakomura e Rostagno (2007). Durante a fase inicial (8-21) as aves receberam dietas com 1% de celite (cinza ácida insolúvel) como indicador indigestível. Duas horas antes do abate, as aves foram estimuladas a consumir ração (produção de sons na sala)

para evitar que os segmentos intestinais apresentassem pouco conteúdo. A eutanásia das aves foi por deslocamento cervical. Imediatamente após a eutanásia, o íleo foi exposto após incisão abdominal e um segmento de 18 cm, terminado a quatro cm da junção íleo-ceco-cólica, foi pinçado e seu conteúdo espremido por pressão digital dentro de tubos plásticos. O mesmo procedimento foi realizado no jejuno, cujo conteúdo do segmento de 18 cm, terminado a quatro cm do divertículo de Meckel, foi coletado. As amostras de conteúdos intestinais coletados e pesados foram armazenadas à -20° C. Posteriormente, as amostras foram secas por liofilização a -40° C, por 72 horas. Além da análise de AM, o teor de cinza ácida insolúvel também foi determinado nas amostras de dietas e conteúdos intestinais pelo método 942.05 da AOAC (2005).

As digestibilidades ileal e jejunal do AM foram determinadas a partir da sua concentração na dieta e na digesta, corrigida para a concentração de indicador, conforme as fórmulas:

$$FI = \% \text{ cinza ácida insolúvel dieta} / \% \text{ cinza ácida insolúvel digesta ileal (ou jejunal)}$$

$$CD = (\% \text{ AM dieta} - (\% \text{ AM na digesta} * FI) / \% \text{ AM dieta}) * 100$$

Onde: FI é o fator de indigestibilidade e CD é o coeficiente de digestibilidade ileal (ou jejunal).

### ***Experimento (Exp) II***

No Exp II, os frangos foram alimentados com as dietas experimentais, contendo diferentes fontes de amido e com ou sem 6% de PIS (Tabela 2), na forma peletizada, com intuito de evitar possível influência da granulometria e pulverulência da PIS no consumo das aves. A peletização das dietas foi realizada em peletizadora fabricada pela Incomac®, modelo 15cv, N° de série 0033, equipada por matriz com furos de 2,38 mm de diâmetro. As aves receberam as dietas experimentais, somente durante os sete primeiros dias de vida dos frangos. Nas fases posteriores todas as aves receberam a mesma ração, com base no milho e

no farelo de soja. Foram utilizados 300 frangos, de um a 33 dias de idade, alojados em boxes de 1m<sup>2</sup> equipados com um comedouro tubular e bebedouro tipo *nipple*, sobre cama de maravalha, numa densidade de 10 aves/box. As pesagens de ração e aves foram realizadas semanalmente.

### ***Experimento (Exp) III***

No Exp III, as dietas experimentais (Tabela 2) foram formuladas para apresentarem mesma porcentagem de gordura adicionada (4,03% de óleo vegetal), evitando possível influência no consumo de ração. As substituições de ingredientes dos Exp I e II foram mantidas, assim como os procedimentos do Exp II, à exceção da forma física da ração, que foi farelada.

### ***Delineamento experimental e análises estatísticas***

Nos três Exp o delineamento foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 2 (fontes de amido, milho, arroz branco e arroz parboilizado, e presença ou ausência de 6% de PIS). Foram utilizadas cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais por Exp. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, para as variáveis que apresentaram diferenças significativas, foi aplicado o teste de médias “LS means”, por meio do *software* SAS (2009).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Experimento (Exp) I***

Não houve interação entre os fatores investigados para as variáveis avaliadas ( $P > 0,05$ ). Por isso, discutiremos apenas os efeitos principais.

As dietas pré-iniciais e iniciais contendo arroz branco ou parboilizado em substituição ao milho apresentaram maior coeficientes de retenção aparente (**CRA**) para todos os componentes avaliados ( $P < 0,001$ ), com exceção do CRA da proteína bruta, que foi maior



para o arroz branco ( $P < 0,05$ ), seguido pelo arroz parboilizado e milho, que não diferiram ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3). Os resultados positivos do arroz são atribuídos ao baixo nível de polissacarídeos não amiláceos totais (0,8 versus 8,1%; Choct, 1997) do arroz comparado ao milho. Os polissacarídeos não amiláceos solúveis são responsáveis por aumentar a viscosidade no trato intestinal, o que diminui a absorção dos nutrientes (Hetland et al., 2004). Já os insolúveis, em dietas para frangos, aumentam a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, reduzindo a digestibilidade dos componentes das dietas (Gerber et al., 2006; Krás et al., 2013). Entre os dois tipos de arroz, dietas pré-iniciais e iniciais com arroz branco apresentaram maior CRA para todos os componentes avaliados ( $P < 0,05$ ); porém a energia metabolizável corrigida para nitrogênio (**EMAn**) não diferiu entre os tipos de arroz ( $P > 0,05$ ).

O processo de parboilização envolve o encharcamento sob calor do grão em casca, seguido de gelatinização parcial ou total do amido, resfriamento e secagem (Amato e Elias, 2005). Durante o resfriamento pode ocorrer a retrogradação do amido, com a formação de amido resistente (Englyst et al., 1992), que passa intacto pelo intestino delgado sendo fermentado no intestino grosso (Wolf et al., 1999). O arroz parboilizado possui 3,8% de amido resistente, enquanto o arroz branco possui 1,5% (Walter et al., 2005b). O maior teor de amido resistente está associado à maior presença de fibra dietética no arroz parboilizado (4,15%) em relação ao arroz branco (2,87%) (Storck et al., 2005). Esses fatores explicam a menor EMAn as dietas iniciais com arroz parboilizado em relação ao arroz branco. Durante a parboilização pode ocorrer a Reação de *Maillard* (Lamberts et al., 2008), que é a formação de um complexo entre um açúcar redutor e o grupamento amino de aminoácidos, diminuindo a disponibilidade dos mesmos, o que pode esclarecer o melhor aproveitamento proteico das dietas pré-iniciais e iniciais com arroz branco em relação ao parboilizado.

Dietas pré-iniciais com 6% de proteína isolada de soja (**PIS**) apresentaram maior CRA para matéria seca e energia bruta (EB,  $P < 0,001$ ) (Tabela 3). Este resultado se repetiu para as dietas iniciais com PIS, que ainda apresentaram maior EMAn. A ausência de efeito quanto ao aproveitamento da proteína não chama a atenção, visto o problema do farelo de soja não estar na qualidade de sua proteína e sim na qualidade de seus carboidratos (estaquiose, rafinose) (Hagely et al., 2013). O maior CRA dos componentes das dietas com 6% de PIS era esperado, justamente devido à remoção dos oligossacarídeos, como rafinose e estaquiose deste ingrediente (Parsons et al., 2000).

Para os valores de amido, os coeficientes de digestibilidade (**CD**) total das dietas iniciais com arroz, branco ou parboilizado, foi superior às dietas com milho, bem como os CD jejunal e ileal ( $P < 0,0001$ ) (Tabela 4). Estes resultados comprovam a melhor qualidade do amido do arroz que apresenta menor encapsulamento (Svihus et al., 2005), menor tamanho de grânulos (3 a 8 versus 2 a 30 mm para o milho, Tester et al., 2004) e menor teor de amilose (5 a 12 versus 10 a 20% para o milho, Vandeputte e Delcour, 2004). Dessa forma, o amido de arroz está mais disponível para a ação das enzimas digestivas em comparação ao do milho. A avaliação das digestibilidades jejunal e ileal teve como intuito investigar o local do trato gastrointestinal onde ocorre a maior taxa de digestão do amido dos cereais avaliados e inferir sobre a velocidade da digestão deste nutriente. Observa-se nos resultados da Tabela 4 que, independentemente do cereal, a maior digestão do amido ocorreu até o final do jejuno concordando com os dados de Weurding et al. (2001) e Alamo et al. (2009). Apesar dos resultados destes trabalhos concordarem em relação ao local onde ocorre a maior parte da digestão do amido, os valores da digestibilidade do amido são bastante diferentes entre os trabalhos. Isso deve-se à grande variação e adaptações das técnicas de análise de amido que dificultam a comparação dos resultados entre diferentes estudos (Rose et al., 1991). Em dietas à base de milho e farelo de soja, Noy e Sklan (1995) encontraram 87% de CD ileal do amido

em frangos com 21 dias de idade, utilizando metodologia enzimática descrita por Rose et al. (1991). Rostagno et al. (2003) utilizando metodologia enzimática (Sigma Chemical Company, 1995) em dietas com milho, estimaram em média 95,67% de CD ileal de amido em frangos com 28 dias de idade, enquanto Weurding et al. (2001) encontram 88,8% de CD jejunal, 95,3% de CD ileal (íleo anterior), 96,9% de CD ileal (íleo posterior) e 97,4% CD total de dietas com milho para frangos com 29 dias de idade. Apenas 1,8 pontos percentuais do amido das dietas com arroz branco e arroz parboilizado desapareceram no intestino grosso (fermentação pelos micro-organismos), versus 4,7 nas dietas com milho, explicando os maiores valores de EMAn para as dietas com arroz. A diferença entre os CD ileal e jejunal do amido foi de 11,2 pontos percentuais para o milho, 7,5 para o arroz branco e 4,4 para o arroz parboilizado, mostrando maior velocidade na digestão do amido do arroz comparado ao milho. Neste trabalho, dietas com arroz branco ou parboilizado, com amido mais rapidamente digerível, conferiram as melhores respostas de desempenho (Tabela 5), contrariando a tese de Weurding et al. (2003a,b) e Enting et al. (2005). Observou-se maior digestibilidade de amido ( $P < 0,0001$ ) na presença de PIS. O menor consumo de ração observado com esta dieta pode ser uma das explicações, bem como o maior trânsito da dieta com maior quantidade de farelo de soja pode ter diminuído a digestibilidade das dietas sem PIS. A diferença de granulometria entre as dietas com e sem PIS também pode ser um fator que influenciou os resultados observados.

O maior CRA dos componentes das dietas com arroz e a maior EMAn destas dietas refletiu positivamente no desempenho das aves em ambas as fases ( $P < 0,05$ ) (Tabela 5). Brum et al. (2007), trabalhando com arroz quebrado observaram que a substituição de 40% do milho por arroz não afetou o desempenho e rendimento de carcaça dos frangos aos 42 dias de idade. González-Alvarado et al. (2007) observaram melhor aproveitamento dos componentes das dietas e desempenho dos frangos alimentados com arroz quebrado substituindo totalmente

o milho. Estes autores mencionaram que o valor de EMAn utilizado para o arroz (3360 kcal/kg, FEDNA, 2003) subestimou a contribuição de energia real do arroz nas dietas. No presente trabalho foi utilizado o valor de 3279 kcal/kg de EMAn para o arroz (Rostagno et al., 2011) e a mesma subestimação foi observada. Diferenças entre 115 a 196 kcal foram observadas entre EMAn estimadas e calculadas, mostrando o potencial do arroz para aves. Portanto, é necessário atualizar a EMAn do arroz para aves, pois os valores disponíveis subestimam o real valor energético deste ingrediente.

Com relação ao ingrediente proteico, as aves com 6% de PIS apresentaram pior desempenho ( $P < 0,001$ ), o que não era esperado visto os resultados positivos de CRA (Tabela 3). O mesmo resultado foi observado por Batal e Parsons (2003) ao incluírem 26,8% de PIS em dietas iniciais. No presente experimento, o menor consumo de ração, observado já na fase pré-inicial, comprometeu o desempenho das mesmas (Tabela 5). Este resultado corrobora os observados por Shelton et al. (2003), que atribuíram o menor consumo de ração ao maior teor energético das dietas com PIS e ao tamanho reduzido das partículas deste ingrediente. Longo et al. (2005) também observaram menor consumo de ração em aves alimentadas com 5,35% de PIS, porém sem piora no ganho de peso e na conversão alimentar. No presente trabalho observou-se que o tamanho reduzido das partículas de PIS diminuiu a granulometria das dietas (Tabela 1), afetando a aceitabilidade pelas aves que, em geral, possuem maior preferência alimentar por alimentos com maior granulometria (Nir et al., 1994).

A EMAn da PIS para aves também é bastante variável na literatura. No presente trabalho foi utilizado o valor de 3500 kcal/kg de EMAn para frangos de corte (NRC, 1994). No entanto, Longo et al. (2005) estimaram em 2110 kcal/kg a EMAn da PIS para aves. Em nosso estudo, apesar da energia bruta de dietas com PIS ter sido entre 81 e 204 kcal menor que as dietas sem PIS (Tabela 1 e 2), esta relação inverteu-se na comparação das EMAn das

dietas iniciais com e sem PIS no Exp I, levando à inferência de que o valor de EMAn da PIS para aves é em torno de 3500kcal/kg.

### ***Experimento (Exp) II***

Com o uso de rações peletizadas também não houve interação entre os fatores investigados ( $P > 0,05$ ). Os resultados do Exp II mostram novamente a superioridade do desempenho dos frangos alimentados com arroz em substituição ao milho na fase pré-inicial ( $P < 0,01$ ) (Tabela 6). Porém, os resultados não se mantiveram nas fases posteriores (até 33 dias de idade), com uma dieta única à base do milho e do farelo de soja ( $P > 0,05$ ). No entanto, vale salientar que as aves foram alojadas em um ambiente experimental com temperatura e umidade dentro da zona de conforto térmico. Em condições práticas, com desafios sanitários, térmicos, de maior competição por bebedouros e comedouros e onde a desuniformidade dos lotes é maior, o melhor desempenho das aves na fase pré-inicial pode ter uma importância maior no desempenho final do lote.

Com o uso de rações peletizadas, a inclusão de PIS não influenciou o consumo de ração bem como o desempenho das aves ( $P > 0,05$ ). Portanto a peletização da ração evitou a redução no consumo das dietas contendo PIS, observada em estudos anteriores (Shelton et al., 2003; Longo et al. 2005) e pode-se observar numericamente um aumento no consumo da ração, na ordem de 10 gramas, na comparação entre os consumos do Exp I e II.

### ***Experimento (Exp) III***

Na comparação entre as dietas com mesma porcentagem de inclusão de óleo, não foi observada interação entre os fatores investigados ( $P > 0,05$ ). Os resultados do experimento III confirmam o melhor desempenho dos frangos alimentados com arroz em substituição ao milho na fase pré-inicial ( $P < 0,001$ ) (Tabela 7). Neste Exp, a melhor CA dos tratamentos com arroz persistiu até 33 dias de idade ( $P < 0,05$ ), apesar das aves de todos os tratamentos terem recebido a mesma ração a partir dos oito dias. Embora muitas das estratégias nutricionais com

o objetivo de otimizar a fase pré-inicial de frangos demonstram melhorias nesta fase, os efeitos diminuiram com a idade, não influenciando o desempenho em fases subsequentes (Noy & Sklan, 2002; Longo et al., 2005).

A inclusão de PIS não influenciou o consumo de ração bem como o desempenho das aves ( $P > 0,05$ ). Portanto, a mesma porcentagem de óleo nas dietas evitou a redução no consumo de dietas com 6% de PIS pelas aves, assim como a peletização das dietas no Exp II. Kessler et al. (2009) constataram que aves selecionam dietas contendo alto nível de gordura e, conseqüentemente, maior energia metabolizável já na primeira semana de vida. A gordura é o nutriente de maior densidade energética, menor incremento calórico das dietas e, ainda reduz a taxa de passagem da digesta ao longo do trato gastrintestinal, o que favorece a ação das enzimas e o aproveitamento dos nutrientes (NRC, 1994). Além disso, a gordura adicionada aumenta a palatabilidade das dietas estimulando o consumo pelas aves (Maiorka et al., 2008). A gordura adicionada melhora a textura da ração e diminui a pulverulência, e é isso que aumenta a palatabilidade e o consumo de ração pelas aves.

