

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

HELOÍSE TRAUTENMÜLLER

RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

HELOÍSE TRAUTENMÜLLER

RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

HELOÍSE TRAUTENMÜLLER

RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Marechal Cândido Rondon, ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Prof. Dra. Cinthia Eyng

Prof. Dr. Paulo Cella

Aos meus pais, Herton e Iara.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus, pela saúde e força para realizar esta conquista.

Agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao programa de Pós-graduação em Zootecnia pelo aprimoramento profissional.

Agradeço ao Professor Dr. Ricardo Vianna Nunes que sempre esteve disposto a me ajudar e não mediu esforços para que eu pudesse finalizar este trabalho. Serei eternamente grata!

Ao professor Dr. Luís Daniel Giusti Bruno, que me acolheu no início desta empreitada e que mesmo distante me incentivou em todos os momentos difíceis. Muito obrigada por todas as palavras!

Agradeço à professora Dra. Cinthia Eyng e ao colega Dr. Tiago Pasquetti pela contribuição com este trabalho.

Agradeço ao assistente do programa Paulo Morsch pela paciência e compreensão.

Aos professores que me ensinaram tanto, em especial ao Professor Dr. Paulo Levi, que além de educar, sempre teve uma palavra amiga.

Aos colegas do grupo de estudos GEMADA e aos demais colegas e amigos que fiz durante este mestrado.

Agradeço ao meu namorado Renan Locatelli, que além de incentivar, colocou a mão na massa comigo! Obrigada por todas as idas para a fazenda!

Agradeço a minha grande amiga Paula, que nunca me abandonou e sempre se fez presente quando eu precisei desabafar. Seu apoio é indispensável!

Agradeço aos meus amados Toby e Zoey, que sempre estiveram literalmente ao meu lado durante a redação deste trabalho.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Á todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste projeto.

Muito Obrigada!

“Pessoas quietas possuem mentes barulhentas.”

- Stephen Hawking

RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de fécula de mandioca (RSM) sobre os parâmetros energéticos, as vilosidades intestinais, o desempenho e rendimentos de carcaça de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Para a avaliação dos valores energéticos foram realizados dois ensaios de metabolismo nos períodos de 11 a 21 dias e de 31 a 41 dias de idade. As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo providas de comedouro e bebedouro, sendo utilizados 250 pintos no primeiro experimento e 125 frangos de corte no segundo experimento. Os experimentos tiveram duração de 10 dias, sendo cinco dias para adaptação e cinco dias para coleta de fezes, que foram realizadas em um intervalo de 12 horas. O RSM foi obtido de uma indústria de fécula de mandioca e seco sob pressão de 9 kg h^{-1} durante 15 a 20 minutos, foram realizadas análises da composição química do resíduo resultando em 1,12% de proteína bruta (PB), 0,31% de extrato etéreo (EE), $3600 \text{ kcal kg}^{-1}$ de energia bruta (EB), 38,22% de fibra em detergente neutro (FDN), 20,82% de fibra em detergente ácido (FDA), 13,57% de fibra bruta (FB) e 60,73% de amido. As aves foram alocadas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro rações experimentais e uma ração referência, com quatro repetições no primeiro experimento e cinco repetições no segundo experimento. O RSM substituiu em 10, 20, 30 e 40% o milho da ração referência. Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial em função dos níveis do RSM, excluindo a ração controle (0% do RSM). Os níveis do resíduo seco de mandioca não influenciaram ($P > 0,05$) os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMA_n), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CM) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta corrigida para balanço de nitrogênio (CM_n) em nenhuma das fases avaliadas. Pela metodologia de Adeola (2001) a EMA_n para o período de 11 a 21 dias foi de $1534 \text{ kcal kg}^{-1}$ e para 31 a 41 dias foi de $1746 \text{ kcal kg}^{-1}$. Para avaliar os efeitos do RSM sobre o desempenho das aves, foram utilizados 980 pintos, machos, Cobb Slow, alojados em galpão de alvenaria, providos de comedouros, bebedouros tipo nipple, e piso coberto com maravalha. As aves foram alocadas em um delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos (0; 2; 4; 6; 8; 10 e 12% de RSM) e sete repetições e 20 aves por unidade experimental. Foram avaliados o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, o rendimento de carcaça, os cortes comerciais e a morfologia intestinal. No período de 1 a 7 dias o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) apresentaram efeito quadrático sendo o maior peso encontrado no nível de 9,55% e a maior CA no nível de 6,67% de inclusão e em até 6% de inclusão não diferiram ($P < 0,01$) do tratamento controle. De 1 a 21 dias o GP

reduziu linearmente conforme o aumento da inclusão do RSM enquanto a CA aumentou linearmente, e em até 6% de inclusão o GP não diferiu ($P < 0,01$) do tratamento controle e em até 8% a CA não diferiu do tratamento controle. Na análise de rendimento de carcaça houve efeito ($P < 0,01$) para o rendimento de peito (RPEI) que reduziu linearmente conforme o aumento dos níveis de inclusão de RSM. A profundidade de cripta (CRI) aumentou linearmente conforme a inclusão do RSM. De acordo com os dados encontrados o resíduo seco de mandioca pode ser incluído em até 6% de substituição na ração de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade sem prejudicar o desempenho das aves.

Palavras-Chave: avicultura, coproduto, desempenho, morfometria intestinal, nutrição animal.

DEHYDRATED CASSAVA STARCH RESIDUE IN BROILER FEEDING

Abstract - The objective of this study was to evaluate the effects of different levels of inclusion of cassava starch residue (CSR) on the energy situation, the intestinal villi, performance and broiler carcass yield 1-42 days old. For the assessment of energy metabolism values were two test periods on 11-21 days and 31-41 days of age. The birds were housed in metabolic cages equipped with feeders and drinkers, being used 250 chicks in the first experiment and 125 broilers in the second experiment. The experiments lasted 10 days, five days for adaptation and five days to collect feces, which were held in a range of 12 hours. The RSM was obtained from a tapioca starch industry and dried under pressure 9 kg h⁻¹ for 15 to 20 minutes, analyzes were made of the chemical composition of the waste resulting in 1.12% of crude protein (CP), 0, 31% ether extract (EE), 3600 kcal kg⁻¹ gross energy (GE), 38.22% of neutral detergent fiber (NDF), 20.82% of acid detergent fiber (ADF), 13.57% of crude fiber (CF) and 60.73% of starch. The birds were placed in a completely randomized design with four experimental diets and a reference diet with four repetitions in the first experiment and five replications in the second experiment. CSR replaced by 10, 20, 30 and 40% of maize basal diet. Data were submitted to polynomial regression analysis on the basis of RSM levels, excluding the control diet (0% CSR). Levels of dry cassava did not influence ($P > 0.05$) the apparent metabolizable energy (AME), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME_N), metabolization coefficient of gross energy (MC) and coefficient metabolization of gross energy corrected for nitrogen balance (MC_N) in any of the evaluated phases. For the methodology Adeola (2001) AME_N for the period 11 to 21 days it was 1534 kcal kg⁻¹ and 31 to 41 days it was 1746 kcal kg⁻¹. To evaluate the effects of CSR on the performance of birds, were used 980 chicks, males, Cobb Slow, housed in brick shed, equipped with feeders, drinkers, nipple type, and floor covered with wood shavings. Birds were allocated in a completely randomized design with seven treatments (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12% of CSR) and seven replicates and 20 birds per experimental unit. They evaluated the weight gain, feed intake, feed conversion, carcass yield, the commercial cuts and intestinal morphology. In the period from 1 to 7 days the weight gain (WG) and feed conversion (FC) had a quadratic effect with the largest weight found in the level of 9.55% and higher FC level of 6.67% of inclusion and up to 6% of inclusion did not differ ($P < 0.01$) than the control treatment. From 1 to 21 days the WG reduced linearly with increasing inclusion of CSR while FC increased linearly, and up to 6% inclusion the WG did not differ ($P < 0.01$) than control treatment and up to 8% FC did not differ from control treatment. In carcass yield analysis was no effect ($P < 0.01$) for breast yield (BRES) linearly decreased as the increase of CSR inclusion

levels. The crypt depth (CRY) increased linearly as the inclusion of CSR. According to the data found the dry cassava can be included in up to 6% substitution in the feed of broilers in the period 1-42 days of age without impairing the performance of the birds.

Keywords: animal nutrition, coproduct, intestinal morphometry, performance, poultry.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Composição química e energética das rações referências utilizadas nos ensaios de metabolismo..... | 28 |
| Tabela 2. Composição química e energética do resíduo seco de mandioca (RSM) utilizado nas dietas experimentais..... | 30 |
| Tabela 3. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta do resíduo seco de mandioca para frangos de corte | 30 |

Capítulo 4

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais empregadas na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade)..... | 41 |
| Tabela 2. Composição percentual e calculada das rações experimentais empregadas na fase inicial (8 a 21 dias de idade)..... | 42 |
| Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais empregadas nas fases de crescimento e terminação (22 a 42 dias de idade)..... | 43 |
| Tabela 4. Composição química e energética do resíduo seco de mandioca (RSM) utilizado nas dietas experimentais..... | 45 |
| Tabela 5. Desempenho de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade, 1 a 21 dias de idade e 1 a 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de resíduo seco de mandioca (RSM)..... | 47 |
| Tabela 6. Rendimento dos cortes nobres, gordura abdominal e fígado de frangos de corte, alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca (RSM)..... | 48 |
| Tabela 7. Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca (RSM)..... | 50 |
| Tabela 8. Taxa de deposição de gordura (g/dia) e taxa de deposição de proteína (g/dia) de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca (RSM)..... | 51 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA..... | 14 |
| 2.1 Utilização de alimentos alternativos na nutrição de frangos de corte..... | 14 |
| 2.2 Amido..... | 17 |
| 2.3 Polissacarídeos não amiláceos..... | 18 |
| 2.4 Energia para frangos de corte..... | 20 |
| 2.5 Referências Bibliográficas..... | 22 |
| 3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE DE 11 A 21 DIAS E DE 31 A 41 DIAS..... | 24 |
| 3.1 Introdução..... | 26 |
| 3.2 Material e Métodos..... | 27 |
| 3.3 Resultados e Discussão..... | 30 |
| 3.4 Conclusão..... | 34 |
| 3.5 Referências Bibliográficas..... | 35 |
| 4. EFEITO DA INCLUSÃO DO RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NO DESEMPENHO E MORFOMETRIA INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE DE 1 A 42 DIAS DE IDADE..... | 37 |
| 4.1 Introdução..... | 39 |
| 4.2 Material e Métodos..... | 40 |
| 4.3 Resultados e Discussão..... | 45 |
| 4.4 Conclusão..... | 52 |
| 4.5 Referências Bibliográficas..... | 53 |

1 INTRODUÇÃO

A avicultura é o setor comercial da agropecuária que mais cresceu nos últimos anos. O grande desenvolvimento tecnológico, tanto de estrutura física como de melhoramento genético, promoveu um grande crescimento da produção de frangos de corte no Brasil, que se destaca na produção e no processamento dos produtos da avicultura no cenário mundial.

A nutrição animal deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico, pois as aves necessitam de rações com nutrientes adequados a sua velocidade de deposição de proteína na carcaça, para que se tenha um bom desempenho e rendimento dos cortes comerciais.

O alto custo com a alimentação faz com que as empresas busquem alternativas para reduzir o preço das rações. Uma das alternativas utilizadas é a inclusão de coprodutos de agroindústrias na ração de frangos de corte. Porém, para a utilização de um produto não usual na alimentação, é necessário conhecer a sua qualidade nutricional e as alterações que podem ocorrer no trato gastrointestinal dos animais.

A mandioca é um produto comercializado em larga escala no país e muito utilizado em agroindústrias. As indústrias produtoras de fécula de mandioca produzem um resíduo úmido que não apresenta valor comercial relevante para a fábrica, porém, este coproduto é rico em carboidratos e considerado um alimento energético quando incluído na alimentação animal.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a energia metabolizável, o coeficiente de metabolizabilidade e a composição química do resíduo seco de mandioca, bem como o efeito de níveis de inclusão no desempenho animal, rendimento de carcaça e morfometria intestinal de frangos de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Utilização de alimentos alternativos na nutrição de frangos de corte

Na avicultura comercial o gasto com a alimentação é muito alto, sendo a matéria prima principal o milho e o farelo de soja. Estes dois ingredientes são suscetíveis às intempéries do clima durante o plantio e a cotação comercial durante o ano, apresentando variação no preço, que pode ser diferente em cada região.

No intuito de reduzir os custos com alimentação, faz-se a utilização de produtos não-convencionais ou alternativos, que substituem um ingrediente sem prejuízos na qualidade da ração. Para se considerar o uso de um produto alternativo, primeiro é necessário observar a sua disponibilidade comercial, qualidade e preços relativos ao alimento que irá se substituir, sendo o princípio básico na substituição manter o equilíbrio entre os nutrientes e a energia metabolizável, buscando uma dieta mais econômica (FERREIRA, 2010).

A produção das agroindústrias gera resíduos considerados coprodutos, que podem ser reutilizados para diversas finalidades, como a inclusão nas dietas animais como um alimento alternativo. Quando não utilizados, estes resíduos são descartados no meio ambiente, o que pode provocar danos relacionados à contaminação de solo e lençóis freáticos. Para evitar a degradação do meio ambiente e o acúmulo de resíduos, é necessário se fazer o uso deste material que seria descartado.

