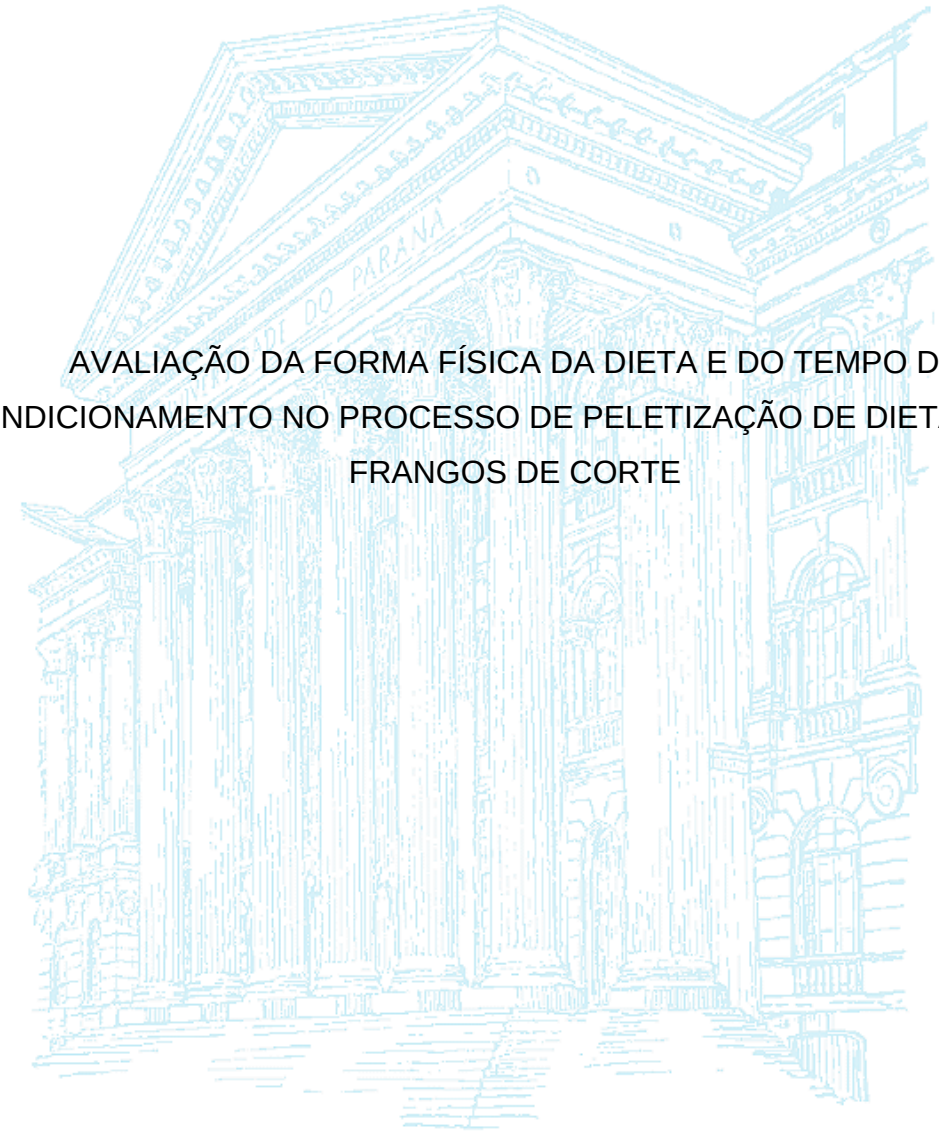
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRÉIA MASSUQUETTO



AVALIAÇÃO DA FORMA FÍSICA DA DIETA E DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO NO PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE

CURITIBA

2014

ANDRÉIA MASSUQUETTO

AVALIAÇÃO DA FORMA FÍSICA DA DIETA E DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO NO PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka
Coorientador: Dr. Everton Luís Krabbe

CURITIBA

2014

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

UFPR

PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **"AVALIAÇÃO DA FORMA FÍSICA DA DIETA E DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO NO PROCESSO DE PELETIZAÇÃO DE DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE"** apresentada pela Mestranda ANDRÉIA MASSUQUETTO declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09–CEPE/UFPR, que considerou a candidata aprovada para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 12 de fevereiro de 2014

Professor Dr. Alex Maiorka
Presidente/Orientador

Professora Dra. Simone Gisele de Oliveira
Membro

Dr. Everton Luis Krabbe
Membro

Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 034/2012, referente ao projeto "Efeito de tempo de condicionamento durante a peletização de dietas para frangos de corte", sob a responsabilidade de Andréia Massuquetto, na forma em que foi apresentado (uso de 240 frangos de corte), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 20 de março de 2013.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 034/2012, regarding the project "Effect of pellet conditioning time on broiler diets", under Andréia Massuquetto's supervision, in the terms it was presented (use of 240 broilers), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on March 20, 2013.

Curitiba, 20 de março de 2013.

Patrick Schmidt
Presidente

Rosangela Locatelli Dittrich
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais
Setor de Ciências Agrárias
Universidade Federal do Paraná.

Dedico:

Às pessoas mais importantes da minha vida...

Luiz, Ângela, André.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luiz e Ângela, pela educação, ensinamentos, amizade e amor incondicional, fundamentais para formação do meu caráter.

Ao meu irmão André pelo amor, amizade e companheirismo.

Aos meus avós, João e Glarigi pelo amor, carinho e apoio.

À minha "segunda família", Valdir, Elisabete e Vanessa pelo amor, carinho e disposição para me receber em sua casa.

Ao orientador e amigo, Alex Maiorka, pelos ensinamentos e amizade, auxiliando tanto na minha formação profissional como pessoal.

Ao meu coorientador Everton Luis Krabbe pelas discussões e ensinamentos.

Às professoras Simone G. de Oliveira, Ananda P. Félix e Ana Vitória Fischer da Silva pelo conhecimento transmitido e pelas valiosas discussões.

Aos integrantes do Laboratório de Estudos e Pesquisa em Produção e Nutrição de Animais Não-Ruminantes (LEPNAN) em especial aos amigos da pós-graduação: Vinicius, Gislaine, Marina, Lucas, Jean Fagner, Diego e Chayane; e da graduação: Ronan, Jean Natel, Lucas Barbosa, Vítor, Juliana, Gabi, Geisiele, Pedro e Ernany que sempre se dispuseram a me auxiliar nos trabalhos.

Às "meninas do LENUCAN", pela amizade e ajuda em todos os momentos.

Aos colegas de pós-graduação Keysuke e Ivânio pelo auxílio na realização desse trabalho e ensinamentos.

Aos profissionais do Laboratório de Nutrição Animal, em especial: Cleusa, Marcelo, Aldo, Hair e Janise, pelo auxilio nas análises, discussões, ensinamentos e amizade.

Às amigas para toda a vida: Fernanda, Laura e Sthéfanie, pela amizade, apoio e conselhos.

A Capes/REUNI pela bolsa de mestrado concedida.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS x
LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES xi
RESUMO 12
ABSTRACT 13
1. INTRODUÇÃO 14
2. REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 Peletização de rações 15
2.2 Peletização e desempenho zootécnico 17
2.3 Consumo de ração 18
2.4 Peletização e digestibilidade de frações da dieta 20
2.4.1 Digestibilidade do amido 20
2.4.2 Digestibilidade da proteína 26
2.4.3 Metabolizabilidade da energia 28
2.5 Fatores que influenciam qualidade de peletes 29
2.5.1 Tamanho de partícula 29
2.5.2 Adição de umidade 30
2.5.3 Inclusão de gordura 31
2.5.4 Condicionamento 32
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 33
2.7 REFERÊNCIAS 33
3. EFEITO DA FORMA FÍSICA E DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO SOBRE O DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL 41
RESUMO 41
ABSTRACT 42
3.1 INTRODUÇÃO 43
3.2 MATERIAL E MÉTODOS 44
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 51
3.4 CONCLUSÃO 65
3.5 REFERÊNCIAS 65
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. A - Estrutura da amilose (polímero linear composto por D-glicoses unidas por ligações α-(1-4)). b – estrutura da amilopectina (polímero ramificado composto por D-glicoses unidas por ligações α-(1-4) e α-(1-6)). 23
FIGURA 2. Consumo de ração de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas peletizadas/trituradas com tempos crescentes de condicionamento. 52
FIGURA 3. Energia digestível ileal de frangos de corte aos 25 dias de idade alimentados com dietas peletizadas/trituradas com tempos crescentes de condicionamento. 56
FIGURA 4. Índice de durabilidade dos peletes (PDI) de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento. 60
FIGURA 5. Dureza de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento. 61
FIGURA 6. Atividade de água (adimensional) de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento.....62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Efeito da peletização sobre o consumo de ração em frangos de corte. .19
TABELA 2. Temperatura de gelatinização do amido de diferentes cereais 24
TABELA 3. Composição alimentar e nutricional das dietas experimentais. 46
TABELA 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas iniciais fareladas e peletizadas/trituradas com diferentes tempos de condicionamento. 51
TABELA 5. Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína (CDIAPB) e energia digestível ileal (EDI) de dietas para frangos de corte aos 25 dias de idade, alimentados com dietas iniciais fareladas e peletizadas/trituradas com diferentes tempos de condicionamento. 54
TABELA 6. Grau de gelatinização do amido das dietas experimentais.....57
TABELA 7. Porcentagem de peletes intactos (PI), índice de durabilidade dos peletes (PDI), dureza, atividade de água (Aa) e proteína solúvel em KOH (PS) de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento. 58
TABELA 8. Razão de ingestão (RI) (%) das dietas fareladas e peletizadas/trituradas com 0, 60 e 120 segundos de condicionamento, de frangos de corte aos 4, 7, 14 e 21 dias de idade. 63

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

Aa - atividade de água
c - comprimento
C=O - grupamento carbonila
CA - conversão alimentar
CDIAMS - coeficiente de digestibilidade ileal aparente da matéria seca
CDIAPB - coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta
CIA - cinza insolúvel em ácido
cm - centímetro
CR - consumo de ração
CV - coeficiente de variação
DGM - diâmetro geométrico médio
EB - energia bruta
EDI - energia digestível ileal
EM - energia metabolizável
EMA - energia metabolizável aparente
FI - fator de indigestibilidade
g - grama
GP - ganho de peso
h - altura
kcal - kilocaloria
kg - kilograma
kgf - kilograma força
KOH - hidróxido de potássio
l - largura
m - metro
mcal - megacaloria
mg - miligrama
mm - milímetro
MS - matéria seca
NaCl - cloreto de sódio
NH_2 - grupamento amino
P - probabilidade
PB - proteína bruta
PDI - índice de durabilidade dos peletes
pH - potencial de hidrogênio iônico
R^2 - coeficiente de determinação
Ton - tonelada
UI - unidade internacional
α - alfa
% - porcentagem
ºC - graus celcius
µm - micrometro

RESUMO

A peletização de rações é o processamento térmico mais utilizado na indústria avícola. Frangos de corte alimentados com dietas peletizadas apresentam maior desempenho zootécnico e maior digestibilidade de diferentes frações da dieta. Além disso, aves têm preferência por dietas peletizadas, o que favorece o consumo de ração. No entanto, estes benefícios são atingidos se houver produção de peletes de boa qualidade capazes de manter sua integridade até o momento do consumo pelas aves. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de dietas com diferentes formas físicas e do tempo de condicionamento de dietas peletizadas sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e da energia, e preferência alimentar de frangos de corte de 1 a 21 dias. Ainda, se avaliou a qualidade física dos peletes, solubilidade da proteína em KOH e grau de gelatinização do amido das rações processadas. No primeiro experimento foram utilizados 480 pintos machos Cobb distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições de dez aves cada. Os tratamentos consistiram de dieta farelada e peletizada/triturada com diferentes tempos de condicionamento (0, 60, 80, 100 e 120 segundos) de uma ração inicial comercial. As aves alimentadas com ração peletizada/triturada apresentaram maior consumo de ração (CR), exceto para o tempo zero de condicionamento, e maior ganho de peso (GP) ($P<0,05$). A forma física da ração não influenciou a conversão alimentar (CA) ($P>0,05$). Dietas peletizadas/trituradas proporcionaram maior coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIAMS), da proteína (CDIAPB) (peletizadas/trituradas com 80 e 120 segundos de condicionamento) e maior energia digestível ileal (EDI) ($P<0,05$). Entre as dietas peletizadas, com o aumento do tempo de condicionamento, houve efeito linear para CR ($P<0,05$), porém não houve influência no GP e CA ($P>0,05$). Os diferentes tempos de condicionamento não influenciaram os CDIAMS e CDIAPB ($P>0,05$). Porém, verificou-se efeito quadrático para EDI ($P<0,05$). Não houve efeito do tempo de condicionamento sobre a quantidade de peletes intactos e solubilidade proteica em KOH ($P>0,05$). No entanto, houve efeito quadrático para PDI ($P<0,01$) e dureza ($P<0,05$), e linear para atividade de água ($P<0,05$). A peletização parece aumentar o grau de gelatinização do amido de dietas iniciais para frangos de corte. No segundo experimento foram utilizados 20 pintos machos Cobb alojados separadamente, e ofertadas quatro dietas (farelada e peletizada/triturada com 0, 60 e 120 segundos de condicionamento) simultaneamente para cada ave, sendo cada animal considerado uma unidade experimental. A razão de ingestão (RI) foi maior para dietas fareladas aos 4 e 7 dias de idade ($P<0,05$), porém a partir dos 14 dias, as aves passam a preferir dietas peletizadas/trituradas ($P<0,05$). Aos 21 dias houve preferência pela dieta peletizada/triturada com 120 segundos de condicionamento ($P<0,05$). Conclui-se que a forma física da dieta afeta o desempenho zootécnico, digestibilidade de nutrientes e preferência alimentar de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. O tempo de condicionamento influencia o CR, EDI e RI de frangos de corte na fase inicial. Ainda, o tempo de condicionamento exerce influência sobre a qualidade física dos peletes.