## CONCLUSÕES

O arroz (branco ou parboilizado) pode ser utilizado como fonte principal de amido em dietas pré-iniciais para frangos, pois melhora o aproveitamento dos componentes das dietas e o desempenho imediato e acumulado das aves comparado ao milho.

O amido do arroz é mais rapidamente digerível em comparação ao do milho.

A inclusão de proteína isolada em dietas pré-iniciais para frangos não melhorou o desempenho. Recomenda-se que as dietas com proteína isolada de soja contenham gordura adicionada e sejam fornecidas às aves na forma peletizada.

## AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por ter financiado esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Amato, G. W., e M. C. Elias. 2005. Parboilização do arroz. 1ª ed. Ricardo Lenz, Porto Alegre, RS.
- Association of Official Analytical Chemists. 1996. Official methods of analysis. 16th ed., Washington, DC.
- Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official methods of analysis. 18th ed., Washington, DC.
- Batal, A. B., and C. M. Parsons. 2002. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. *Poult. Sci.* 81:400-407.
- Batal, A. B., and C. M. Parsons. 2003. Utilization of different soy products as affected by age in chicks. *Poult. Sci.* 82:454-462.
- Brum, B. S., I. Zanella, G. S. P. de Toledo, E. G. Xavier, T. A. Vieira, E. C. Gonçalves, H. Brum, e J. L. S. de Oliveira. 2007. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. *Cienc. Rural.* 37:1423-1429.
- Choct, M. 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed Milling International*, June Issue:13-26.
- Cortés, M. E. M., A. M. L. Ribeiro, M. F. Gianfelici, A. de M. Kessler and M. L. de Moraes. 2009. Study of methodological variations in apparent nutrient metabolism determination in broiler chickens. *R. Bras. Zootec.* 38:921-1927.
- Englyst, H. N., S. M. Kingman, and J. H. Cummings. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46:33-50.

- Enting, H., J. Pos, R. E. Weurding, and A. Veldman. 2005. Starch digestion rate affects broiler performance. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 17:20 (Abstr.).
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2010. *Tabelas FEDNA de composição e valor nutricional dos alimentos*. 3ª ed., Madrid.
- Fleming, S. E., K. L. Zambell, and M. D. Fitch. 1997. Glucose and glutamine provide similar proportions of energy to mucosal cells of rat small intestine. *Am. J. Physiol.* 273:968–978.
- Gerber, L. F. P., A. M. Penz Jr., e A. M. L. Ribeiro. 2006. Efeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e o metabolismo de frangos de corte. *R. Bras. Zootec.* 35:1359-1365.
- González-Alvarado, J. M., E. Jiménez-Moreno, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2007. Effects of cereal, heat processing, and fiber on productive performance and digestive traits of broilers. *Poult. Sci.* 86:1705-1715.
- Guha, M., S. S. Umesh, S. Y. Reddy, and N. G. Malleshi. 2011. Functional properties of slow carbohydrate digestible rice produced adapting hydrothermal treatment. *Int. J. Food Prop.* 14:1305-1317.
- Hagely, K. B., D. Palmquist, and K. D. Bilyeu. 2013. Classification of distinct seed carbohydrate profiles in soybean. *J. Agric. Food Chem.* 61:1105-1111.
- Hetland, H., M. Choct, and B. Svihus. 2004. Role of insoluble no-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World Poultry Sci. J.* 60:415-422.
- Kessler, A. de M., D. S. Lubisco, M. M. Vieira, A. M. L. Ribeiro, and A. M. Penz Jr. 2009. Fatty-acid composition of free-choice starter broiler diets. *Braz. J. Poult. Sci.* 11:31-38.
- Krás, R. V., A. de M. Kessler, A. M. L. Ribeiro, J. D. Henn, L. Bockor, and A. F. Sbrissia. 2013. Effect of dietary fiber, genetic strain and age on the digestive metabolism of broiler chickens. *Braz. J. Poult. Sci.* 15:83-90.



- Lamberts, L., I. Rombouts, K. Brijs, K. Gebruers, and J. A. Delcour. 2008. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. *Food Chem.* 110:916–922.
- Longo, F. A., J. F. M. Menten, A. A. Pedroso, A. N. Figueiredo, A. M. C. Racanicci, J. B. Gaiotto, e J. O. B. Sorbara. 2005. Diferentes fontes de proteína na dieta pré-inicial de frangos de corte. *R. Bras. Zootec.* 34:112-122.
- Maiorka, A., F. Dahlke, E. Santin, L. D. G. Bruno, and M. Macari. 2008. Energy and oil levels in broiler starter diets. *Cienc. Rural.* 38:1099-1104.
- Miller, A. B., E. Pang, and L. Bramall. 1992. Rice: a high or low glycemic index food? *Am. J. Clin. Nutr.* 56:1034-1036.
- Nir, I., Y. Twina, E. Grossman, and Z. Nitsan. 1994. Quantitative effects of pelleting on performance, gastrointestinal tract and behaviour of meat-type chickens. *Br. Poult. Sci.* 35:589–602.
- Noy, Y. and D. Sklan. 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poult. Sci.* 74:366-373.
- Noy, Y. and D. Sklan. 1997. Posthatch development in poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 6:344-354.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry, 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Parsons, C. M., Y. Zhang, and M. Araba. 2000. Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. *Poult. Sci.* 79:1127-1131.
- Ribeiro, A. M. L., A. M. Penz Jr., T. K. Belay, and R. G. Teeter. 2001. Comparison of different drying techniques for nitrogen analysis of poultry excreta, feces, and tissue. *J. Appl. Poult. Res.* 10:21-23.

- Rose, R., C. L. Rose, S. K. Omi, K. R. Forry, D. M. Durall, and W. L. Bigg. 1991. Starch determination by perchloric acid vs enzymes: valuating the accuracy and precision of Six colorimetric methods. *J. Agric. Food Chem.* 39:2-11.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. de Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. de T. Barreto e R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª ed. UFV, Viçosa: UFV, MG.
- Sakomura, N. K., e H. S. Rostagno. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 1ª Ed. FUNEP, Jaboticabal, SP.
- Statistical Analysis System. 2009. User'guide: Stat Version. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Shelton, J. L., I. Mavromichalis, R. L. Payne, L. L. Southern, and D. H. Bakert. 2003. Growth performance of different breed crosses of chicks fed diets with different protein and energy sources. *Poult. Sci.* 82:272-278.
- Storck, C. R., L. P. Silva, e C. G. Comarella. 2005. Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. *Alim. Nutr.* 16:259-264.
- Svihus, B., A. K. Uhlen, and O. M. Harstad. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122:303–320.
- Tester, F., J. Karkalas, and X. Qi. 2004. Starch Composition, fine structure and architecture. *J. Cereal Sci.* 39:151-165.
- Thompson, S. V., D. M. Winham, and A. Hutchins. 2012. Bean and rice meals reduce postprandial glycemic response in adults with type 2 diabetes: a cross-over study. *Nutr. J.* 11:1-7.
- Tona, K., O. Onagbesan, B. De Ketelaere, E. Decuypere, and V. Bruggeman. 2004. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days. *J. Appl. Poult. Res.* 13:10-18.

- Vandeputte, G. E., and J. A. Delcour. 2004. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: A focus on rice starch. *Carbohydr. Polym.* 58:245–266.
- Walter, M., L. P. Silva, e D. M. X. Perdomo. 2005a. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. *Alim. Nutr.* 16:39-43.
- Walter, M., L. P. Silva, and C. C. Denardin, 2005b. Rice and resistant starch: different content depending on chosen methodology. *J. Food Comp. Ana.* 18:279–285.
- Weurding, R. E., A. Veldman, W. A. G. Veen, P. J. van der Aar, and M. W. A. Verstegen. 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. *J. Nutr.* 131:2329–2335.
- Weurding, R. E., H. Enting, and M. W. A. Verstegen. 2003a. The Relation Between Starch Digestion Rate and Amino Acid Level for Broiler Chickens. *Poult. Sci.* 82:279–284.
- Weurding, R. E., H. Enting, and M. W. A. Verstegen. 2003b. The effect of site of starch digestion on performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 110:175–184.
- Wolf, B. W., L. L. Bauer, and C. Fahey Jr. 1999. Effects of chemical modification on *in vitro* rate and extent of food starch digestion: an attempt to discover a slowly digested starch. *J. Agric. Food Chem.* 47:4178-4183.

Tabela 1- Composição nutricional e em ingredientes (%) e diâmetro geométrico médio (DGM) das dietas do experimento I com diferentes fontes de amido (milho, arroz branco-AB e parboilizado-AP) e presença ou não de proteína isolada de soja (PIS)

Ingredientes	Dietas Pré-Iniciais (1-7 dias)						Dietas Iniciais (8-21 dias)					
	Milho	Milho+PIS	AB	AB+PIS	AP	AP+PIS	Milho	Milho+PIS	AB	AB+PIS	AP	AP+PIS
Milho	53,01	63,00	0	0	0	0	53,51	64,62	0	0	0	0
Arroz Branco	0	0	50,83	61,46	0	0	0	0	51,31	61,94	0	0
Arroz Parboilizado	0	0	0	0	48,37	58,49	0	0	0	0	48,81	58,93
Farelo Soja	39,99	26,23	41,00	27,24	43,21	29,91	37,42	23,44	38,44	24,68	40,67	27,37
PIS	0	6,00	0	6,00	0	6,00	0	6,00	0	6,00	0	6,00
Óleo Vegetal	2,73	0	3,91	1,05	4,31	1,54	4,27	1,17	5,47	2,61	5,88	3,11
Fosfato Bicálcico	1,89	2,02	2,00	2,15	1,97	2,12	1,55	1,68	1,66	1,81	1,63	1,78
Calcário	0,96	1,44	0,87	0,81	0,87	0,81	0,99	0,95	0,90	0,84	0,90	0,84
Sal	0,51	0,33	0,51	0,33	0,51	0,33	0,48	0,30	0,48	0,30	0,48	0,30
L-Metionina	0,36	0,36	0,37	0,38	0,35	0,35	0,31	0,31	0,32	0,33	0,30	0,30
L-Lisina	0,28	0,33	0,22	0,26	0,15	0,17	0,23	0,27	0,16	0,20	0,10	0,12
L-Treonina	0,10	0,12	0,12	0,15	0,09	0,11	0,07	0,09	0,09	0,12	0,06	0,08
Premix Mineral <sup>1</sup>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Colina	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Celite	0	0	0	0	0	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>Composição nutricional</b>												
Energia bruta, kcal/kg <sup>3</sup>	4089	3937	4075	3880	4106	3939	4114	3952	4071	3964	4059	3978
EMAn, kcal/kg <sup>4</sup>	2960	2960	2960	2960	2960	2960	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Amido disponível <sup>3</sup>	40,80	44,08	43,56	43,84	41,64	41,68	38,20	43,15	43,34	45,36	42,90	45,31
Extrato etéreo <sup>4</sup>	5,33	2,77	4,79	1,78	5,36	2,48	6,84	3,95	6,30	3,29	6,88	3,99
Proteína bruta <sup>3</sup>	21,78	22,82	22,55	21,64	21,91	22,47	20,74	20,80	20,61	21,39	21,13	21,78
Lisina digestível (dig) <sup>4</sup>	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Metionina dig <sup>4</sup>	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475
Metionina+Cistina dig <sup>4</sup>	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Treonina dig <sup>4</sup>	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Ca <sup>4</sup>	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
P disponível <sup>4</sup>	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DGM, µm	549	444	644	483	845	574	399	459	672	472	703	422

<sup>1</sup>Suplemento por quilograma de alimento: 105 mg Mn; 70 mg Zn; 56 mg Fe; 10,5 mg Cu; 0,84 mg I; 0,3 mg Se. <sup>2</sup>Suplemento por quilograma de alimento: 9.280 UI vitamina A; 2.240 UI vitamina D; 20,8 UI vitamina E; 2,4 mg vitamina K; 2,4 mg tiamina; 7,2 mg riboflavina; 3,6 mg piridoxina; 0,016 mg cianocobalamina; 17,6 mg ácido pantotênico; 52,8 mg niacina; 0,96 mg ácido fólico; 0,08 mg biotina. <sup>3</sup>Composição analisada. <sup>4</sup>Composição calculada.

Tabela 2- Composição nutricional e em ingredientes (%) das dietas pré-iniciais (1-7 dias) dos experimentos II (peletizada) e III (farelada), com diferentes fontes de amido (milho, arroz branco-AB e parboilizado-AP) e presença ou não de proteína isolada de soja (PIS)

Ingredientes	Dietas Pré-Iniciais do Experimento II						Dietas Pré-Iniciais do Experimento III					
	Milho	Milho+PIS	AB	AB+PIS	AP	AP+PIS	Milho	Milho+PIS	AB	AB+PIS	AP	AP+PIS
<b>Ingrediente</b>												
Milho	52,37	62,21	0	0	0	0	48,87	50,33	0	0	0	0
Arroz Branco	0	0	49,86	59,50	0	0	0	0	50,00	51,46	0	0
Arroz Parboilizado	0	0	0	0	50,50	60,27	0	0	0	0	50,29	51,79
Farelo Soja	40,54	27,41	41,87	28,94	41,30	28,26	41,18	29,57	41,69	30,26	41,33	29,73
PIS	0	6,00	0	6,00	0	6,00	0	6,00	0	6,00	0	6,00
Óleo Vegetal	2,84	0	4,07	1,36	3,96	1,24	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03	4,03
Fosfato Bicálcico	1,89	2,01	1,99	2,13	1,99	2,14	1,89	2,03	1,99	2,12	1,99	2,13
Calcário	0,96	1,06	0,87	0,81	0,87	0,81	0,95	0,90	0,87	0,82	0,87	0,82
Sal	0,51	0,33	0,51	0,33	0,51	0,33	0,51	0,33	0,51	0,33	0,51	0,33
DL-Metionina	0,35	0,37	0,36	0,38	0,37	0,39	0,36	0,38	0,36	0,39	0,37	0,39
L-Lisina	0,27	0,31	0,19	0,23	0,21	0,25	0,25	0,27	0,27	0,21	0,21	0,23
L-Treonina	0,09	0,12	0,11	0,14	0,12	0,15	0,09	0,12	0,11	0,13	0,12	0,14
Premix Mineral <sup>1</sup>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Colina	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Caulin	0	0	0	0	0	0	1,69	5,86	0	4,07	0,10	4,23
<b>Composição nutricional</b>												
Energia bruta, kcal/kg <sup>3</sup>	4049	3924	4019	3914	4033	3927	4069	3865	4025	3896	4033	3864
EMAn, kcal/kg <sup>4</sup>	2960	2960	2960	2960	2960	2960	2960	2960	2960	2960	2960	2960
Extrato etéreo <sup>4</sup>	5,43	2,76	4,96	2,11	5,00	2,16	6,49	6,37	4,92	4,75	5,06	4,90
Proteína bruta <sup>3</sup>	24,08	22,79	22,53	22,98	23,84	23,54	22,04	22,31	21,97	23,17	22,35	22,39
Lisina digestível (dig) <sup>4</sup>	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324	1,324
Metionina dig <sup>4</sup>	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516	0,516
Metionina+Cistina dig <sup>4</sup>	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953	0,953
Treonina dig <sup>4</sup>	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861	0,861
Ca <sup>4</sup>	0,92	0,92	0,920	0,92	0,92	0,920	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
P disponível <sup>4</sup>	0,47	0,47	0,470	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,470	0,470	0,470

<sup>1</sup>Suplemento por quilograma de alimento: 105 mg Mn; 70 mg Zn; 56 mg Fe; 10,5 mg Cu; 0,84 mg I; 0,3 mg Se. <sup>2</sup>Suplemento por quilograma de alimento: 9.280 UI vitamina A; 2.240 UI vitamina D; 20,8 UI vitamina E; 2,4 mg vitamina K; 2,4 mg tiamina; 7,2 mg riboflavina; 3,6 mg piridoxina; 0,016 mg cianocobalamina; 17,6 mg ácido pantotênico; 52,8 mg niacina; 0,96 mg ácido fólico; 0,08 mg biotina. <sup>3</sup>Composição analisada. <sup>4</sup>Composição calculada.