No Brasil ainda há uma grande falta de informações a respeito de alimentos alternativos, o que dificulta a sua utilização (MURAKAMI et al., 2009). Portanto é necessário a realização de pesquisas das qualidades nutricionais destes alimentos para assim, podê-los incluir de forma correta na formulação das rações (NUNES et al., 2008).

Dentre os alimentos alternativos utilizados na avicultura, destaca-se a mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), planta originária da América do Sul, de fácil plantio, rusticidade e elevada produção de raízes. A mandioca é considerada um alimento energético, sendo rica em carboidratos, principalmente na forma de amido.

Atualmente, o Brasil é o quarto país com maior produção de mandioca do mundo, sendo superado apenas pela Nigéria, Indonésia e Tailândia. A produção brasileira estava estabilizada em torno de 25 milhões de toneladas, porém, sofreu uma queda nos anos de 2012/2013 devido à forte seca que acometeu os estados do Nordeste. Em 2015 a produção do país alcançou o valor de 24.108 milhões de toneladas, sendo a maior produção da cultura

encontrada na região norte do país que contribuiu com 35%, seguida do nordeste com 25,6% e região sul com 23,2% da produção nacional (SEAB/DERAL, 2016).

O Paraná é o estado com maior produção de mandioca na região sul, com participação de 17,5% da produção nacional e 70% da produção da região. A grande concentração de indústrias de fécula de farinha contribuiu para que este estado lidere a produção da mandioca no Sul e a produção de fécula de mandioca no Brasil. Cerca de 70% de toda a fécula produzida no país é processada no Paraná, seguida pelo estado do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Santa Catarina (SEAB/DERAL, 2016).

Tanto a raiz como a parte aérea da planta pode ser utilizada na alimentação animal, podendo ser usada *in natura* ou derivada de processamentos, como ensilada, farinha, raspa de mandioca e resíduo da extração do amido. Durante o processamento da raiz da mandioca para extração do amido é produzido o bagaço (Figura 1), que é descartado pelas fábricas agroindustriais.

Avaliando os efeitos da inclusão de farelo da raiz integral de mandioca para frangos de corte tipo caipira, Souza et al. (2011), não encontraram prejuízos no desempenho e rendimentos de carcaça em até 60% de inclusão do farelo de mandioca. Sousa et al. (2012) utilizando o bagaço de mandioca para frangos de corte, recomendam a utilização de 4,84% na fase inicial e 20% na fase de crescimento sem prejuízos no desempenho. Por outro lado, Ferreira et al. (2012), utilizando a raspa integral de mandioca, recomenda a inclusão em até 6,77% na ração de frangos de corte da linhagem Ross de 1 a 42 dias de idade, sem diminuir o desempenho e os rendimentos de carcaça.

O resíduo que resulta da extração da fécula de mandioca possui uma alta quantidade de umidade, porém, depois de seco, apresenta cerca de 9,52% de umidade, 14% de fibra bruta e 63% de amido (ABRAHÃO et al., 2006). A secagem deste coproduto é mais vantajosa, pois pode ser facilmente incorporada em misturas de rações concentradas, reduzindo custos de manuseio.

A mandioca apresenta em sua composição os glicosídeos cianogênicos (HCN), que agem como um fator antinutricional, produzindo um efeito tóxico no animal. Existem dois tipos de mandioca, a brava que apresenta HCN acima de 20 mg kg⁻¹ na polpa fresca, e a mansa que apresenta quantidade inferior a 10 mg kg⁻¹ e pode ser consumida pelos animais na forma *in natura*, não sendo tóxica. Quando utilizada a mandioca brava, esta deve ser processada com calor antes do consumo, para eliminar o HCN (FERREIRA, 2010).



Figura 1. Fluxograma do processamento para obtenção do amido.

A qualidade nutricional da mandioca e seus coprodutos podem variar conforme a época de plantio, o solo, a variedade, o processamento, a secagem do resíduo, entre outros. Devido a essa grande variação, são necessárias pesquisas que avaliem a qualidade nutricional dos coprodutos, bem como a sua utilização na nutrição animal e o desempenho dos animais alimentados com estes resíduos.

2.2 Amido

Dentre os nutrientes que compõe as rações, os carboidratos são uma parte muito importante, sendo encontrados na forma de monossacarídeos (glicose, frutose e galactose), polissacarídeos (amido e glicogênio) e oligossacarídeos (sacarose, maltose, dextrina e lactose). O amido é um polissacarídeo, que tem suas ligações hidrolisadas pela enzima amilase, resultando em maltose e dextrina (CARVALHO, 2006).

O amido é formado por grânulos de amilose e amilopectina, depositados no citoplasma do endosperma dos vegetais. A amilose apresenta ligações α -1,4 e a amilopectina apresenta ligações α -1,4 e ramificações α -1,6. A relação entre estas duas formas de amido varia nos alimentos, e essa diferença na estrutura também interfere na digestibilidade, sendo a amilopectina mais facilmente digerida do que a amilose, ou seja, a quantidade de amilose no alimento pode influenciar na digestibilidade da molécula de amido.

Nas plantas o amido serve como reserva energética, a amilose e a amilopectina são encontradas em proporções diferentes, podendo variar conforme a planta. O amido proveniente do milho é formado por cerca de 70% de amilose e 30% de amilopectina, já o amido da mandioca é formado por 30% de amilose e 70% de amilopectina (SOUZA, 2013).

A digestão do amido se dá pela cooperação entre as enzimas amilase pancreática, dextrinase, maltase e dissacaridase. A amilase pancreática atua no interior da cadeia e reduz o peso molecular do amido, reduzindo os carboidratos em maltose, maltotriose e dextrina, que serão hidrolisados na região da borda em escova pela maltase e α -dextrinase, que continuam o processo, quebrando os oligossacarídeos e liberando glicose (SAKOMURA et al., 2014).

A digestão do amido ocorre principalmente no intestino delgado, o qual originará a glicose, porém, ao chegar intacto no intestino grosso, ocorrerá a fermentação e liberação de ácidos graxos de cadeia curta produzidos pelos microrganismos (NOBLET et al., 1994). A digestão dos carboidratos começa no duodeno, aumenta no jejuno e reduz no íleo (PROMTHONG et al., 2004)

O amido pode ser classificado nutricionalmente como amido rapidamente digerido (hidrolisado dentro de 20 minutos), lentamente digerido (hidrolisado entre 20 e 110 minutos) e amido resistente (ENGLYST et al., 1992).

O amido resistente pode ser dividido em três categorias segundo Cowieson & Adeola (2005), AR1 amido não digerido devido ao encapsulamento na matriz do alimento com compostos como proteínas e carboidratos; AR2 amido não digerido devido à estrutura e

conformação dos grânulos; AR3 amido resistente relacionado aos efeitos do processamento pelo qual o amido passa como a gelatinização e cristalização dos grânulos.

A formação do amido resistente pelo efeito do processamento ocorre quando o amido é aquecido em temperaturas a cerca de 50°C na presença de água e a amilose incha, a estrutura da amilopectina se desintegra e o grânulo rompe, o que faz o amido inchar. Este processo é chamado de gelatinização, que torna o amido de fácil digestão. Durante a secagem ocorre a cristalização, esse processo é muito rápido para a amilose, pois sua estrutura linear facilita a formação de pontes de hidrogênio, enquanto a amilopectina apresenta estrutura ramificada, o que dificulta a formação das ligações. Este processo forma o amido resistente, que não é fermentado no intestino delgado (SAJILATA et al., 2006).

O tipo mais comum de amido resistente é o AR3, que resulta do processamento do alimento. A presença de alta concentração de amido eleva a energia bruta das rações, porém, a formação do amido resistente pode prejudicar a metabolização da energia e com isso diminuir o desempenho das aves, devido à baixa utilização da energia relacionada às alterações estruturais que os grânulos sofrem durante o processamento.

2.3 Polissacarídeos não amiláceos

A fibra alimentar pode ser dividida em polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e não carboidratos (lignina, proteínas, ácidos graxos, e componentes da parede celular que são resistentes à degradação). A fibra também pode ser dividida com relação à capacidade de formar solução homogênea com a água, em que as fibras solúveis são formadas pela pectina e hemicelulose, formando um bolo alimentar viscoso, e as fibras insolúveis são compostas pela celulose, que aumentam o bolo alimentar e a taxa de passagem (ARAUJO et al., 2008).

A fração solúvel da fibra aumenta a viscosidade da digesta e do bolo alimentar durante a digestão no intestino delgado das aves, o que causa uma redução na digestibilidade e absorção dos nutrientes (HETLAND et al., 2004). As aves realizam a fermentação da fibra no intestino, principalmente no ceco, através da microbiota intestinal, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que contribuem para a manutenção do epitélio intestinal (BINDELLE et al., 2008).

Os animais não ruminantes não conseguem digerir os polissacarídeos não amiláceos (PNA's), devido à natureza de suas ligações, que são resistentes a hidrólise. Isso pode prejudicar a digestão de todos os nutrientes, principalmente na presença de PNA's solúveis, que apresentam alta capacidade de aumentar a viscosidade do bolo alimentar (CONTE et al.,

2003). As aves não apresentam capacidade enzimática de hidrolisar as ligações beta (β -1,4 e β -1,6) dos PNA's (SAKOMURA et al. 2014), entre eles, a celulose, arabinosilanos, beta-glucanos, pectinas, entre outros (BRITO et al. 2008), pois não apresentam enzimas como, por exemplo, a celulase, xilanases e glucanases.

Devido as características da fibra em formar um composto viscoso e a ausência de enzimas, Nery et al. (2007), ao avaliarem a energia metabolizável de alimentos com elevada concentração de PNA's para frangos de corte, observaram que a digestão foi incompleta devida a baixa digestibilidade da fibra. A inclusão do farelo de coco utilizada por Freitas et al. (2011) em 5, 10, 15 e 20% na alimentação de frangos de corte Ross de 1 a 42 dias de idade, apresentou redução linear do ganho de peso e consumo de ração, bem como a piora na conversão alimentar, conforme aumento da inclusão do farelo de coco, o que pode ser causado pelo alto teor de fibra deste alimento, que foi de 14,49%.

A inclusão da fibra na alimentação de aves pode apresentar um efeito positivo sobre a funcionalidade da moela, pois o tempo de passagem da fibra neste órgão é maior devido à necessidade de maceração, o que faz com que todos os nutrientes tenham mais tempo de acesso à ação das enzimas digestivas e com isso apresentem uma melhor digestibilidade dos nutrientes (MATEOS et al., 2012).

Em estudo realizado por Shakouri et al. (2006), utilizando a inclusão de fibras solúveis e insolúveis na nutrição de frangos de corte da linhagem Ross de 1 a 14 dias de idade, encontraram resultados diferentes entre os dois tipos de fibra, sendo que a fibra solúvel contribuiu para alterar as condições físico-químicas e a microbiota do intestino, enquanto que a fibra insolúvel (celulose) resultou em um melhor desempenho das aves quando comparadas com o grupo controle (dieta basal semi purificada).

Dois modelos foram propostos para tentar explicar o papel antinutricional dos PNA's solúveis em dietas para frangos de corte, um sugere que há um encapsulamento dos PNA's, o que inibe o acesso das enzimas digestivas ao amido e demais nutrientes, e o outro sugere que a presença dos PNA's no lúmen intestinal aumenta a viscosidade do conteúdo (CAPRITA et al., 2010).

Diversos fatores podem influenciar a digestibilidade das rações pelas aves, como o tipo de fibra, a composição da dieta, a idade das aves. Para Brumano et al. (2006), a idade das aves influencia na digestibilidade da fibra, pois aves mais jovens apresentam menor capacidade de digestão e absorção deste nutriente.

Nas aves, existem microrganismos que colonizam o ceco e podem utilizar o amido resistente e os PNA's que não são digeridos e absorvidos no intestino delgado e produzir ácidos graxos de cadeia curta (PROMTHONG et al., 2004).

2.4 Energia para frangos de corte

O consumo de alimentos pelo animal serve para satisfazer sua necessidade metabólica de energia, sendo assim, o requerimento energético teria que ser expresso em kcal de energia metabolizável da energia requerida para o animal por dia, para suas atividades de desenvolvimento e crescimento normais (CAMACHO, 2009).

A capacidade em utilizar a energia consumida depende da espécie animal e de seus processos metabólicos provenientes da digestão do alimento. Durante o metabolismo dos nutrientes ocorrem perdas de energia e o restante é disponível para o animal utilizar para o normal funcionamento do organismo (Figura 2).