Palavras-chave: aves, desempenho, digestibilidade, peletes, processamento térmico, preferência alimentar

ABSTRACT

Pelleting is the most used thermal processing in poultry industry. Broilers fed pellet diets have higher performance and higher digestibility of different fractions of the diet. Furthermore, broilers have preference by pellet diets, which favors the feed intake. However, these benefits are only achieved if there is production of good quality pellets able to maintain its integrity until the time of consumption by birds. This study aimed to evaluate the effect of diets with different physical forms and conditioning time of pellet diets on performance, nutrients and energy digestibility, and food preference of 1-21 d broilers. Also the pellet physical quality, protein solubility in KOH and degree of starch gelatinization were evaluated. In the first trial we used 480 Cobb male broiler chicks distributed in a completely randomized design with six treatments and eight replicates of ten birds each. Treatments consisted of mash and crumble-pellet diets with different conditioning times (0, 60, 80, 100 and 120 seconds) of a commercial starter feed. Birds fed crumble-pellet diets had higher feed intake (FI), except for zero conditioning time, and higher weight gain (WG) ($P<0,05$). The physical form did not influence the feed conversion (FC) ($P>0,05$). Crumble-pellet diets provided greater apparent ileal digestibility coefficient of dry matter and protein (pelleted with 80 and 120 seconds of conditioning) and greater ileal digestibility energy ($P<0,05$). Among the crumble-pellet diets, increasing conditioning time there was a linear effect for FI ($P<0,05$), but no influence on the WG and FC ($P>0,05$). The different conditioning times did not influence digestibility of dry matter and protein ($P>0,05$). However, there was a quadratic effect for ileal digestibility energy ($P<0,05$). There was no effect of conditioning time on intact pellets amount and protein solubility in KOH ($P>0,05$). However, there was a quadratic effect on PDI ($P<0,01$) and hardness ($P<0,05$), and linear to water activity ($P<0,05$). Pelleting seems to increase the degree of starch gelatinization of starter diets for broilers. In the second trial we twenty Cobb male broiler chicks were housed separately and four diets (mash and crumble-pellet with 0, 60 and 120 seconds of conditioning) were offered simultaneously for each bird and each one considered as an experimental unit. The IR was higher for mash at 4 and 7 days of age ($P<0,05$), but after 14 d the birds came to prefer crumble-pellet diets ($P<0,05$). At 21 d there was preference for crumble-pellet diet with 120 seconds of conditioning ($P<0,05$). We conclude that the diet physical form affects the performance, nutrient digestibility and food preference of broilers from 1 to 21 days of age. The conditioning time influences the FI, ileal digestibility energy and IR of broilers in starter phase. Furthermore, the conditioning time influence physical quality of the pellets.

Key words: birds, digestibility, feed preference, pellet, performance, thermal processing

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira passou por intensas mudanças nos últimos anos. O segmento evoluiu devido a incessante busca por melhores resultados por meio de pesquisas nas áreas de nutrição, genética, manejo, instalações e sanidade, colocando a atividade em posição privilegiada em relação a outras explorações animais. Porém, os custos com alimentação representam cerca de 70% dos custos de produção de frangos de corte, tornando-se necessário o desenvolvimento científico e tecnológico visando eficiência na produção de rações.

Frente à necessidade de otimização da produção, observa-se o enfoque das pesquisas atuais no maior aproveitamento dos ingredientes das rações, e na forma como estas são fornecidas para as aves. Um dos processos empregados em dietas para frangos de corte para melhorar a eficiência de utilização dos ingredientes e o desempenho zootécnico é a peletização. A peletização é uma etapa no processamento de rações onde os ingredientes ou mistura são aglomerados por meio de ação mecânica, em combinação com umidade, pressão e temperatura. No final do processo, a ração é moldada em formato cilíndrico denominado pelete.

Frangos de corte alimentados com dietas peletizadas em relação às fareladas apresentam maior consumo de ração (CR), melhor conversão alimentar (CA) e maior ganho de peso (GP) (MORAN, 1987; DOZIER, 2001; LÓPEZ et al., 2007; FREITAS et al., 2008; CORZO et al., 2011). Além disso, o processo de peletização aumenta a digestibilidade de diferentes frações da dieta (MORAN, 1987; ZALENKA, 2003; LÓPEZ et al., 2007). Entretanto essa melhor eficiência só pode ser atingida se houver a produção de peletes de boa qualidade capazes de manter sua integridade até o momento do consumo pelas aves.

Vários fatores estão relacionados com a qualidade física da ração peletizada, destacando-se a formulação da dieta (40%), tamanho das partículas (20%), o condicionamento (20%), especificações gerais da matriz (15%), além dos processos de resfriamento e secagem (5%) REIMER (1992). Neste contexto, o condicionamento exerce importante papel sobre as características físico-químicas dos ingredientes utilizados, podendo melhorar a qualidade física das dietas.

A temperatura, umidade, pressão e o tempo de retenção durante o condicionamento são variáveis devido às limitações de máquinas e da composição das dietas fabricadas no país. Além disso, a maioria das fábricas de rações trabalham acima da sua capacidade de produção, tornando-se necessário peletizar as rações rapidamente, com baixa exposição ao condicionamento, comprometendo a qualidade do produto final.

Tendo em vista a importância da forma física da dieta, do condicionamento no processo de peletização e da qualidade física da ração produzida, avaliou-se o efeito de dietas com diferentes formas físicas e do tempo de condicionamento de dietas peletizadas sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e da energia, e preferência alimentar de frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias). Ainda, foi avaliado o efeito do tempo de condicionamento sobre qualidade física dos peletes, solubilidade da proteína em KOH e grau de gelatinização do amido das dietas processadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Peletização de rações

Dentre os processamentos térmicos, a peletização é o mais utilizado para melhorar a qualidade de rações para frangos de corte. A peletização pode ser definida como a aglomeração de ingredientes ou mistura em formato cilíndrico denominado pelete. Os ingredientes são agregados por meio de ação mecânica, em combinação com umidade, pressão e temperatura.

Segundo BEHNKE (1994), a peletização de rações traz diversas vantagens para a nutrição animal quando comparada à forma física farelada, como: diminuição do desperdício de ração, redução da segregação de ingredientes, diminuição de microrganismos, melhora na preferência alimentar pelos animais, redução da seletividade, facilidade de apreensão da dieta, aumento da energia produtiva em função do menor tempo gasto para consumo e aumento da digestibilidade de diferentes frações da dieta.

O fornecimento de dietas peletizadas em relação às fareladas promove melhora no desempenho de frangos de corte (MORAN, 1987; LÓPEZ et al., 2007;

FREITAS et al., 2008). Esta melhora está associada principalmente ao aumento do consumo de ração em função da maior facilidade de apreensão da dieta (MEINERZ et al., 2001), aumento da energia produtiva devido ao menor tempo gasto para consumo (McKINNEY e TEETER, 2004) e aumento da digestibilidade de diferentes frações da dieta (ZALENKA, 2003). Este aumento na digestibilidade ocorre devido à pressão, umidade e temperatura, que favorecem a desagregação dos grânulos de amilose e amilopectina facilitando a ação enzimática e aumentando a digestibilidade dos carboidratos, assim como das proteínas por alterar suas estruturas terciárias (MORAN, 1987; DOZIER, 2001).

Apesar dos benefícios gerados pela peletização, é o processamento que representa o maior custo de manutenção, e principalmente o maior consumo de energia elétrica (BIAGI, 1990). Além disso, implantar esta técnica requer altos investimentos e pode aumentar em torno de 2% o custo da ração, devido a grande demanda de energia e de capital na fábrica de ração. A peletização pode influenciar o rendimento da fábrica de rações principalmente se esta não for bem planejada e dimensionada, e trabalhar numa margem de produção acima de sua capacidade, o que acontece na maioria das agroindústrias avícolas brasileiras (MEINERZ et al., 2001). Em contrapartida, o custo do processo é baixo em relação ao custo de formulação. Diversas empresas desenvolveram trabalhos de pesquisa e encontraram boa relação custo/benefício e bons resultados a campo, justificando a implantação do processo.

O processo de peletização pode reduzir os níveis de vitaminas, especialmente se as dietas não contiverem adequada quantidade de antioxidante para prevenir a oxidação acelerada das vitaminas na presença de alta umidade e temperatura, ou se as vitaminas não forem fabricadas com proteção encapsulada para peletização (ENSMINGER, 1985). Além disso, dependendo da intensidade do processo, a peletização pode promover alterações indesejáveis na estrutura dos ingredientes utilizados, como formação de amido resistente (VORAGEN et al., 1995), reações de complexação entre proteínas e carboidratos (CRESWELL e BEDFORD, 2006) e redução da estabilidade de enzimas adicionadas na dieta (CAMPBELL e BEDFORD, 1992).

2.2 Peletização e desempenho zootécnico

Os benefícios da peletização sobre o desempenho zootécnico são amplamente reportados (MORAN, 1987; BEHNKE, 1994; LÓPEZ et al., 2007; FREITAS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2011; ABDOLLAHI et al., 2013). FREITAS et al. (2008) avaliaram o efeito da forma física da ração (farelada, peletizada/triturada e peletizada) sobre o desempenho de frangos de corte na primeira semana de vida. Os autores concluíram que a utilização de ração peletizada e peletizada/triturada resultou em CR, GP e CA semelhantes. Porém quando comparadas com a dieta farelada, proporcionaram aumento do CR (13,5%), GP (18,7%) e melhor CA (6,9%). Já ABDOLLAHI et al. (2013) avaliando o efeito da forma física da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias, constataram que aves alimentadas com dietas peletizadas apresentaram maior CR e GP, porém não houve diferença na CA.

LECZNIESKI et al. (2001) avaliaram a influência dos níveis de energia (2.8, 2.9, 3.0, 3.1 e 3.2 Mcal EM/kg de ração) e da forma física da ração (peletizada, sem a presença de finos; e farelada) sobre o desempenho e composição de carcaças de frangos de corte de 22 a 43 dias de idade. A peletização da ração proporcionou aumento no CR, no GP, melhora na CA e na conversão calórica das aves. Semelhante aos resultados encontrados por MAIORKA (1998), as aves alimentadas com ração peletizada apresentaram percentual de gordura (abdominal e moela) superior àquelas alimentadas com ração farelada. LECZNIESKI et al. (2001) observaram que os efeitos da peletização foram menores à medida que se aumentou os níveis de energia das rações. Portanto, os níveis nutricionais devem ser ajustados quando são fornecidas dietas peletizadas para frangos de corte. Do contrário, os efeitos positivos da peletização sobre o desempenho zootécnico podem ser anulados.

A qualidade dos peletes é determinante para atingir melhores índices de desempenho zootécnico. CORZO et al. (2011) forneceram dietas compostas por diferentes quantidades de peletes (0, 32 e 64%) para frangos de corte entre 14 e 42 dias de idade e verificaram que a CA melhorou progressivamente de 1,78 a 1,71 e o peso corporal passou de 2,354 para 2,557 kg. De forma semelhante, McKINNEY e

TEETER (2004) utilizando rações contendo diferentes proporções de peletes íntegros e finos (100% peletizada, 80% peletizada, 60% peletizada, 40% peletizada, 20% peletizada, e farelada) para frangos de corte, constataram aumento na efetividade calórica e frequência de descanso, uma vez que as aves gastam menos tempo para consumir a ração peletizada, proporcionando melhor desempenho zootécnico. JENSEN (1962) relata que frangos de corte gastam até três vezes mais tempo para ingerir a mesma quantidade de ração farelada. Portanto, a energia que seria gasta para o consumo será disponibilizada para ganho de peso.

CUTLIP et al. (2008) relataram que mesmo pequenas melhorias na qualidade dos peletes podem influenciar positivamente o desempenho de frangos de corte, sendo que no estudo conduzido por esses pesquisadores, 4,0 pontos percentuais de aumento no índice de durabilidade dos peletes (PDI) refletiram em uma melhoria de 0,020 pontos na CA de frangos de corte entre 21-38 dias de idade.

Os estudos apresentados reforçam a possibilidade de aumento do desempenho zootécnico por meio da alteração da forma física da dieta, sustentada pela eficiência do processo de peletização. Pois, somente atingindo-se boa qualidade física da ração, obtêm-se bons resultados de desempenho.

2.3 Consumo de ração

Diversos trabalhos relatam aumento de consumo de dietas peletizadas e ou peletizadas/trituradas em relação às fareladas independentemente da fase de criação (tabela 1). A diferença de consumo entre as dietas de diferentes formas físicas pode chegar a aproximadamente 27%, tornando indiscutíveis os benefícios da peletização em relação a consumo de ração.

Tabela 1. Efeito da peletização sobre o consumo de ração em frangos de corte.

Dieta	Consumo de ração (g)	Fase de criação (dias)	Referência
Farelada	1155[b]	1-21	[1] CHOI et al. (1986)
Peletizada/triturada	1210[a]		
Farelada	4452[b]	1-42	[2] LÓPEZ et al. (2007)
Peletizada	4787[a]		
Farelada	5303[b]	1-45	[2] LARA et al. (2008)
Peletizada	5500[a]		
Farelada	1008[b]	1-21	[3] ZANG (2009)
Peletizada	1134[a]		
Farelada	1391[b]	1-21	[2] OLIVEIRA et al. (2011)
Peletizada	1443[a]		
Farelada	1150[b]	1-21	[3] ABDOLLAHI et al. (2011)
Peletizada	1308[a]		
Farelada	1024[b]		
Peletizada	1303[a]	1-21	[3] ABDOLLAHI et al. (2013)
Peletizada/triturada	1013[b]		

[1] Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste LSD (Least Significant Difference) a 1% de significância
[2] Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de significância
[3] Médias na mesma coluna seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste LSD (Least Significant Difference) a 5% de significância

O tamanho de partícula tem grande importância na regulação do consumo de alimento pelas aves, que apresentam maior preferência por partículas maiores em detrimento das menores (SCHIFFMAN, 1969; MORAN, 1982; NIR et al., 1994; NIR e PTICHI, 2001). O controle da apreensão do alimento é feito por meio de um arranjo complexo de mecanoreceptores localizados nas mandíbulas superior e inferior do bico (GENTLE e BREWARD, 1986). À medida que a idade das aves aumenta o tamanho de partícula preferido também aumenta (NIR et al., 1994), possivelmente porque existe correlação direta entre o tamanho da partícula e o tamanho do bico. A alteração da forma física da dieta promovido pelo processo de peletização permite o fornecimento de dietas com partículas de tamanho desejado e uniformes reduzindo a apreensão seletiva do alimento (NIR et al., 1994) favorecendo o consumo de ração.

Outro fator anatomo-fisiológico fundamental para a regulação do consumo em aves é a quantidade de saliva produzida. Segundo TURK (1982), a saliva das aves é

bastante viscosa e produzida em pequena quantidade, cerca de 7 a 30 ml por dia. O consumo de dietas fareladas, especialmente se as partículas forem muito pequenas, pode resultar na formação de um composto pastoso devido às características da saliva da ave supracitadas. Assim, dietas peletizadas podem evitar a formação deste composto, facilitando o consumo pelas aves.

O maior consumo de dietas peletizadas ocorre devido a maior facilidade de apreensão da dieta (JENSEN, 1962). MEINERZ et al. (2001) trabalharam com oferta alimentar equalizada para frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, onde a quantidade ofertada de ração peletizada foi baseada no consumo de ração farelada, e observaram que as respostas de desempenho são muito similares quando há imposição de restrição alimentar e os consumos são semelhantes. Os autores concluem que o principal efeito da peletização é proporcionar maior consumo de ração pela maior facilidade de apreensão de ração peletizada pelas aves.

Dietas peletizadas/trituradas são uma alternativa de fornecimento na fase inicial. Mesmo após a trituração, a forma física da dieta continua exercendo influência sobre o consumo. CHOI et al. (1986) avaliaram o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas fareladas ou peletizadas/trituradas. Os autores observaram aumento de 4,76% no CR de aves alimentadas com dietas peletizadas/trituradas. No entanto, quando avaliaram o CR no período de crescimento e final não observaram diferença. Porém, JAHAN et al. (2006) avaliaram o efeito de diferentes formas físicas (farelada, peletizada e peletizada/triturada) sobre o CR de frangos de corte de 21 a 56 dias e observaram que o CR foi semelhante entre dietas peletizadas e peletizadas/trituradas, no entanto ambas foram superiores às fareladas, mesmo no período de crescimento e final.