Tabela 3 – Coeficientes de retenção aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e valores de energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das dietas pré-iniciais e iniciais variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I)

Item	Coeficientes de retenção aparente							
	Fase Pré-Inicial (1-7 dias)				Fase Inicial (8-21 dias)			
	MS,%	PB,%	EB,%	EMAn (kcal/kg de MN)	MS,%	PB,%	EB,%	EMAn (kcal/kg de MN)
<b>Fonte de Amido</b>								
Milho	73,0 c	64,6 b	76,8 c	2870 b	73,9 c	65,7 b	79,0 c	2987 c
Arroz Branco	81,5 a	68,8 a	85,0 a	3156 a	81,5 a	71,1 a	86,0 a	3233 a
Arroz Parboilizado	79,3 b	66,3 b	83,3 b	3135 a	79,3 b	67,1 b	84,0 b	3165 b
<i>P</i> -value	<0,0001	<0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
SEM	0,36	0,67	0,37	13,47	0,18	0,58	0,19	7,10
<b>Presença de PIS</b>								
Sem PIS	75,9 b	66,0	80,1 b	3064	75,9 b	67,5	81,5 b	3118 b
Com PIS	80,0 a	67,18	83,3 a	3043	80,5 a	68,5	84,6 a	3138 a
<i>P</i> -value	<0,0001	NS	<0,0001	NS	0,0001	NS	0,0001	0,022
SEM	0,29	0,55	0,30	11,00	0,15	0,47	0,15	5,80
<b>Amido X PIS</b>								
CV, %	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	1,45	3,1901	1,32	1,29	0,73	2,70	0,71	0,72

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste “LS means” ( $P < 0,05$ )

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ), MN: matéria natural, CV: coeficiente de variação



Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade (CD) jejunal, ileal e total do amido disponível das dietas iniciais (8-21 dias) variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I)

Item	CD jejunal amido, %	CD ileal amido, %	CD total amido,%
<b>Fonte de Amido</b>			
Milho	69,3 b	80,6 b	85,2 b
Arroz Branco	81,4 a	88,9 a	90,6 a
Arroz Parboilizado	83,5 a	87,9 a	89,7 a
<i>P</i> -value	0,0001	0,0001	<0,0001
SEM	1,09	1,18	0,36
<b>Presença de PIS</b>			
Sem PIS	77,0	84,6	86,4 b
Com PIS	79,1	86,8	90,6 a
<i>P</i> -value	NS	NS	<0,0001
SEM	0,91	0,96	0,30
<b>Amido x PIS</b>			
	NS	NS	NS
CV, %	4,39	4,34	1,30

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste “LS means” ( $P < 0,05$ )

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ), CV: coeficiente de variação



Tabela 5 – Peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave) e conversão alimentar (CA, g/g) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais e iniciais variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I)

Item	PM 1	CRM, g	GPM, g	CA, g:g	CRM, g	GPM, g	CA, g:g
	dia, g	1-7 dias			1-21 dias		
<b>Fonte de Amido</b>							
Milho	42	135 b	128 b	1,053 a	1138 ab	887 b	1,286 a
Arroz Branco	43	138 b	142 a	0,967 b	1110 b	954 a	1,163 c
Arroz Parboilizado	42	144 a	148 a	0,971 b	1153 a	957 a	1,205 b
<i>P</i> -value	0,50	0,017	<0,0001	0,0001	0,03	0,0001	<0,0001
SEM	0,30	2,13	2,31	0,01	11,19	10,91	0,01
<b>Presença de PIS</b>							
Sem PIS	43	142 a	145 a	0,985 a	1171 a	973 a	1,205 a
Com PIS	42	135 b	134 b	1,009 b	1096 b	892 b	1,232 b
<i>P</i> -value	0,66	0,008	0,0006	0,002	<0,0001	<0,0001	0,004
SEM	0,25	1,74	1,88	0,005	9,14	8,91	0,01
<b>Amido x PIS</b>	0,51	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV, %	2,25	4,84	5,22	2,00	3,12	3,70	1,88

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste “LS means” ( $P < 0,05$ )

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ), CV: coeficiente de variação

Tabela 6 – Peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave) e conversão alimentar (CA, g/g) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais peletizadas variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento II)

Item	PM 1	CRM, g	GPM, g	CA, g:g	CRM, g	GPM, g	CA, g:g
	dia, g	1-7 dias			1-33 dias		
<b>Fonte de Amido</b>							
Milho	46	148 b	147 b	1,014 b	2866	1840	1,559
Arroz Branco	46	153 b	164 a	0,933 a	2823	1833	1,540
Arroz Parboilizado	46	164 a	162 a	1,013 b	2919	1890	1,545
<i>P</i> -value	0,44	0,005	0,004	<0,0001	NS	NS	NS
SEM	0,27	3,06	3,63	0,01	43,80	32,97	0,01
<b>Presença de PIS</b>							
Sem PIS	46	154	157	0,982	2883	1860	1,551
Com PIS	46	157	158	0,991	2856	1848	1,545
<i>P</i> -value	0,40	NS	NS	NS	NS	NS	NS
SEM	0,22	2,46	2,91	0,01	35,76	26,92	0,01
<b>Amido x PIS</b>	0,57	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV, %	1,82	5,58	6,25	3,38	4,83	5,61	1,84

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste “LS means” ( $P < 0,05$ )

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ), CV: coeficiente de variação

Tabela 7 - Peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM, g/ave), ganho de peso médio (GPM, g/ave) e conversão alimentar (CA, g/g) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais fareladas variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento III)

Item	PM 1	CRM, g	GPM, g	CA, g:g	CRM, g	GPM, g	CA, g:g
	dia, g	1-7 dias			1-33 dias		
<b>Fonte de Amido</b>							
Milho	45	166	136 b	1,220 b	2836	1775 b	1,604 b
Arroz Branco	45	160	151 a	1,060 a	2974	1942 a	1,533 a
Arroz Parboilizado	45	156	149 a	1,044 a	2902	1896 ab	1,531 a
<i>P</i> -value	0,74	NS	<0,001	<0,0001	NS	0,04	0,008
SEM	0,24	3,20	2,52	0,02	54,04	44,82	0,02
<b>Presença de PIS</b>							
Sem PIS	45	161	145	1,114	2919	1898	1,539
Com PIS	45	160	146	1,102	2889	1843	1,572
<i>P</i> -value	0,11	NS	NS	NS	NS	NS	NS
SEM	0,20	2,61	2,06	0,02	44,16	36,63	0,001
<b>Amido x PIS</b>	0,99	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV, %	1,67	6,29	5,49	6,11	5,56	7,17	3,32

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste "LS means" ( $P < 0,05$ )

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ), CV: coeficiente de variação

## **CAPÍTULO III**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados deste trabalho, podemos confirmar a tese de que ingredientes de melhor qualidade nutricional, no caso do arroz em substituição ao milho, devem ser preconizados na fase pré-inicial de frangos, pois são melhor aproveitados durante esta fase crítica, refletindo positivamente no desempenho das aves. Além disso, no experimento III, observamos que o efeito positivo da substituição do milho pelo arroz na dieta pré-inicial no desempenho dos frangos se manteve até os 33 dias de idade. Alimentos que proporcionam respostas como estas, são cada vez mais importantes devido à progressiva diminuição do ciclo de produção dos frangos, ou seja, o período de crescimento+terminação tende a diminuir, porém a fase pré-inicial (1-7 ou 1-10 dias), com suas limitações anatômicas e fisiológicas, tende a permanecer constante. Obviamente dietas com ingredientes nobres são mais dispendiosas que as formuladas com ingredientes convencionais. Porém, vale lembrar que o consumo dos frangos durante os sete primeiros dias de vida, corresponde a somente 3,5% do total de ração consumida até o abate. Portanto, ingredientes especiais devem ser considerados na formulação de dietas pré-iniciais, uma vez que atendem as particularidades da fase.

Por outro lado, quando as dietas foram fornecidas às aves na forma peletizada durante a fase pré-inicial (experimento II), o efeito positivo do arroz no desempenho dos frangos não persistiu nas fases posteriores. Este resultado pode estar relacionado à variação no comprimento dos pellets e na baixa qualidade do processo de peletização empregado, que conferiu menor diferença entre os efeitos dos diferentes tratamentos na fase pré-inicial, diluindo-se nas fases posteriores, quando todas as aves consumiram dieta à base de milho e farelo de soja. Apesar das rações apresentarem boa durabilidade, acima de 96% utilizando o método Embrapa de avaliação de peletização-MEP (Schmidt et al., 2004), nos confrontamos com grande dificuldade em proceder a peletização por matriz com furos de 2,38 mm de diâmetro, sobretudo quando as dietas continham proteína isolada de soja (PIS), devido ao reduzido tamanho de partícula deste ingrediente, que obstruiu a saída do pellet, aumentando o tempo do processo e a exposição da dieta ao calor. As temperaturas empregadas na peletização das dietas são consideradas medianas e variaram entre 60 a 70°C.

Observamos também a necessidade de novos estudos para confirmar o valor energético do arroz para frangos de corte, pois os encontrados na literatura e utilizados na formulação das dietas não corresponderam aos determinados em nosso experimento. Depois de elucidada esta questão, outro estudo deve ser conduzido a fim de avaliar o arroz, utilizando-se seu real valor energético, em substituição ao milho em dietas para frangos, e comparar os resultados com os da presente tese.

Apesar da PIS ter proporcionado melhor aproveitamento dos componentes das dietas, este efeito não foi capaz de melhorar o desempenho das aves, pelo contrário, no experimento I a inclusão de 6% de PIS comprometeu o consumo das aves, limitando o crescimento das mesmas. Nos experimentos II e III, o efeito negativo da PIS sobre o consumo foi evitado com a peletização das dietas (experimento II) e padronização da porcentagem de

óleo das diferentes dietas experimentais (experimento III), mesmo assim não observou-se melhora no desempenho das aves. Portanto, considerando que a PIS é um ingrediente oneroso e que não melhora o desempenho das aves, sua inclusão em dietas é desaconselhável. Desta forma, outras novas fontes proteicas em substituição ao farelo de soja, devem ser investigadas.

A maior dificuldade enfrentada durante a condução dos três experimentos foi a determinação do amido nas amostras obtidas. Como explanado na revisão bibliográfica, além da complexidade em se proceder a análise, há ainda a dificuldade na comparação dos resultados obtidos com os encontrados na literatura, devido a grande variedade de técnicas e adaptações disponíveis. A escolha da técnica de análise de amido para este estudo foi feita com base na quantidade mínima de amostra exigida para o procedimento, visto que dispúnhamos de quantidade limitada de amostras de conteúdo jejunal e ileal. Apesar da técnica enzimática, utilizada neste trabalho, ser a oficial da AOAC (996.11, 1996), a mesma apresenta várias limitações como, por exemplo, a grande variação entre replicatas, o que a caracteriza como sendo de limitada precisão.

A análise de amido resistente é ainda muito mais problemática e não foi possível realizá-la em nosso estudo, o que confere um ponto negativo ao mesmo, já que trabalhamos com dietas contendo diferentes cereais, milho, arroz branco e arroz parboilizado, os quais apresentam diferentes teores de amido resistente. Portanto, é necessário o desenvolvimento ou, melhor adaptação de um método para determinação precisa e viável do teor amido total, disponível e resistente dos produtos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIAP – Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado. **Histórico da Associação**. Disponível em: <[http://www.abiap.com.br/site-pt/content/conheca\\_abiap/historico.php](http://www.abiap.com.br/site-pt/content/conheca_abiap/historico.php)>. Acesso em: 17 ago. 2014.

ABIMILHO – Associação Brasileira das Indústrias de Milho. **Oferta e Demanda do Milho do Brasil**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/estatistica>>. Acesso em: 16 ago. 2014.

AMATO, G. W.; SILVEIRA FILHO, S. **Parboilização do arroz no Brasil**. Porto Alegre: CIENTEC, 1991. 98 p.

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240 p.

AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **Parboilização do arroz**. Porto Alegre: Editora Ricardo Lenz, 2005. 160 p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington, 1996.

APPLETON, D. J. et al. Dietary carbohydrate source affects glucose concentrations, insulin secretion, and food intake in overweight cats. **Nutrition Research**, Davis, v. 24, n. 6, p. 447-467, 2004.

APROSOJA – Associação dos Produtores de Soja. **Os usos da soja: uso diversificado**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/sobre-a-soja/Os-usos-da-Soja>>. Acesso em: 16 ago. 2014.

BAIÃO, B. C.; LARA, L. C. Oil and fat in broiler nutrition. **Brazilian of Journal Poultry Science**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 129–141, 2005.

BAIK, M. Y. et al. Recrystallization kinetics and glass transition of rice starch gel system. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, Washington, v. 45, n. 11, p. 4242– 4248, 1997.



BATAL, A.B.; PARSONS, C. M. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 3, p. 400-407, 2002.

BATAL, A. B.; PARSONS, C. M. Utilization of different soy products as affected by age in chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 454–462, 2003.

BATAL, A.B.; PARSONS, C. M. Utilization of various carbohydrate sources as affected by age in the Chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1140-1147, 2004.

BERRY, C. S. Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, Manhattan, v. 4, n. 4, p. 301–314, 1986.

BRABET, C. et al. Gestão integrada de micotoxinas na cadeia produtiva do milho destinado à alimentação de frangos de corte no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 439-451, 2005.

BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; ARRIGONI, E. Resistant starch and “the butyrate revolution”. **Trends in Food Science & Technology**, Philadelphia, v. 13, n. 8, p. 251–261, 2002.

BRUM, B. S. **Quirera de arroz na dieta de frangos de corte e coelhos em crescimento**. 2006. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BRUM, B. S. et al. Dietas para frangos de corte contendo quirera de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1423-1429, 2007.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Botucatu: UNESP, 2002. 430 p.

BUTTERWITH, S. C. Avian adipose tissue: growth and metabolism. In: **Leanness in domestic birds**. London: Butterworths, 1988. p. 203-222.

CAREW JUNIOR, L. B. et al. Fat absorption by the very young chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 51, n. 3, p. 738-742, 1972.

CARVALHO, G. G. P.; FERNANDES, F. E. P.; PIRES, A. J. V. Métodos de determinação dos teores de amido e pectina em alimentos para animais. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**, Málaga, v. 7, n. 1, 2006.

CASIRAGHI, M. C. et al. Effects of processing on rice starch digestibility evaluated by in vivo and in vitro methods. **Journal of Cereal Science**, Manhattan, v. 17, n. 2, p. 147–156, 1993.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. Editora: Artes Médicas, Porto Alegre, 1996. 254 p.

CHAMP, M.; KOZLOWSKI, F.; LECANNU G. *In vivo* and *in vitro* methods for resistant starch measurement. In: McCLEARY, B.; PROSKY, L. **Advanced dietary fiber technology**. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 106-119.

CHOCT, M. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. **Feed Milling International**, June Issue, p. 13-26, 1997.

COFFMAN, W. R.; JULIANO, B. O. RICE. In: OLSON, R. A.; FREY, K. J. **Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1987. cap. 5, p. 101-131.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de safra/2011**. Disponível em: <  
[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_08\\_07\\_08\\_59\\_54\\_bol\\_etim\\_graos\\_agosto\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_07_08_59_54_bol_etim_graos_agosto_2014.pdf)>. Acesso em: 08 ago. 2014.