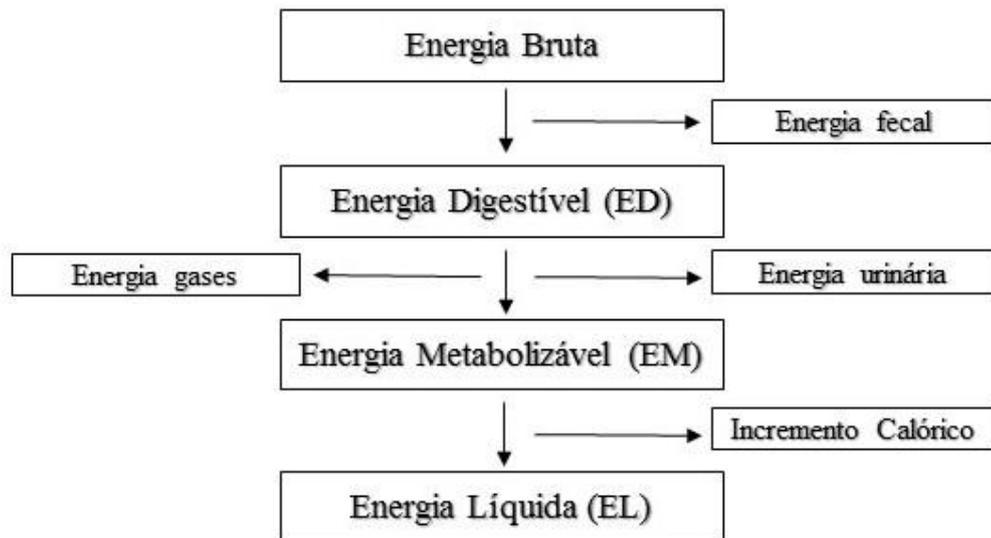


Figura 2. Fluxo de energia no animal (Adaptado de Sakomura et al., 2014).

Um grande desafio na nutrição inicial de aves, considerando-se a digestibilidade dos nutrientes, pode ser a mudança no tipo de nutriente durante a mudança de proteína e gordura de saco vitelino para uma dieta composta de carboidratos (LONGO et al., 2005).

A energia não é um nutriente, e sim o resultado do processo de oxidação dos nutrientes durante o metabolismo. O conteúdo energético depende da quantidade de proteínas, carboidratos e lipídeos de um alimento, considerando que a quantidade de energia que cada

um fornece varia, sendo de 5,7 kcal g⁻¹, 4,2 kcal g⁻¹ e 9,4 kcal g⁻¹, respectivamente (PENZ JR et al., 1999).

A energia metabolizável aparente é utilizada para mensurar a concentração de energia disponível para as aves, sendo mais facilmente mensurada que a energia digestível, pois as fezes e urina são excretadas juntas. Os valores de energia metabolizável são comumente corrigidos pelo balanço de nitrogênio, de acordo com Leeson & Summers (2001), é impossível determinar que todas as aves utilizadas nos ensaios apresentem a mesma taxa de crescimento, por isso é necessário a correção pelo balanço de nitrogênio. Aves em crescimento geralmente apresentam maiores valores de energia metabolizável aparente corrigida devido à maior retenção de nitrogênio para deposição de tecido protéico (GENEROSO et al., 2008).

Apesar da grande quantidade de trabalho relacionados à energia metabolizável e ao desempenho de frangos de corte, ainda há poucos estudos no que se refere à alimentos alternativos e a utilização de coprodutos de indústrias na nutrição de aves. Neste contexto, são de extrema importância para a avicultura a pesquisa e o estudo destes alimentos, visando melhorar a digestibilidade das rações e o desempenho das aves, proporcionando uma economia nos custos com alimentação e mantendo-se um bom rendimento de carcaça.

2.5 Referências bibliográficas

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; PEROTTO, D.; SIMONY, M.B.L. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.35, n.2, p.512-518, 2006.
- ARAUJO, D.M.; SILVA, J.H.V.; MIRANDA, E.C.; ARAUJO, J.A.; COSTA, F.G.P.; TEIXEIRA, E.N.M. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.843-848, 2008.
- BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A.; Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnology Agronomy Society and Environment**, v.12, n.1, p.69-80, 2008.
- BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V.; Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.111-117, 2008.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GENEROSO, R.A.R.; SCHMIDT, M. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos proteicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Bras. Zootec.**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.
- CARVALHO, J.C.C.; Complexos enzimáticos em rações fareladas para frangos de corte. **Dissertação**.(Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, 64p. 2006.
- CAMACHO, I.A.O. Caracterização dos resíduos do processamento de mandioca para produção de bio-etanol e sua utilização na alimentação de aves. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. 62 p. 2009.
- CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; JULEAN, C. Biochemical aspects of non-starch polysaccharides. **Animal Science and Biotechnologies**, v.43, p.368-375, 2010.
- CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T.; SCHOULTEN, N.A.; BERTECHINI, A.G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Bras. Zootec.**, v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.
- COWIESON, J.A.; ADEOLA, O. Carbohydrases, proteases, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **PoultryScience**, v.84, p.1860-1867, 2005.
- ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H.; Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.46, p.33-50, 1992.
- FERREIRA, A.H.C. Raspa integral da raiz de mandioca para frangos de corte. (**Dissertação**) Universidade Federal do Piauí. 2010.
- FERREIRA, A.H.C.; LOPES, J.B.; ABREU, A.L.T.; FIGUEIREDO, A.V.; RIBEIRO, M.N.; SILVA, F.E.S.; MERVAL, R.R. Raspa integral da raiz de mandioca para frangas de um a 42 dias de idade. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.13, n.1, p.160-172, 2012.
- FREITAS, E.R.; LIMA, R.C.; SILVA, R.B.; SUCUPIRA, F.S.; MOREIRA, R.F.; LOPES, I.R.V. Substituição do farelo de soja pelo farelo de coco em rações contendo farelo de castanha de caju para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.1006-1013, 2011.
- HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B.; Role of insoluble nin-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poult. Sci. J.** v.60, p.415-422. 2004.
- GENEROSO, R.A.R.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T.; BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para

- frangos de corte em duas idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1251-1256, 2008.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; **Scott's nutrition of the chicken**, 4 ed. Guelph: University Books, 591p., 2001.
- LONGO, F.A.; MENTEM, J.F.M.; PEDROSO, A.A.; FIGUEIREDO, A.N.; RACANICCI, A.M.C.; GAIOTTO, J.B.; SORBARA, J.O.B. Carboidratos na dieta pré-inicial de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34 n.1. p. 123-133. 2005.
- MATEOS, G.C.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.P.; LAZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v.21, n.1, p156-174, 2012.
- MURAKAMI, A. E.; SOUZA, L. M. G.; MASSUDA, E. M.; ALVES, F.V.; GUERRA, R.H.; GARCIA, A.F.Q. Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milho em substituição ao milho. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.31, n.1, p.31-37, 2009.
- NERY, L.R.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; CAMPOS, A.M.A.; SILVA, C.R.; Valores de energia metabolizável de alimentos determinados com frangos de corte. **Revista Bras. Zootec.**, v.36, n.5, p.1354-1358, 2007.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X.S. et al. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.344-354, 1994
- NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; NUNES, C.G.V.; POZZA, P.C.; ARAUJO, M.S.; Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.1, 2008.
- PENZ JR. A.M.; KESSLER, A.M.; BRUGALI, I.; Novos conceitos de energia para aves. In: Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves. In: **Anais... FACTA**, Campinas., p.1-24, 1999.
- PROMTHONG, S.; KANTO, U.; TIRAWATTANAWANICH, C.; TONGYAI, S.; ISARIYODOM, S.; MARKVICHITR, K.; ENGKAGUL, A. The comparative effects of corn and cassava diets on physiological properties of gastrointestinal tract of broilers. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, v.38, p.113-119, 2004.
- SAJILATA, M.G.; SINGHAL, S.S.; KULKARNI, P.R. Resistant Starch – A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.**, n.5, p.1-17. 2006.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. 678 p. 2014.
- SEAB - SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. DERAL - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. **Análise da conjuntura Agropecuária – Mandioca Safra 2015/2016**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/mandioca_2015_16.pdf> Acesso em: 10 de fev. 2016.
- SHAKOURI, M.D.; KERMANSHAHI, H.; MOHSENZADEH, M. Effect of diferente non starch polysaccharides in semi purified diets on performance and intestinal microflora of Young broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v.5, n.6, p.557-561, 2006.
- SOUSA, J.P.L.; RODRIGUES, K.F.; ALBINO, L.F.T.; SANTOS NETA, E.R.; VAZ, R.G.M.V.; PARENTE, I.P.; SILVA, G.F.; AMORIN, A.F. Bagaço de mandioca em dietas de frangos de corte. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.13, n.4, p.1044-1053, 2012.
- SOUZA, K.M.R.; CARRIJO, A.S.; KIEFER, C.; FASCINA, V.B.; FALCO, A.L.; MANVAILER, G.V.; GARCIA, A.M.L. Farelo da raiz integral de mandioca em dietas de frangos de corte tipo caipira. **Arch. Zootec.**, v.60, n.231, p.489-499, 2011.
- SOUZA, I.M.G.P.; Valor energético da dextrina e seus efeitos na alimentação de frangos de corte. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista. 65p. 2013.

3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES ENERGÉTICOS DO RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE DE 11 A 21 DIAS E DE 31 A 41 DIAS

RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar a energia metabolizável e o coeficiente de metabolizabilidade da inclusão do resíduo seco de fécula de mandioca (RSM) em diferentes idades de frangos de corte. Foram realizados dois experimentos de ensaio de metabolismo nos períodos de 11 a 21 dias e de 31 a 41 dias de idade. As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo providas de comedouro e bebedouro, sendo utilizados 250 pintos de corte no primeiro experimento e 125 frangos de corte no segundo experimento. Os experimentos tiveram duração de 10 dias, sendo cinco dias para adaptação e cinco dias para coleta de fezes, que foram realizadas em um intervalo de 12 horas. O RSM foi obtido de uma indústria de fécula de mandioca e seco sob pressão de 9 kg h^{-1} durante 15 a 20 minutos, foram realizadas análises da composição química do resíduo resultando em 1,12% de proteína bruta (PB), 0,31% de extrato etéreo (EE), $3600 \text{ kcal kg}^{-1}$ de energia bruta (EB), 38,22% de fibra em detergente neutro (FDN), 20,82% de fibra em detergente ácido (FDA), 13,57% de fibra bruta (FB) e 60,73% de amido. As aves foram alocadas em um experimento inteiramente casualizado, com quatro rações experimentais e uma ração referência, com quatro repetições no primeiro experimento e cinco repetições no segundo experimento. O RSM foi incluído nos níveis de 10, 20, 30 e 40% na ração referência. Os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial em função dos níveis do RSM, excluindo a ração controle (0% do RSM). Os níveis do resíduo seco de mandioca não influenciaram ($P > 0,05$) os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMA_n), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CM) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta corrigida para balanço de nitrogênio (CM_n) em nenhuma das fases avaliadas. Pela metodologia de Adeola (2001) a EMA_n para o período de 11 a 21 dias foi de $1534 \text{ kcal kg}^{-1}$ e para 31 a 41 dias foi de $1746 \text{ kcal kg}^{-1}$.

Palavras-Chave: avicultura, coproduto, energia, nutrição animal.

3 CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGY VALUE OF DEHYDRATED CASSAVA STARCH RESIDUES IN BROILER CHICKENS FEEDING 11 TO 21 DAYS AND 31 TO 41 DAYS

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the metabolizable energy and metabolizable coefficient of the inclusion of dry cassava starch (RSM) at different ages in broilers. Two metabolism assay experiments were carried out in the period 11-21 days and 31-41 days old. The birds were housed in metabolic cages equipped with feeders and drinkers, being used 250 chicks in the first experiment and 125 broilers in the second experiment. The experiments lasted 10 days, five days for adaptation and five days to collect feces, which were held in a range of 12 hours. The RSM was obtained from a cassava and dry starch industry under high temperatures, residue of the chemical composition analyzes were performed: dry matter (DM), mineral matter (MM), crude protein (CP), ether extract (EE) gross energy (GE), calcium (Ca), phosphorus (P), crude fiber (CF) and starch. Birds were allocated in a completely randomized experiment with four experimental diets and a reference diet with four repetitions in the first experiment and five replications in the second experiment. The RSM was included at levels of 10, 20, 30 and 40% in the basal diet. Data were submitted to polynomial regression analysis on the basis of RSM levels, excluding the control diet (0% RSM). Levels of dry cassava did not influence ($P > 0.05$) the apparent metabolizable energy (AME), apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AME), metabolization coefficient of gross energy (CM) and coefficient metabolization of gross energy corrected for nitrogen balance (CMN) in any of the evaluated phases. For the methodology Adeola (2001) AMEn for the period 11 to 21 days it was $1534 \text{ kcal kg}^{-1}$ and 31 to 41 days it was $1746 \text{ kcal kg}^{-1}$.

Key-words: animal nutrition, coproduct, energy, poultry.

3.1 Introdução

A utilização de produtos alternativos na alimentação animal tem ganhado notoriedade nos últimos anos. O gasto com rações representa, aproximadamente, 70% do custo total de produção, o que desperta o interesse pela busca e aproveitamento de ingredientes alternativos com o objetivo de diminuir os custos e conseqüentemente reduzir impacto ambiental, através da utilização de produtos que teriam o descarte como destino. O milho, como um dos principais ingredientes energéticos das rações, é uma *commodity* e seu preço sofre grandes variações no decorrer do ano, sua substituição parcial na formulação das rações diminui o custo e a concorrência com a sua utilização na alimentação humana e em plantas de produção de álcool e de milho.

Previamente à utilização de diferentes alimentos na formulação de rações, faz-se necessário a determinação da composição química deste ingrediente, sendo de grande importância o conhecimento dos valores energéticos para formular rações mais eficientes e que tenham melhor aproveitamento pela ave.