2.4 Peletização e digestibilidade de frações da dieta

2.4.1 Digestibilidade do amido

O amido é o principal carboidrato de reserva dos vegetais e representa a mais importante fonte de energia para frangos de corte. Porém, a digestibilidade do amido pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a relação amilose:amilopectina,

o processamento dos alimentos, e as propriedades físico-químicas, como gelatinização e retrogradação (BJÖRCK et al., 1994). Dietas para frangos de corte possuem grande quantidade de amido, portanto é interessante processa-las termicamente para que o processo de gelatinização do amido ocorra, tornando-o mais disponível. No entanto, se o processamento for muito intenso, com temperaturas demasiadamente altas, por exemplo, pode resultar em retrogradação do amido e o que pode prejudicar sua digestão posterior.

O amido é um homopolissacarídeo composto por duas macromoléculas principais: a amilose e a amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α(1→4), originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α(1→4) e α(1→6), formando uma estrutura ramificada (WANG e WHITE, 1994) (Figura 1). A parte linear das moléculas de amilopectina forma estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxila, dando origem às regiões cristalinas dos grânulos. A região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da amilopectina (VAN SOEST et al., 1996), e é nesta última porção no qual se inicia o processo de gelatinização devido a menor organização de sua estrutura (LUND e LORENZ, 1984). Os grânulos de amido são insolúveis em água abaixo de 50°C, mas sobre tratamentos mecânicos, parte dos grânulos pode ser parcialmente desintegrada solubilizando as moléculas. Adicionalmente, após o tratamento térmico (umidade + temperatura) os grânulos de amido sofrem “inchamento” e, após aquecimento contínuo, desintegram-se levando a solubilização das moléculas individuais de amido (VORAGEN et al., 1995).

O amido pode ser classificado de acordo com a suscetibilidade à hidrólise enzimática. Segundo ENGLYST et al. (1992), de acordo com a velocidade de digestão *in vitro*, o amido divide-se em: rapidamente digerível, quando o amido é hidrolisado à glicose em até 20 minutos; lentamente digerível, se o amido for convertido em glicose ente 20 e 120 minutos; e amido resistente, que resiste à ação das enzimas digestivas. O amido resistente pode ser definido como a porção do amido total que não pode ser digerida na parte superior do trato digestivo e é fermentado no cólon como fibra dietética. O amido resistente também pode ser formado por recristalização de amilose solubilizada (VORAGEN et al., 1995). Por

sua vez, o amido resistente pode ser classificado em amido fisicamente inacessível (tipo 1), grânulos de amido resistente (tipo 2), amido retrogradado (tipo 3) e amido com mudança na estrutura química (tipo 4) (ENGLYST et al., 1992). O amido resistente pode ser produzido a partir do tratamento térmico dos ingredientes, quando o amido é resfriado após a gelatinização.

A gelatinização pode ser definida como a destruição irreversível da condição cristalina do grânulo de amido, de modo que a superfície da molécula se torne acessível a reagentes, solventes e enzimas (LUND e LORENZ, 1984; MORITZ et al., 2005). De acordo com HOLM e BJÖRCK (1988), a gelatinização do amido dos cereais melhora o acesso enzimático a ligações glicosídicas devido à interrupção da organização dos grânulos de amido, fator que pode aumentar sua digestibilidade.

Segundo BEHNKE (1994), a gelatinização do amido é importante para a formação de ligações entre as partículas, portanto, necessária para a formação de peletes duráveis. De acordo com este autor, a gelatinização do amido combinada à plastificação das proteínas promove adesão das partículas.

O grau de gelatinização pode variar de acordo com as fontes de amido utilizadas. As dietas a base de milho e farelo de soja demandam um maior tempo de condicionamento para que ocorra a desestruturação da amilose e da amilopectina dos grânulos de amido (gelatinização do amido) e sua posterior reorganização e coesão com as demais estruturas da ração (DOZIER, 2001).

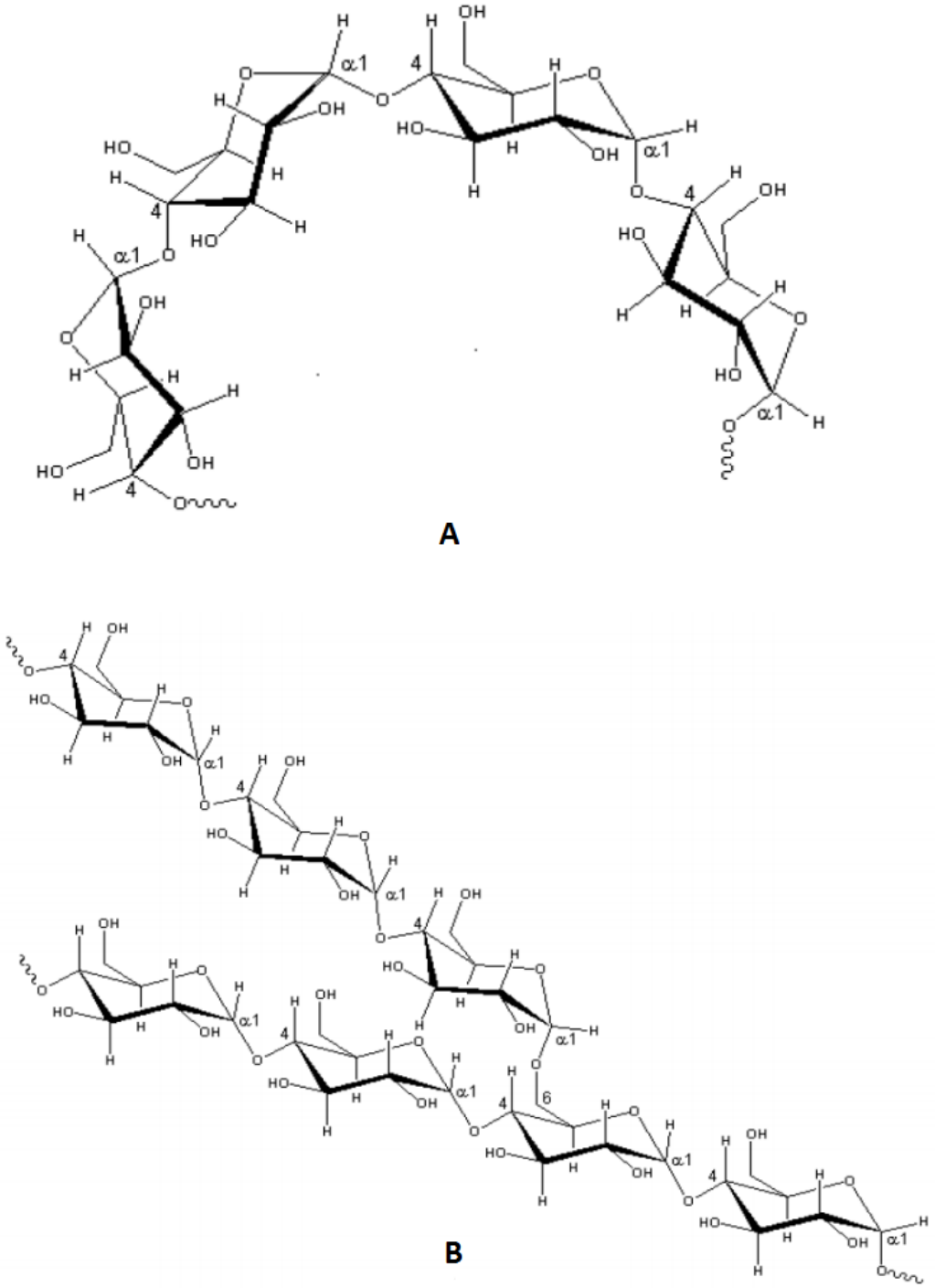


Figura 1. A - Estrutura da amilose (polímero linear composto por D-glicoses unidas por ligações α-(1-4)). B – Estrutura da amilopectina (polímero ramificado composto por D-glicoses unidas por ligações α-(1-4) e α-(1-6)).
Adaptado de LAJOLO e MENEZES (2006).

De acordo com THOMAS e VAN DER POEL (1998), o principal fator que contribui para mudanças do amido é o vapor. Dessa forma, aumentando-se a pressão de vapor, aumenta-se o grau de gelatinização do amido e, com o maior tempo de permanência da ração durante o condicionamento, ocasiona-se maior absorção da umidade e dilatação da partícula do amido, devido à hidratação. Além disso, cada tipo de cereal apresenta uma temperatura de gelatinização (tabela 2), portanto, a temperatura de condicionamento deve ser adequada a cada tipo de cereal base nas formulações.

Tabela 2. Temperatura de gelatinização do amido de diferentes cereais

Amido de diferentes cereais	Temperatura de Gelatinização ºC
Milho	70-75
Sorgo	70-75
Arroz	68-75
Trigo	52-54
Cevada	61-62
Batata	56-69

LAURISTON, 1996

Durante o processo de condicionamento e peletização, a umidade absorvida pelos ingredientes, ajuda a romper as células que contém amido (SKOCH et al., 1981; MORITZ et al., 2002; SVIHUS et al., 2004). Para que ocorra a completa gelatinização do amido a água precisa estar numa proporção de 1,5:1 em relação ao amido, portanto em condições normais de peletização o percentual de água pode ser limitante para o processo de gelatinização (THOMAS et al., 1998; BUCHANAN, 2008). Entretanto em termos de durabilidade de peletes, desde que haja gelatinização do amido superficial das partículas, essa formação de material aglutinante resultará na produção de bons peletes (THOMAS et al., 1998).

A melhoria na utilização do amido é dependente principalmente dos tipos de processamento térmico. De acordo com SVIHUS et al. (2005), a peletização exerce pouco efeito sobre a disponibilidade de amido, enquanto que processamentos mais intensos como a extrusão, no qual mais água é adicionada e a temperatura é mais elevada, promovem gelatinização mais completa. Diversos trabalhos tem mostrado que apenas pequena quantidade do amido é gelatinizado durante a peletização

(SKOCH, 1981; MORITZ et al., 2002; MORITZ et al., 2003; SVIHUS et al., 2004) e o efeito sobre a digestibilidade do amido parece ter pequena importância (ZIMONJA et al., 2008). Estes autores compararam o fornecimento de dietas à base de trigo e aveia peletizadas sem condicionamento contra dietas que sofreram processamento térmico (75ºC por aproximadamente 30 segundos no condicionador) e não observaram diferença na digestibilidade do amido para frangos de corte de 7 a 21 dias de idade. ABDOLLAHI et al. (2011) avaliou a digestibilidade ileal do amido para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas fareladas ou peletizadas a base de trigo e também não observaram diferença. No entanto, quando compararam diferentes temperaturas de peletização, observaram aumento do coeficiente de digestibilidade do amido para dietas peletizadas entre 60 e 90ºC em relação às peletizadas sem condicionamento térmico (20ºC na saída da prensa).

Considerando a importância do tipo de processamento sobre as características físico-químicas do amido, KOKIĆ et al. (2013) avaliaram a influência de diferentes tratamentos térmicos (floculação, peletização, micronização e extrusão) sobre a gelatinização do amido contido no milho. Os autores concluíram que todos os tratamentos hidrotermais usados no estudo causaram gelatinização da estrutura semi-cristalina normal dos grânulos de amido, mas em diferentes extensões. Menores graus de gelatinização foram obtidos utilizando floculação (21,33%) e peletização (25,47%), e maiores utilizando micronização (63,58%) e extrusão (100%). Estes resultados sugerem que a temperatura, umidade e tempo comumente empregados no processo de peletização, talvez não sejam suficientes para gelatinizar o amido de maneira satisfatória. O condicionamento seguido de expansão pode intensificar as alterações nas estruturas do amido, e representa uma alternativa para aumentar a gelatinização.

As melhorias na digestibilidade do amido proporcionadas pelo processo de gelatinização podem ser prejudicadas se grande quantidade de amido retrogradado se formar. Após o processo de resfriamento, quando a temperatura é reduzida (próxima da temperatura ambiente), ocorre rearranjo das moléculas de amido, separadas durante o processo de gelatinização, favorecendo a recristalização, processo conhecido como retrogradação (PARKER e RING, 2001). ABDOLLAHI (2011) avaliou a influência de diferentes temperaturas de condicionamento (60, 75 e

90ºC) sobre a quantidade de amido gelatinizado e resistente de dietas a base de milho e sorgo. Observou-se que para ambas as dietas, houve maior gelatinização do amido em dietas peletizadas a 90ºC em comparação a 60 e 75ºC. No entanto, a quantidade de amido resistente foi superior nas dietas com temperatura de 90ºC (3,59g/100g de amido total) em relação a 60 e 75ºC, 2,25 e 2,59g/100g de amido total respectivamente. No ensaio de digestibilidade, os autores não encontraram diferença na digestibilidade ileal do amido entre dietas processadas com diferentes temperaturas. Os resultados encontrados por este autor sugerem que o processamento térmico mais intenso aumenta a gelatinização do amido, porém há formação de mais amido resistente, o que não é desejável.

2.4.2 Digestibilidade da proteína

A temperatura e umidade empregadas durante o processo de condicionamento podem alterar a estrutura física das proteínas e, consequentemente, suas propriedades funcionais e nutricionais.

Estruturalmente, as proteínas possuem estruturas espaciais complexas que podem ser organizadas em quatro níveis: a) primária: sequencia de aminoácidos na cadeia polipeptídica, b) secundária: proporcionada por pontes de hidrogênio entre os radicais grupamentos amina e carboxila, entre aminoácidos adjacentes, c) terciária: descreve a forma tridimensional final de uma cadeia polipeptídica, resultado da associação de partes organizadas da molécula e d) quaternária: composta de mais de uma cadeia polipeptídica, que podem estar associadas por pontes dissulfeto (NELSON e COX, 2011).

A ação da temperatura durante a peletização promove a desnaturação das proteínas existentes nos ingredientes das dietas. A desnaturação proteica refere-se às alterações físicas sofridas pelas proteínas, causando rompimento das estruturas secundária, terciária e quaternária que auxiliam a estabilização e conformação da molécula; altera sua estrutura espacial e forma arranjos mais desordenados por meio de ligações intramoleculares. As proteínas desnaturadas, geralmente, perdem parcialmente a solubilidade e a atividade biológica natural. A estrutura primária não

sofre efeito de agentes desnaturantes, portanto as ligações peptídicas não são afetadas (ARAÚJO et al. 2009).

Do ponto de vista nutricional, a desnaturação parcial melhora a digestibilidade das proteínas devido à alteração na sua estrutura, permitindo que as proteases atuem mais facilmente (DOZIER, 2001). SCOTT et al. (1997) afirmam que o aumento na digestibilidade da proteína para frangos de corte ocorre provavelmente devido às rações peletizadas serem submetidas à alta temperatura e pressão em seu processo, resultando em rompimento das pontes dissulfeto na estrutura da proteína, causando desnaturação e aumento da eficiência das enzimas endógenas.