DAVID, B. D. et al. Concentração de minerais em grãos polidos e parboilizados de diferentes cultivares de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí, SC, Brasil: EPAGRI, 2003. p. 644–646.

DENARDIN, C. C. et al. Composição mineral de cultivares de arroz Integral, parboilizado e branco. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 125-130, 2004.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DENARDIN, C. C. et al. Effect of rice parboiling on performance and metabolic responses in rats. **Cell Biochemistry and Function**, Chichester, v. 30, n. 6, p. 457-463, 2012.

DIBNER, J. J. et al. Early feeding and development of the immune system in neonatal poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 7, n. 4, p. 425-436, 1998.

DING, S. T.; LILBURN, M. S. Characterization of changes in yolk sac and liver lipids during embryonic and early posthatch development of turkey poults. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 478-483, 1996.

EBERT, A. R.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M. Desempenho e digestibilidade de leitões recém desmamados recebendo grãos de arroz, milho ou farinha de trigo escura. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Maracaibo, v. 13, n. 2, p. 43-50, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/index.htm>>. Acesso em: 16 set. 2014.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Protein quality assessment of soy products. **Nutrition Research**, Davis, v. 15, n. 11, p. 1647-1656, 1995.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA. **Rice**: layers and structures of rice grain. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/media/164/the-outer-layer-and-internal-structures-of-a-rice-grain>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 46, n. 2, p. 33-50, 1992.

- ENTING, H. et al. Starch digestion rate affects broiler performance. In: AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM, 17., 2005, Sydney, Australia. **Proceedings...** Sydney: [s.n.], 2005.
- EVANS, R. M.; SCHOLZ, R. W. Metabolic responses of chicks during adaptation to a high protein, "carbohydrate free" diet. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 101, n. 9, p. 1127-1136, 1971.
- EVANS, R. M.; SCHOLZ, R. W. Development of renal gluconeogenesis in chicks fed high fat and high protein, "carbohydrate free" diet. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 103, n. 2, p. 242-250, 1973.
- FAISANT, N. et al. Structural discrepancies in resistant starch obtained *in vivo* in humans and *in vitro*. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 21, n. 2-3, p. 205-209, 1993.
- FEDNA - FUNDAÇÃO ESPANHOLA PARA O DESENVOLVIMENTO DA NUTRIÇÃO ANIMAL. **Tabelas FEDNA de composição e valor nutricional dos alimentos**. 3. ed. FEDNA: [s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.fundacionfedna.org/>>. Acesso em: 12 ago. 2012.
- FLEMING, S. E.; ZAMBELL, K. L.; FITCH, M. D. Glucose and glutamine provide similar proportions of energy to mucosal cells of rat small intestine. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 273, p. 968-978, 1997.
- FIALHO, E. T. et al. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras: UFLA, 2009. 232 p.
- FREI, M.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Studies on the *in vitro* starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, London, v. 83, n. 3, p. 395-402, 2003.
- GARCIA, A. R. **Evaluating feed components for formulation of pre-starter diets for broiler chickens**. 2006. 161 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - University of Georgia, Athens, 2006.

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, M. Atividade inibitória de tripsina em produtos derivados de soja (*Glycine max*) consumidos no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 309-312, 1998.

GERBER, L. F. P.; PENZ JUNIOR., A. M.; RIBEIRO, A. M. L. Efeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e o metabolismo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1359-1365, 2006.

GEYRA, A.; UNI, Z.; SKLAN, D. The effect of fasting at different ages on growth and tissue dynamics in the small intestine of the young chick. **British Journal of Nutrition**, London, v. 86, n. 1, p. 53-61, 2001.

GOÑI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, London, v. 56, n. 4, p. 445-449, 1996.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M. et al. Effects of cereal, heat processing, and fiber on productive performance and digestive traits of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 8, p. 1705-1715, 2007.

GONZÁLEZ-ALVARADO, J. M. et al. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n. 9, p. 1779-1795, 2008.

HAGELY, K. B.; PALMQUIST, D.; BILYEU, K. D. Classification of distinct seed carbohydrate profiles in soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 5, p. 1105-1111, 2013.

HALL, M. B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis**. Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida, 2000. 77 p.

HARALAMPU, S. G. Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3. **Carbohydr Polym**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 285-292, 2000.

HEINEMANN, R. J. B. et al. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 18, n. 4, p. 287–296, 2005.

HELBIG, E. et al. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 296-301, 2007.

HELBIG, E. et al. Arroz parboilizado efeito na glicemia de ratos *Wistar*. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 149-155, 2008.

HETLAND, H.; SVIHUS, B.; OLAISEN, V. Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. **British Poultry Science**, Oxfordshire, v. 43, n. 3, p. 416-423, 2002.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble no-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, Beekbergen, v. 60, n. 4, p. 415-422, 2004.

HOFMANN, A. F.; BORGSTRÖM, B. Physico-chemical state of lipids in intestinal content during their digestion and absorption. **Federation Proceedings**, Bethesda, v. 21, n. 1, p. 43-50, 1962.

HONGTRAKUL, K. et al. The effects of extrusion processing of carbohydrate sources on weanling pig performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3034-3042, 1998.

HONIG, D. H.; RACKIS, J. J.; WOLF, W. J. Effects of pH and salt on yields, trypsin inhibitor content, and mineral levels of soybean protein isolates and wheys. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 35, n. 6, p. 967-971, 1987.

HU, P. et al. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**, Manhattan, v. 40, n. 3, p. 231-237, 2004.

IRGA – INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. **Semeadura e colheita do arroz no Rio Grande do Sul/2014**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/4215/safras>>. Acesso em: 10 out. 2014.

JENKINS, D. J. A. et al. High-complex carbohydrate or lente carbohydrate foods? **The American Journal of Medicine**, Newton, v. 113, n. 9, p. 30-37, 2002.

JOHN, T. M.; GEORGE, J. C.; MORAN JR, E. T. Metabolic changes in pectoral muscle and liver of turkey embryos in relation to hatching: influence of glucose and antibiotic-treatment of eggs. **Poultry Science**, Champaign, v. 67, n. 3, p. 463-469, 1988.

JULIANO, B. O. Structure and gross composition of rice grain. In: **Rice chemistry and quality**. Philippines: Island Publishing, 2003. cap. 2, p. 25-54.

JUNQUEIRA, O. M. et al. Níveis de substituição do leite em pó desnatado pelo isolado protéico de soja na dieta de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2283-2291, 2004.

KENNEDY, J. F.; CABALDA, V. M.; TAYLOR, D. W. Evaluation of some methods of determination of starch for legislative purposes in the European community. **Tetrahedron: Asymmetry**, Pergamon, v. 5, n. 12, p. 2571-2592, 1994.

KESSLER, A. M. et al. Fatty-acid composition of free-choice starter broiler diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 31-38, 2009.

KORACH-ANDRÉ, M. et al. Glucose appearance in the peripheral circulation and liver glucose output in men after a large <sup>13</sup>C starch meal. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 80, n. 4, p. 801-806, 2004.

KRABBE, E. L. **Níveis de sódio, tamanho de partícula da dieta e peso do pinto à eclosão e o desempenho na fase pré-inicial (1 a 7 dias)**. 2000. 252 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

KRÁS, R. V. et al. Effect of dietary fiber, genetic strain and age on the digestive metabolism of broiler chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 83-90, 2013.

KROGDAHL, A.; SELL, J. L. Influence of age on lipase, amylase, and protease activities in pancreatic tissue and intestinal contents of young turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v. 68, n. 11, p. 1561-1568, 1989.

LAMBERTS, L. et al. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 110, n. 4, p. 916–922, 2008.

LAMBERTS, L. et al. Presence of Amylose Crystallites in Parboiled Rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 8, p. 3210-3216, 2009.

LILIENTHAL, L. K. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: A review. **Livestock Production Science**, New York, v. 97, n.1, p.1-12, 2005.

LILBURN, M. S. Practical aspects of early nutrition for poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 7, n. 4, p. 420-424, 1998.

LIMA, R. F. et al. Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 215-221, 2006.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 219-223, 2003.

LONGO, F. A. **Avaliação de fontes de carboidratos e proteína e sua utilização na dieta pré-inicial e frangos de corte**. 2003. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LONGO, F. A. et al. Determination of the energetic value of corn, soybean meal and micronized full fat soybean for newly hatched chicks. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 6, n. 3, p. 147-151, 2004.



LONGO, F. A. et al. Diferentes fontes de proteína na dieta pré-Inicial de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 112-122, 2005a.

LONGO, F. A. et al. Carboidratos na dieta pré-inicial de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 123-133, 2005b.

LONGO, F. A. et al. Performance and carcass composition of broilers fed different carbohydrate and protein sources in the pre-starter phase. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 16, n. 2, p. 171-177, 2007.

MACHADO, F. L. C.; CAMPOS, G.; SOUZA, M. T. G. Comparação entre os métodos de Lane-Eynon e polarimétrico para determinação de amido em farinha de mandioca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 155-159, 2009.

MAHADEVAMMA S.; THARANATHAN, R. N. Resistant starch in wheat-based products: Isolation and characterization. **Journal of Cereal Science**, Manhattan, v. 34, n. 1, p. 73–84, 2001.

MAHADEVAMMA S.; THARANATHAN, R. N. Processed rice starch characteristics and morphology. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 225, n. 3-4, p. 603–612, 2007.

MAIORKA, A. et al. Posthatching Water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 12, n. 4, p. 483-492, 2003.

MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; MORGULIS, M. S. F. A. Broiler adaptation to post-hatching period. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 701-708, 2006.

MAIORKA, A. et al. Energy and oil levels in broiler starter diets. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1099-1104, 2008.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Estatísticas**: produção de grãos. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

MATEOS G. G.; SELL, J. L. Influence of carbohydrate and supplemental fat source on the metabolizable energy of the diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 9, p. 2129-2135, 1980.

MATEOS, G. G. et al. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 1, p. 57-63, 2006.

MATEOS, G. G. et al. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 135, n. 1-2, p. 100-112, 2007.

McCLEARY, B. V.; GIBSON, T. S.; MUGFORD, D. C. Measurement of total starch in cereal products by amyloglucosidase –  $\alpha$ -amylase method: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 80, n. 3, p. 571-579, 1997.

MILLER, A. B.; PANG, E.; BRAMALL, L. Rice: a high or low glycemic index food? **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 56, p. 1034-1036, 1992.

MORAN JUNIOR, E. T. Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal development. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 115, n. 5, p. 665-674, 1985.

MURAKAMI, H.; AKIBA, Y.; HORIGUCHI, M. Growth and Utilization of nutrients in newly hatched chicks with or without removal of residual yolk. **Growth Development and Aging**, Bar Harbor, v. 56, n. 2, p. 75–84, 1992.

NICHELMANN, M.; TZSCHENTKE, B. Ontogeny of thermoregulation in precocial birds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Oxford, v. 131, n. 4, p. 751-763, 2002.

NITSAN, Z. et al. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. **British Poultry Science**, Oxfordshire, v. 32, n. 3, p. 515-523, 1991.

NITSAN, Z. et al. Intubation of weight-selected chicks with soybean oil or residual yolk: effect on early growth and development. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 6, p. 925-936, 1995.

NIR, I.; LEVANON, M. Research note: effect of posthatch holding time on performance and on residual Yolk and liver composition. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 10, p. 1994-1997, 1993.

NOY, Y.; PINCHASOV, Y. Effect of a single posthatch intubation of nutrients on subsequent early performance of broiler chicks and turkey poults. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 10, p. 1861-1866, 1993.

NOY, Y.; UNI, Z.; SKLAN, D. Routes of yolk utilization in the newly-hatched chick. **British Poultry Science**, Oxfordshire, v. 37, n. 5, p. 987-995, 1996.

NOY, Y.; SKLAN, D. Digestion and Absorption in the Young Chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 2, p. 366-373, 1995.

NOY, Y.; SKLAN, D. Energy utilization in newly hatched chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 12, p. 1750-1756, 1999.

NOY, Y.; SKLAN, D. Yolk and exogenous feed utilization in the posthatch chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 10, p. 1490-1495, 2001.

NOY, Y.; SKLAN, D. Nutrient use in chicks during the first week posthatch. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 3, p. 291-399, 2002.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academy Press, 1994. 157 p.

OBUN, C.; OSAGUONA, P. O. Influence of post-hatch starvation on broiler chick's productivity. **Journal of Agriculture and Veterinary Science**, Haryana, v. 3, n. 5, p. 05-08, 2013.

O'DEA, SNOW, P.; NESTEL, P. Rate of starch hydrolysis in vitro as a predictor of metabolic responses to complex carbohydrates in vivo. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 34, n. 10, p. 1991-1993, 1981.

OLIVEIRA, F. N. et al. Desempenho de frangos de corte nas fases de crescimento e final alimentados com rações contendo soja integral extrusada em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1950-1955, 2005.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, Manhattan, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PARSONS, C. M.; ZHANG, Y.; ARABA, M. Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 8, p. 1127-1131, 2000.

PASCUAL, C. S. C. I. **Efeitos da parboilização do arroz (*Oryza sativa* L.) integral sobre os compostos bioativos e a disponibilidade do amido**. 2010. 102 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PATINDOL, J.; NEWTON, J.; WANG, Y.-J. Functional properties as affected by laboratory-scale parboiling of rough rice and brown rice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 8, p. 370–377, 2008.

PERERA, A.; MEDA, V.; TYLER, R. T. Resistant starch: a review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods. **Food Research International**, Serdang, v. 43, n. 8, p. 1959-1974, 2010.

RABER, M. R. et al. Desempenho, metabolismo e níveis plasmáticos de colesterol e triglicérides em frangos de corte alimentados com óleo ácido e óleo de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1730-1736, 2008.

RIBEIRO, A. M. L. et al. Effect of chick weight, geometric mean diameter and sodium level in pre-starter diets (1 to 7 days) on broiler performance up to 21 days of age. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 6, n. 4, p. 225-230, 2004.

RIESENFELD, G. et al. Glucose absorption and starch digestion in the intestine of the chicken. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 110, n. 1, p. 117-121, 1980.

RODRIGUES, P. B. et al. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 171-182, 2003.

ROSE, R. et al. Starch determination by perchloric acid vs enzymes: valuating the accuracy and precision of Six colorimetric methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 39, n. 1, p. 2-11, 1991.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2011. 252 p.

SALIBA, E. O. S. Avaliação da concentração de amido na raiz de genótipos de mandioca através das técnicas enzimáticas, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIV) e análise particular por difração a laser (Partica). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: UEM, 2009.

SCANDOLERA, A. J. et al. Hidrolisados proteicos de mucosa intestinal, levedura e proteína isolada de soja em dietas com leite em pó integral para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 653-659, 2008.

SCHMIDT, A.; COLDEBELLA, A.; LIMA, G. J. M. M. **Método Embrapa de avaliação de peletização**. Concórdia, SC: Embrapa, 2004. (Comunicado Técnico Embrapa, n. 369).

SELL, J. L. Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 5, n. 1, p. 96-101, 1996.

SHELTON, J. L. et al. Growth performance of different breed crosses of chicks fed diets with different protein and energy sources. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 272-278, 2003.

SILVA, J. R. L. et al. Efeito da forma física e do programa alimentar na fase pré-inicial sobre desempenho e características de carcaça de frangos de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 543-551, 2004.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, London, v. 81, n. 2, p. 219–231, 2003.

SKLAN, D.; NOY, Y. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 9, p. 1306-1310, 2000.

SKLAN, D. et al. Decreasing weight loss in the hatchery by feeding chicks and poults in hatching trays. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 9, n. 2, p. 142-148, 2000.

SKLAN, D. Development of the digestive tract of poultry. **World's Poultry Science Journal**, Beekbergen, v. 57, n. 4, 415-428, 2001.

SLAUGHTER, S. L.; ELLIS, P. R.; BUTTERWORTH, P. J. An investigation of the action of porcine pancreatic  $\alpha$ -amylase on native and gelatinised starches. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1525, n. 1-2, p. 29–36, 2001.