Alguns fatores podem influenciar os valores de energia metabolizável (EM), entre os quais se destacam a idade das aves, a composição química dos alimentos, seus fatores antinutricionais, a quantidade de matéria mineral, o nível de inclusão do ingrediente teste, a taxa de consumo e a metodologia utilizada (SOARES et al., 2005). Sakomura et al. (2004) observaram que o aproveitamento da energia de sojas integrais processadas aumentou com a idade das aves, o que pode ser associado ao desenvolvimento fisiológico do trato gastrointestinal com o avanço da idade, podendo melhorar o aproveitamento de alimentos com grande concentração de fibra (GENEROSO et al., 2008).

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e seus coprodutos podem ser utilizados na elaboração de rações, estes ingredientes apresentam um nível energético elevado devido ao seu alto teor de amido, sendo ricos em fibras e carboidratos. Porém, apresenta baixo valor em proteína, metionina e cistina, podendo ser incluída na alimentação animal desde que exista uma fonte de proteína (ALMEIDA & FERREIRA FILHO, 2005). O resíduo seco de mandioca (RSM) é o coproduto do processamento da mandioca para a obtenção do amido, sendo composto pelo material fibroso da raiz.

A mandioca apresenta uma alta concentração de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), que possuem elevada capacidade de hidratação, aumentando a viscosidade do conteúdo gastrointestinal e diminuindo o acesso das enzimas endógenas e, conseqüentemente, reduzindo a digestibilidade dos nutrientes (FREITAS et al., 2008). As aves não apresentam

enzimas endógenas capazes de realizar a hidrólise das ligações dos PNA's, por isso realizam a fermentação da porção fibrosa no intestino, principalmente no ceco, resultando em ácidos graxos de cadeia curta (BINDELLE et al., 2008). A dificuldade na digestão dos PNA's reduz o aproveitamento da energia do alimento e pode prejudicar a utilização de outros nutrientes da dieta (BRITO et al., 2008).

O processamento da mandioca mediante aquecimento com água e posterior secagem pode desencadear efeitos chamados de gelatinização e retrogradação do amido, o qual ocorre principalmente na porção da amilose, devido à natureza de sua estrutura facilitar a formação de pontes de hidrogênio em seus grânulos (SAJILATA et al., 2006). O amido retrogradado, também chamado de amido resistente, é a fração não digerida na porção superior do intestino delgado e chega ao intestino grosso intacto, onde sofrerá a fermentação através da microbiota formando ácidos graxos de cadeia curta, podendo ter seu efeito comparado ao da fibra alimentar (WALTER et al., 2005).

Apesar do resíduo seco de mandioca ser considerado um alimento altamente energético, alguns fatores como a presença de PNA's e a formação do amido resistente podem influenciar os valores de energia metabolizável da dieta pelo baixo aproveitamento dos carboidratos e proteínas.

Devido à busca de alimentos alternativos para a utilização na alimentação animal e ao grande potencial nutritivo da mandioca, objetivou-se com este trabalho avaliar a energia metabolizável e o coeficiente de metabolizabilidade do resíduo seco de mandioca na alimentação de frangos de corte de 11 a 21 dias e de 31 a 41 dias de idade, com diferentes níveis de inclusão.

3.2 Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos no setor de avicultura da fazenda experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, para determinar os valores energéticos do resíduo seco de mandioca para frangos de corte, nas fases de 11 a 21 dias e de 31 a 41 dias de idade. Os pintainhos, provenientes da linhagem Cobb Slow, foram vacinados no incubatório para doença de Marek, Gumboro, Boubá Aviária e Bronquite Infecciosa.

O resíduo seco de mandioca (RSM) foi adquirido de uma indústria de fécula da região, onde foi seco sob pressão de 9kg h^{-1} durante 15 a 20 minutos. Após o recebimento do RSM, uma amostra foi submetida à análise da composição química de matéria seca (MS), matéria

mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), no Laboratório de Nutrição Animal de acordo com metodologia descrita por Silva e Queiroz (2005). O teor de amido e fibra bruta foram determinados pelo Grupo São Camilo – Laboratório de Alimentos e Água (Maringá, PR) através dos Métodos Analíticos nº 27 (Castro, 2009) e Ankom Technology Method 7 (AOCS, 2011), respectivamente.

O resíduo seco de mandioca substituiu em 10, 20, 30 e 40% as rações referência (Tabela 1) utilizadas em ambos os ensaios, a qual foi formulada para atender as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011). As aves foram criadas em galpão de alvenaria antes do início dos ensaios sendo posteriormente transferidas para as gaiolas de metabolismo. O galpão era provido de cortinas laterais, campânulas, ventiladores, comedouro tubular e bebedouro tipo nipple. As aves receberam água e ração *ad libitum* durante todo o período.

Tabela 1. Composição química e energética das rações, referências utilizadas nos ensaios de metabolismo

| Item (%) | 11 a 21 dias de idade | 31 a 41 dias de idade |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Milho | 56,78 | 66,27 |
| Farelo de soja (45%) | 35,95 | 27,67 |
| Óleo de soja | 3,35 | 3,00 |
| Fosfato monobicálcico | 1,360 | 0,945 |
| Calcário | 1,276 | 0,995 |
| Sal | 0,481 | 0,442 |
| Vitamínico/Mineral ¹ | 0,150 | 0,150 |
| L-Lisina HCl (78%) | 0,240 | 0,224 |
| DL-Metionina (99%) | 0,312 | 0,237 |
| L-Treonina (98%) | 0,081 | 0,047 |
| Antioxidante ² | 0,020 | 0,020 |
| Total | 100,00 | 100,00 |
| Composição calculada | | |
| EM (kcal kg ⁻¹) | 3052 | 3150 |
| Proteína bruta (%) | 21,20 | 18,12 |
| Cálcio (%) | 0,841 | 0,638 |
| Fósforo disponível (%) | 0,401 | 0,298 |
| Lisina digestível (%) | 1,217 | 1,010 |
| Met + Cys digestível (%) | 0,876 | 0,737 |
| Treonina digestível (%) | 0,791 | 0,656 |
| Triptofano digestível (%) | 0,237 | 0,194 |
| Cloro (%) | 0,340 | 0,318 |
| Sódio (%) | 0,210 | 0,195 |
| Potássio (%) | 0,822 | 0,698 |

¹Premix Vitamínico para aves (Lote BR0119Y025), Níveis de Garantia por Quilograma produto: Vit. A (min) 9000000,00 UI, Vit. D3 (min) 2500000,00 UI, Vit. E (min) 20000,00 UI, Vit. K3 (min) 2500,00 mg, Vit. B1 (min) 1500,00 mg, Vit. B2(min) 6000,00 mg, Vit. B6(min) 3000,00 mg, Vit. B12 12000,000 mg, Ácido Pantotênico (min) 12 g, Niacina (min) 25g, Ácido Fólico (min) 800,00 mg, Selênio (min) 250,0 mg. Premix Mineral para aves (Lote BR0112B375), Níveis de Garantia por Quilograma do Produto: Cobre (min) 20g, Ferro (min) 100g, Manganês (min) 2000,00 mg, Zinco (min) 100g. ²BHT.

No primeiro ensaio de metabolismo foram utilizados 250 pintos de corte machos de 11 a 21 dias de idade e no segundo ensaio foram utilizados 125 frangos de corte machos de 31 a 41 dias de idade, da linhagem Cobb Slow, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro rações experimentais e uma ração referência, sendo cinco repetições por tratamento e dez aves por unidade experimental no primeiro ensaio, e cinco aves por unidade experimental no segundo ensaio.

O período experimental para ambos os ensaios teve duração de 10 dias, sendo cinco dias para adaptação às gaiolas e às dietas, e cinco dias para a coleta total de excretas. As excretas foram coletadas a cada 12h, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em congelador. Ao final do período experimental as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada, a 55°C por 72 horas, para determinação da amostra seca ao ar (ASA). Posteriormente foram moídas e submetidas às análises de MS, EB e nitrogênio (N).

Para determinação da energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n), utilizou-se o método de coleta total de excretas, de acordo com Sibbald e Slinger (1963). O coeficiente de metabolizabilidade (CM) foi calculado dividindo-se o valor de energia metabolizável pela energia bruta e multiplicando este valor por 100. Os valores de EMA e CM foram corrigidos pelo balanço de nitrogênio, de acordo com Leeson & Summers (2001) é impossível determinar que todas as aves utilizadas nos ensaios apresentem a mesma taxa de crescimento, por isso é necessário a correção pelo balanço de nitrogênio. A EMA_n do RSM foi estimada pela inclinação da relação entre o consumo de EMA_n e o consumo de RSM pelo método de Adeola (2001).

Os valores de energia metabolizável e os coeficientes de metabolizabilidade foram tabulados e submetidos à análise de regressão polinomial em função dos níveis do RSM, excluindo a ração controle (0% do RSM). As análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2000).

3.3 Resultados e Discussão

A composição química do RSM (Tabela 2) demonstra que o coproduto da mandioca apresenta um elevado teor de amido e uma alta concentração de fibra, como foi relatado por Abrahão et al. (2006) e Khempaka et al. (2009).

Tabela 2. Composição química e energética do resíduo seco de mandioca (RSM) utilizado nas dietas experimentais

| Composição | Resíduo Seco de Mandioca |
|--|--------------------------|
| Proteína Bruta (%) | 1,12 |
| Extrato Etéreo (%) | 0,31 |
| Energia Bruta (kcal kg ⁻¹) | 3600 |
| Fibra em Detergente Neutro (%) | 38,22 |
| Fibra em Detergente Ácido (%) | 20,82 |
| Matéria Mineral (%) | 1,53 |
| Amido (%) | 60,73 |
| Fibra Bruta (%) | 13,57 |

Os níveis do resíduo seco de mandioca não influenciaram ($P>0,05$) os valores de EMA, EMA_n, CM e CM_n em nenhuma das fases avaliadas (Tabela 3). Os valores de EMA foram mais elevados no período de 31 a 41 dias de idade em relação aos valores encontrados no período de 11 a 21 dias de idade, isto porque aves jovens apresentam baixa digestibilidade de nutrientes, justificada pela baixa atividade das enzimas amilase e lipase (MELLO et al., 2009).

Tabela 3. Valores energéticos e coeficientes de metabolizabilidade do resíduo seco de mandioca para frangos de corte

| | Níveis de Inclusão do RSM (%) – 11 a 21 dias de idade | | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | Média | EPM | P valor |
| EMA, kcal kg ⁻¹ | 1534 | 1529 | 1531 | 1527 | 1530 | 20,56 | 1,00 |
| EMA _n , kcal kg ⁻¹ | 1499 | 1480 | 1527 | 1535 | 1510 | 19,65 | 0,78 |
| CM, % | 42,58 | 42,45 | 42,50 | 42,41 | 42,48 | 0,57 | 1,00 |
| CM _n , % | 41,62 | 41,10 | 42,40 | 42,62 | 41,93 | 0,55 | 0,78 |
| | Níveis de Inclusão do RSM (%) - 31 aos 41 dias de idade | | | | | | |
| | 10 | 20 | 30 | 40 | Média | EPM | P valor |
| EMA, kcal kg ⁻¹ | 1749 | 1753 | 1753 | 1798 | 1763 | 26,69 | 0,94 |
| EMA _n , kcal kg ⁻¹ | 1712 | 1717 | 1734 | 1793 | 1739 | 28,88 | 0,78 |
| CM, % | 48,39 | 48,51 | 48,51 | 49,76 | 48,79 | 0,82 | 0,94 |
| CM _n , % | 47,37 | 47,52 | 47,97 | 49,60 | 48,11 | 0,80 | 0,78 |

EPM: erro padrão da média; EMA: energia metabolizável aparente; EMA_n: energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio; CM: coeficiente de metabolizabilidade aparente; CM_n: coeficiente de metabolizabilidade aparente corrigido para balanço de nitrogênio.

A energia metabolizável corrigida para balanço de nitrogênio apresenta valores médios menores do que a EMA, sugerindo um balanço positivo de nitrogênio, demonstrando que não

houve perda de peso e degradação de tecido muscular (LEESON & SUMMERS, 2001). Aves em crescimento geralmente apresentam maiores valores de EMA_n devido à maior retenção de nitrogênio para deposição de tecido protéico (GENEROSO et al., 2008), porém, neste trabalho, tanto os valores de EMA quanto de EMA_n foram menores para as aves mais jovens, o que pode ser explicado pela diferença na utilização do alimento alternativo utilizado.

A digestibilidade também pode ser influenciada pelo alimento teste, já que o resíduo de mandioca apresenta em sua estrutura os PNA's, que podem diminuir a eficiência da dieta, o ganho diário e a digestibilidade dos nutrientes (BRUFAU et al., 1994). A quantidade de fibra bruta (FB) encontrada no RSM do presente trabalho, 13,57%, é considerada elevada e maior do que o teor de FB encontrada em outros alimentos comumente utilizados nas rações como o milho, que apresenta em torno de 1,73% de FB e o farelo de soja com cerca de 5,30% (ROSTAGNO et al. 2011).

A influência da fibra e da idade das aves na digestibilidade também foi relatada por Brumano et al. (2006), que ao avaliar a inclusão do farelo de algodão na ração de frangos de corte com 12,96% de FB, encontraram valores de 1.965 kcal kg^{-1} de EMA e 46,95% de CM no período de 21 a 30 dias de idade e 2.467 kcal kg^{-1} de EMA e 58,95% de CM de 41 a 50 dias de idade, demonstrando que a idade das aves influencia no aproveitamento dos nutrientes.