O efeito do processamento de rações sobre a digestibilidade da proteína foi reportado em várias pesquisas (SCOTT et al., 1997; LÓPEZ et al., 2007; FREITAS et al., 2007; ABDOLLAHI et al., 2011). Analisando a utilização de nutrientes em pintos de corte alimentados na fase pré-inicial com rações de diferentes formas físicas (farelada, peletizada/ triturada e peletizada), FREITAS et al. (2008) observaram que as aves alimentadas com ração farelada apresentaram menor coeficiente de digestibilidade da proteína em relação às alimentadas com peletizadas, porém semelhante a peletizada/triturada. Da mesma forma, LÓPEZ et al. (2007) avaliaram o efeito de três tipos de processamento térmico (farelada, peletizada e peletizada/expandida) em um ensaio de metabolismo com frangos de corte nas fases inicial e crescimento. O coeficiente de digestibilidade da proteína foi semelhante em aves que consumiram dietas peletizadas e peletizadas/expandidas, e superior ao das aves alimentadas com dieta farelada. Porém ABDOLLAHI et al. (2011) verificou efeito negativo da temperatura sobre a digestibilidade da proteína em dietas a base de trigo.

Processamentos térmicos muito intensos podem ocasionar reações indesejáveis entre os componentes dos alimentos, tornando-os menos digestíveis. O excesso de temperatura no processo pode resultar em escurecimento não enzimático dos alimentos, principalmente a reação de Maillard e de caramelização (BRIÃO et al., 2011; ARAÚJO et al., 2009). Estas reações têm impacto positivo para modificar o aspecto de alimentos para humanos, melhorando a aparência e o “flavor” (preparo de bolos, bolachas, balas, pães e assados em geral). Porém, levam a efeitos negativos do ponto de vista nutricional, como o bloqueio ou a redução da

biodisponibilidade de aminoácidos essenciais (principalmente lisina) e da atividade de enzimas (BOEKEL, 1998).

A reação de "Maillard" ocorre entre um grupamento carbonila (C=0) de carboidratos redutores e o grupamento amino (NH_2) do aminoácido, em meio preferencialmente alcalino, na presença de água e temperatura. Após várias etapas, ocorre à produção de melanoidinas, responsáveis pela coloração marrom. Já a caramelização, é uma reação de escurecimento não enzimático que ocorre em sistemas que contém carboidratos redutores por mecanismos diferentes da reação de Maillard, na ausência de aminoácidos ou proteínas. A reação de caramelização necessita de maior energia de ativação, de modo que condições extremas de temperatura (maior que 120ºC) e pH (pH<3 ou pH>9) precisam ser aplicadas (BOEKEL, 1998; VORAGEN et al., 1995).

Para a nutrição animal, o processamento térmico de rações como a peletização, pode desencadear esta reação de complexação entre aminoácidos e carboidratos, indisponibilizando parcialmente estes compostos, reduzindo a solubilidade das proteínas e comprometendo sua digestibilidade. VELOSO et al. (2005) relataram que o farelo de soja teve sua solubilidade protéica em KOH reduzida de 805,7 para 641,2 g/kg de proteína após ser submetida a processamento com expander a temperatura de 130-136°C. Os autores mencionaram a possibilidade da expansão provocar a ligação da proteína do farelo de soja com o amido, tornando a proteína insolúvel. CRESWELL e BEDFORD (2006) sugerem que temperaturas de peletização acima de 85°C não devem ser empregadas a fim de evitar a formação de complexos entre proteínas e carboidratos, além de outras perdas nutricionais.

2.4.3 Metabolizabilidade da energia

De acordo com ZALENKA (2003), um dos benefícios do uso de rações peletizadas para frangos de corte é o aumento no valor de energia metabolizável das rações, em decorrência da maior digestibilidade de diferentes frações da dieta. PUCCI et al. (2010) observaram aumento da energia metabolizável aparente (EMA) (3.293 kcal/kg de MS) para frangos de corte que consumiram dietas

peletizadas/trituradas em relação aos que receberam dietas fareladas (3.196 kcal/kg de MS). Da mesma forma, FREITAS et al. (2008) constatam aumento no valor de energia metabolizável aparente e energia retida como nitrogênio para frangos de corte de 1 a 7 dias que consumiram dietas peletizadas/trituradas em relação a fareladas. SVIHUS et al. (2004) também reportaram que a peletização aumentou a EMA das dietas de 2772,76 para 2820 kcal/kg, porém, o aumento da EMA não foi refletido em aumento da digestibilidade do amido. Já ABDOLLAHI et al. (2011) constataram redução da energia metabolizável aparente de 3350,85 para 3240,90 kcal/kg de MS em frangos de corte de 1 a 21 dias que consumiram peletizadas em relação a fareladas.

2.5 Fatores que influenciam qualidade de peletes

2.5.1 Tamanho de partícula

O tamanho de partícula é um dos parâmetros menos relacionados à qualidade dos peletes (FAHRENHOLZ, 2012). Porém, acredita-se que redução no tamanho de partículas resulta em aumento da área superficial em relação ao volume da partícula, o que leva a maior número de pontos de contato entre as partículas. Como resultado, há aumento nas forças de adesão interatômicas (forças de Van der Walls, dipolo-dipolo, pontes de hidrogênio), potencialização da força de capilaridade entre as fases sólido-líquido do pelete e penetração de calor e umidade até o centro da partícula de ração com menor tempo de tratamento térmico (CALIFORNIA PELLET MILL CO., 2012; BEHNKE, 2005).

DOZIER (2001) infere que em dietas para frangos de corte a base de milho e farelo de soja, o diâmetro geométrico médio (DGM) ideal para durabilidade de peletes deve ficar ao redor de 650-700 µm. Além disso, deve se evitar partículas maiores que 1000 a 1500 µm que podem servir de pontos de rupturas do pelete (FRANKE e REY, 2006; MENDEZ e SANTOMA, 2008). A redução no diâmetro das partículas também aumenta a sua área superficial dentro do condicionador facilitando a transferência de temperatura e umidade para a massa farinácea de ração (LOWE, 2005).

Entretanto, ainda há controvérsia sobre o benefício da intensa redução do tamanho de partícula dos ingredientes na qualidade dos peletes. STEVENS (1987) não encontrou diferença (P<0,05) no PDI de dietas peletizadas, quando o tamanho de partícula do milho e de trigo foi reduzido de 1023 para 551 µm e 802 para 365 µm, respectivamente. De forma semelhante FAHRENHOLZ (2012) avaliou rações formuladas com milho moído em duas granulometrias (298 e 462 µm) submetidas ao condicionamento (65 e 85°C) com subsequente peletização e não observaram diferenças no PDI. Possivelmente a ausência de efeito da granulometria na qualidade de peletes observado por esse autor reside no fato que o intervalo de DGM avaliado (moagem fina) não foi suficiente para influenciar a qualidade dos peletes. No entanto, WONDRA et al. (1995) relataram aumento de 78,8 para 86,4% no PDI com a redução do tamanho de partícula de 1000 para 400 µm.

2.5.2 Adição de umidade

Tanto a água adicionada no misturador, como a água adicionada sob a forma de vapor durante o condicionamento, atuam como “cola” entre as partículas do pelete. Essa capacidade aglutinante tem como base as propriedades de capilaridade e tensão superficial da água (FROETSCHNER, 2006). SKOCH et al. (1981) afirma que a adição de umidade por meio de vapor melhora a qualidade da ração em função da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade.

MORITZ et al. (2002) reportaram que a adição de 5% de água no misturador, antes do processo de condicionamento-peletização, proporcionou melhor qualidade dos peletes. Os autores verificaram que dietas com adição de 5% de umidade apresentaram PDI de 87,29% contra 70,10% das dietas sem adição de umidade.

Avaliando três níveis de adição de água (0; 2,5 e 5 %) no misturador seguida de condicionamento por 10 segundos a 82,2°C e posterior peletização, MORITZ et al. (2003) observaram que o PDI aumentou progressivamente de 67,42 para 69,59 e 71,75% com os níveis crescentes de adição de umidade. Esses resultados estão de acordo com BUCHANAN (2008), que também observou efeitos positivos da adição de 2 e 4 % de água no misturador sobre a qualidade dos peletes. ABDOLLAHI et al. (2012) verificaram que a adição de 24 g/kg de umidade em ração a base de trigo

submetida na sequencia a peletização a 60°C melhorou o PDI das rações de 67 para 73%.

Entretanto, a água pode agir como lubrificante e reduzir o atrito entre a ração e a parede dos furos da matriz da prensa (SKOCH et al., 1981; ZIGGERS, 2003; CUTLIP et al., 2008; FARENHOLZ, 2012); o que pode impactar negativamente na durabilidade do pelete. Isso foi evidenciado no estudo conduzido por COLOVIC et al. (2010) que avaliaram diferentes relações altura da matriz/diâmetros de furos da matriz (18/6mm, 36/6 mm e 48/6 mm) e o maior teor de umidade no último tratamento (16,2%) anulou a progressiva melhoria da durabilidade do pelete esperada com o aumento da altura da matriz.

2.5.3 Inclusão de gordura

O alto teor de gordura na ração pode resultar na produção de peletes frágeis (THOMAS et al., 1998; BRIGGS et al., 1999; MORITZ et al., 2003; FAHRENHOLZ, 2012). A gordura lubrifica a parede dos furos da matriz facilitando a passagem da ração pela matriz e diminuindo a compactação da ração dentro da prensa (FAHRENHOLZ, 2012). Além disso, a adição de gordura na ração previamente ao condicionamento leva a um encapsulamento parcial das partículas da ração dificultando a penetração do vapor e umidade e, portanto, reduzindo a gelatinização do amido e as forças capilares de adesão (LOWE, 2005; FAHRENHOLZ, 2012). Portanto, a forma na qual esta gordura é agregada na mistura é muito importante. Se a gordura estiver contida nas células da planta é melhor para a qualidade de pelete do que misturas que possuem a gordura na superfície.

Os valores máximos de inclusão de gordura na ração visando boa qualidade física dos peletes divergem na literatura. Segundo LEAVER (2008) a adição de gordura deve ser limitada ao máximo de 1% na ração a ser peletizada se o objetivo for alto percentual de peletes íntegros. Já no estudo de BRIGGS et al. (1999), o limite máximo de inclusão de óleo sem comprometer a qualidade dos peletes foi de 5,6%.

MORITZ et al. (2002) avaliaram dois níveis de adição de óleo (3 e 6,5%) em rações para frangos de corte e observaram que o PDI reduziu de 81,6 para 62,1%

com o aumento da gordura adicionada. FAIRFIELD (2003) comenta que ao dosar mais de 2% de gordura no misturador, previamente a peletização, reduz-se o PDI em dietas de milho e farelo de soja.

2.5.4 Condicionamento

O condicionamento é um dos fatores mais importantes para alcançar uma boa qualidade física da ração. O vapor utilizado durante o condicionamento rompe a estrutura do amido e causa sua gelatinização, assim como a alteração das estruturas terciárias das proteínas. Segundo BEHNKE (1994), a gelatinização do amido combinada a plastificação das proteínas é importante para a formação de ligações entre as partículas, portanto, necessária para a formação de peletes duráveis.

ABDOLLAHI et al. (2010) avaliaram o efeito da temperatura de condicionamento sobre qualidade dos peletes de dietas a base de milho e sorgo para frangos de corte. Os autores observaram que o aumento da temperatura de 75 para 90ºC resulta em melhora no PDI tanto em dietas a base de milho quanto de sorgo. Avaliando diferentes tempos de retenção no condicionador, BRIGGS et al. (1999) observaram que aumentando-se o tempo de retenção (5 para 15 segundos) aumenta-se a durabilidade do pelete em 4,5 pontos percentuais.

O condicionamento seguido de expansão é uma alternativa para melhorar qualidade dos peletes, pois se adicionam todos os benefícios da expansão aos da peletização. O efeito do tratamento térmico por meio do condicionamento da ração a 82°C por 20 segundos foi comparado com o condicionamento nas mesmas condições anteriores seguida de expansão desta ração a temperatura média de 121°C sobre a qualidade de peletes em dietas a base de milho (LUNDBLAD et al., 2009). Os autores observaram que o PDI das rações passou de 81,8 para 92,3%. FANCHER et al. (1996) compilaram dados de nove fábricas de rações norte americanas e compararam o PDI das rações para frangos de corte e perus antes e após a instalação do expander e verificaram que os indicadores passaram de 72 para 89% para PDI.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A peletização de rações é um processamento térmico bastante complexo, pois pequenas alterações nos parâmetros do processo podem modificar as características físicas e químicas dos ingredientes utilizados. A peletização de rações modifica a forma física da ração, pode melhorar a digestibilidade de diferentes frações da dieta e o desempenho zootécnico de frangos de corte.

A qualidade dos peletes produzidos é crucial para que os objetivos da peletização sejam atingidos. Estratégias envolvendo modificações na formulação de rações, granulometria dos ingredientes, ajustes nos parâmetros de condicionamento, entre outros, podem ser implementadas para melhorar a qualidade dos peletes.

2.7 REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., SVIHUS, B. Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. **Animal Feed Science and Technology**, v.186, p.193-203, 2013.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Effect of improved pellet quality from the addition of a pellet binder and/or moisture to a wheat-based diet conditioned at two different temperatures on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.175, p.150-157, 2012.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. **Animal Feed Science and Technology,** v.168, p.88-99, 2011.

ABDOLLAHI, M.R. **Influence of feed processing on the performance, nutrient utilisation and gut development of poultry and feed quality.** Tese de doutorado. Massey University, Palmerson North, New Zealand. 2011.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D.V. Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed-maize and sorghum-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.162, p.106–115, 2010.

ARAÚJO, W.M.C., MONTEBELLO, N.P., BOTELHO, R.B.A., BORGO, L.A. **Alquimia dos alimentos**. Brasília, Editora Senac, 2009, 560p.

BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. In: **Proceedings Maryland Nutrition Conference**, College of Agriculture, University of Maryland. p.44-54, 1994.

BEHNKE, K.C. The Art (Science) of Pelleting. **American Soybean Association**. May 23 - June 10. 2005.

BJÖRCK, I., GRANFELDT, Y., LILJEBERG, H., TOVAR, J., NILS-GEORG, A. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, p.699-705, 1994.

BIAGI, J.D. Tecnologia da peletização da ração. In: Simpósio do colégio brasileiro de nutrição animal, 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.37-59, 1990.

BOEKEL, M. A. J. S. Van. Effect of heating on Maillard reactions in milk. **Food Chemistry**, v. 62, p. 403-414, 1998.

BRIÃO, V.B., FOLLMER, L., SOUZA, M., RODRIGUES, V.M. Cinética do escurecimento não-enzimático com soluções modelo de açúcares e aminoácidos em pH neutro e ácido. **Acta Scientiarum Technology**, v.33, p.87-93, 2011.

BRIGGS, J.L., MAIER, D.E., WATKINS, B.A., BEHNKE, K.C. Effect of Ingredients and Processing Parameters on Pellet Quality. **Poultry Science**, v.78, p.1464–1471, 1999.

BUCHANAN, N.P. Diet **Formulation and Manufacturing Technique Interactions Affect Pellet Quality and Broiler Growth.** Tese de doutorado, West Virginia University, Morgantown, USA.

CALIFORNIA PELLET MILL CO. The pelleting process. (2012) Disponível em: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2012/01/09/9090113/Animal%20Feed%20Pelleting.PDF> Acesso em: 10/01/2014.