SORBARA, J. O. B. **Efeito de diferentes carboidratos na ração pré-inicial de frangos de corte sobre o desempenho e a alometria dos órgãos**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SORBARA, J. O. B. **Carboidrases em programas enzimáticos de rações para frangos de corte**. 2008. 68 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

SOUZA, M. C. S. **Substituição do milho por arroz integral na dieta de frangos de corte**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 259-264, 2005a.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 18, n. 4, p. 333-341, 2005b.

SVIHUS, B.; UHLEN, A. K; HARSTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science Technology**, Davis, v. 122, n. 3-4, p. 303–320, 2005.

SWENNEN, Q. et al. Effect of macronutrient ratio of the pre-starter diet on broiler performance and intermediary metabolism. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Davis, v. 94, n. 3, p. 375-389, 2010.

TESTER, F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch Composition, fine structure and architecture. **Journal Cereal Science**, Manhattan, v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004.

THOMPSON, S. V.; WINHAM, D. M.; HUTCHINS, A. Bean and rice meals reduce postprandial glycemic response in adults with type 2 diabetes: a cross-over study. **The Nutrition Journal**, London, v. 11, n. 23, p. 1-7, 2012.

TONA, K. et al. Effects of age of broiler breeders and egg storage on egg quality, hatchability, chick quality, chick weight, and chick posthatch growth to forty-two days. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 13, n. 1, p. 10-18, 2004.

TURNER, K. A.; APPLGATE, T. J.; LILBURN, M. S. Effects of feeding high carbohydrate or fat diets. 2.Apparent digestibility and apparent metabolizable energy of the posthatch poult. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p.1581–1587, 1999.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, supply and distribution online**. Disponível em: < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em: 17 set. 2014.

UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. Posthatch Changes in Morphology and Function of the Small Intestines in Heavy- and Light-Strain Chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 1622-1629, 1995.

VAN DEN BRAND, H. et al. Early feeding affects resistance against cold exposure in young broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 716-720, 2010.

VANDEPUTTE, G. E.; DELCOUR, J. A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: A focus on rice starch. **Carbohydrate Polym**, Oxford, v. 58, n. 3, p. 245–266, 2004.

VICENTE, B. et al. Glycemic index in young pigs fed rice or corn either raw or cooked. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 45, 2006.

VICENTE, B. et al. The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 1, p. 119-26, 2007.

VIEIRA, S. L.; MORAN JUNIOR, E. T. Broiler yields using chicks from extremes in breeder age and dietary propionate. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 7, n. 3, p. 320-327, 1998.

VIEIRA, S. L.; POPHAL, S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 3, p.189-199, 2000.

VIEIRA, S. L. et al. Utilização da energia de dietas para frangos de corte formulados com óleo ácido de soja. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4, n. 2, p. 1-13, 2002.

VIEIRA, S. L. et al. Sodium requirements for the first seven days in broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 12, n. 3, p. 362-370, 2003.

VIEIRA, S. L. et al. Performance of broilers fed increased levels energy in the pre-starter diet and on subsequent feeding programs having with acidulated soybean soapstock supplementation. **Brazilian of Journal Poultry Science**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 55-61, 2006.

VIOLA, T. H. et al. Formulação com aminoácidos totais ou digestíveis em rações com níveis decrescentes de proteína bruta para frangos de corte de 21



a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 303-310, 2008.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p.974-980, 2005a.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D. M. X. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 39-43, 2005b.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; Denardin, C. C. Rice and resistant starch: different content depending on chosen methodology. **Journal of Food Composition and Analysis**, London, v. 18, n. 4, p. 279–285, 2005c.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WEURDING, R. E. et al. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, n. 9, p. 2329–2335, 2001.

WEURDING, R. E.; ENTING, H.; VERSTEGEN, M. W. A. The effect of site of starch digestion on performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v.110, n. 1-4, p. 175–184, 2003a.

WEURDING, R. E.; ENTING, H.; VERSTEGEN, M. W. The Relation Between Starch Digestion Rate and Amino Acid Level for Broiler Chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 279–284, 2003b.

WOLF, B. W.; BAUER, L. L.; FAHEY JUNIOR, G. C. Effects of chemical modification on *in vitro* rate and extent of food starch digestion: an attempt to discover a slowly digested starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 47, n. 10, p. 4178-4183, 1999.

YUE, P.; WARING, S. Resistent starch in food applications. **Cereal Foods Words**, Saint Paul, v. 43, n. 9, p. 690-695, 1998.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. **Alimentos para Suínos**. Concórdia: Embrapa Aves Suínos, 1999. 60 p. (Boletim Informativo, ano 8, n. 12)

ZHANG, W. et al. *In vitro* measurement of resistant starch of cooked milled rice and physico-chemical characteristics affecting its formation. **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 462-468, 2007.

## APÊNDICE

Apêndice 1 – Dados brutos: coeficientes de retenção aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e valores de energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) das dietas pré-iniciais e iniciais de cada unidade experimental, referentes ao Experimento I. Os dados estão expressos na matéria seca, com exceção dos valores de EMAn que estão na matéria natural

Fatores		Fase Pré-Inicial (1-7 dias)				Fase Inicial (8-21 dias)			
Fonte Amido	PIS	MS %	PB %	EB %	EMAn kcal/kg	MS %	PB %	EB %	EMAn Kcal/kg
Milho	Sem	69,6	61,8	73,9	2826	70,7	63,2	77,2	2983
Milho	Sem	71,2	63,5	76,0	2906	72,1	66,8	78,0	3008
Milho	Sem	71,0	62,8	75,0	2866	72,0	65,4	78,5	3030
Milho	Sem	72,0	68,5	76,6	2913	72,7	66,9	78,7	3037
Milho	Sem	72,9	67,6	-	-	71,1	63,1	77,0	2977
Milho	Com	75,8	64,3	78,7	2886	76,0	66,2	80,1	2963
Milho	Com	74,2	62,9	-	-	75,9	67,4	80,2	2962
Milho	Com	74,2	63,9	77,8	2849	75,5	68,5	79,6	2938
Milho	Com	74,9	65,8	78,1	2853	76,2	62,6	80,6	2993
Milho	Com	74,6	64,7	78,1	2858	77,1	67,4	80,5	2977
Arroz Branco	Sem	75,9	64,1	80,9	3084	78,0	69,8	83,5	3188
Arroz Branco	Sem	80,1	69,7	84,0	3193	79,1	70,4	84,3	3217
Arroz Branco	Sem	79,8	69,0	84,1	3200	79,5	72,0	84,9	3239
Arroz Branco	Sem	79,9	68,5	84,0	3198	79,1	68,7	83,8	3205
Arroz Branco	Sem	80,2	69,9	-	-	78,4	71,6	83,6	3187
Arroz Branco	Com	83,6	69,0	86,6	3140	83,8	70,0	87,5	3247
Arroz Branco	Com	83,1	66,1	86,0	3127	84,5	73,7	88,4	3273
Arroz Branco	Com	83,0	67,4	86,0	3123	83,9	72,4	87,9	3256
Arroz Branco	Com	84,4	71,3	87,0	3147	84,3	71,8	87,9	3259
Arroz Branco	Com	84,6	73,4	87,9	3177	84,2	70,8	87,9	3261
Arroz Parb.	Sem	75,3	64,3	79,5	3058	76,3	67,4	81,1	3084
Arroz Parb.	Sem	77,4	65,7	81,5	3137	77,6	67,6	83,4	3174
Arroz Parb.	Sem	78,5	65,8	83,1	3200	77,8	70,1	83,3	3164
Arroz Parb.	Sem	78,1	64,3	82,9	3196	77,2	63,0	82,4	3150
Arroz Parb.	Sem	77,2	65,2	81,3	3130	76,9	66,2	82,2	3133
Arroz Parb.	Com	82,1	69,8	85,4	3132	81,2	68,0	85,6	3185
Arroz Parb.	Com	80,8	67,6	-	-	81,5	68,5	85,8	3193
Arroz Parb.	Com	81,2	66,5	84,7	3117	81,0	65,8	85,5	3190
Arroz Parb.	Com	80,9	66,4	84,6	3112	81,4	67,3	85,4	3180
Arroz Parb.	Com	81,8	67,2	85,4	3141	81,8	67,1	85,8	3199

Parb.: Parboilizado

PIS: Proteína Isolada de Soja

Apêndice 2 – Dados brutos: coeficientes de digestibilidade (CD) jejunal e ileal e total do amido disponível das dietas iniciais de cada unidade experimental, referentes ao Experimento I. Os dados estão expressos na matéria seca.

Fatores		CD Jejunal do Amido Disponível, %	CD Ileal do Amido Disponível, %	CD total do Amido Disponível, %
Fonte Amido	PIS			
Milho	Sem	68,4	81,1	81,2
Milho	Sem	-	77,1	82,8
Milho	Sem	62,7	83,1	83,3
Milho	Sem	76,8	78,5	80,5
Milho	Sem	70,1	83,2	82,0
Milho	Com	68,3	82,8	88,8
Milho	Com	72,5	79,2	88,7
Milho	Com	70,6	70,2	88,7
Milho	Com	61,4	88,8	86,3
Milho	Com	73,0	81,7	90,1
Arroz Branco	Sem	78,9	88,4	89,5
Arroz Branco	Sem	81,7	83,3	90,2
Arroz Branco	Sem	79,6	90,6	88,5
Arroz Branco	Sem	79,5	85,0	91,3
Arroz Branco	Sem	77,6	86,7	87,5
Arroz Branco	Com	80,8	92,7	92,9
Arroz Branco	Com	85,1	91,0	92,4
Arroz Branco	Com	83,3	86,0	91,7
Arroz Branco	Com	82,1	92,9	90,8
Arroz Branco	Com	85,2	92,0	91,4
Arroz Parboilizado	Sem	78,6	89,9	89,0
Arroz Parboilizado	Sem	84,5	80,9	87,5
Arroz Parboilizado	Sem	81,2	88,1	87,8
Arroz Parboilizado	Sem	79,2	87,5	86,1
Arroz Parboilizado	Sem	86,9	86,0	89,5
Arroz Parboilizado	Com	86,6	89,3	90,7
Arroz Parboilizado	Com	84,6	90,9	91,9
Arroz Parboilizado	Com	83,5	89,0	92,0
Arroz Parboilizado	Com	83,6	87,2	91,4
Arroz Parboilizado	Com	86,3	88,9	91,1

PIS: Proteína Isolada de Soja

Apêndice 3 – Dados brutos de peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais e iniciais variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento I)

Fatores		1 dia	1-7 dias			1-21 dias		
Fonte Amido	PIS	PM g	CRM g/ave	GPM g/ave	CA	CRM g/ave	GPM g/ave	CA
Milho	Sem	42	129	122	1,057	1182	933	1,267
Milho	Sem	43	148	139	1,064	1182	927	1,275
Milho	Sem	42	146	144	1,018	1204	961	1,252
Milho	Sem	42	141	137	1,032	1158	928	1,248
Milho	Sem	43	136	136	0,995	1137	917	1,240
Milho	Com	44	123	115	1,068	1117	866	1,289
Milho	Com	41	138	127	1,083	1125	864	1,303
Milho	Com	44	133	124	1,077	1128	870	1,297
Milho	Com	42	119	111	1,071	1070	767	1,395
Milho	Com	42	137	129	1,066	1081	834	1,296
Arroz Branco	Sem	44	131	143	0,918	1133	976	1,161
Arroz Branco	Sem	43	147	157	0,935	1174	1013	1,159
Arroz Branco	Sem	42	146	151	0,965	1172	1008	1,163
Arroz Branco	Sem	43	143	145	0,985	1174	1004	1,169
Arroz Branco	Sem	42	134	142	0,941	1105	983	1,125
Arroz Branco	Com	42	130	132	0,983	1092	934	1,168
Arroz Branco	Com	43	128	130	0,980	1047	896	1,169
Arroz Branco	Com	43	136	135	1,012	1021	864	1,182
Arroz Branco	Com	43	142	143	0,994	1079	908	1,188
Arroz Branco	Com	42	140	145	0,960	1099	954	1,151
Arroz Parboilizado	Sem	43	140	141	0,999	1139	938	1,215
Arroz Parboilizado	Sem	41	155	165	0,943	1278	1071	1,193
Arroz Parboilizado	Sem	43	150	155	0,965	1205	1020	1,181
Arroz Parboilizado	Sem	43	142	145	0,981	1168	950	1,229
Arroz Parboilizado	Sem	43	149	153	0,970	1149	961	1,196
Arroz Parboilizado	Com	41	143	147	0,971	1125	934	1,204
Arroz Parboilizado	Com	41	144	149	0,966	1164	951	1,224
Arroz Parboilizado	Com	42	143	147	0,970	1114	925	1,204
Arroz Parboilizado	Com	42	135	138	0,984	1082	905	1,196
Arroz Parboilizado	Com	43	140	145	0,965	1103	911	1,210

Apêndice 4 – Dados brutos de peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais peletizadas com diferentes porcentagens de óleo, variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento II)

Fatores		1 dia	1-7 dias			1-33 dias		
Fonte Amido	PIS	PM g	CRM g/ave	GPM g/ave	CA	CRM g/ave	GPM g/ave	CA
Milho	Sem	49	136	123	1,106	2887	1858	1,554
Milho	Sem	46	153	152	1,007	2521	1548	1,629
Milho	Sem	46	-	-	-	2800	1850	1,514
Milho	Sem	46	148	142	1,046	2990	1943	1,539
Milho	Sem	46	149	148	1,010	2954	1890	1,563
Milho	Com	46	148	150	0,987	2931	1945	1,507
Milho	Com	46	150	153	0,980	3049	1937	1,574
Milho	Com	46	151	151	1,000	2760	1762	1,566
Milho	Com	46	148	148	0,997	2850	1819	1,567
Milho	Com	46	157	162	0,970	2923	1852	1,579
Arroz Branco	Sem	47	160	175	0,917	2964	1955	1,516
Arroz Branco	Sem	46	149	162	0,917	2890	1845	1,566
Arroz Branco	Sem	47	-	-	-	2708	1713	1,581
Arroz Branco	Sem	46	152	164	0,924	3014	1973	1,528
Arroz Branco	Sem	47	163	172	0,950	2876	1827	1,574
Arroz Branco	Com	48	-	-	-	2616	1726	1,515
Arroz Branco	Com	46	132	149	0,886	2676	1772	1,510
Arroz Branco	Com	46	148	151	0,980	2730	1784	1,530
Arroz Branco	Com	46	163	170	0,956	2830	1824	1,552
Arroz Branco	Com	47	160	171	0,936	2925	1910	1,532
Arroz Parboilizado	Sem	48	155	151	1,030	3055	2028	1,507
Arroz Parboilizado	Sem	46	154	164	0,939	2917	1896	1,539
Arroz Parboilizado	Sem	47	-	-	-	2750	1766	1,557
Arroz Parboilizado	Sem	47	164	168	0,976	3002	1954	1,537
Arroz Parboilizado	Sem	46	164	169	0,967	2917	1863	1,566
Arroz Parboilizado	Com	48	157	146	1,072	2736	1771	1,545
Arroz Parboilizado	Com	46	170	167	1,018	2867	1841	1,558
Arroz Parboilizado	Com	46	-	-	-	2787	1822	1,529
Arroz Parboilizado	Com	46	168	156	1,077	3095	1955	1,583
Arroz Parboilizado	Com	47	183	179	1,022	3066	2005	1,529

Apêndice 5 – Dados brutos de peso médio dos pintos com um dia de idade (PM), consumo de ração médio (CRM), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas pré-iniciais fareladas com a mesma porcentagem de óleo (4,03%) variando na fonte de amido e presença de 6% de proteína de soja isolada (PIS) (Experimento III)