O tipo de processamento pode ter influenciado no menor valor de energia metabolizável do presente trabalho, pois o RSM foi seco em altas temperaturas, o que pode prejudicar a digestibilidade do amido, pela formação de amido resistente. A cristalização do amido durante a secagem do RSM pode influenciar a diminuição dos valores de EMA, pois a formação de pontes de hidrogênio nos grânulos de amilose dificulta a fermentação, o que reduz o aproveitamento do amido presente no alimento.

Não houve efeito ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão do RSM sobre o CM e o CM_n em nenhum dos períodos estudados. Os valores de CM demonstram que houve diferença de 6,31% na média dos valores entre as idades, demonstrando que o melhor coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta foi no período de 31 a 41 dias, representando 48,79%, enquanto no período de 11 a 21 dias foi de 42,48%. Com o desenvolvimento do trato digestivo a partir da terceira semana de vida, e o consequente aumento da produção de enzimas, as aves aumentam a digestibilidade dos nutrientes (BRUMANO et al., 2006).

Em estudo realizado por Silva et al. (2008) utilizando como alimento alternativo o farelo de coco, o qual possui 15,07% de FB e 5391kca kg^{-1} de EB, encontraram os valores de 3850 kcal kg^{-1} para EMA e 3828 kcal kg^{-1} para EMA_n no período de 1 a 10 dias de idade,

apresentando CM de 71,41%, enquanto que no período de 12 a 21 dias de idade, os valores encontrados foram 5167 kcal kg⁻¹ para EMA e 4998 kcal kg⁻¹ para EMA_n, com CM de 95,84%. Apesar do farelo de coco do trabalho de Silva et al. (2008) apresentar o teor de FB e EB semelhante ao do RSM do presente trabalho, seus valores de EMA e EMA_n foram muito superiores, o que pode explicar a presença do amido resistente no RSM, que pode ter dificultado o aproveitamento da energia deste alimento, demonstrando que o CM não foi influenciado apenas pela presença da fibra, mas também pelo processamento do amido.

Para obter a EMA_n do RSM foi estimada a inclinação da relação linear entre o consumo de EMA_n vs o consumo de RSM de acordo com o método proposto por Adeola (2001), resultando na equação $y=1534*x-10,44$ ($R^2=0,99$) para o período de 11 a 21 dias (Figura 1) e a equação $y=1746*x-2,086$ ($R^2=0,98$) para 31 a 41 dias de idade (Figura 2).

Os resultados encontrados na determinação da EMA_n foram semelhantes, o valor máximo de EMA_n foi encontrado com inclusão de 40% e foi de 1535 kcal kg⁻¹ de 11 a 21 dias e de 1793 kcal kg⁻¹ de 31 a 41 dias de idade, de acordo com o método de Adeola o valor para EMA_n foi de 1534 kcal kg⁻¹ e de 1746 kcal kg⁻¹, respectivamente.

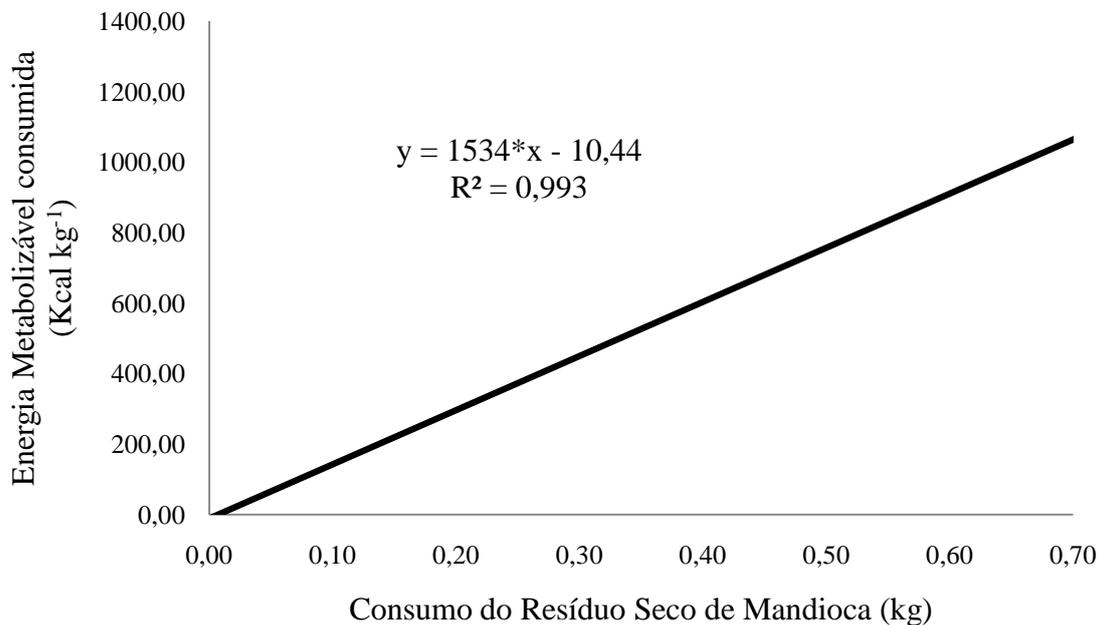


Figura 1. Equações de regressão da EMA_n do RSM, obtido a partir da EMA_n (kcal kg⁻¹) consumida vs. o consumo de RSM (kg) para frangos de corte de 11 a 21 dias de idade

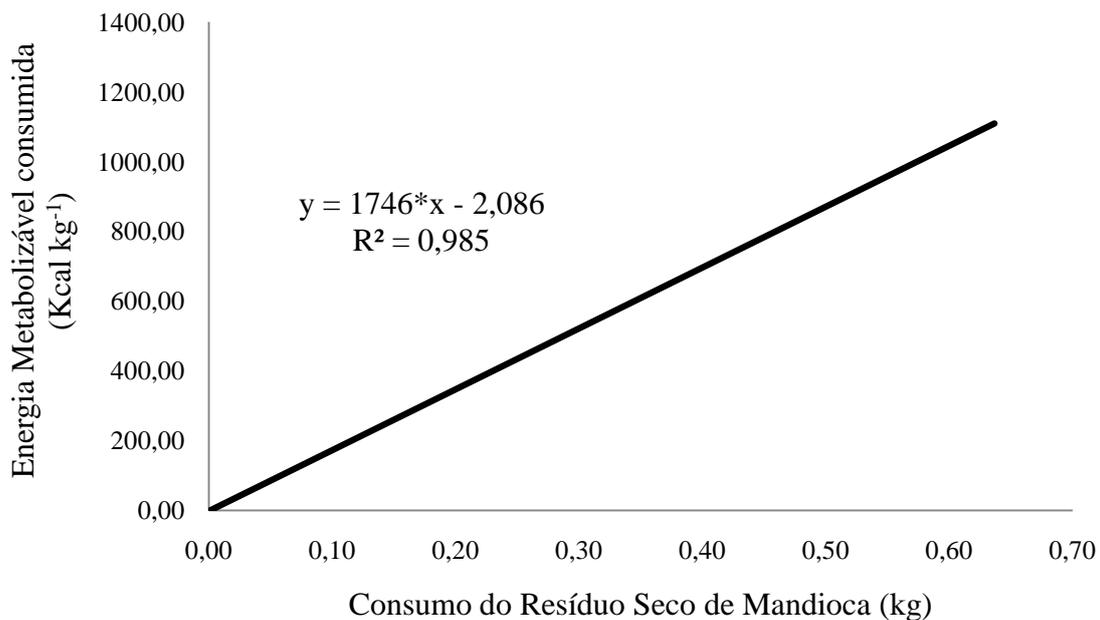


Figura 2. Equações de regressão da EMA_n do RSM, obtido a partir da EMA_n (kcal kg⁻¹) consumida vs. o consumo de RSM (kg) para frangos de corte de 31 a 41 dias de idade

À medida que o consumo do resíduo seco de mandioca aumentou durante o período da coleta total de excretas, observa-se que houve um aumento da energia metabolizável consumida tanto no intervalo de 11 a 21 dias, quanto no período de 31 a 41 dias de idade das aves. Conforme o animal se adapta à ração fornecida e o trato gastrointestinal se desenvolve, este está mais apto a aproveitar melhor o alimento, ou seja, utilizar a energia que está sendo ingerida de forma a depositar proteína na carcaça.

O consumo de energia metabolizável foi maior no segundo período, quando as aves estavam com 31 a 41 dias de idade. Quando o consumo do RSM atingiu 0,6 kg a EM consumida foi de 909,96 kcal kg⁻¹ no período de 11 a 21 dias e de 1045,5 kcal kg⁻¹ de 31 a 41 dias de idade, o que demonstra que as aves desta fase foram mais eficientes em aproveitar a energia da ração.

Estes resultados podem ser explicados pelo aumento da eficiência alimentar das aves conforme a idade, pela maturação do trato gastrointestinal, bem como pela maior eficiência da digestão da fibra solúvel pela fermentação cecal, o que aumenta o aproveitamento da energia.

Dentre os diferentes coprodutos utilizados como alimentos alternativos em experimentos, observa-se que a energia metabolizável pode variar em função da composição química do alimento e do tipo de processamento utilizado. Através destas pesquisas, podem-se conhecer melhor os alimentos em função dos seus valores nutricionais.

3.4 Conclusão

Os níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca não influenciaram a energia metabolizável aparente e a energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio, os quais apresentaram os valores médios de 1530 e 1510 kcal kg⁻¹, respectivamente, para 11 a 21 dias de idade e de 1763 e 1739 kcal kg⁻¹, respectivamente, para 31 a 41 dias de idade. Os coeficiente de metabolizabilidade e coeficiente de metabolizabilidade corrigido para balanço de nitrogênio apresentaram os valores médios de 42,48% e 41,93%, respectivamente, para 11 a 21 dias e 48,79% e 48,11%, respectivamente, para 31 a 41 dias de idade. Pela metodologia de Adeola (2001) a EMA_n para o período de 11 a 21 dias foi de 1534 kcal kg⁻¹ e para 31 a 41 dias foi de 1746 kcal kg⁻¹.

3.5 Referências bibliográficas

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; PEROTTO, D.; LUGÃO, S.M.B. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.512-518, 2006.
- ADEOLA, O. **Digestion and balance techniques in pigs** in Swine Nutrition, 2nd ed. A. J. Lewis and L. L. Southern. CRC Press, New York, NY., p.903-916, 2001.
- ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para Alimentação Animal. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p.50-56, 2005
- BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A.; Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnology Agronomy Society and Environment**, v.12, n.1, p.69-80, 2008.
- BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.111-117, 2008.
- BRUFAU, J.; PÉREZ-VENDRELL, A. M.; FRANCESCH, M. Papel de la fibra en la alimentacion avícola. In: SIMPÓSIO DE AVICULTURA, Pamplona. **Anais...** Pamplona: SeccionEspañola de La Asociacion Mundial de Avicultura Científica. p. 125-130, 1994.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GENEROSO, R.A.R.; SCHMIDT, M. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.
- FREITAS, C.R.G.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; RABELLO, C.B.V.; NASCIMENTO, G.R.; BARBOSA, E.N.R. Inclusão da farinha de varredura de mandioca em rações de frangos de corte. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.30, n.2, p.155-163. 2008.
- GENEROSO, R.A.R.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T.; BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para frangos de corte em duas idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1251-1256, 2008.
- KHEMPAKA, S.; MOLEE, W.; GUILLAUME, M.; Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effects on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **J. Appl. Poult. Res.**, v.18, p.487-493, 2009.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D.; **Scott's nutrition of the chicken**. 4 ed. Guelph: University Books, 591p., 2001.
- MELLO, H.H.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; SOUZA, R.M.; CALDERANO, A.A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.863-868, 2009.
- ROSTAGNO, H.S., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., OLIVEIRA, R.F., AND LOPES, D.C., F.A.S., BARRETO, S.L.T., EUCLIDES, R. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. (Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia), pp. 252, 2011.
- SAJILATA, M.G.; SINGHAL, S.S.; KULKARNI, P.R. Resistant Starch – A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, n.5, p.1-17. 2006.
- SAKOMURA, N.K.; DEL BIANCHI, M.; PIZAURO JR., J.M.; CAFÉ, M.B.; FREITAS, E.R. Efeito da idade dos frangos de corte na atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.924-935, 2004.

- SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, n.42, v.2, p.313-325, 1963.
- SILVA, R.B.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; LOPES, I.R.V.; LIMA, R.C.; BEZERRA, R.M. Composição química e valores de energia metabolizável de subprodutos agroindustriais determinados com diferentes aves. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.30, n.3, p.269-275, 2008.
- SOARES, K.R.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B.; FIALHO, E.T.; GERALDO, A.; BRITO, J.A.G.; Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. **Ciênc. Agrotec.**, v.29, n.1, p.238-244, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 8.0 Viçosa, MG, p.142, 2000.
- WALTER, M.; SILVA, L.P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.974-980, 2005.