CAMPBELL, G.L., BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.72, p.449-466, 1992.

CHOI, J.H., SO, B.S., RYU, K.S., KANG, S.L. Effects of pelleted or crumbled diets on the performance and the development of the digestive organs of broilers. **Poultry Science**, v.65, p.594-597, 1986.

CORZO, A.; MEJIA, L.; LOAR, I.I.R.E. Effect of pellet quality on various broiler production parameters. **Journal Applied of Poultry Research.** v.20, p.68–74, 2011.

COLOVIC, R., VUKMIROVIC, D., MATULAITIS, R., BLIZNIKAS, S., UCHOCKIS, V., JUSKIENE, V., LEVIC, J. Effect of die channel press way length on physical quality of pelleted cattle feed. **Journal of Institute for Food Technology,** v.37, p.1-6, 2010.

CRESWELL, D., BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduces broiler performance. In: Australian Poutry Science Symposium, **Anais…** p. 1-6, 2006.

CUTLIP, S.E., HOTT, J.M., BUCHANAN, N.P., RACK, A.L., LATSHAW, J.D., MORITZ, J.S. The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. **Journal Applied of Poulry Research,** v.17, p.249-**261, 2008.**

DOZIER, W. A. Pelet de calidad para obtener carne de ave más economica. **Alim. Balanc. Anim**., v.8, p.16-19, 2001.

EMMANS, G.C. Growth, body composition and feed intake. **World's Poultry Science Journal**, v.43, p.208-227, 1987.

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.

ENSMINGER, M.E. Processing effects. In: **Feed Manufacturing Technology III.** AFIA. Cap. 66. p. 529-533, 1985.

FAHRENHOLZ, A.C. **Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability**. 66p. Dissertação de mestrado. Kansas State University, Kansas, 2012.

FAIRFIELD, D.A. Pelleting for Profit - Feed and Feeding Digest. **National Grain and Feed Association Part 1**. v. 54, 2003.

FANCHER, B. I., ROLLINS, D., TRIMBEE, B. Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. **Journal Applied of Poultry Research**, v.5, p.386-394, 1996.

FRANKE, M., REY, A. Improving pellet quality and efficiency. **Feed Technology**, v.10, n.3, 2006.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; DAHLKE, F.; SANTOS, F.R.; BARBOSA, N.A.A. Desempenho, eficiência de utilização dos nutrientes e estrutura do trato digestório de pintos de corte alimentados na fase pré-inicial com rações de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.73-78, 2008.

FROETSCHNER, J. Conditioning controls pellet quality. **Feed Tech***,* v. 10, n. 6, 2006.

GENTLE, M.J., BREWARD, J. The bill tip organ of the chicken (*Gallus gallus var. domesticus*). **Journal of Anatomy**, v.145, p. 79-85, 1986.

HOLM, J e BJÖRCK, I. Effects of thermal-processing of wheat on starch 2. Enzymic availability. **Journal of Cereal Science**, v.8, p. 261–268, 1988.

HUSSAR, N., ROBBLEE, A.R. Effects of pelleting on the utilization of feed by the growing chicken. **Poultry Science**, v.41, 1489-1493, 1962.

JAHAN, M.S., ASADUZZAMAN, M., SARKAR, A.K. Performance of broiler fed on mash, pellet and crumble. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.265-270, 2006.

JENSEN, L.S.; MERRILL, L.H.; REDDY, C.V.; MCGINNIS, J.; Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. **Poultry Science.** v.41, p.1414–1419, 1962.

KOKIĆ, B.M., LEVIĆ, J.D., CHRENKOVÁ, M., FORMELOVÁ, Z., POLÁČIKOVÁ, M., RAJSKÝ, M., JOVANOVIĆ, R.D. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. **Food and Feed Research**, v.40, p.93-99, 2013.

LAJOLO, F.M., MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regionales Iberoamericanos. São Paulo: Universidade de São Paulo, 648p, 2006.

LAURISTON, R. Gelatinization Temperatures for Adjuncts. Postado para HBD #2092, 7/9/96, porrobtrisch@mindlink.bc.ca. 1996.

LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; ROCHA, J.S.R.; LANA, A.M.Q.; CANÇADO, S.V.; FONTES, D.O.; LEITE, R.S. Influência da forma física da ração e da linhagem sobre o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.970-978, 2008.

LEAVER, R.H. The pelleting process. Andritz Sprout. Disponível em: <http://www.andritzsproutbauer.com/pdf/The-Pelleting-Process-v2008.pdf.> Acesso em: 20/01/2013.

LECZNIESKI, J.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; PENZ JR, A.M. Influência da forma física e do nível de energia da ração no desempenho e na composição de frangos de corte. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** v.9, p. 6-11, 2001.

LÓPEZ, C.A.A.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; RODRIGUEZ, N.M.; CANÇADO, S.V. Efeitos da forma física da ração sobre a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1006-1013, 2007.

LOWE, R. Judging pellet stability as part of pellet quality. **Feed Tech**, v. 9, n. 2., 2005.

LUND, D., LORENZ, K.J. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr**, v.20, p.249-273, 1984.

LUNDBLAD, K.K., HANCOCK, J.D., BEHNKE, K.C., PRESTLØKKEN, E., MCKINNEY, L.J., SØRENSEN, M. The effect of adding water into the mixer on pelleting efficiency and pellet quality in diets for finishing pigs without and with use of an expander. **Animal Feed Science and Technology**, v.150, p.295–302, 2009.

MAIORKA, A. **Efeito da forma física, nível de energia em dietas formuladas com base em aminoácidos totais e digestíveis no desempenho e composição de carcaças de frangos de corte, machos, dos 21 aos 42 dias de idade.** 115p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

McKINNEY, L.J.; TEETER, R.G. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. pellet quality and II. prediction of consequential formulation dead zones. **Poultry Science**, Champaign, v.83, p.1165-1174, 2004.

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ Jr., A.M.; KESSLER, A.M. Níveis de energia e peletização no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte com oferta alimentar equalizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2026-2032, 2001.

MENDEZ, J.R.I.E. and SANTOMA, G. (2008) Feed Manufacturing. The Nutrition of the Rabbit. Cab International.

MORAN Jr, ET. Comparative nutrition of the fowl and swine. The gastrointestinal system. Guelph, Ontário, Canada: University of Guelph, 1982.

MORAN Jr., E.T. Pelleting: affects feed and its consumption. **Poultry Science**, Champaign, v.5, p.30-31, 1987.

MORITZ, J. S., PARSONS, A.S., BUCHANAN, N.P., CALVALCANTI, W.B., CRAMER, K.R., BEYER, R.S. Effect of gelatinizing dietary starch through feed processing on zero-to three-week broiler performance and metabolism. **Journal Applied of Poultry Research**, v.14, p.47–54, 2005.

MORITZ, J. S., CRAMER, K.R., WILSON, K. J., BEYER, R. S. Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. **Journal Applied of Poultry Research***,* v.12, p.371–381, 2003.

MORITZ, J.S.; WILSON, K.J.; CRAMER, K.R.; BEYER, R.S.; MCKINNEY, L.J.; CAVALCANTI, B.; MO, X. Effect of formulation density, moisture, and surfactant on feed manufacturing, pellet quality, and broiler performance. **Journal Applied of Poulry Research.** v.11, p.155–163, 2002.

NELSON, D.L., COX, M.M. Lehninger. **Princípios de Bioquímica**. 5º Ed. São Paulo, Sarvier, 2011.

NIR, I., SHEFET, Y., ARONI, G. Effect of particle size on performance. I. corn. **Poultry Science**, v.73, p.45-49, 1994.

NIR, I., PTICHI, I. (2001) Feed particle size and hardness: influence on performance, nutritional, behavioral and metabolic aspects. **Advances in Nutritional Technology** p.157-186, 2001.

OLIVEIRA, A.A.; GOMES, AVC.; OLIVEIRA, G.R.; LIMA, M.F.; DIAS, G.E.A., AGOSTINHO, T.S.P.; SOUSA, F.D.R.; LIMA, C.A.R. Desempenho e características da carcaça de frangos de corte alimentados com rações de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2450-2455, 2011.

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

PORTELA FJ, CASTON LJ, LESSON S. Apparent feed particle size preference by broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.66, p.923-930, 1988.

PUCCI, L.E.A., RODRIGUES, P.B., BERTECHINI, A.G., NASCIMENTO, G.A.J. LIMA, R.R., SILVA, L.R. Forma física, suplementação enzimática e nível nutricional de rações para frangos de corte na fase inicial: desempenho e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1272-1279, 2010.

REIMER, L. Conditioning. Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. Short Course. p.7. California Pellet Mill Co. Crawfordsville, **Proceedings…** 1992.

SCHIFFMAN, H.R. Texture preference and acuity in the domestic chick. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v.67, p.462-464, 1969.

SCOTT, T.A.; SWIFT, M.L.; BEDFORD, M.R. The influence of feed milling, enzyme supplementation, and nutrient regimen on broiler chick performance. **Journal Applied of Poultry Research**, v.6, p.391-398, 1997.

SKOCH, E.R.; BEHNKE, K.C.; DEYOE, C.W.; BINDER, S.F. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. **Animal Feed Science and Technoly,** v.6, p.83–90, 1981.

SOEST, J.J.G.; HULLEMAN, S.H.D.; WIT, D.; VLIEGENTHART, J.F.G. Crystallinity in starch bioplastics. **Industrial Crops and Products**, v.5, p.11, 1996.

STEVENS, C. A. **Starch gelatinization and the in fluence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process.** Tese de doutorado. Kansas State University, Manhattan, Kansas, 1987.

SVIHUS, B.; KLØVSTAD, K.H.; PEREZ, V.; ZIMONJA, O.; SAHLSTRÖM, S.; SCHÜLLER, R.B.; JEKSRUD, W.K.; PRESTLØKKEN, E. Nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. **Animal Feed Science and Technology** v.117, p.281–293, 2004.

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

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pellet animal feed. 1.Criteria for pellet quality. In: Physical quality of pellet animal feed: a feed model study. Wageningen **Procedings…** Wageningen: Agricultural University, p.19-46, 1998.

TURK, D.E. The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization. **Poultry Science**, v.61, p.1225-1244, 1982.

VAN SOEST, J. J. G., HULLEMAN, S. H. D., DE WIT, D., VLIEGENTHART, J. F. G. Crystallinity in starch bioplastics. **Industrial Crops and Products**, v. 5, p.11-22, 1996.

VELOSO, J.A.F., MDEIROS, S.L.S., AROUCA, C.L.C., RODRIGUEZ, N.M., SALIBA, E.O.S., OLIVEIRA, S.G., Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.623-633, 2005.

VORAGEN, A.G.J., GRUPPEN, H., MARSMANl, G.J.P., MUL, A.J. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: **Recent Advances in Animal Nutrition**, 1995. Nottingham: University Press, 1995.

WANG, L.Z., WHITE, P.J. Structure and properties of amylase, amylopectin and intermediate materials of oat starches. **American Association of Cereal Chemists**, v.71, p.263-268, 1994.

WONDRA, K.J., HANCOCK, J.D., BEHNKE, K.C., HINES, R.H., STARK, C.R. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.757-763, 1995.

ZANG, J.J., PIAO, X.S., HUANG, D.S., WANG, J.J., MA, X., MA, Y.X. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. **Asian-Australian Journal of Animal Science,** v.22, p.107 – 112, 2009.

ZALENKA, J. Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets. In: uropean symposium on poultry nutrition, Lillehammer. **Proceedings...** Lillehammer: World´s Poultry Science Association, p.127-128, 2003.

ZIGGERS, D. Die determines the pellet production. **Feed Tech***,* v. 7, n. 8., 2003.

ZIMONJA, O., HETLAND, H., LAZAREVIC, N., EDVARDSEN, D.H., SVIHUS, B. Effects of fibre content in pelleted wheat and oat diets on technical pellet quality and nutritional value for broiler chickens. **Canadian Journal of Animal Science**, p.613-622, 2008.

3. EFEITO DA FORMA FÍSICA E DO TEMPO DE CONDICIONAMENTO SOBRE O DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL

RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de dietas com diferentes formas físicas e do tempo de condicionamento de dietas peletizadas sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e da energia, e preferência alimentar de frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias). Ainda, se avaliou a qualidade física dos peletes, solubilidade da proteína em KOH e grau de gelatinização do amido das dietas processadas. No primeiro experimento foram utilizados 480 pintos machos Cobb distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições de dez aves cada. Os tratamentos consistiram de dieta farelada e peletizada/triturada com diferentes tempos de condicionamento (0, 60, 80, 100 e 120 segundos) de uma ração inicial comercial. As aves alimentadas com ração peletizada/triturada apresentaram maior consumo de ração (CR), exceto para o tempo zero de condicionamento, e maior ganho de peso (GP) ($P<0,05$). A forma física da ração não influenciou a conversão alimentar (CA) ($P>0,05$). Dietas peletizadas/trituradas proporcionaram maior coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca (CDIAMS), da proteína (CDIAPB) (peletizadas/trituradas com 80 e 120 segundos de condicionamento) e maior energia digestível ileal (EDI) ($P<0,05$). Entre as dietas peletizadas/trituradas, com o aumento do tempo de condicionamento, houve efeito linear para CR ($P<0,05$), porém não houve influência no GP e CA ($P>0,05$). Os diferentes tempos de condicionamento não influenciaram os CDIAMS e CDIAPB ($P>0,05$). Porém, verificou-se efeito quadrático para EDI ($P<0,05$). Não houve efeito do tempo de condicionamento sobre a quantidade de peletes intactos e solubilidade proteica em KOH ($P>0,05$). No entanto, houve efeito quadrático para PDI ($P<0,01$) e dureza ($P<0,05$), e linear para atividade de água ($P<0,05$). A peletização parece aumentar o grau de gelatinização do amido de dietas iniciais para frangos de corte. No segundo experimento foram utilizados 20 pintos machos Cobb alojados separadamente, e ofertadas quatro dietas (farelada e peletizada/triturada com 0, 60 e 120 segundos de condicionamento) simultaneamente para cada ave, sendo cada animal considerado uma unidade experimental. A razão de ingestão (RI) foi maior para dietas fareladas aos 4 e 7 dias de idade ($P<0,05$), porém a partir dos 14 dias, as aves passam a preferir dietas peletizadas/trituradas ($P<0,05$). Aos 21 dias houve preferência pela dieta peletizada/triturada com 120 segundos de condicionamento ($P<0,05$). Conclui-se que a forma física da dieta afeta o desempenho zootécnico, digestibilidade de nutrientes e preferência alimentar de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. O tempo de condicionamento influencia o CR, EDI e RI de frangos de corte na fase inicial. Ainda, o tempo de condicionamento exerce influência sobre a qualidade física dos peletes.