Fatores		1 dia	1-7 dias			1-33 dias		
Fonte Amido	PIS	PM g	CRM g/ave	GPM g/ave	CA	CRM g/ave	GPM g/ave	CA
Milho	Sem	47	159	131	1,214	2958	1940	1,525
Milho	Sem	46	186	139	1,335	2648	1659	1,596
Milho	Sem	45	183	145	1,263	2837	1778	1,596
Milho	Sem	45	151	134	1,121	3062	1969	1,555
Milho	Sem	46	156	127	1,228	2728	1722	1,584
Milho	Com	46	159	143	1,108	2830	1869	1,515
Milho	Com	46	163	150	1,083	3183	2042	1,559
Milho	Com	44	183	133	1,381	2680	1636	1,638
Milho	Com	46	155	131	1,184	2767	1619	1,710
Milho	Com	44	170	133	1,283	2672	1520	1,758
Arroz Branco	Sem	46	175	169	1,036	3142	2085	1,507
Arroz Branco	Sem	47	166	146	1,137	2906	1930	1,506
Arroz Branco	Sem	47	154	146	1,051	2953	1852	1,595
Arroz Branco	Sem	45	164	162	1,012	2992	2020	1,481
Arroz Branco	Sem	45	149	139	1,076	-	-	-
Arroz Branco	Com	46	160	156	1,029	-	-	-
Arroz Branco	Com	46	166	147	1,129	2900	1885	1,539
Arroz Branco	Com	45	160	150	1,068	2935	1873	1,567
Arroz Branco	Com	46	159	155	1,029	2972	1904	1,561
Arroz Branco	Com	45	151	146	1,034	2990	1986	1,506
Arroz Parboilizado	Sem	46	162	158	1,025	3018	1991	1,516
Arroz Parboilizado	Sem	46	144	143	1,007	3140	2031	1,546
Arroz Parboilizado	Sem	46	148	143	1,039	2669	1770	1,508
Arroz Parboilizado	Sem	46	166	156	1,061	2998	1959	1,531
Arroz Parboilizado	Sem	45	156	141	1,108	2734	1804	1,516
Arroz Parboilizado	Com	46	162	158	1,022	3016	1941	1,554
Arroz Parboilizado	Com	45	152	148	1,027	2844	1839	1,546
Arroz Parboilizado	Com	46	155	144	1,073	2714	1768	1,535
Arroz Parboilizado	Com	45	160	154	1,039	2996	1975	1,517
Arroz Parboilizado	Com	44	156	149	1,044	-	-	-

## Apêndice 6 – Normas da revista *Poultry Science*

### POULTRY SCIENCE INSTRUCTIONS TO AUTHORS

#### ***Editorial Policies and Procedures***

*Poultry Science* publishes the results of fundamental and applied research concerning poultry, poultry products, and avian species in general. Submitted manuscripts shall provide new facts or confirmatory data. Papers dealing with experimental design, teaching, extension endeavors, or those of historical or biographical interest may also be appropriate. A limited number of review papers will be considered for publication if they contribute significant additional knowledge, or synthesis of knowledge, to a subject area. Papers that have been, or are scheduled to be, published elsewhere will not be accepted. Publication of a preliminary report, such as an abstract, does not preclude consideration of a complete report for publication as long as it has not been published in full in a proceedings or similar scientific publication; appropriate identification of previously published preliminary reports should be provided in a title page footnote. Translation of an article into other languages for publication requires approval by the editor-in-chief. Opinions or views expressed in papers published by *Poultry Science* are those of the author(s) and do not necessarily represent the opinion of the Poultry Science Association or the editor-in-chief.

#### ***Contact Information for Journal Staff***

For information on the scientific content of the journal, contact the editor-in-chief, Dr. Tom Porter, Department of Animal and Avian Sciences, University of Maryland, College Park, Building 142, College Park, MD 20742; e-mail: ps-editor@umd.edu.

For assistance with Scholar One Manuscripts, manuscript submission, supplemental files, copyright forms, or other information, contact Nes Diaz, Oxford University Press, 198 Madison Ave., New York, NY 10016 (nes.diaz@oup.com).

#### ***Care and Use of Animals***

Authors must make it clear that experiments were conducted in a manner that avoided unnecessary discomfort to the animals by the use of proper management and laboratory techniques. Experiments shall be conducted in accordance with the principles and specific guidelines presented in *Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching*, 3rd edition, 2010 (Association Headquarters, Champaign, IL 61820); and, if applicable, *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals* (United States Department of Human Health and Services, National Institutes of Health, Publication Number ISBN 0-309-05377-3, 1996); or *Guide to the Care and Use of Experimental Animals*, 2nd ed. Volume 1, 1993 (Canadian Council on Animal Care). Methods of killing experimental animals must be described in the text. In describing surgical procedures, the type and dosage of the anesthetic agent must be specified. Intra-abdominal and intrathoracic invasive surgery requires anesthesia. This includes caponization. The editor-in-chief of *Poultry Science* may refuse to publish manuscripts that are not compatible with these guides. If rejected solely on that basis, however, the paper may be resubmitted for reconsideration when accompanied by a written verification that a committee on animal care in research has approved the experimental design and procedures involved.

#### ***Types of Articles***

***Full-Length Articles.*** The majority of papers published in *Poultry Science* are full-length articles. The journal emphasizes the importance of good scientific writing and clarity in presentation of the concepts, apparatus, and sufficient background information that would be required for thorough understanding by scientists in other disciplines. One of the hallmarks for experimental evidence is repeatability. The results of experiments published in *Poultry Science* must be replicated, either by replicating



treatments within experiments or by repeating experiments. Care should be taken to ensure that experiments are adequately replicated.

**Research Notes.** Research Notes are short notes giving the results of complete experiments but are less comprehensive than full-length articles. Preliminary or progress reports will not be accepted. The running head shall be "RESEARCH NOTE." Research Notes will be published as a subsection of the scientific section in which they were reviewed. Research Notes are limited to five printed pages including tables and figures. Manuscripts should be prepared according to the guidelines for full-length articles.

**Symposium Papers.** The symposium organizer or chair must present the proposal and tentative budget to the Board of Directors at the summer meeting one full year before the symposium is to be scheduled. The symposium chair must then develop detailed symposium plans, including a formal outline of the talks approved and full budgetary expectations, which must be brought to the Board of Directors at the January meeting prior to the meeting at which the symposium is scheduled. The symposium chair must decide whether or not the symposium is to be published and will inform the editor-in-chief of this decision at the January meeting. If the decision is not to publish the symposium, the individual authors retain the right to submit their papers for consideration for the journal as ordinary manuscripts. If publication is decided upon, all manuscript style and form guidelines of the journal shall be followed. Manuscripts must be prepared electronically, including figures and tables, and then uploaded onto the *Poultry Science* Manuscript Central site within 2 weeks after the annual meeting. The symposium chair will review the papers and, if necessary, return them to the authors for revision. The symposium chair then forwards the revised manuscript to the editor-in-chief for final review. Final revisions by the author and recommendations for acceptance or rejection by the chair must be completed by December 31 of the year in which the symposium was presented. Manuscripts not meeting this deadline will not be included in the published symposium proceedings. Symposium papers must be prepared in accordance with the guidelines for full-length articles and are subject to review. Offprints and costs of pages are the responsibility of the author.

**Invited Papers.** Invited papers, such as the World's Poultry Science Association lecture, should be submitted online; the editorial office will then make these papers available to the editor-in-chief. These papers are subject to review, and all manuscript style and form guidelines of the journal shall be followed. Invited papers are exempt from page charges but not offprint charges.

**Review Papers.** Review papers are accepted only if they provide new knowledge or a high-caliber synthesis of important knowledge. Reviews are not exempt from pages charges. All *Poultry Science* guidelines for style and form apply.

**Invited Reviews.** Invited Reviews will be approximately 10 published pages and in review format. The editor-in-chief will send invitations to the authors and then review these contributions when they are submitted. Nominations or suggestions for potential timely reviews are welcomed and should be sent directly to the editor-in-chief.

**Contemporary Issues.** Contemporary Issues in *Poultry Science* will address critical issues facing poultry scientists and the poultry industry. As such, submissions to this section should be of interest to any poultry scientist, to the industry, to instructors and faculty teaching contemporary issues classes, and to undergraduate and graduate students. The section will consist of short papers (approximately 2 published pages) written in essay format and will include an abstract, appropriate subheadings, and references.

**Rapid Communications.** We aim for receipt-to-decision times of a month or less, and accepted papers will have priority for publication in the next available issue of *Poultry Science*. These papers will present informative and significant new findings, such as tissue-specific gene expression profile data with full-length cDNA and genomic gene

structure characterization. These papers will be short (2 to 4 published pages), adhere to journal format, and include references and an abstract. Rapid Communications should **not** be preliminary reports or incomplete studies. Authors will select Rapid Communications as the paper type when submitting the paper.

**Book Reviews.** *Poultry Science* publishes reviews of books considered to be of interest to the readers. The editor-in-chief ordinarily solicits reviews. Unsolicited reviews must be sent directly to the editor-in-chief for approval. Book reviews shall be prepared in accordance to the style and form requirements of the journal, and they are subject to editorial revision. No page charges will be assessed.

**Letters to the Editor.** The purpose of letters will be to discuss, critique, or expand on scientific points made in articles recently published in *Poultry Science*. Introduction of unpublished data will not be allowed, nor will material based on conjecture or speculation. Letters must be received within 6 months of an article's publication. Letters will be limited to 400 words and 5 references (approximately 3 double-spaced, typed pages including references). Letters shall have a title. Author name(s) and affiliation(s) shall be placed between the end of the text and list of references. Letters will be sent electronically directly to the editor-in-chief for consideration. The author(s) of the original paper(s) will be provided a copy of the letter and offered the opportunity to submit for consideration a reply within 30 days. Replies will have the same page restrictions and format as letters, and the titles shall end with "—Reply." Letters and replies will be published together. Acceptability of letters will be decided by the editor-in-chief. Letters and replies shall follow appropriate *Poultry Science* format and may be edited by the editor-in-chief and a technical editor. If multiple letters on the same topic are received, a representative letter concerning a specific article will be published. All letters may not be published. Letters and replies will be published as space permits.

#### **SUBMISSION OF ELECTRONIC MANUSCRIPTS**

Authors should submit their papers electronically (<http://mc.manuscriptcentral.com/ps>). Detailed instructions for submitting electronically are provided online at that site. Authors who are unable to submit electronically should contact the editorial office ([nes.diaz@oup.com](mailto:nes.diaz@oup.com)) for assistance.

#### **Copyright Agreement**

Authors shall complete the Manuscript Submission and Copyright Transfer form for each new manuscript submission; faxed copies are acceptable. The form is published in *Poultry Science* as space permits and is available online (<http://ps.oxfordjournals.org>). The copyright agreement is included in the Manuscript Submission and Copyright Transfer Form and must be completed by all authors before publication can proceed. The corresponding author is responsible for obtaining the signatures of coauthors. Persons unable to sign copyright agreements, such as federal employees, must indicate the reason for exemption on the form.

The Poultry Science Association grants to the author the right of republication in any book of which he or she is the author or editor, subject only to giving proper credit to the original journal publication of the article by the Association. The Poultry Science Association, Inc. retains the copyright to all materials accepted for publication in the journal. Please address requests for permission to reproduce published material to the editor-in-chief. All tables must be original material. If an author wishes to present data previously published in tabular form, copyright permission to reproduce the table must be obtained by the author and forwarded to the PSA editorial office, even when the format of the table submitted with the manuscript is different than the table already published.

If an author desires to reprint a figure published elsewhere, copyright permission to use the figure must be obtained by the author and forwarded to the PSA editorial office.

## REVIEW OF MANUSCRIPTS

After a manuscript is submitted electronically, the editorial office checks the manuscript. If a manuscript does not conform to the format for *Poultry Science*, it will be returned to the author (rejected) without review. Manuscripts that pass initial screening will be forwarded to the appropriate section editor, who pre-reviews the manuscript and may suggest rejection at this early stage for fatal design flaw, inappropriate replications, lack of novelty, deviation from the Instructions for Authors, or other major concerns.

The section editor assigns two reviewers, at least one of whom is an associate editor. Each reviewer has 3 weeks to review the manuscript, after which his or her comments are forwarded to the section editor. The section editor may recommend rejection or acceptance at this point, after which the manuscript and reviewer comments are made available to the editor-in-chief for a final decision. More commonly, the manuscript will be sent back to the corresponding author for revision according to the guidelines of the reviewers. Authors have 6 weeks to complete the revision, which shall be returned to the section editor. Failure to return the manuscript within 6 weeks will cause the paper to be purged from the files. Purged manuscripts may be reconsidered, but they will have to be processed as new manuscripts. Section editors handle all initial correspondence with authors during the review process. The editor-in-chief will notify the author of the final decision to accept or reject. Rejected manuscripts can be resubmitted only with an invitation from the section editor or editor-in-chief. Revised versions of previously rejected manuscripts are treated as new submissions. Therefore, authors must complete a new Manuscript Submission and Copyright Transfer Form.

## PRODUCTION OF PROOFS

Accepted manuscripts are forwarded by the editor-in-chief to the editorial office for technical editing and typesetting. At this point the technical editor may contact the authors for missing information or figure revisions. The manuscript is then typeset, figures reproduced, and author proofs prepared.

### **Proofs**

Author proofs of all manuscripts will be provided to the corresponding author. Author proofs should be read carefully and checked against the typed manuscript, because the responsibility for proofreading is with the author(s). Corrections may be returned by fax (217-378-4083), mail, or e-mail. For faxed or mailed corrections, changes to the proof should be made neatly and clearly in the margins of the proof. If extensive editing is required, corrections should be provided on a separate sheet of paper with a symbol indicating location on the proof. Changes sent by e-mail to the technical editor must indicate page, column, and line numbers for each correction to be made on the proof. Corrections can also be marked using the note and highlight tools to indicate necessary changes. Author alterations to copy exceeding 10% of the cost of composition will be charged to the author.

Editor queries should be answered on the galley proofs; failure to do so may delay publication.

Proof corrections should be made and returned to the technical editor within 48 hours of receipt. The publication charge form should be returned with proof corrections so as not to delay publication of the article.

### **Publication Charges and Offprints**

*Poultry Science* has two options available for the publication of articles: conventional page charges and Open Access (OA).

**OA.** For authors who wish to publish their papers OA (available to everyone when the issue is posted online), authors will pay the OA fee when proofs are returned to the editorial office. Charges for OA are \$2,400 if at least one author is a current

professional member of PSA; the charge is \$3,100 when no author is a professional member of PSA.

**Conventional Page Charges.** The current charge for publication is \$100 per printed page (or fraction thereof) in the journal if at least one author is a professional member of PSA. If no author is a member of PSA, the publication charge is \$170 per journal page.

**Offprints.** Offprints may be ordered at an additional charge. When the galley proof is sent, the author is asked to complete an offprint order requesting the number of offprints desired and the name of the institution, agency, or individual responsible for publication charges.

**Color Charges.** The cost to publish in color in the print journal is \$600 per color image; a surcharge for offprints will also be assessed. At the time of submission on ScholarOne Manuscripts, authors will be asked to approve color charges for figures that they wish to have published in color in the print journal. Color versions of figures will be included in the online PDF and full-text article at no charge.

## MANUSCRIPT PREPARATION: STYLE AND FORM

### **General**

Papers must be written in English. The text and all supporting materials must use American spelling and usage as given in *The American Heritage Dictionary*, *Webster's Third New International Dictionary*, or the *Oxford American English Dictionary*. Authors should follow the style and form recommended in *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 2006. 7th ed. Style Manual Committee, Council of Science Editors, Reston, VA.