4 EFEITO DA INCLUSÃO DO RESÍDUO SECO DE MANDIOCA NO DESEMPENHO E MORFOMETRIA INTESTINAL DE FRANGOS DE CORTE DE 1 A 42 DIAS DE IDADE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de fécula de mandioca (RSM) sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfometria intestinal de frangos de corte. Foram utilizados 980 pintos, machos, linhagem Cobb Slow, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos (0; 2; 4; 6; 8; 10 e 12% de RSM) e sete repetições e 20 aves por unidade experimental. Foram avaliados o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, o rendimento de carcaça, os cortes comerciais e a morfologia intestinal. No período de 1 a 7 dias o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) apresentaram efeito quadrático sendo o maior peso encontrado no nível de 9,55% e a maior CA no nível de 6,67% de inclusão e em até 6% de inclusão não diferiram ($P < 0,01$) do tratamento controle. De 1 a 21 dias o GP reduziu linearmente conforme o aumento da inclusão do RSM enquanto a CA aumentou linearmente, e em até 6% de inclusão o GP não diferiu ($P < 0,01$) do tratamento controle e em até 8% a CA não diferiu do tratamento controle. Na análise de rendimento de carcaça houve efeito ($P < 0,01$) para o rendimento de peito (RPEI) que reduziu linearmente conforme o aumento dos níveis de inclusão de RSM. A profundidade de cripta (CRI) aumentou linearmente conforme a inclusão do RSM. De acordo com os dados encontrados o resíduo seco de mandioca pode ser incluído em até 6% de substituição na ração de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade sem prejudicar o desempenho das aves.

Palavras-Chave: avicultura, coproduto, morfometria intestinal, nutrição animal, rendimento.

4 EFFECT OF INCLUSION OF DEHYDRATED CASSAVA STARCH RESIDUES ON PERFORMANCE OF BROILERS 1 TO 42 DAYS OF AGE

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different levels of inclusion of dry cassava starch (RSM) on performance, carcass yield and intestinal villi of broilers. 980 chicks were used, obtained from the same lineage, housed in brick shed, equipped with feeders, drinkers, nipple type, and floor covered with wood shavings. Birds were allocated in a completely randomized design with seven treatments (0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12% of RSM) and seven replicates and 20 birds per experimental unit. Were evaluated the weight gain, feed intake, feed conversion, carcass yield and commercial cuts, and the intestinal villi. In the period from 1 to 7 days the average final weight (FW), weight gain (WG) and feed conversion (FC) presented quadratic effect according to regression analysis, but according to the FC the Dunnett test does not It showed different from the control treatment. From 1 to 21 days the FW and WG reduced linearly by regression analysis, with the lowest values in the higher level of inclusion of RSM by Dunnett test the worst values found for these variables were from the inclusion of 8% of RSM. In carcass yield significant effects analysis ($P < 0.01$) for the housing of body weight (BW), breast weight (BRW), leg weight (LW), wing weight (WW), fat weight (FAW) and breast yield (BY) linearly decreased with increasing levels of inclusion of RSM. O crypt length (CRI) increased linearly as the inclusion of RSM, but there were no differences for villi (VIL) and relation villi: crypt (VIL:CRI). Data were submitted to polynomial regression analysis on the basis of RSM levels, excluding the control diet (0% RSM). Additionally, we used the Dunnett test at 5% probability. According to the data found the dry cassava can be included in up to 6% substitution in the feed of broilers in the period 1-42 days of age without impairing the performance of the birds.

Key-words: animal nutrition, coproduct, poultry.

4.1 Introdução

O Brasil se destaca no cenário mundial de carne de frango entre os países com maior produção e liderando a exportação. Na produção de proteína animal as rações têm grande importância, sua eficiência e aproveitamento pelo organismo animal contribuirão para um melhor rendimento de carcaça e conseqüentemente melhor desempenho animal.

O alto custo da alimentação animal incita a busca por fontes alternativas de alimentos que possam contribuir para a redução dos custos, sem diminuir a qualidade das rações e sem proporcionar prejuízos ao desempenho animal.

Os coprodutos produzidos pelas fábricas agroindustriais têm se tornado um problema sócio econômico e ambiental, pois seu descarte inadequado pode gerar danos ao meio ambiente alterando a composição do solo e atingindo os lençóis freáticos. A fim de reduzir o impacto negativo destes coprodutos, sua utilização na alimentação animal, em substituição aos alimentos convencionais como o milho e farelo de soja, tem ganhado significativa importância na criação animal, pois além da vantagem para a indústria, que dá um destino correto ao produto, ainda há a vantagem para as empresas em termos de redução de custos.

Neste contexto, a mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é um alimento energético e produzido em larga escala no Brasil, sendo uma cultura rústica que se adapta bem ao clima semiárido, com produtividade média de 13.200 kg ha⁻¹ (ALMEIDA e PEREIRA FILHO, 2005). Apresenta-se como boa fonte de energia, devido ao elevado teor de carboidratos, propriedades aglutinantes e ao alto coeficiente de digestibilidade, porém é pobre em aminoácidos sulfurados, proteína bruta, vitaminas e minerais (LUDKE et al., 2005).

A raiz da mandioca pode ser utilizada na nutrição animal de diversas formas, como *in natura*, raspa integral, farinha, coprodutos da indústria e ensilada. No processo para fabricação de produtos a base de mandioca, é gerado um coproduto úmido que é descartado. Este coproduto possui alto teor de amido e carboidratos e, depois de seco, pode ser incluído nas dietas para aves e suínos. Sua composição tem em média 9,52% de umidade, 63,85% de amido e 14,88% de fibra bruta (ABRAHÃO et al., 2006). Para a utilização de alimentos alternativos na nutrição animal, que não são comuns às dietas, é necessário realizar pesquisas para avaliar o desempenho dos animais mediante a substituição de certos alimentos (NUNES et al. 2008).

Na literatura há diversos trabalhos sobre o uso de coprodutos da mandioca na alimentação de frangos de corte, porém ainda não há um consenso na quantidade em que estes coprodutos da mandioca podem ser incluídos nas rações. O farelo da raiz integral de

mandioca foi utilizado por Carrijo et al. (2010) em fêmeas de frangos tipo caipira e recomendado na proporção de até 45% de inclusão. Picoli et al. (2014) utilizando o resíduo seco de mandioca para frangos machos da linhagem ISA label verificaram que houve redução no peso corporal, ganho de peso e consumo alimentar de 21 a 49 dias com o aumento da inclusão do RSM, e ainda comprometeu o desempenho das aves de 21 a 79 dias, sendo constatado que em até 2% de inclusão manteve-se o desempenho semelhante ao grupo controle.

A falta de trabalhos com aves de alto rendimento utilizando o resíduo seco de mandioca faz com que sejam necessárias novas pesquisas e ressalta a importância deste estudo na avicultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de fécula de mandioca (RSM) sobre a morfometria intestinal, taxa de deposição de proteína e gordura na carcaça, desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.

4.2 Material e métodos

Este experimento foi realizado na fazenda experimental Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon. Foram utilizados 980 pintos de um dia de idade, machos, provenientes da linhagem Cobb Slow e de matrizes com 48 semanas de idade. Os pintinhos foram vacinados no incubatório para a doença de Marek, Gumboro, Bouba Aviária e Bronquite Infecciosa.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, com 20 metros de comprimento e 8 metros de largura, divididos em boxes de 1,76 m². A estrutura experimental possui cortinas laterais, ventiladores e nebulizadores para o controle da temperatura interna. Durante a primeira semana o aquecimento do ambiente foi realizado por campânula elétrica (lâmpadas de infravermelho 250w). Os boxes possuem comedouro tubular, nipple e piso de concreto coberto com maravalha.

As aves foram alocadas em um delineamento experimental inteiramente casualizado com sete tratamentos (uma ração controle e seis níveis de inclusão de RSM: 2; 4; 6; 8; 10 e; 12%), com sete repetições e 20 aves por unidade experimental.

As rações foram isoenergéticas e isonutritivas (Tabelas 1, 2 e 3) e formuladas para atender as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2011) para as fases pré-

Potássio (%) 0,822 0,822 0,822 0,822 0,822 0,822 0,822

¹Premix Vitamínico para aves (Lote BR0119Y025), Níveis de Garantia por Quilograma produto: Vit. A (min) 9000000,00 UI, Vit. D3 (min) 2500000,00 UI, Vit. E (min) 20000,00 UI, Vit. K3 (min) 2500,00 mg, Vit. B1 (min) 1500,00 mg, Vit. B2(min) 6000,00 mg, Vit. B6(min) 3000,00 mg, Vit. 12000,000 mg. Ácido Pantotênico (min) 12 g Niacina (min) 25g. Ácido Fólico(min) 800,00 mg, Selênio(min) 250,0 mg. ROLIGOMIX - Premix Mineral para aves (Lote BR0112B375), Níveis de Garantia por Quilograma do Produto: Cobre (min) 20g, Ferro (min) 100g, Manganês (min) 2000,00 m, Zinco (min) 100g. ²Antococcidiano; ³Promotor de crescimento; 4BHT.

Tabela 3. Composição percentual e calculada das rações experimentais nas fases de crescimento e terminação (22 a 42 dias de idade)

| Item (%) | Níveis de inclusão do RSM (%) | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Milho | 61,62 | 58,97 | 56,28 | 53,58 | 50,89 | 48,20 | 45,51 |
| Farelo de soja (45%) | 31,04 | 31,49 | 31,95 | 32,40 | 32,86 | 33,32 | 33,78 |
| RSM | 0,00 | 2,000 | 4,000 | 6,000 | 8,000 | 10,000 | 12,000 |
| Óleo de soja | 3,62 | 3,84 | 4,094 | 4,35 | 4,60 | 4,86 | 5,11 |
| Fosfato monobicálcico | 1,138 | 1,140 | 1,144 | 1,147 | 1,51 | 1,154 | 1,158 |
| Calcário | 1,203 | 1,184 | 1,163 | 1,142 | 1,12 | 1,10 | 1,08 |
| Sal | 0,443 | 0,445 | 0,447 | 0,449 | 0,450 | 0,452 | 0,454 |
| Vitamínico/Mineral ¹ | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| L-Lisina HCL (78%) | 0,268 | 0,261 | 0,253 | 0,245 | 0,237 | 0,229 | 0,221 |
| DL-Metionina (99%) | 0,281 | 0,284 | 0,288 | 0,292 | 0,295 | 0,299 | 0,303 |
| L-Treonina | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,089 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 |
| Coxistac2 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 |
| Enradin3 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Antioxidante4 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| Composição calculada | | | | | | | |
| EM (kcal/kg) | 3150 | 3150 | 3150 | 3150 | 3150 | 3150 | 3150 |
| Proteína Bruta (%) | 19,80 | 19,80 | 19,80 | 19,80 | 19,80 | 19,80 | 19,80 |
| Cálcio (%) | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,758 |
| Fósforo disponível (%) | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 |
| Lisina Digestível (%) | 1,131 | 1,131 | 1,131 | 1,131 | 1,131 | 1,131 | 1,131 |
| Met + Cys Dig. (%) | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 |
| Treonina Dig. (%) | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 |
| Cloro (%) | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 |
| Sódio (%) | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 |
| Potássio (%) | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,754 | 0,753 | 0,753 |

¹Premix Vitamínico para aves (Lote BR0119Y025), Níveis de Garantia por Quilograma produto: Vit. A (min) 9000000,00 UI, Vit. D3 (min) 2500000,00 UI, Vit. E (min) 20000,00 UI, Vit. K3 (min) 2500,00 mg, Vit. B1 (min) 1500,00 mg, Vit. B2(min) 6000,00 mg, Vit. B6(min) 3000,00 mg, Vit. 12000,000 mg. Ácido Pantotênico (min) 12 g Niacina (min) 25g. Ácido Fólico(min) 800,00 mg, Selênio(min) 250,0 mg. ROLIGOMIX - Premix Mineral para aves (Lote BR0112B375), Níveis de Garantia por Quilograma do Produto: Cobre (min) 20g, Ferro (min) 100g, Manganês (min) 2000,00 m, Zinco (min) 100g. ²Antococcidiano; ³Promotor de crescimento; 4BHT.

Aos 42 dias de idade, duas aves por unidade experimental, com peso médio do grupo ($\pm 5\%$), após jejum de 6 horas, foram abatidas por deslocamento cervical e posterior sangria,

depenada, evisceração, lavagem e gotejamento, em conformidade com a resolução nº 1000/2012 do CFMV. Os animais foram abatidos de acordo com a Instrução Normativa nº3 de 17 de janeiro de 2000 da DSA/MAPA que estabelece os Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário. Após a lavagem das carcaças, as aves foram pesadas sem pé e sem cabeça para obtenção do rendimento de carcaça, em seguida foram realizados os cortes de peito, pernas e asas e obtidos os pesos para o cálculo de rendimento de cortes, em função do peso da carcaça eviscerada. A fim de determinar a percentagem de gordura abdominal, foi coletada a gordura presente ao redor da moela, abdômen e bursa de fabricius. O fígado foi coletado durante a evisceração e seu peso mensurado para obtenção do rendimento.

Duas aves abatidas de cada unidade experimental com peso médio do lote ($\pm 5\%$) foram utilizadas para coleta do duodeno para análise da morfometria intestinal. O intestino delgado foi retirado por uma incisão na região ventro-caudal, e realizados cortes para coleta de fragmentos de aproximadamente cinco centímetros do duodeno. Os fragmentos foram lavados com água destilada e fixados em solução de formalina tamponada (10%), em seguida, desidratados em uma série de concentrações crescentes de alcoóis diafanizados em xilol e incluídos em parafina (LUNA, 1968). Após a microtomia semi-seriada, com cortes de sete μm , os cortes foram corados pela técnica de hematoxilina e eosina.

As análises dos cortes histológicos foram realizadas utilizando microscópio óptico. Foram selecionadas e medidas 10 criptas e 10 vilosidades em diferentes regiões do corte. As medidas de altura de vilosidades foram adotadas a partir da base superior da cripta até o ápice da vilosidade e as medidas de profundidade de cripta, foram tomadas entre as vilosidades da base inferior até a base superior da cripta.