Palavras-chave: aves, desempenho, digestibilidade, peletes, processamento térmico, preferência alimentar

EFFECT OF PHYSICAL FORM AND CONDITIONING TIME ON PERFORMANCE, NUTRIENT DIGESTIBILITY AND FOOD PREFERENCE OF BROILER IN STARTER PHASE

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of diets with different physical forms and conditioning time of pellet diets on performance, nutrients and energy digestibility and food preference of broilers in starter phase (1-21 d). Also the pellet physical quality, protein solubility in KOH and degree of starch gelatinization were evaluated. In the first trial we used 480 Cobb male broiler chicks distributed in a completely randomized design with six treatments and eight replicates of ten birds each. Treatments consisted of mash and crumble-pellet diets with different conditioning times (0, 60, 80, 100 and 120 seconds) of a commercial starter feed. Birds fed crumble-pellet diets had higher feed intake (FI), except for zero conditioning time, and higher weight gain (WG) ($P<0,05$). The physical form did not influence the feed conversion (FC) ($P>0,05$). Crumble-pellet diets provided greater apparent ileal digestibility coefficient of dry matter and protein (pelleted with 80 and 120 seconds of conditioning) and greater ileal digestibility energy ($P<0,05$). Among the crumble-pellet diets, increasing conditioning time there was a linear effect for FI ($P<0,05$), but no influence on the WG and FC ($P>0,05$). The different conditioning times did not influence digestibility of dry matter and protein ($P>0,05$). However, there was a quadratic effect for ileal digestibility energy ($P<0,05$). There was no effect of conditioning time on intact pellets amount and protein solubility in KOH ($P>0,05$). However, there was a quadratic effect on PDI ($P<0,01$) and hardness ($P<0,05$), and linear to water activity ($P<0,05$). Pelleting seems to increase the degree of starch gelatinization of starter diets for broilers. In the second trial we twenty Cobb male broiler chicks were housed separately and four diets (mash and crumble-pellet with 0, 60 and 120 seconds of conditioning) were offered simultaneously for each bird and each one considered as an experimental unit. The IR was higher for mash at 4 and 7 days of age ($P<0,05$), but after 14 d the birds came to prefer crumble-pellet diets ($P<0,05$). At 21 d there was preference for crumble-pellet diet with 120 seconds of conditioning ($P<0,05$). We conclude that the diet physical form affects the performance, nutrient digestibility and food preference of broilers from 1 to 21 days of age. The conditioning time influences the FI, ileal digestibility energy and IR of broilers in starter phase. Furthermore, the conditioning time influence physical quality of the pellets.

Key words: birds, digestibility, feed preference, pellet, performance, thermal processing

3.1 INTRODUÇÃO

O processamento térmico de rações favorece o aproveitamento dos ingredientes e modifica a forma física da ração fornecida aos animais, sendo a peletização um dos processamentos mais utilizados na indústria avícola. A peletização pode ser definida como a aglomeração de ingredientes ou mistura em formato cilíndrico denominado pelete. Os ingredientes são agregados por meio de ação mecânica, em combinação com umidade, pressão e temperatura.

O fornecimento de dietas peletizadas promove melhora no desempenho de frangos de corte (MORAN, 1987; FREITAS et al., 2008; ABDOLLAHI et al., 2013). Esta melhora está associada principalmente ao aumento do consumo de ração em função da maior facilidade de apreensão da dieta (MEINERZ et al., 2001), aumento da energia produtiva devido ao menor tempo gasto para consumo (McKINNEY e TEETER, 2004) e melhora na digestibilidade de diferentes frações da dieta (ZALENKA, 2003). Além disso, frangos de corte possuem preferência por partículas maiores, de acordo com a granulometria recomendada para cada idade de criação, portanto consomem maior quantidade de ração peletizada em comparação à farelada (JENSEN, 1962; SCHIFFMAN, 1969; MORAN, 1982; PORTELA et al., 1988).

Apesar das vantagens da peletização na nutrição animal, os parâmetros do processo são pouco estudados. Segundo REIMER (1992) vários fatores estão relacionados com a qualidade física da ração peletizada, destacando-se a formulação da dieta (40%), tamanho das partículas (20%), o condicionamento (20%), especificações gerais da matriz (15%), além dos processos de resfriamento e secagem (5%). Neste contexto, o condicionamento exerce importante papel sobre o aproveitamento dos ingredientes utilizados, pois a temperatura, umidade e pressão empregadas no processo, favorecem a desagregação dos grânulos de amilose e amilopectina facilitando a ação enzimática e aumentando a digestibilidade dos carboidratos (SKOCH et al., 1981; VORAGEN et al., 1995; MORITZ et al., 2002; SVIHUS et al., 2004), assim como das proteínas por alterar suas estruturas terciárias (MORAN, 1987; SCOTT et al., 1997; DOZIER, 2001). Estas alterações nas

estruturas dos carboidratos e proteínas estão associadas à melhora da qualidade física da ração (BEHNKE, 1994).

Existem diversos trabalhos avaliando a influência da temperatura de condicionamento sobre a qualidade da ração peletizada (CUTLIP et al., 2008; ABDOLLAHI et al., 2010; ABDOLLAHI et al., 2012). No entanto, o fator tempo também é decisivo para obtenção de peletes de qualidade, entretanto é menos estudado. O tempo de retenção da dieta no condicionador é bastante variável devido às limitações de máquinas e da composição das rações fabricadas no país. Além disso, a maioria das fábricas de rações trabalham acima da sua capacidade de produção, tornando-se necessário peletizar as rações rapidamente, com baixa exposição ao condicionamento, podendo comprometer a qualidade do produto final.

Em função do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes formas físicas (farelada ou peletizada/triturada) e do tempo de condicionamento de rações peletizadas/trituradas (0, 60, 80, 100 e 120 segundos) sobre o desempenho zootécnico, digestibilidade de frações da dieta e preferência alimentar de frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias). Ainda, objetivou-se avaliar a qualidade física dos peletes, solubilidade proteica em KOH, atividade de água e grau de gelatinização do amido das rações.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1

Local

O estudo foi conduzido nas instalações da Sala de Metabolismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Curitiba – PR.

Animais e alojamento

Foram utilizados 480 pintos de corte machos da linhagem comercial Cobb 500, no período de 1 a 21 dias de idade, nas instalações da Sala de Metabolismo do

Setor de Ciências Agrárias da UFPR. As aves foram vacinadas no incubatório contra Bouba Aviária, Marek, Gumboro e Bronquite Infecciosa.

Instalações

As aves foram alojadas em baterias metálicas de 4 andares, divididas em 2 gaiolas por andar, com dimensões de 0,98 x 0,90 x 0,50m (c x l x h). Todas as gaiolas eram equipadas com bebedouros e comedouros tipo calha. Realizou-se o aquecimento por meio de lâmpadas incandescentes de 150 watts e por campânulas a gás. Termômetros de máxima e mínima foram utilizados para verificar a temperatura.

Manejo

As aves receberam água e ração *ad libitum* e luz contínua com 24 horas de luz artificial durante todo o período experimental. A sala onde as aves foram criadas possuía temperatura controlada, mantida ao primeiro dia a temperatura de 32°C e gradativamente sendo diminuída até 22°C aproximadamente aos 21 dias de idade. Diariamente, realizou-se a verificação da temperatura, fornecimento de ração, limpeza e abastecimento dos bebedouros. As aves eram inspecionadas removendo-se as mortas e anotando-se a data e o peso corporal para posterior cálculo de mortalidade.

Dietas experimentais

As dietas fornecidas foram à base de milho e farelo de soja, peletizadas e posteriormente trituradas. As dietas foram fabricadas em fábrica de rações de uma empresa integradora de frangos de corte localizada no estado do Paraná. Foi fornecida dieta inicial farelada ou peletizada/triturada (de acordo com o tratamento) durante todo o período experimental.

As dietas foram isonutritivas, variando apenas na forma física e no tempo de condicionamento durante a peletização, e formuladas de modo que as exigências das aves fossem atendidas. A moagem do milho foi realizada em moinho Van Aarsen® (modelo KR162D) com peneira de 6,5 mm (DGM médio do milho: 946 µm).

O DGM médio da dieta farelada foi 850 µm e das peletizadas de 2135 µm. As dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Composição alimentar e nutricional das dietas experimentais.

Ingrediente	Quantidade (%)
Milho	59,36
Farelo de soja hipro	30,49
Gluten 60%	3,99
Fosfato bicálcico	1,64
Óleo de soja	1,53
Calcário	1,01
Sal comum (NaCl)	0,49
Premix mineral e vitamínico*	0,41
L-Lisina	0,40
Adsorvente[1]	0,20
DL-Metionina	0,12
Cloreto de Colina	0,11
Betaína	0,11
Antisalmonela	0,10
Níveis Nutricionais	**Valores**
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3050
Proteína Bruta (%)	22,0
Extrato Etéreo (%)	3,60
Fibra Bruta (%)	2,40
Matéria Mineral (%.)	4,50
Cálcio (%)	0,81
Fósforo Disponível (%)	0,54
Sodio (%)	0,22
Cloro (%)	0,36
Lisina digestível (%)	1,30
Metionina digestível (%)	0,60
Metionina + Cistina (%)	0,97
Treonina digestível (%)	0,79
Triptofano digestível (%)	0,20

*Níveis de garantia por kg de produto: ácido fólico 5985,00 mg; ácido nicotínico 1.500.00,03 mg; ácido pantotênico 60.000,00 mg; biotina 600 mg; cianocobalamina 45,00 mg; cobre 15.000 mg; cobalto 6,57 mg; ferro 60.000,00 mg; iodo 1026,66 mg; manganês 90.003,32 mg; piridoxina 11.972,00 mg; riboflavina 24.000,0039 mg; selênio 450,00 mg; zinco 90008,33 mg; tiamina 7820,00 mg; vitamina A 36.000, 00 UI; vitamina D3 11.100,00 UI; vitamina E 180.026,57 mg; vitamina K 14.989,10 mg; aditivo coccidiostático 100 mg;

[1] Calibrin® - Elanco

O processo de peletização foi realizado em peletizadora Van Aarsen® (modelo C900 standart) com capacidade de 30 ton/hora, matriz circular com furos de 4,0 mm de diâmetro e velocidade de 8,2 m/s, e condicionador Van Aarsen® (modelo LTV1200) com capacidade de 40 ton/hora. No processo de condicionamento, se utilizou máxima injeção de vapor, com 1,3 kgf de pressão, adição de 2,7% de água no condicionador e temperatura constante de 83ºC, exceto na dieta peletizada sem condicionamento (58,7ºC na saída da prensa). Os diferentes tempos de retenção no condicionador foram obtidos por meio de controle dos inversores de frequência, diferindo de acordo com os tratamentos. Após o processo de peletização, a ração passou por processo de secagem/resfriador deixando-o com temperatura média de 37ºC. Posteriormente, a ração foi triturada em moinho de rolo com distância entre rolos de 2,0 mm para fornecimento durante todo o período experimental.

Delineamento e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições de dez aves cada. Os tratamentos experimentais foram: 1 - ração farelada; 2 - ração peletizada/triturada sem condicionamento térmico (tempo zero); 3 - ração peletizada/triturada com 60 segundos de condicionamento; 4 - ração peletizada/triturada com 80 segundos de condicionamento; 5 - ração peletizada/triturada com 100 segundos de condicionamento e 6 - ração peletizada/triturada com 120 segundos de condicionamento.

Variáveis analisadas

Ao término da fabricação das dietas, amostras de cada tratamento foram coletadas e encaminhadas para realização de análise físicas e análises químicas. As variáveis analisadas foram:

- Quantidade de peletes intactos: 500 g de ração foram peneirados em uma tela de 3,0 mm com furos redondos e a porção de ração retida nesta tela é considerada como peletes intactos.

- Índice de durabilidade do pelete (PDI): avaliado segundo o método citado por ENSMINGER (1985).
- Dureza: análise em durômetro expressa em kgf.
- Solubilidade protéica em KOH: determinada de acordo com o método descrito por PARSONS et al. (1991).
- Atividade de água: realizada em aparelho específico (Aqualab® modelo s3te)
- Grau de gelatinização do amido (%): determinado de acordo com o Método 27 no Compêndio Brasileiro de Nutrição Animal (2009).

As dietas foram analisadas quanto ao teor de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) conforme AOAC (1995), e energia bruta (EB), realizada em bomba calorimétrica (Ike Werke® Modelo C2000 Control). A cinza insolúvel em ácido (CIA) foi usada como indicador interno indigestível para os cálculos de digestibilidade, e determinada de acordo com metodologia descrita por VAN KEULEN e YOUNG (1977).

No início do experimento, aos 7, 14 e 21 dias de idade, aves e ração foram pesadas para determinar o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). No 25° dia de criação, 5 aves de cada unidade experimental foram abatidas por deslocamento cervical, o conteúdo ileal coletado, homogeneizado e acondicionado em freezer a -18°C. Posteriormente, este conteúdo foi liofilizado e moído para realização das análises de MS, PB, CIA e EB.

Os cálculos da digestibilidade ileal dos nutrientes foram realizados de acordo com as seguintes fórmulas:

- Fator de indigestibilidade no íleo (FI) = (CIA na dieta) / (CIA no íleo)

- Digestibilidade dos nutrientes (%) = % do nutriente na dieta - (% do nutriente na digesta ileal x FI) / % do nutriente na dieta

Os valores de energia digestível no íleo (EDI) foram determinados por meio da fórmula:

- EDI (kcal/kg de MS) = EB da dieta - (EB da digesta ileal x FI do íleo)

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, se significativo, as médias comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade utilizando a ração farelada como testemunha. Para os tratamentos que são dependentes (ração peletizada com 0, 60, 80, 100 e 120 segundos) realizou-se análise de regressão.

Experimento 2

Local

O estudo foi conduzido nas instalações da Sala de Metabolismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Curitiba – PR.

Animais e alojamento

Foram utilizados 20 pintos de corte machos da linhagem comercial Cobb 500, no período de 1 a 21 dias de idade, nas instalações da Sala de Metabolismo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.

Instalações

As aves foram alojadas em bateria metálica de 5 andares, dividida em 2 gaiolas por andar, com dimensões de 0,98 x 0,90 x 0,50 m (c x l x h). Cada gaiola foi dividida ao meio com divisórias de madeira e, em cada unidade, foi alojado um pintainho. Todas as gaiolas eram equipadas com bebedouros e comedouros tipo calha. Para que as quatro dietas experimentais fossem ofertadas para cada ave, bandejas de alumínio com as dimensões de 20 x 10 x 3,5 cm (c x l x h) foram acopladas aos comedouros tipo calha. Realizou-se o aquecimento por meio de campânulas a gás e lâmpadas incandescentes de 150 watts. A verificação da temperatura foi feito por meio de termômetros de máxima e mínima.

Manejo

As aves receberam água e ração *ad libitum* e luz contínua com 24 horas de luz artificial durante todo o período experimental. A sala onde as aves foram criadas possuía temperatura controlada, mantida ao primeiro dia a temperatura de 32°C e gradativamente sendo diminuída até 22°C aproximadamente aos 21 dias de idade. Realizou-se também limpeza e abastecimento dos bebedouros, inspeção das aves removendo-se as mortas e anotando-se a data e o peso corporal.

Dietas experimentais

As dietas fornecidas foram as mesmas utilizadas no experimento 1. Foi fornecida dieta inicial farelada ou peletizada/triturada (de acordo com o tratamento) durante todo o período experimental. Optou-se por testar as dietas peletizadas com 60 e com 120 segundos de condicionamento.