Authors should prepare their manuscripts with Microsoft Word and upload them using the fewest files possible to facilitate the review and editing process. Authors whose primary language is not English are strongly encouraged to use an English-language service to facilitate the preparation of their manuscript. A partial list of services can be found in the *Poultry Science* Manuscript checklist.

### **Preparing the Manuscript File**

Manuscripts should be typed double-spaced, with lines and pages numbered consecutively, using Times New Roman font at 12 points. All special characters (e.g., Greek, math, symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex math should be entered using MathType from Design Science (<http://www.dessci.com>). Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscript (not placed within the text). Failure to follow these instructions may result in an immediate rejection of the manuscript.

### **Headings**

**Major Headings.** Major headings are centered (except ABSTRACT), all capitals, boldface, and consist of ABSTRACT, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION (or RESULTS AND DISCUSSION), ACKNOWLEDGMENTS (optional), APPENDIX (optional), and REFERENCES.

**First Subheadings.** First subheadings are placed on a separate line, begin at the left margin, the first letter of all important words is capitalized, and the headings are boldface and italic. Text that follows a first subheading should be in a new paragraph.

**Second Subheadings.** Second subheadings begin the first line of a paragraph. They are indented, boldface, italic, and followed by a period. The first letter of each important word should be capitalized. The text follows immediately after the final period of the subheading.

### **Title Page**

The title page shall begin with a running head (short title) of not more than 45 characters. The running head is centered, is in all capital letters, and shall appear on the top of the title page. No abbreviations should be used.

The title of the paper must be in boldface; the first letter of the article title and proper names are capitalized, and the remainder of the title is lowercase. The title must not have abbreviations.

Under the title, names of authors should be typed (first name or initial, middle initial, last name). Affiliations will be footnoted using the following symbols: \*, †, ‡, §, #, ||, and be placed below the author names. Do not give authors' titles, positions, or degrees. Numbered footnotes may be used to provide supplementary information, such as present address, acknowledgment of grants, and experiment station or journal series number. The corresponding author should be indicated with a numbered footnote (e.g., Corresponding author: my name@university.edu). Note that there is no period after the corresponding author's e-mail address.

The title page shall include the name and full address of the corresponding author. Telephone and FAX numbers and e-mail address must also be provided. The title page must indicate the appropriate scientific section for the paper (i.e., Education and Production; Environment,

Well-Being, and Behavior; Genetics; Immunology, Health, and Disease; Metabolism and Nutrition; Molecular, Cellular, and Developmental Biology; Physiology, Endocrinology, and Reproduction; or Processing, Products, and Food Safety).

Authors may create a full title page as a one-page document, in a file separate from the rest of the paper. This file can be uploaded and marked "not for review." Authors who choose to upload manuscripts with a full title page at the beginning will have their papers forwarded to reviewers as is.

#### **Abbreviations**

Author-derived abbreviations should be defined at first use in the abstract and again in the body of the manuscript. The abbreviation will be shown in bold type at first use in the body of the manuscript. Refer to the Miscellaneous Usage Notes for more information on abbreviations.

#### **Abstract**

The Abstract disseminates scientific information through abstracting journals and through convenience for the readers. The Abstract, consisting of not more than 325 words, appears at the beginning of the manuscript with the word ABSTRACT without a following period. It must summarize the major objectives, methods, results, conclusions, and practical applications of the research. The Abstract must consist of complete sentences and use of abbreviations should be limited. References to other work and footnotes are not permitted. The Abstract and Key Words must be on a separate sheet of paper.

#### **Key Words**

The Abstract shall be followed by a maximum of five key words or phrases to be used for subject indexing. These should include important words from the title and the running head and should be singular, not plural, terms (e.g., broiler, not broilers). Key words should be formatted as follows: **Key words:** . . .

#### **Introduction**

The Introduction, while brief, should provide the reader with information necessary for understanding research presented in the paper. Previous work on the topic should be summarized, and the objectives of the current research must be clearly stated.

#### **Materials and Methods**

All sources of products, equipment, and chemicals used in the experiments must be specified parenthetically at first mention in text, tables, and figures [i.e., (model 123, ABC Corp., Provo, UT)]. Model and catalog numbers should be included. Information shall include the full corporate name (including division, branch, or other subordinate part of the corporation, if applicable), city, and state (country if outside the United States), or Web address. Street addresses need not be given unless the reader would

not be able to determine the full address for mailing purposes easily by consulting standard references.

Age, sex, breed, and strain or genetic stock of animals used in the experiments shall be specified. Animal care guidelines should be referenced if appropriate.

Papers must contain analyzed values for those dietary ingredients that are crucial to the experiment. Papers dealing with the effects of feed additives or graded levels of a specific nutrient must give analyzed values for the relevant additive or nutrient in the diet(s). If products were used that contain different potentially active compounds, then analyzed values for these compounds must be given for the diet(s). Exceptions can only be made if appropriate methods are not available. In other papers, authors should state whether experimental diets meet or exceed the National Research Council (1994) requirements as appropriate. If not, crude protein and metabolizable energy levels should be stated. For layer diets, calcium and phosphorus contents should also be specified.

When describing the composition of diets and vitamin premixes, the concentration of vitamins A and E should be expressed as IU/kg on the basis of the following equivalents:

*Vitamin A*

1 IU = 0.3 µg of all-*trans* retinol

1 IU = 0.344 µg of retinyl acetate

1 IU = 0.552 µg of retinyl palmitate

1 IU = 0.60 µg of β-carotene

*Vitamin E*

1 IU = 1 mg of dl-α-tocopheryl acetate

1 IU = 0.91 mg of dl-α-tocopherol

1 IU = 0.67 mg of d-α-tocopherol

In the instance of vitamin D<sub>3</sub>, cholecalciferol is the acceptable term on the basis that 1 IU of vitamin D<sub>3</sub> = 0.025 µg of cholecalciferol.

The sources of vitamins A and E must be specified in parentheses immediately following the stated concentrations.

**Statistical Analysis.** Biology should be emphasized, but the use of incorrect or inadequate statistical methods to analyze and interpret biological data is not acceptable. Consultation with a statistician is recommended. Statistical methods commonly used in the animal sciences need not be described in detail, but adequate references should be provided. The statistical model, classes, blocks, and experimental unit must be designated. Any restrictions used in estimating parameters should be defined. Reference to a statistical package without reporting the sources of variation (classes) and other salient features of the analysis, such as covariance or orthogonal contrasts, is not sufficient. A statement of the results of statistical analysis should justify the interpretations and conclusions. When possible, results of similar experiments should be pooled statistically. Do not report a number of similar experiments separately.

The experimental unit is the smallest unit to which an individual treatment is imposed. For group-fed animals, the group of animals in the pen is the experimental unit; therefore, groups must be replicated. Repeated chemical analyses of the same sample usually do not constitute independent experimental units. Measurements on the same experimental unit over time also are not independent and must not be considered as independent experimental units. For analysis of time effects, use timesequence analysis.

Usual assumptions are that errors in the statistical models are normally and independently distributed with constant variance. Most standard methods are robust to deviations from these assumptions, but occasionally data transformations or other techniques are helpful. For example, it is recommended that percentage data between

0 and 20 and between 80 and 100 be subjected to arc sin transformation prior to analysis. Most statistical procedures are based on the assumption that experimental units have been assigned to treatments at random. If animals are stratified by ancestry or weight or if some other initial measurement should be accounted for, the model should include a blocking factor, or the initial measurement should be included as a covariate.

A parameter [mean ( $\mu$ ), variance ( $\sigma^2$ )], which defines or describes a population, is estimated by a statistic ( $\bar{x}$ ,  $s^2$ ). The term **parameter** is not appropriate to describe a variable, observation, trait, characteristic, or measurement taken in an experiment.

Standard designs are adequately described by name and size (e.g., "a randomized complete block design with 6 treatments in 5 blocks"). For a factorial set of treatments, an adequate description might be as follows: "Total sulfur amino acids at 0.70 or 0.80% of the diet and Lys at 1.10, 1.20, or 1.30% of the diet were used in a  $2 \times 3$  factorial arrangement in 5 randomized complete blocks consisting of initial BW." Note that a **factorial arrangement is not a design**; the term "design" refers to the method of grouping experimental units into homogeneous groups or blocks (i.e., the way in which the randomization is restricted).

Standard deviation refers to the variability in a sample or a population. The standard error (calculated from error variance) is the estimated sampling error of a statistic such as the sample mean. When a standard deviation or standard error is given, the number of degrees of freedom on which it rests should be specified. When any statistical value (as mean or difference of 2 means) is mentioned, its standard error or confidence limit should be given. The fact that differences are not "statistically significant" is no reason for omitting standard errors. They are of value when results from several experiments are combined in the future. They also are useful to the reader as measures of efficiency of experimental techniques. A value attached by " $\pm$ " to a number implies that the second value is its standard error (not its standard deviation). Adequate reporting may require only 1) the number of observations, 2) arithmetic treatment means, and 3) an estimate of experimental error. The pooled standard error of the mean is the preferred estimate of experimental error. Standard errors need not be presented separately for each mean unless the means are based on different numbers of observations or the heterogeneity of the error variance is to be emphasized. Presenting individual standard errors clutters the presentation and can mislead readers.

For more complex experiments, tables of subclass means and tables of analyses of variance or covariance may be included. When the analysis of variance contains several error terms, such as in splitplot and repeated measures designs, the text should indicate clearly which mean square was used for the denominator of each  $F$  statistic. Unbalanced factorial data can present special problems. Accordingly, it is well to state how the computing was done and how the parameters were estimated. Approximations should be accompanied by cautions concerning possible biases.

Contrasts (preferably orthogonal) are used to answer specific questions for which the experiment was designed; they should form the basis for comparing treatment means. Nonorthogonal contrasts may be evaluated by Bonferroni  $t$  statistics. The exact contrasts tested should be described for the reader. Multiple-range tests are not appropriate when treatments are orthogonally arranged. Fixed-range, pairwise, multiple-comparison tests should be used only to compare means of treatments that are unstructured or not related. Least squares means are the correct means to use for all data, but arithmetic means are identical to least squares means unless the design is unbalanced or contains missing values or an adjustment is being made for a covariate. In factorial treatment arrangements, means for main effects should be presented when important interactions are not present. However, means for individual treatment combinations also should be provided in table or text so that future researchers may combine data from several experiments to detect important interactions. An interaction

may not be detected in a given experiment because of a limitation in the number of observations.

The terms significant and highly significant traditionally have been reserved for  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively; however, reporting the  $P$ -value is preferred to the use of these terms. For example, use “. . . there was a difference ( $P < 0.05$ ) between control and treated samples” rather than “. . . there was a significant ( $P < 0.05$ ) difference between control and treated samples.” When available, the observed significance level (e.g.,  $P = 0.027$ ) should be presented rather than merely  $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ , thereby allowing the reader to decide what to reject. Other probability ( $\alpha$ ) levels may be discussed if properly qualified so that the reader is not misled. Do not report  $P$ -values to more than 3 places after the decimal. Regardless of the probability level used, failure to reject a hypothesis should be based on the relative consequences of type I and II errors. A “nonsignificant” relationship should not be interpreted to suggest the absence of a relationship. An inadequate number of experimental units or insufficient control of variation limits the power to detect relationships. Avoid the ambiguous use of  $P > 0.05$  to declare nonsignificance, such as indicating that a difference is not significant at  $P > 0.05$  and subsequently declaring another difference significant (or a tendency) at  $P < 0.09$ . In addition, readers may incorrectly interpret the use of  $P > 0.05$  as the probability of a  $\beta$  error, not an  $\alpha$  error. Present only meaningful digits. A practical rule is to round values so that the change caused by rounding is less than one-tenth of the standard error. Such rounding increases the variance of the reported value by less than 1%, so that less than 1% of the relevant information contained in the data is sacrificed. Significant digits in data reported should be restricted to 3 beyond the decimal point, unless warranted by the use of specific methods.

### **Results and Discussion**

Results and Discussion sections may be combined, or they may appear in separate sections. If separate, the Results section shall contain only the results and summary of the author's experiments; there should be no literature comparisons. Those comparisons should appear in the Discussion section. Manuscripts reporting sequence data must have GenBank accession numbers prior to submitting. One of the hallmarks for experimental evidence is repeatability. Care should be taken to ensure that experiments are adequately replicated. The results of experiments must be replicated, either by replicating treatments within experiments or by repeating experiments.

### **Acknowledgments**

An Acknowledgments section, if desired, shall follow the Discussion section. Acknowledgments of individuals should include affiliations but not titles, such as Dr., Mr., or Ms. Affiliations shall include institution, city, and state.

### **Appendix**

A technical Appendix, if desired, shall follow the Discussion section or Acknowledgments, if present. The Appendix may contain supplementary material, explanations, and elaborations that are not essential to other major sections but are helpful to the reader. Novel computer programs or mathematical computations would be appropriate. The Appendix will not be a repository for raw data.

### **References**

**Citations in Text.** In the body of the manuscript, refer to authors as follows: Smith and Jones (1992) or Smith and Jones (1990, 1992). If the sentence structure requires that the authors' names be included in parentheses, the proper format is (Smith and Jones, 1982; Jones, 1988a, b; Jones et al., 1993). Where there are more than two authors of one article, the first author's name is followed by the abbreviation et al. More than one article listed in the same sentence of text must be in chronological order first, and alphabetical order for two publications in the same year. Work that has not been accepted for publication shall be listed in the text as: “J. E. Jones (institution, city, and



state, personal communication).” The author’s own unpublished work should be listed in the text as “(J. Smith, unpublished data).” Personal communications and unpublished data must not be included in the References section.

**References Section.** To be listed in the References section, papers must be published or accepted for publication. Manuscripts submitted for publication can be cited as “personal communication” or “unpublished data” in the text.

Citation of abstracts, conference proceedings, and other works that have not been peer reviewed is strongly discouraged unless essential to the paper. Abstract and proceedings references are not appropriate citations in the Materials and Methods section of a paper.

In the References section, references shall first be listed alphabetically by author(s) last name(s), and then chronologically. The year of publication follows the authors’ names. As with text citations, two or more publications by the same author or set of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date. The dates for papers with the same first author that would be abbreviated in the text as et al., even though the second and subsequent authors differ, shall also be differentiated by letters. All authors’ names must appear in the Reference section. Journals shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations given in journals database of the National Library of Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/que-ry.fcgi?db=journals>). One-word titles must be spelled out. Inclusive page numbers must be provided. Sample references are given below. Consult recent issues of *Poultry Science* for examples not included below.

Article:

Bagley, L. G., and V. L. Christensen. 1991. Hatchability and physiology of turkey embryos incubated at sea level with increased eggshell permeability. *Poult. Sci.* 70:1412–1418.

Bagley, L. G., V. L. Christensen, and R. P. Gildersleeve. 1990. Hematological indices of turkey embryos incubated at high altitude as affected by oxygen and shell permeability. *Poult. Sci.* 69:2035–2039.

Witter, R. L., and I. M. Gimeno. 2006. Susceptibility of adult chickens, with and without prior vaccination, to challenge with Marek’s disease virus. *Avian Dis.* 50:354–365. doi:10.1637/7498-010306R.1

Book:

Metcalfe, J., M. K. Stock, and R. L. Ingermann. 1984. The effects of oxygen on growth and development of the chick embryo. Pages 205-219 in *Respiration and Metabolism of Embryonic Vertebrates*. R. S. Seymour, ed. Dr. W. Junk, Dordrecht, the Netherlands.

National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Federal Register:

Department of Agriculture, Plant and Animal Health Inspection Service. 2004. Blood and tissue collection at slaughtering and rendering establishments, final rule. 9CFR part 71. *Fed. Regist.* 69:10137–10151.

Other:

Choct, M., and R. J. Hughes. 1996. Long-chain hydrocarbons as a marker for digestibility studies in poultry. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 8:186. (Abstr.)