Para determinação da taxa de deposição de proteína e gordura na carcaça (g/dia), foi utilizada a metodologia adaptada de Fraga et al. (2008). A taxa de deposição de proteína (TDP) foi mensurada comparando-se as aves abatidas no término do período experimental em relação a um grupo adicional de pintinhos abatidos ao nascimento, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{TDP} = (\text{QPcf} - \text{QPci})/\text{PE},$$

em que: QPcf = quantidade, em gramas, de proteína na carcaça; QPci = quantidade de proteína, em gramas, na carcaça inicial; e PE = período experimental, em dias. A QPcf foi obtida multiplicando-se o peso médio da carcaça das aves de cada unidade experimental, ao final do experimento, pelo respectivo teor de proteína bruta, enquanto QPci foi obtida pelo peso médio da carcaça do grupo de pintinhos abatidos inicialmente, multiplicado pelo seu teor médio de proteína bruta.

A taxa de deposição de gordura (TDG) foi calculada segundo a equação:

$$TDG = (QGcf - QGci)/PE,$$

em que: QGcf = quantidade, em gramas, de gordura na carcaça; QGci = quantidade de gordura a carcaça inicial; e PE = período experimental, em dias. QGcf e QPci foram obtidas de modo similar as QPcf e QPci, porém utilizando o valor de extrato etéreo da carcaça.

Os dados referentes às variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial, e havendo interação significativa ($P < 0,05$) entre os níveis do RSM, os dados obtidos foram desdobrados e os tratamentos comparados ao tratamento referência (0% de RSM) por meio do teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Os dados foram avaliados através do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 2000).

4.3 Resultados e discussão

A composição química do RSM (Tabela 2) demonstra que o coproduto da mandioca apresenta um elevado teor de amido e uma alta concentração de fibra, como foi relatado por Abrahão et al. (2006) e Khempaka et al. (2009).

Tabela 4. Composição química e energética do resíduo seco de mandioca (RSM) utilizado nas dietas experimentais

| Composição | Resíduo Seco de Mandioca |
|--|--------------------------|
| Proteína Bruta (%) | 1,12 |
| Extrato Etéreo (%) | 0,31 |
| Energia Bruta (kcal kg ⁻¹) | 3600 |
| Fibra em Detergente Neutro (%) | 38,22 |
| Fibra em Detergente Ácido (%) | 20,82 |
| Matéria Mineral (%) | 1,53 |
| Amido (%) | 60,73 |
| Fibra Bruta (%) | 13,57 |

De acordo com os dados de desempenho encontrados (Tabela 5), de 1 a 7 dias de idade, foi observado efeito quadrático dos níveis do RSM sobre o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA). Apresentando as equações de regressão $y=116,347-3,10406x+0,162564x^2$ ($R^2=0,84$) para GP e $y=1,11603+0,0377737x-0,00282788x^2$ ($R^2=0,91$) para CA. Os piores valores encontrados para GP e CA foram estimados em 9,55 e 6,67% de inclusão do RSM, respectivamente. Quando comparado com o tratamento com 0% de inclusão, o GP e o CR, diferiram do tratamento referência ($P < 0,05$) a partir de 8% de inclusão.

No período de 1 a 21 dias de idade, o GP reduziu linearmente conforme aumentou a inclusão do RSM e aumentou a CA das aves, prejudicando o desempenho. Quando comparados com o tratamento referência, o GP diferiu ($P < 0,05$) a partir de 8% de inclusão e a CA diferiu com 10 e 12% de inclusão do RSM.

Considerando-se todo o período de criação, de 1 a 42 dias, o GP reduziu linearmente e a CA aumentou ($P < 0,05$) conforme aumentou a inclusão do RSM. O CR mostrou um efeito quadrático apresentando o menor consumo (3868,83g) ao nível de 7,12% de inclusão do RSM. O GP quando comparado ao tratamento com 0% de inclusão do RSM, apenas não diferiu ($P > 0,05$) ao nível de 2% de inclusão do RSM, e a CA diferiu ($P < 0,05$) a partir de 8% de inclusão do RSM.

O menor desempenho das aves de 1 a 7 dias pode estar relacionado à fisiologia do trato gastrointestinal, onde as células especializadas para a digestão e absorção nas aves só estão completamente desenvolvidas após duas a três semanas após o nascimento (MORAN JR., 1989), e as enzimas endógenas responsáveis pela digestão da fibra estão ausentes em animais não ruminantes (SAKOMURA et al., 2014).

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte, de 1 a 7 dias de idade, 1 a 21 dias de idade e 1 a 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão de resíduo seco de mandioca (RSM)

| 1 a 7 dias de idade | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|-------|-------|
| Item | Níveis de inclusão do RSM (%) | | | | | | | P Valor | | |
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | L | Q | EPM |
| GP, g | 110,78 | 110,28 | 106,37 | 106,08 | 100,48* | 100,13* | 103,55* | <0,01 | 0,02 | 0,82 |
| CR, g | 132,64 | 130,36 | 128,59 | 133,20 | 124,0* | 120,34* | 120,68* | <0,01 | 0,26 | 1,02 |
| CA, g/g | 1,199 | 1,183 | 1,209 | 1,256 | 1,235 | 1,203 | 1,166 | 0,46 | <0,01 | 0,01 |
| Equações de Regressão | | | | | | | | | | |
| GP= 116,347 – 3,10406X + 0,162564X ² ; R ² = 0,84; RSM= 9,55%; GP= 101,53 | | | | | | | | | | |
| CR= 134,427 – 1,17592X ² ; R ² = 0,68 | | | | | | | | | | |
| CA= 1,11603 + 0,0377737X – 0,00282788 X ² ; R ² = 0,91; RSM= 6,67%; CA= 1,242 | | | | | | | | | | |
| 1 a 21 dias de idade | | | | | | | | | | |
| Item | Níveis de inclusão do RSM (%) | | | | | | | P Valor | | |
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | L | Q | EPM |
| GP, g | 762,95 | 773,83 | 741,32 | 741,05 | 720,83* | 716,99* | 713,56* | <0,01 | 0,14 | 4,60 |
| CR, g | 1142,08 | 1157,22 | 1149,23 | 1160,00 | 1125,08 | 1133,59 | 1133,75 | 0,22 | 0,22 | 7,01 |
| CA, g/g | 1,50 | 1,50 | 1,55 | 1,57 | 1,56 | 1,58* | 1,59* | <0,01 | 0,34 | 0,01 |
| Equações de Regressão | | | | | | | | | | |
| GP= 774,043 – 5,63431X; R ² = 0,87; | | | | | | | | | | |
| CA= 1,50208X + 0,00790811; R ² = 0,80; | | | | | | | | | | |
| 1 a 42 dias de idade | | | | | | | | | | |
| Item | Níveis de inclusão do RSM (%) | | | | | | | P Valor | | |
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | L | Q | EPM |
| GP, g | 2332,13 | 2303,15 | 2252,43* | 2251,31* | 2163,09* | 2106,34* | 2091,24* | <0,01 | 0,84 | 15,12 |
| CR, g | 3970,18 | 3961,53 | 3873,60 | 3910,40 | 3829,91 | 3927,60 | 3934,51 | 0,87 | 0,04 | 15,23 |
| CA, g/g | 1,70 | 1,72 | 1,72 | 1,73 | 1,77* | 1,86* | 1,88* | <0,01 | 1,00 | 0,01 |
| Equações de Regressão | | | | | | | | | | |
| GP= 2353,20 – 22,6579X; R ² = 0,95; | | | | | | | | | | |
| CR= 4031,25 – 45,6267X + 3,20436X ² ; R ² = 0,55; RSM= 7,12; CR= 3868,83 | | | | | | | | | | |
| CA= 1,654,33 + 1,83515X; R ² = 0,87; | | | | | | | | | | |

*difere do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade; PMI: peso médio inicial; PMF: peso médio final; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar; L:Linear; Q: quadrática; EPM: erro padrão da média

O rendimento de carcaça (Tabela 6) apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para as variáveis de rendimento de peito e gordura abdominal. O rendimento de peito apresentou efeito quadrático e pela equação de regressão $y = 39,0485 - 1,08983x + 0,0629401x^2$ ($R^2 = 0,63$), estimou-se o menor valor de rendimento ao nível de 8,66% de inclusão. A gordura abdominal apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), demonstrando que o aumento da inclusão do RSM diminuiu a gordura abdominal da carcaça. Para o rendimento de carcaça, apenas os níveis de 2 e 6% de inclusão do RSM não diferiram ($P > 0,01$) do tratamento com 0% de inclusão, e para o rendimento de peito, os tratamentos com 4 e 10% de inclusão diferiram ($P < 0,01$) estatisticamente do tratamento referência.

Tabela 6. Rendimento dos cortes nobres, gordura abdominal e fígado de frangos de corte, alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca (RSM)

| Item | Níveis de inclusão do RSM (%) | | | | | | | P Valor | | |
|------|-------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------|---------|------|------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | L | Q | EPM |
| RCA | 72,86 | 71,49 | 69,18* | 71,92* | 69,85* | 69,81* | 70,28* | 0,17 | 0,57 | 0,27 |
| RPEI | 37,30 | 37,44 | 34,68* | 35,54 | 34,94 | 33,43* | 35,39 ^a | 0,017 | 0,03 | 0,31 |
| RPE | 27,34 | 27,88 | 28,13 | 29,11 | 29,14 | 28,19 | 28,97 | 0,16 | 0,26 | 0,20 |
| RAS | 10,54 | 10,74 | 11,41 | 11,17 | 11,54 | 11,47 | 11,28 | 0,18 | 0,18 | 0,11 |
| GOR | 1,93 | 1,97 | 1,84 | 1,70 | 1,64 | 1,88 | 1,01 | 0,04 | 0,38 | 0,10 |
| FIG | 2,52 | 2,69 | 2,87* | 2,44 | 2,88* | 2,74 | 2,72 | 0,78 | 0,84 | 0,04 |

Equações de Regressão

RPEI= $36,6987 - 0,208673X$; $R^2 = 0,35$;

RPEI= $39,0485 - 1,08983X + 0,0629401X^2$; $R^2 = 0,63$; RSM= 8,66%; RPEI= %; 34,33

GOR= $2,19231 - 0,0713865X$; $R^2 = 0,56$;

*diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; RCA: rendimento de carcaça; RPEI: rendimento de peito; RAS: rendimento de asa; GO: gordura abdominal; FIG: fígado; L: Linear; Q: quadrática; EPM: erro padrão da média.

O baixo desempenho apresentado pelas aves em todo o período com o aumento na inclusão do resíduo pode estar relacionado à grande quantidade de fibra presente neste alimento, 13,57%, observado pela análise da composição química do RMS. As aves apresentam pouca capacidade de digerir a fibra dos alimentos, pois não realizam a hidrólise das ligações do tipo beta no trato digestivo, a baixa digestibilidade da fibra aliada à alta concentração de carboidratos aumenta a viscosidade do bolo alimentar e prejudica a digestibilidade dos outros nutrientes e compromete o desempenho animal (CONTE et al., 2003).

As aves não apresentam algumas enzimas endógenas necessárias para a digestão da fibra, como por exemplo, as xilanases, celulasas e glucanases, que fazem a hidrólise de alguns compostos da fibra. A viscosidade do ambiente dificulta o acesso de enzimas e substratos

intestinais chegarem às proteínas, gorduras e amido, e prejudica a digestão e absorção de nutrientes, conseqüentemente, comprometendo o desempenho das aves (BRITO et al., 2008).

Além do alto teor de fibra no RSM, um dos fatores que podem afetar o baixo desempenho é a concentração de amido resistente que pode ter sido formado durante o processamento do material. A digestão do amido ocorre principalmente no intestino delgado, o qual originará a glicose, porém, ao chegar intacto no intestino grosso, ocorrerá a fermentação e liberação de ácidos graxos de cadeia curta produzidos pelos microrganismos (NOBLET et al., 1994).

Um dos fatores que podem ter influenciado na redução do CR é a quantidade de óleo adicionado às rações, que apesar de aumentar a digestibilidade, segundo Furlan & Macari (2002), a presença de lipídeos no duodeno das aves estimula a secreção do hormônio intestinal colecistoquinina (CCK), que inibe o peristaltismo gástrico e reduz a ingestão de ração e a taxa de passagem.

O alto teor de fibra e os polissacarídeos não amiláceos solúveis na dieta, são capazes de aumentar a viscosidade da digesta quando em contato com água, formando gomas, que aumentam o tamanho do bolo alimentar e conseqüentemente causam distensão gástrica, que por sua vez causa a sensação de saciedade nas aves reduzindo o consumo alimentar (OLIVEIRA et al., 2012).

Silva et al. (2015) utilizaram a torta de babaçu, um alimento alternativo com 4556kcal kg⁻¹ de EB e teor de FB em 29,21%, em 0, 6, 12 e 16% de inclusão, para frangos de corte Cobb de 1 a 21 dias de idade, e encontraram redução no ganho de peso das aves conforme o aumento da inclusão, e de forma geral houve redução no consumo de ração e piora na conversão alimentar. A inclusão do farelo de coco utilizada por Freitas et al. (2011) em 5, 10, 15 e 20%, na alimentação de frangos de corte Ross de 1 a 42 dias de idade, apresentou redução linear do ganho de peso e consumo de ração, bem como a piora na conversão alimentar, conforme aumento da inclusão do farelo de coco, o que pode ser causado pelo alto teor de fibra deste alimento, que foi de 14,49%.