Delineamento e tratamentos

As dietas experimentais foram: farelada, peletizada/triturada sem condicionamento térmico (tempo zero) e peletizada/triturada com 60 e 120 segundos de condicionamento. As dietas foram ofertadas simultaneamente para cada ave, sendo cada animal considerado como uma unidade experimental. As bandejas idênticas foram previamente marcadas e acopladas aos comedouros tipo calha. Diariamente, as bandejas eram rotacionadas, alternando-se a posição relativa de cada uma, de forma a não condicionar a ave ao local de alimentação.

Variáveis analisadas

A preferência alimentar foi avaliada por meio do cálculo de razão de ingestão (RI) para cada dieta utilizando a seguinte fórmula:

- RIA (%) = [Consumo da dieta A/(Consumo da dieta A + Consumo da dieta B + Consumo da dieta C + Consumo da dieta D)]*100

A quantidade de ração consumida foi calculada pesando-se a quantidade de ração ofertada em cada bandeja e suas respectivas sobras. Estas pesagens foram

realizadas no início do experimento, aos 4, 7, 14 e 21 dias de idade das aves, para cálculo da RI por período experimental.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Por apresentarem distribuição não normal, os dados foram analisados por meio do teste de Kruskal-Wallis (P<0,05).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Os valores médios dos parâmetros de desempenho zootécnico das aves obtidos no período de 1 a 21 dias de idade são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas iniciais fareladas e peletizadas/trituradas com diferentes tempos de condicionamento.

Dietas (segundos)	Consumo de ração (g)[1]	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g/g)
Farelada (Controle)	1269	962	1,320
Peletizada (0)	1312	1027*	1,278
Peletizada (60)	1351*	1049*	1,289
Peletizada (80)	1339*	1030*	1,302
Peletizada (100)	1360*	1071*	1,270
Peletizada (120)	1362*	1046*	1,302
Probabilidade	0,0027	0,0014	0,1206
CV (%)	4,2504	5,5380	2,9343

CV= Coeficiente de variação
*Diferem do controle (P<0,05) pelo teste de Dunnett
[1]Efeito linear para diferentes tempos de condicionamento (P=0,04). Y = 0,4118x + 1315,2; R^2 = 0,8586

Dietas peletizadas proporcionaram maior CR (P<0,05), exceto para o tempo zero de condicionamento, e GP (P<0,05) em comparação com o tratamento controle. Não houve diferença para CA entre as dietas para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade (P>0,05). Estes resultados concordam com os obtidos por OLIVEIRA et al. (2011) que, avaliando a influência de dietas com diferentes formas físicas sobre o desempenho de frangos de corte na fase inicial, constataram que as

aves alimentadas com dietas peletizadas apresentaram maior CR e GP em relação as que receberam dietas fareladas. Em contrapartida, ABDOLLAHI et al. (2011) comparando diferentes formas físicas (farelada x peletizada) não encontraram diferenças para GP e CA de frangos de corte na fase inicial, somente para CR. Não houve diferença estatística entre o CR das aves que receberam dieta peletizada/triturada que não sofreu processo de condicionamento e das alimentadas com dietas fareladas. Isso ocorreu provavelmente porque a dieta peletizada sem condicionamento possuía qualidade física inferior às processadas termicamente o que resultou em menor CR em relação às condicionadas termicamente.

Quanto aos resultados de CA, como o aumento do CR e de GP foi proporcional, não houve resposta significativa (P>0,05). PUCCI et al. (2010) comparando diferentes formas físicas (farelada x peletizada/triturada) para frangos de corte de 8 a 21 dias, não observaram efeito da forma física sobre a CA, o que está de acordo com os resultados encontrados neste trabalho.

Na avaliação dos diferentes tempos de condicionamento das dietas peletizadas/trituradas (tabela 4), verificou-se efeito linear (P<0,05) para CR de frangos de corte no período inicial (figura 2).

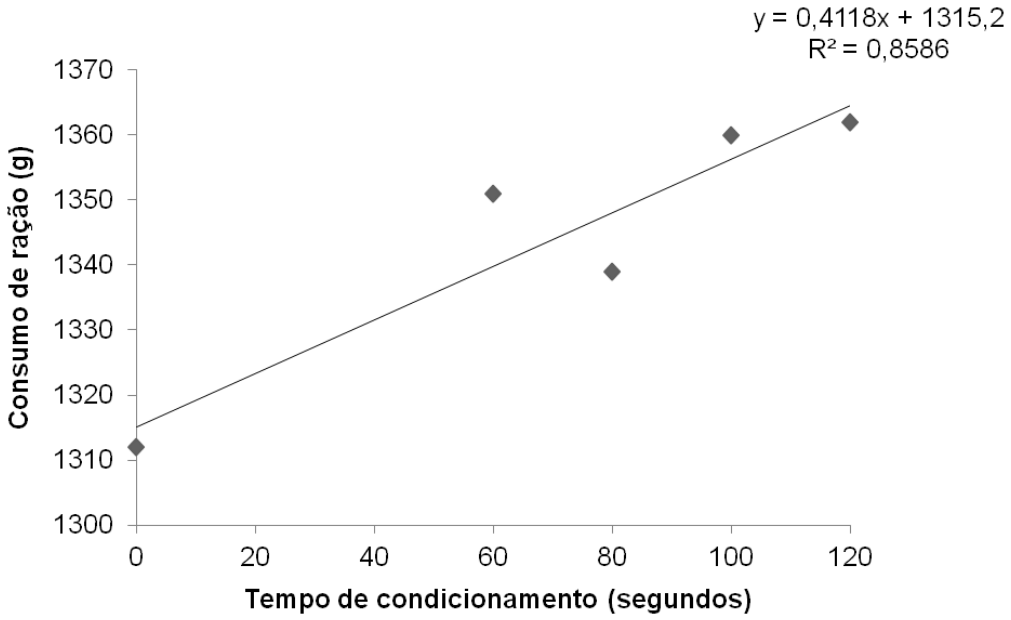


Figura 2. Consumo de ração de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas peletizadas/trituradas com tempos crescentes de condicionamento.

FAHRENHOLZ (2012) avaliando a influência de diferentes tempos de condicionamento (30 e 60 segundos) observou que o aumento do tempo de retenção resultou em aumento do PDI. SKOCH et al. (1981) afirmaram que a adição de umidade por meio do vapor melhora a qualidade da ração em função da diminuição da proporção de finos e aumento da durabilidade. A partir dos resultados encontrados neste trabalho e na literatura, sugere-se que o aumento do tempo de retenção permite que a umidade penetre mais eficientemente nas partículas, conferindo maior aderência entre os componentes dos peletes. O aumento da qualidade física da ração facilitou a apreensão da dieta resultando em maior CR.

Os diferentes tempos de condicionamento não exerceram influência sobre o GP e CA (P>0,05). JOHNSTON et al. (1999) examinaram os efeitos de diferentes tipos de condicionador: padrão (10 segundos de condicionamento) e de longa exposição (160 segundos), com temperatura de 79ºC, em dietas para leitões após o desmame. Os autores observaram diminuição de 4 % no ganho de peso diário para suínos alimentados com dietas peletizadas com 160 segundos em relação ao tempo do condicionador padrão. Embora as dietas tenham sido condicionadas a temperaturas iguais, os resultados encontrados pelos autores sugerem que a diminuição do desempenho pode ocorrer quando as dietas são expostas a altas temperaturas por longos períodos de tempo, principalmente se contiverem ingredientes lácteos. No presente trabalho, não se observou diferença para frangos de corte possivelmente porque em dietas a base milho e farelo de soja, a alta temperatura empregada combinada ao longo tempo de exposição não prejudicaram as propriedades químicas dos ingredientes.

Os resultados referentes aos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína (CDIAPB) e energia digestível ileal (EDI) de frangos de corte aos 25 dias de idade estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína (CDIAPB) e energia digestível ileal (EDI) de dietas para frangos de corte aos 25 dias de idade, alimentados com dietas iniciais fareladas e peletizadas/trituradas com diferentes tempos de condicionamento.

Tratamento (segundos)	CDIAMS (%)	CDIAPB (%)	[1]EDI (kcal/kg de MS)
Farelada (controle)	57,14	71,77	2731
Peletizada (0)	62,90*	71,53	2966*
Peletizada (60)	65,80*	74,09	3112*
Peletizada (80)	64,85*	74,22*	3094*
Peletizada (100)	65,59*	74,19	3160*
Peletizada (120)	66,30*	76,08*	3187*
Probabilidade	0.0000	0,0112	0.0000
CV (%)	7,9174	5,1645	7,4546

CV= Coeficiente de variação

*Diferem do controle (P<0,05) pelo teste de Dunnett

[1]Efeito quadrático para diferentes tempos de condicionamento (P=0,02). Y = -0,0036x2 + 2,2155x +2969,3, R^2 = 0,9519.

Dietas peletizadas/trituradas proporcionaram melhores CDIAMS (P<0,05). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por ZATARI e SELL (1990), que observaram aumento significativo da digestibilidade da MS nas dietas peletizadas em comparação às fareladas. Todavia, contrários aos resultados de LÓPEZ et al. (2007) que não observaram diferença no coeficiente de digestibilidade da MS entre dietas fareladas e peletizadas.

Para os resultados de CDIAPB, houve diferença (P<0,05) para dietas peletizadas/trituradas com 80 e 120 segundos de condicionamento. ABDOLLAHI et al. (2013) constataram que dietas a base de milho peletizadas proporcionaram maior coeficiente de digestibilidade da proteína quando comparadas a dietas fareladas para frangos de corte de 1 a 21 dias. Porém, quando compararam dietas peletizadas/trituradas às fareladas, não observaram diferença. Estes resultados estão de acordo com os obtidos neste trabalho, quando se comparou dietas peletizadas/trituradas (0, 60 e 100 segundos de condicionamento) com a dieta farelada. Não está claro porque houve diferença entre os outros tempos de condicionamento (80 e 120 segundos) com relação à farelada. O aumento da digestibilidade da proteína pode estar associado ao rompimento das pontes dissulfeto da sua estrutura, resultando em desnaturação e permitindo que as proteases atuem mais facilmente (SCOTT et al., 1997; DOZIER, 2001). No presente

trabalho, a temperatura empregada nas dietas peletizadas com vapor (83ºC), associada ao tempo de exposição, podem ter promovido alteração nas estruturas da proteína, aumentando sua digestibilidade. Este aumento da digestibilidade da proteína possivelmente resulta em maior desenvolvimento das aves e, portanto, maior GP, fator que foi evidenciado neste trabalho.

Dietas peletizadas/trituradas proporcionaram maior EDI (P<0,05). Os resultados obtidos estão de acordo com as afirmações de ZALENKA (2003), de que um dos benefícios do uso de rações peletizadas para frangos de corte é o aumento no valor de energia metabolizável das rações em decorrência da maior digestibilidade das frações da dieta. Porém, observou-se aumento de 235 kcal da dieta peletizada/triturada sem condicionamento em comparação com a dieta farelada. McKINNEY E TEETER (2004) constataram aumento na efetividade calórica e frequência de descanso em frangos de corte que consumiram dietas peletizadas em relação a fareladas, uma vez que as aves gastaram menos tempo para consumir a ração peletizada. O aumento da EDI observado em aves que consumiram dietas peletizadas sem condicionamento pode ser atribuído à modificação da forma física da dieta, o que facilitou o consumo de ração pode ter aumentado a frequência de descanso. No entanto, foi observado aumento de 146 kcal das dietas peletizadas com 60 segundos de condicionamento com relação às peletizadas sem condicionamento. Este aumento pode ter sido proporcionado pela maior digestibilidade de diferentes frações da dieta. SVIHUS et al. (2004) reportaram que a peletização aumentou a EMA das dietas de 2772,76 para 2820 kcal/kg, porém, o aumento da EMA não foi decorrente do aumento da digestibilidade do amido.Já ABDOLLAHI et al. (2011) observaram que a peletização diminuiu o valor da EMA em rações a base de trigo (3,28%). A partir dos resultados obtidos e da literatura, acredita-se que o aumento da EDI pode ter sido proporcionado pela modificação da forma física da dieta, bem como pelo aumento da digestibilidade das frações da dieta.

Os diferentes tempos de condicionamento das dietas peletizadas/trituradas não influenciaram os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da MS e da PB (P>0,05). Segundo VORAGEN et al. (1995), enquanto a temperatura, conteúdo de umidade e força de cisalhamento são considerados os principais fatores que

influenciam o processo de desnaturação proteica, o tempo de retenção, pH e presença de outros componentes como carboidratos e lipídeos têm menor grau de importância. Sendo assim, o tempo de retenção no condicionador por exercer menos influência sobre a desnaturação proteica, não proporcionou efeito na digestibilidade da proteína.

Na figura 3 observa-se que a EDI responde de forma quadrática (P<0,05), ou seja, o aumento do tempo de condicionamento proporcionou aumento da EDI. Nota-se que houve aumento considerável da EDI em animais alimentados com a dieta peletizada sem condicionamento para as dietas condicionadas com vapor. Entretanto, esta diferença é menor entre as dietas peletizadas entre 60 e 120 segundos de condicionamento. O tratamento térmico (umidade + temperatura) promove "inchamento" dos grânulos de amido e, após aquecimento contínuo, desintegram-se levando a solubilização das moléculas individuais de amido (SKOCH et al., 1981; VORAGEN et al., 1995). O aumento do tempo de exposição ao vapor no condicionador pode ter solubilizado maiores quantidades de amido, aumentando a EDI.

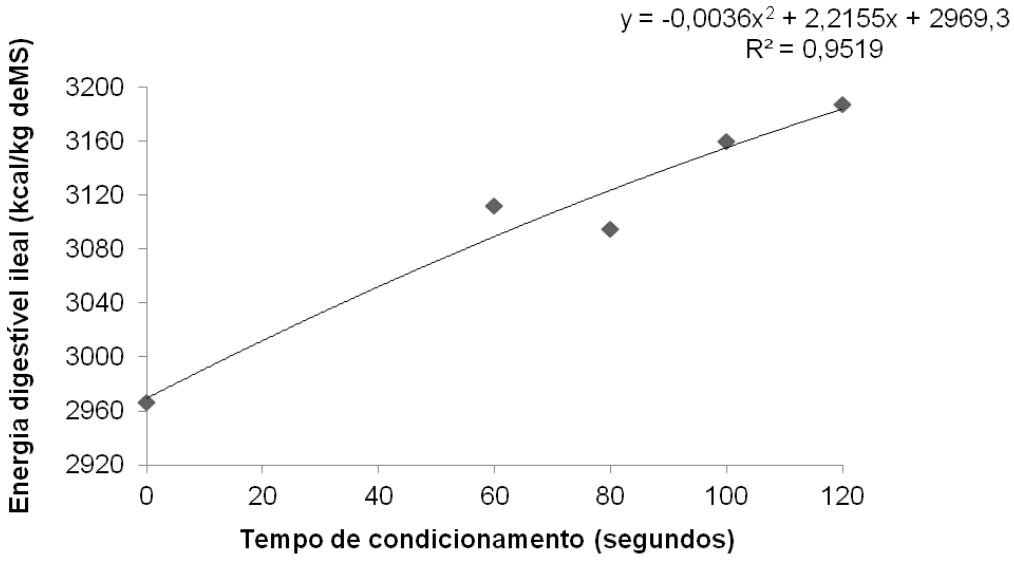


Figura 3. Energia digestível ileal de frangos de corte aos 25 dias de idade alimentados com dietas peletizadas/trituradas com tempos crescentes de condicionamento.