Dyro, F. M. 2005. Arsenic. WebMD. Accessed Feb. 2006. <http://www.emedicine.com/neuro/topic20.htm>.

El Halawani, M. E., and I. Rosenboim. 2004. Method to enhance reproductive performance in poultry. Univ. Minnesota, assignee. US Pat. No. 6,766,767.

Hruby, M., J. C. Remus, and E. E. M. Pierson. 2004. Nutritional strategies to meet the challenge of feeding poultry without antibiotic growth promotants. Proc. 2nd Mid-Atlantic Nutr. Conf., Timonium, MD. Univ. Maryland, College Park.

Luzuriaga, D. A. 1999. Application of computer vision and electronic nose technologies for quality assessment of color and odor of shrimp and salmon. PhD Diss. Univ. Florida, Gainesville.

Peak, S. D., and J. Brake. 2000. The influence of feeding program on broiler breeder male mortality. *Poult. Sci.* 79(Suppl. 1):2. (Abstr.)

### **Tables**

Tables must be created using the MS Word table feature and inserted in the manuscript after the references section. When possible, tables should be organized to fit across the page without running broadside. Be aware of the dimensions of the printed page when planning tables (use of more than 15 columns will create layout problems). Place the table number and title on the same line above the table. The table title does not require a period. Do not use vertical lines and use few horizontal lines. Use of bold and italic typefaces in the table body should be done sparingly; such use must be defined in a footnote. Each table must be on a separate page. To facilitate placement of all tables into the manuscript file (just after the references) authors should use "section breaks" rather than "page breaks" at the end of the manuscript (before the tables) and between tables.

Units of measure for each variable must be indicated. Papers with several tables must use consistent format. All columns must have appropriate headings.

Abbreviations not found on the inside front cover of the journal must be defined in each table and must match those used in the text. Footnotes to tables should be marked by superscript numbers. Each footnote should begin a new line.

Superscript letters shall be used for the separation of means in the body of the table and explanatory footnotes must be provided [i.e., "Means within a row lacking a common superscript differ ( $P < 0.05$ )."]; other significant  $P$ -values may be specified. Comparison of means within rows and columns should be indicated by different series of superscripts (e.g., a,b, . . . in rows; x-z . . . in columns) The first alphabetical letter in the series (e.g., a or A) shall be used to indicate the largest mean. Lowercase superscripts indicate  $P \leq 0.05$ . Uppercase letters indicate  $P \leq 0.01$  or less.

Probability values may be indicated as follows: \* $P \leq 0.05$ , \*\* $P \leq 0.01$ , \*\*\* $P \leq 0.001$ , and † $P \leq 0.10$ . Consult a recent issue of *Poultry Science* for examples of tables.

### **Figures**

To facilitate review, figures should be placed at the end of the manuscript (separated by section breaks). Each figure should be placed on a separate page, and identified by the manuscript number and the figure number. A figure with multiple panels or parts should appear on one page (e.g., if Figure 1 has parts a, b, and c, place all of these on the same page). Figure captions should be typed (double spaced) on a separate page.

• **Figure Size.** Prepare figures at final size for publication. Figures should be prepared to fit one column (8.9 cm wide), 2 columns (14 cm wide), or full-page width (19 cm wide).

- **Font Size.** Ensure that all type within the figure and axis labels are readable at final publication size. A minimum type size of 8 points (after reduction) should be used.
  - **Fonts.** Use Helvetica or Times New Roman. Symbols may be inserted using the Symbol palette in Times New Roman.
  - **Line Weight.** For line graphs, use a minimum stroke weight of 1 point for all lines. If multiple lines are to be distinguished, use solid, long-dash, short-dash, and dotted lines. Avoid the use of color, gray, or shaded lines, as these will not reproduce well. Lines with different symbols for the data points may also be used to distinguish curves.
  - **Axis Labels.** Each axis should have a description and a unit. Units may be separated from the descriptor by a comma or parentheses, and should be consistent within a manuscript.
  - **Shading and Fill Patterns.** For bar charts, use different fill patterns if needed (e.g., black, white, gray, diagonal stripes). Avoid the use of multiple shades of gray, as they will not be easily distinguishable in print.
  - **Symbols.** Identify curves and data points using the following symbols only: □, ■, ○, ●, ▲, ▼, n, ,, e, r, +, or ×. Symbols should be defined in a key on the figure if possible.
  - **File Formats.** Figures can be submitted in Word, PDF, EPS, TIFF, and JPEG. Avoid PowerPoint files and other formats. For the best printed quality, line art should be prepared at 600 ppi. Grayscale and color images and photomicrographs should be at least 300 ppi.
  - **Grayscale Figures.** If figures are to be reproduced in grayscale (black and white), submit in grayscale. Often color will mask contrast problems that are apparent only when the figure is reproduced in grayscale.
  - **Color Figures.** If figures are to appear in color in the print journal, files must be submitted in CMYK color (not RGB).
  - **Photomicrographs.** Photomicrographs must have their unmagnified size designated, either in the caption or with a scale bar on the figure. Reduction for publication can make a magnification power designation (e.g., 100×) inappropriate.
  - **Caption.** The caption should provide sufficient information that the figure can be understood with excessive reference to the text. All author-derived abbreviations used in the figure should be defined in the caption.
  - **General Tips.** Avoid the use of three-dimensional bar charts, unless essential to the presentation of the data. Use the simplest shading scheme possible to present the data clearly. Ensure that data, symbols, axis labels, lines, and key are clear and easily readable at final publication size.
- Color Figures.** Submitted color images should be at least 300 ppi. The cost to publish each color figure is \$600; a surcharge for color reprints ordered will be assessed. Authors must agree in writing to bear the costs of color production after acceptance and prior to publication of the paper.

### **Miscellaneous Usage Notes**

**Abbreviations.** Abbreviations shall not be used in the title, key words, or to begin sentences, except when they are widely known throughout science (e.g., DNA, RNA) or are terms better known by abbreviation (e.g., IgG, CD). A helpful criterion for use of abbreviation is whether it has been accepted into thesauri and indexes widely used for searching major bibliographic databases in the scientific field. Abbreviations may be used in heads within the paper, if they have been first defined within the text. The inside back cover of every issue of the journal lists abbreviations that can be used without definition. The list is subject to revision at any time, so authors should always consult the most recent issue of the journal for relevant information. Abbreviations are allowed when they help the flow of the manuscript; however, excessive use of abbreviations can confuse the reader. The suitability of abbreviations will be evaluated by the reviewers and editors during the review process and by the technical editor

during editing. As a rule, author-derived abbreviations should be in all capital letters. Terms used less than three times must be spelled out in full rather than abbreviated. All terms are to be spelled out in full with the abbreviation following in bold type in parentheses the first time they are mentioned in the main body of the text. Abbreviations shall be used consistently thereafter, rather than the full term.

The abstract, text, each table, and each figure must be understood independently of each other. Therefore, abbreviations shall be defined within each of these units of the manuscript.

Plural abbreviations do not require "s." Chemical symbols and three-letter abbreviations for amino acids do not need definition. Units of measure, except those in the standard *Poultry Science* abbreviation list, should be abbreviated as listed in the *CRC Handbook for Chemistry and Physics* (CRC Press, 2000 Corporate Blvd., Boca Raton, FL 33431) and do not need to be defined.

The following abbreviations may be used without definition in *Poultry Science*.

A - adenine

ADG - average daily gain

ADFI - average daily feed intake

AME - apparent metabolizable energy

AMEn - nitrogen-corrected apparent metabolizable energy

ANOVA - analysis of variance

B cell - bursal-derived, bursal-equivalent derived cell

bp - base pairs

BSA - bovine serum albumin

BW - body weight

C - cytosine

cDNA - complementary DNA

cfu - colony-forming units

CI - confidence interval

CP - crude protein

cpm - counts per minute

CV - coefficient of variation

d - day

df - degrees of freedom

DM - dry matter

DNA - deoxyribonucleic acid

EDTA - ethylenediaminetetraacetate

ELISA - enzyme-linked immunosorbent antibody assay

EST - expressed sequence tag g gram

g - gravity

G - guanine

GAT - glutamic acid-alanine-tyrosine

G:F - gain-to-feed ratio

GLM - general linear model

h - hour

HEPES - *N*-2-hydroxyethyl piperazine-*N*-ethane-sulfonic acid

HPLC - high-performance (high-pressure) liquid chromatography

ICU - international chick units

Ig - immunoglobulin

IL - interleukin

IU - international units

kb - kilobase pairs

kDa - kilodalton

L - liter\*  
L:D - hours light:hours darkness in a photoperiod (e.g., 23L:1D)  
m - meter  
 $\mu$  - micro  
*M* - molar  
MAS - marker-assisted selection  
ME - metabolizable energy  
MEn - nitrogen-corrected metabolizable energy  
MHC - major histocompatibility complex  
mRNA - messenger ribonucleic acid  
min - minute  
mo - month  
MS - mean square  
n - number of observations  
*N* - normal  
NAD - nicotinamide adenine dinucleotide  
NADH - reduced nicotinamide adenine dinucleotide  
NRC - National Research Council  
NS - not significant  
PAGE - polyacrylamide gel electrophoresis  
PBS - phosphate-buffered saline  
PCR - polymerase chain reaction  
pfu - plaque-forming units  
QTL - quantitative trait loci  
r - correlation coefficient  
 $r^2$  - coefficient of determination, simple  
 $R^2$  - coefficient of determination, multiple  
RFLP - restriction fragment length polymorphism  
RH - relative humidity  
RIA - radioimmunoassay  
RNA - ribonucleic acid  
rpm - revolutions per minute  
s - second  
SD - standard deviation  
SDS - sodium dodecyl sulfate  
SE - standard error  
SEM - standard error of the mean  
SRBC - sheep red blood cells  
SNP - single nucleotide polymorphism  
T - thymine  
TBA - thiobarbituric acid  
T cell - thymic-derived cell  
TME - true metabolizable energy  
TMEn - nitrogen-corrected true metabolizable energy  
Tris - tris(hydroxymethyl)aminomethane  
TSAA - total sulfur amino acids  
U - uridine  
USDA - United States Department of Agriculture  
UV - ultraviolet  
vol/vol - volume to volume  
vs. - versus  
wt/vol - weight to volume  
wt/wt - weight to weight

wk - week

yr - year

\*Also capitalized with any combination, e.g., mL.

**International Words and Phrases.** Non-English words in common usage (defined in recent editions of standard dictionaries) will not appear in italics (e.g., *in vitro*, *in vivo*, *in situ*, *a priori*). However, genus and species of plants, animals, or bacteria and viruses should be italicized. Authors must indicate accent marks and other diacriticals on international names and institutions. German nouns shall begin with capital letters.

**Capitalization.** Breed and variety names are to be capitalized (e.g., Single Comb White Leghorn).

**Number Style.** Numbers less than 1 shall be written with preceding zeros (e.g., 0.75). All numbers shall be written as digits. Measures must be in the metric system; however, US equivalents may be given in parentheses. *Poultry Science* requires that measures of energy be given in calories rather than joules, but the equivalent in joules may be shown in parentheses or in a footnote to tables. Units of measure not preceded by numbers must be written out rather than abbreviated (e.g., lysine content was measured in milligrams per kilogram of diet) unless used parenthetically. Measures of variation must be defined in the Abstract and in the body of the paper at first use. Units of measure for feed conversion or feed efficiency shall be provided (i.e., g:g).

**Nucleotide Sequences.** Nucleotide sequence data must relate to poultry or poultry pathogens and must complement biological data published in the same or a companion paper. If sequences are excessively long, it is suggested that the most relevant sections of the data be published in *Poultry Science* and the remaining sequences be submitted to one of the sequence databases. Acceptance for publication is contingent on the submission of sequence data to one of the databases. The following statement should appear as a footnote to the title on the title page of the manuscript. "The nucleotide sequence data reported in this paper have been submitted to GenBank Submission (Mail Stop K710, Los Alamos National Laboratories, Los Alamos, NM 87545) nucleotide sequence database and have been assigned the accession number XNNNNN."

Publication of the description of molecular clones is assumed by the editors to place them in the public sector. Therefore, they shall be made available to other scientists for research purposes.

Nucleotide sequences must be submitted as camera-ready figures no larger than 21.6 × 27.9 cm in standard (portrait) orientation. Abbreviations should follow *Poultry Science* guidelines.

**Gene and Protein Nomenclature.** Authors are required to use only approved gene and protein names and symbols. For poultry, full gene names should not be italicized. Gene symbols should be in uppercase letters and should be in italics. A protein symbol should be in the same format as its gene except the protein symbol should not be in italics.

**General Usage.** Note that "and/or" is not permitted; choose the more appropriate meaning or use "x or y or both."

Use the slant line only when it means "per" with numbered units of measure or "divided by" in equations. Use only one slant line in a given expression (e.g., g/d per chick). The slant line may not be used to indicate ratios or mixtures.

Use "to" instead of a hyphen to indicate a range.

Insert spaces around all signs (except slant lines) of operation (=, −, +, ×, >, or <, etc.) when these signs occur between two items.

Items in a series should be separated by commas (e.g., a, b, and c).

Restrict the use of “while” and “since” to meanings related to time. Appropriate substitutes include “and,” “but,” or “whereas” for “while” and “because” or “although” for “since.”

Leading (initial) zeros should be used with numbers less than 1 (e.g., 0.01).

Commas should be used in numbers greater than 999.

Registered (®) and trademark (™) symbols should not be used, unless as part of an article title in the References section. Trademarked product names should be capitalized.

### ***Supplemental Information***

The following information is available online and updated regularly. Please refer to these pages when preparing a manuscript for submission.

***Journal Title Abbreviations.*** A list of standard abbreviations for common journal titles is available online: [http://www.oxfordjournals.org/our\\_journals/ps/for\\_authors/index.html](http://www.oxfordjournals.org/our_journals/ps/for_authors/index.html)

***SI Units.*** The following site (National Institute of Standards and Technology) provides a comprehensive guide to SI units and usage: <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/contents.html>

***Figure Preparation Guidelines.*** Current detailed information on figure preparation can be found at [http://www.oxfordjournals.org/for\\_authors/figures.html](http://www.oxfordjournals.org/for_authors/figures.html)

***ScholarOne Manuscripts Instructions.*** Manuscripts are submitted online (<http://mc04.manuscriptcentral.com/ps>). Full user instructions for using the ScholarOne Manuscripts system are available on the ScholarOneManuscripts home page.

## VITA

Patrícia Diniz Ebling, filha de Célio Rodrigues Ebling e Ireni Diniz Ebling, nasceu no dia 16 de dezembro de 1985, em São Pedro do Sul, RS. Coursou o ensino fundamental na Escola Estadual de Ensino Fundamental Hilda Köetz e, o ensino médio, na Escola Estadual de Educação Básico Tito Ferrari, em São Pedro do Sul.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria, RS, em 2009. Durante a graduação, atuou na área de produção e nutrição de aves no Laboratório de Avicultura, onde participou de projetos de extensão e pesquisa. Como requisito para conclusão da graduação, realizou o estágio curricular na extinta Empresa Doux-Frango Sul na área de fomento/frangos de corte.

Em março de 2009, iniciou seu curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na área de concentração “Produção Animal”, vindo a obter o título de Mestre em Zootecnia em fevereiro de 2011, com a defesa da dissertação intitulada “Farelo de arroz desengordurado e diferentes métodos de incorporação de fitase em dietas para poedeiras comerciais” com orientação do Prof. Dr. Irieno Zanella. Em 2010, também na UFSM, ingressou no Programa Especial de Graduação de Formação de Professores para Educação Profissional, recebendo o grau equivalente à Licenciatura Plena em maio de 2012.

Em abril de 2011, iniciou seu curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de concentração “Nutrição de Não-Ruminantes” com orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréa Machado Leal Ribeiro.

Desde março de 2013 é professora do curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Itapiranga (FAI).