Em estudo realizado por Khempaka et al. (2009) utilizando a polpa seca de mandioca em 4, 8, 12 e 16% de inclusão para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, apresentando 13,59% de FB e teor de amido em 53,55%, encontraram diminuição no ganho de peso conforme o aumento da inclusão e redução na gordura abdominal. Segundo este autor a perda na gordura abdominal pode estar relacionada com a inibição na síntese de lipídeos no fígado e no tecido abdominal devido ao alto conteúdo de fibra bruta do alimento utilizado.

Araújo et al. (2013) avaliando o farelo de girassol com 22,37% de FB em 0, 8, 16 e 24% de inclusão para frangos de corte Cobb de 21 a 42 dias de idade, encontraram o ganho de peso reduzido pelo aumento da inclusão, e piora na conversão alimentar das aves.

Segundo Promthong et al. (2004) aves alimentadas com dietas contendo mandioca apresentam aumento no tamanho do fígado, que pode resultar de uma maior digestibilidade do amido da mandioca quando comparado ao do milho, promovendo um aumento no aporte de glicose para a regulação hepática da glicose sanguínea e a deposição como glicogênio, resultando em aumento no peso do fígado.

A profundidade de cripta aumentou linearmente ($P < 0,05$) em função dos níveis de inclusão do RSM (Tabela 7), demonstrando que o aumento na inclusão dos níveis de RSM pode ter influenciado a profundidade de cripta no duodeno das aves.

Tabela 7. Morfometria intestinal do duodeno de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca (RSM)

| Item | Níveis do RSM (%) | | | | | | | P Valor | | |
|---------|-------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|------|-------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | L | Q | EPM |
| VIL | 1024,13 | 999,80 | 1000,05 | 960,55 | 1015,70 | 1010,87 | 1028,24 | 0,51 | 0,56 | 15,07 |
| CRI | 190,16 | 188,48 | 194,49 | 197,38 | 200,92 | 209,44 | 214,15 | <0,01 | 0,82 | 2,92 |
| CRI:VIL | 5,39 | 5,32 | 5,16 | 4,96 | 5,08 | 4,86 | 4,80 | 0,12 | 0,86 | 0,09 |

Equação de Regressão

$$\text{CRI} = 183,13 + 25,2575\text{X}; R^2 = 0,98;$$

VIL: altura de vilo; CRI: profundidade de cripta; CRI:VIL: relação entre profundidade de cripta:altura de vilosidade; L:Linear; Q: quadrática; EPM: erro padrão da média

A cripta pode ser considerada uma fábrica de vilosidades, uma maior profundidade de cripta indica um rápido turnover de tecido e uma alta demanda por tecido novo (YASON et al. 1987). Uma profundidade de cripta maior pode significar um aumento na taxa de substituição do tecido das vilosidades, essa substituição rápida dos enterócitos requer energia e proteína, o que pode diminuir o crescimento e o desenvolvimento de outros tecidos e órgãos (MARKOVIC et al., 2009).

Segundo Dierick et al. (1989) dietas com alto teor de fibra e FDN apresentam ação abrasiva sobre o epitélio intestinal, podendo aumentar a taxa de renovação celular que ocorre nas criptas e com isso aumentar sua profundidade. Jin et al. (1994) relataram que alimentos fibrosos incluídos nas dietas reduzem a altura de vilosidades e aumentam a profundidade das criptas devido a ação abrasiva da fibra e podem alterar a relação profundidade de cripta:altura de vilosidade.

O aumento na profundidade da cripta pode indicar alta atividade proliferativa celular, que geralmente ocorre como resposta do epitélio intestinal a algum tipo de injúria na mucosa

e tem função de renovar perdas na altura das vilosidades (FURLAN et al., 2004). No presente trabalho a altura das vilosidades não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, porém, devido ao aumento linear da profundidade de cripta, pode-se considerar que houve renovação celular por uma possível abrasão relacionada à quantidade de fibra do RSM.

Moghaddam et al. (2012) avaliaram a inclusão do farelo de girassol com alta concentração de fibra, variando de 29 a 45%, em frangos de corte da linhagem Ross de 1 a 28 dias de idade, em 0, 7, 14 e 21%, sobre a morfometria intestinal, e encontraram efeito quadrático para profundidade de cripta no duodeno e jejuno.

A taxa de deposição de gordura na carcaça (g/dia) não apresentou efeito significativo ($P>0,05$) enquanto que a taxa de deposição de proteína demonstrou efeito linear decrescente ($P<0,05$). A melhor estimativa da taxa de deposição protéica na carcaça foi para os tratamentos com 2 e 6% de inclusão do RSM, os quais foram estatisticamente semelhantes ao tratamento sem inclusão ($P>0,01$).

Tabela 8. Taxa de deposição de gordura (g/dia) e taxa de deposição de proteína (g/dia) de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de inclusão do resíduo seco de mandioca (RSM)

| Item | Níveis de Inclusão | | | | | | | P Valor | | |
|---------------------------------|--------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|------|------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | L | Q | EPM |
| TDG | 10,10 | 10,62 | 8,66 | 9,79 | 9,35 | 9,05 | 10,42 | - | - | 0,25 |
| TDP | 20,29 | 19,83 | 16,15* | 19,83 | 17,27* | 16,63* | 16,32* | <0,01 | 0,11 | 0,35 |
| Equações de Regressão | | | | | | | | | | |
| TDP= 20,5055-0,614641X; R2=0,51 | | | | | | | | | | |

* Diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; TDG Taxa de deposição de gordura, TDP Taxa de deposição de proteína, EPM= Erro padrão da média.

A menor taxa de deposição de proteína pode estar relacionada ao menor ganho de peso e a piora na conversão alimentar de 1 a 42 dias de idade, demonstrando que os animais não foram eficientes em depositar proteína na carcaça quando houve aumento da inclusão do RSM acima de 6%. Amorim et al. (2015) incluíram o bagaço de mandioca na dieta de frangos de corte da linhagem Label Rouge nos níveis crescente de 0, 10, 20 e 30%, e encontraram efeito linear crescente no teor de proteína bruta da coxa, sobrecoxa e peito e redução na deposição de extrato etéreo.

Arruda et al. (2003) avaliando o efeito de dietas com baixo e alto amido (22 e 32%) para coelhos, encontraram efeito linear crescente na eficiência protéica da carcaça, demonstrando que houve aumento na deposição de proteína pelo aumento dos níveis de amido na dieta. A diferença nos trabalhos pode estar relacionada à disponibilidade do amido dos

ingredientes, visto que pelos resultados encontrados no presente trabalho a possibilidade de encontrar a presença de amido resistente é alta.

4.4 Conclusão

A inclusão do resíduo seco de mandioca afeta negativamente o desempenho, porém pelo teste de Dunnett a inclusão em até 6% foi semelhante ao tratamento controle. O maior valor encontrado para rendimento de peito foi no nível de 8,66% de inclusão. A profundidade de cripta aumentou linearmente em função dos níveis de inclusão e a taxa de deposição de proteína reduziu linearmente pela inclusão do RSM.

4.5 Referências bibliográficas

- ABRAHÃO, J.J.S.; PRADO, I.N.; MARQUES, J.A.; ET AL. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.2, p.512-518, 2006.
- ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p.50-56, 2005.
- AMORIM, A.F.; SIQUEIRA, J.C.; RODRIGUES, K.F.; VAZ, R.G.M.V.; BARBOSA, S.M.; SANTOS, H.D.; ROSA, F.C.; SOUSA, J.P.L.; SILVA, E.G.; MOUFARREG, I.M.M.O.; PARENTE, I.P.; SOARES, J.A.R.; Níveis de inclusão do bagaço de mandioca na ração de frangos de crescimento lento: características físico-químicas da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.1685-1700, 2015.
- ARAUJO, W.A.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; PESSOA, G.B.S.; MESSIAS, R.K.G.; LELIS, G.R.; RIBEIRO JR. V. Sunflower meal and enzyme supplementation in diets of broilers from 21 to 42 days of age. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v.3, n.4, p.695-702, 2013.
- ARRUMA, A.M.V.; LOPES, D.C.; FERREIRA, W.M.; ROSTAGNO, H.S.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, E.S.; FERREIRA, A.S.; SILVA, J.F. Desempenho e características de carcaça de coelho alimentados com rações contendo diferentes níveis de amido e fontes de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1311-1320, 2003.
- BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.L.; MORAIS, N.M.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.111-117, 2008.
- CARRIJO, A.S.; FASCINA, V.B.; SOUZA, K.M.R.; RIBEIRO, S.S.; ALLAMAN, I.B.; GARCIA, A.M.L.; HIGA, J.A.; Níveis de farelo da raiz integral de mandioca em dietas para fêmeas de frangos caipira. **Revista Bras. Saúde Prod. Na.**, v.11, n.1, p 131-139, 2010.
- CONTE A.J.; TEIXEIRA A.S.; FIALHO E.T.; SCHOULTEN N.A.; BERTECHINI A.G. Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Rev. Bras. Zootec.** V.32, p 1147-1156, 2003.
- DIERICK, N.A.; VERVAEKE, I.J.; DEMEYER D.I.; DECUYPERE, J.A. Approach to the energetic importance of fiber digestion in pigs: Importance of fermentation in the overall energy supply. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, n.1-3, p.141-167, 1989.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.1, p.49-56, 2008.
- FREITAS, E.R.; LIMA, R.C.; SILVA, R.B.; SUCUPIRA, F.S.; MOREIRA, R.F.; LOPES, I.R.V. Substituição do farelo de soja pelo farelo de coco em rações contendo farelo de castanha de caju para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.1006-1013, 2011.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M. Motilidade gastrointestinal. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed., Jaboticabal: FUNEP, 97-103p. 2002.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M.; LUQUETTI, B.C.; Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: Simpósio técnico de incubação, matrizes de corte e nutrição. Balneário Camboriú, SC., **Anais...** p.6-28, 2004.
- JIN, L.; REYNOLDS, L.P.; REDMER, D.A.; CATON, J.S.; CRENSHAW, J.D. Effects of dietary fiber on intestinal growth, and morphology in growing pigs. **Journal Animal Science**, v.72, p.2270-2278, 1994.

- KHEMPAKA, S.; MOLEE, W.; GUILLAUME, M.; Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effects on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **J. Appl. Poult. Res.**, v.18, p.487-493, 2009.
- LUDKE, J.V.; BERTOL, T.M.; MAZZUCO, H.; LUDKE, M.C.M.M.; **Uso racional da mandioca e subprodutos na alimentação de aves e suínos.** In: Processamento e utilização da mandioca. 2005.
- LUNA, L.G.; **Manual of the histologic staining methods of the armed forces institute of pathology.** 3 ed. New York: McGraw Hill, 258p. 1968.
- MARKOVIC, R.; SEFER, D.; KRSTIC, M.; PETRUJKIC, B. Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. **Arch. Med. Vet.**, v.41, p.163-169, 2009.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, APECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Bem-Estar Animal no Brasil.** Disponível em http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/Bemestar-animal/folder%20BEA%20versao%202012%20-%202009_05_2013.pdf Acesso em: 14 de março de 2016.
- MOGHADDAM, H.N.; SALARI, S.; ARSHAMI, J.; GOLIAN, A.; MALEKI, M. Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and its effect on performance, digestive enzyme activity, organ weight, and histological alterations of the intestinal villi of broiler chickens. **Journal Appl. Poult. Res.**, v.21, p.293-304, 2012.
- MORAN Jr., E.T. Fat feeding value: Relationships between analyses, digestion and absorption. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE **Proceedings...** Saskatoon: Saskatchewan, v.10, p. 31-40, 1989.
- NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; NUNES, C.G.V.; POZZA, P.C.; ARAUJO, M.S.; Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.1, 2008.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X.S. et al. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.344-354, 1994.
- OLIVEIRA, D.D.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; OBA, A.; Desempenho de frangos de corte alimentados com torta de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.5, p.1979-1990, 2012.
- PICOLLI, K.P.; MURAKAMI, A.E.; NUNES, R.V.; DUARTE, C.R.A.; EYNG, C.; OSPINAR-OJAS, I.C. Cassava starch factory residues in the diet of slow-growing broilers. **Tropical Animal Health and Production**, v.46, n. 8, p.1371-1381 2014.
- ROSTAGNO, H.S., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., OLIVEIRA, R.F., AND LOPES, D.C., F.A.S., BARRETO, S.L.T., EUCLIDES, R. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais.** (Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia), pp. 252, 2011.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 678 p., 2014.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 283p., 2007.
- SILVA, M.C.; SIQUEIRA, J.C.; VAZ, R.G.M.V.; RODRIGUES, K.F.; ALBINO, L.F.T.; SOUSA, L.F.; NEIVA, A.C.G.R.; FONSECA, F.L.R.; SOUSA, J.P.L.; PARENTE, I.P.; CAMPOS, C.F.A.; SILVA, A.S.R. Replacement of soybean meal by babassu pie in balanced rations for broilers from one to 21 days of age. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.6, p.3947-3956, 2015.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C.D. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 235p., 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 8.0 Viçosa, MG, p.142, 2000.

YASON, C. V.; SUMMERS, B.A.; SCHAT, K.A. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: Pathology. **Am. J. Vet. Res.**, V.48, P.927–938, 1987.