Para verificar alterações nas estruturas do amido da dieta, realizou-se análise de grau de gelatinização do amido tabela 6. Nota-se que dietas peletizadas apresentaram maiores valores de amido gelatinizado em relação à farelada, inclusive na dieta peletizada sem condicionamento. O maior valor de grau de gelatinização (341,68 g/kg) encontrado na dieta peletizada sem condicionamento térmico pode ser explicado pela temperatura atingida na saída da prensa (58,7ºC) devido à fricção das partículas com matriz da peletizadora. ABDOLLAHI et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes temperaturas (peletizada a frio, 60, 75 e 90ºC) sobre a gelatinização do amido e obtiveram os valores de 101; 82,3; 81,8 e 109 g/ kg de amido total para as dietas peletizadas sem condicionamento (20ºC na saída da prensa), e as tratadas termicamente a 60, 75 e 90ºC respectivamente. ABDOLLAHI et al. (2010) afirmaram que parte da gelatinização do amido ocorre após o condicionamento, na prensa peletizadora, devido a alta temperatura e atrito. Aparentemente, os diferentes tempos de condicionamento avaliados neste trabalho não exerceram grande influência sobre a quantidade de amido gelatinizado. No entanto, as análises de grau de gelatinização do amido foram realizadas em duplicata para cada dieta, sendo necessário maior número de repetições para verificar se realmente houve influência do tempo de condicionamento. A partir destes resultados e da literatura, acredita-se que a temperatura empregada no processo e a ação mecânica no momento da passagem pela matriz da peletizadora têm maior efeito sobre a gelatinização do amido do que o tempo de condicionamento isoladamente.

Tabela 6. Grau de gelatinização do amido das dietas experimentais

Dieta (segundos)	Umidade (%)	Grau de gelatinização do amido (g/kg)
Farelada	13,36	301,02
Peletizada (0)	12,47	341,68
Peletizada (60)	12,59	324,69
Peletizada (80)	11,98	312,75
Peletizada (100)	12,61	337,77
Peletizada (120)	12,56	335,48

As variáveis físico-químicas analisadas estão apresentadas na tabela 7.

Tabela 7. Porcentagem de peletes intactos (PI), índice de durabilidade dos peletes (PDI), dureza, atividade de água (Aa) e proteína solúvel em KOH (PS) de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento.

Tratamento (segundos)		PI (%)	PDI (%)	Dureza (kgf)	Aa	PS (%)
Peletizada (0)		95,075	90,408	4,235	0,629	14,209
Peletizada (60)		95,675	95,779	5,113	0,636	13,909
Peletizada (80)		96,375	95,427	5,241	0,664	13,966
Peletizada (100)		95,475	95,161	3,980	0,647	14,054
Peletizada (120)		96,450	95,071	4,851	0,653	13,863
CV (%)		1,970	2,938	17,938	4,368	4,050
Probabilidade	Linear	0.2049	0.0000	0.3955	0.0393	0.3172
	Quadrática	0.9010	0.0011	0.0398	0.5837	0.7326

CV= Coeficiente de variação

O tempo de condicionamento não exerceu influência sobre a proteína solúvel em KOH e sobre a quantidade de peletes intactos (P<0,05). A solubilidade proteica em KOH é um método aplicado especialmente na avaliação da qualidade e disponibilidade dos nutrientes no farelo de soja, que podem ser afetados pelo processamento térmico inadequado do grão de soja, alterando seu valor nutricional. Os resultados obtidos demonstram que mesmo longos tempos de condicionamento e alta temperatura (83ºC) não afetaram a solubilidade proteica. É importante ressaltar que neste trabalho a avaliação foi feita em dietas compostas, portanto, deve-se considerar o seu caráter exploratório.

A eficiência do processo de peletização em termos de qualidade de peletes pode ser expressa pelo percentual de peletes produzidos, que é inversamente proporcional à quantidade de finos da ração produzida. As dietas apresentaram quantidade de peletes intactos acima de 95%, inclusive na peletizada sem condicionamento, indicando que as dietas fornecidas apresentavam boa qualidade física. Resultados contrários aos obtidos por SKOCH et al. (1981) que observaram que dietas peletizadas sem condicionamento térmico apresentaram 9,1% de finos e dietas peletizadas com vapor a 65 e 80ºC apresentaram 3,8 e 3,2% de finos respectivamente. No entanto, os autores não observaram diferença na quantidade de finos quanto se aumentou a quantidade de vapor adicionado. ABDOLLAHI et al. (2011) relataram em seu estudo, que dietas peletizadas sem condicionamento possuíam 10% menos peletes intactos do que as peletizadas termicamente, pois não foram expostas ao vapor. No entanto, no presente trabalho não se observou

diferença. Esperava-se que com o aumento do tempo de exposição ao vapor, a quantidade de peletes intactos também aumentasse, em função da maior umidade absorvida. Além disso, BRIGGS et al. (1999) observaram que existe correlação negativa entre a quantidade de finos e o PDI, o que não ocorreu no presente estudo.

Verificou-se efeito quadrático para PDI ($P<0,05$) (figura 4). O aumento do tempo de condicionamento resultou em aumento considerável do PDI quando se tratou termicamente as rações (peletizada 60 segundos). Após este ponto observa-se pequena diminuição no PDI. As alterações na durabilidade dos peletes foram mais evidentes quando observou-se a ração peletizada sem condicionamento em relação às processadas termicamente. Houve aumento de 5,9% no PDI de dietas peletizadas com 60 segundos em relação às peletizadas sem condicionamento térmico. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por ABDOLLAHI et al. (2011) que verificaram que dietas peletizadas termicamente possuem maior durabilidade do que as peletizadas a frio. A menor qualidade física da ração peletizada sem condicionamento verificada no presente trabalho, mesmo apresentando maior quantidade de amido gelatinizado, pode ser explicada pela baixa quantidade de umidade no processo, uma vez que a ração apenas passou pela matriz da peletizadora.

No entanto, a diferença de PDI entre dietas peletizadas termicamente foi relativamente pequena. FAHRENHOLZ (2012) avaliando a influência de diferentes tempos de condicionamento (30 e 60 segundos) sobre a qualidade física de rações, observou que o aumento do tempo de retenção resultou em melhora no PDI. No entanto, o seu efeito foi importante quando associado a outros fatores avaliados como temperatura de condicionamento por exemplo. Dentre as variáveis estudadas, o tempo de condicionamento foi o que menos exerceu influência sobre a qualidade da ração peletizada. Da mesma forma, BRIGGS et al. (1999) observaram que aumentando-se o tempo de retenção (5 para 15 segundos) aumenta-se a durabilidade do pelete em 4,5 pontos percentuais.

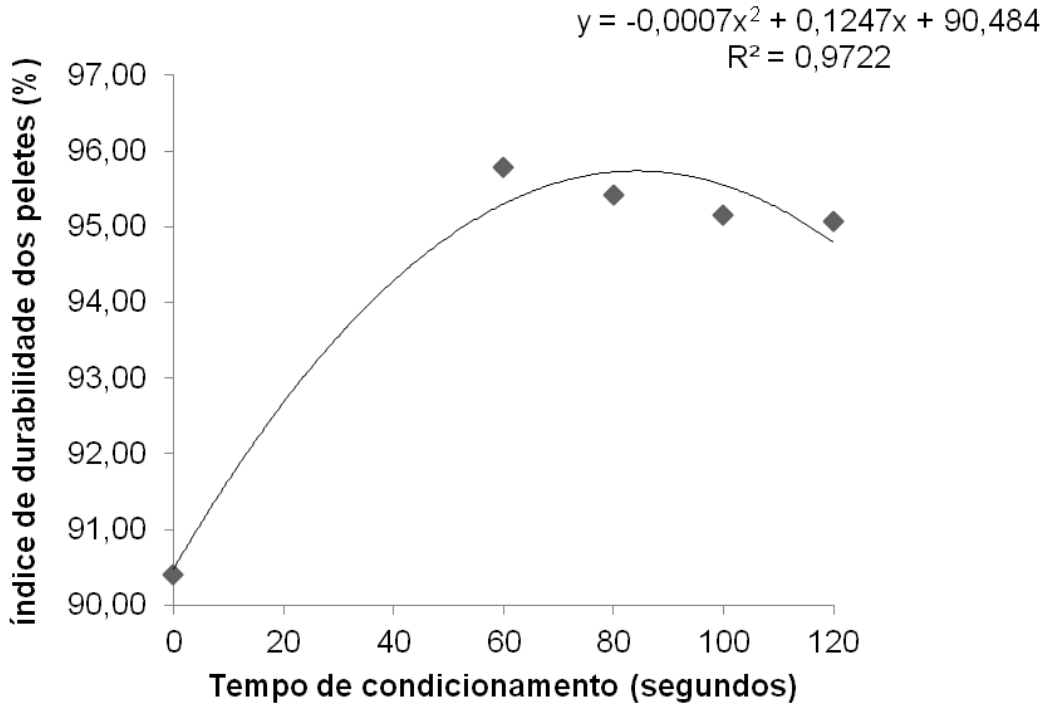


Figura 4. Índice de durabilidade dos peletes (PDI) de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento.

Verificou-se efeito quadrático para dureza (P<0,05) (figura 5). FAHRENHOLZ (2012) afirma que a medida de PDI é melhor para expressar qualidade física dos peletes em detrimento da dureza, pois se utiliza uma grande quantidade de amostra e representa melhor as práticas de manuseio reais. Além disso, na análise de dureza utiliza-se peletes individuais, o que demanda mais tempo. THOMAS e VAN der POEL (1996) avaliaram a dureza e durabilidade de dietas peletizadas e verificaram que os resultados de durabilidade foram mais consistentes para expressar qualidade física, pois apresentaram menor CV, assim como no presente trabalho.

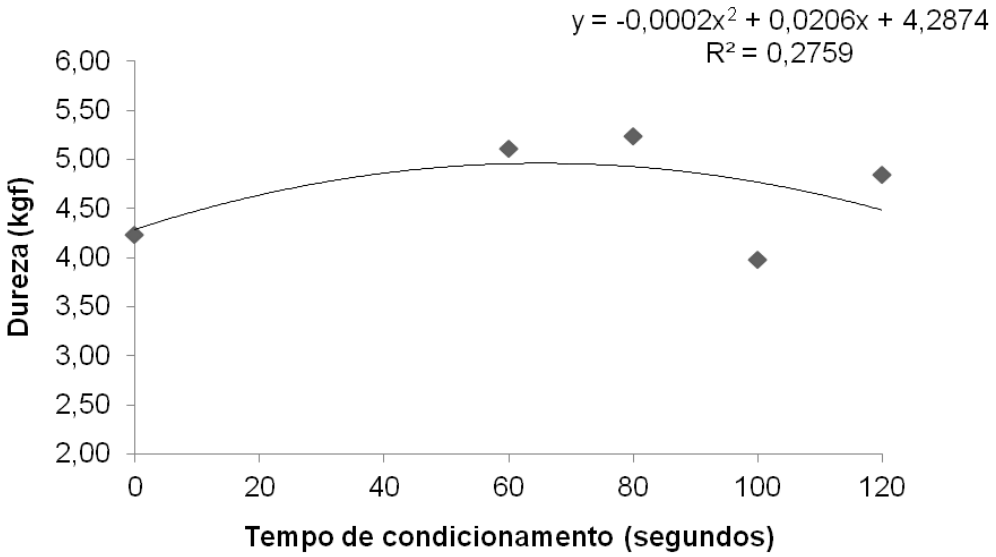


Figura 5. Dureza de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento.

Houve efeito linear para Aa (P<0,05) (Figura 6). A equação descrita demonstra que a cada segundo de condicionamento aumenta-se 0,0002 a Aa. A água pode se apresentar como água ligada e como água livre (Aa), resultando em umidade ou água total (KRABBE, 2009). A água livre pode estar disponível para o crescimento de microrganismos, favorecendo a deterioração da ração produzida. Alimentos que apresentam Aa inferior a 0,600 apresentam boa conservação, uma vez que microrganismos dificilmente se proliferam nestas condições (UBOLDI EIROA, 1981). Neste trabalho, com o aumento do tempo de exposição ao vapor durante o condicionamento, houve maior incorporação de umidade a ração. Uma vez que todas as dietas tiveram o mesmo tempo de secagem, o teor de umidade retirado foi semelhante. Assim, dietas peletizadas com maior tempo de condicionamento apresentaram maior Aa. Porém os valores estão próximos aos recomendados, não comprometendo a qualidade do produto final.

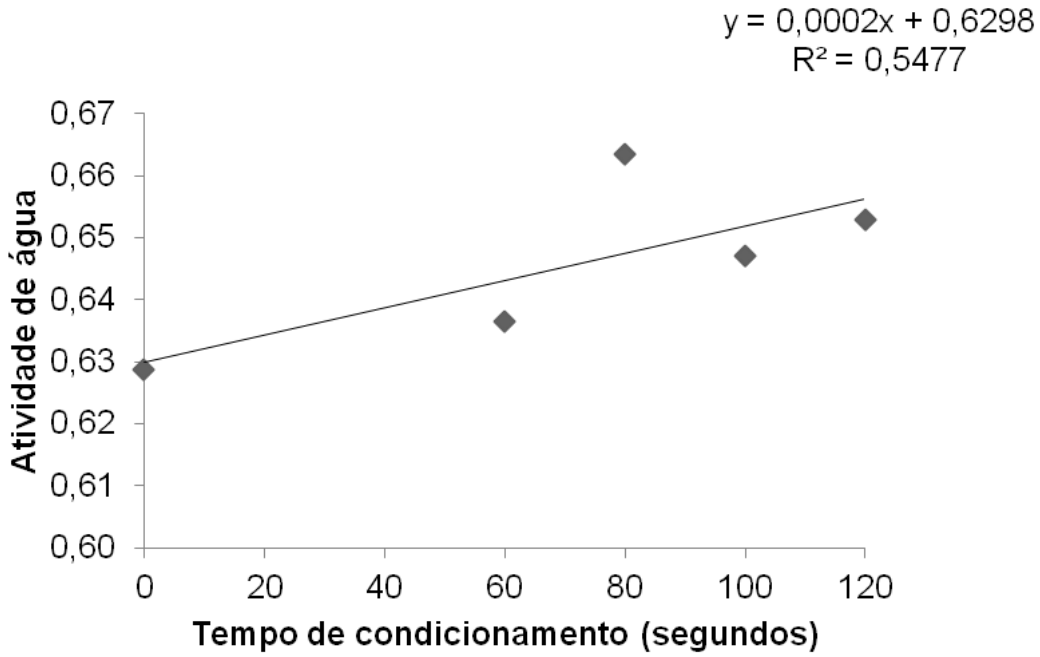


Figura 6. Atividade de água (adimensional) de dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento.

Experimento 2

Os valores médios da razão de ingestão (RI) estão apresentados na tabela 8. A RI da dieta farelada (58,160 %) foi superior às dietas peletizadas/trituradas sem condicionamento e com 60 e 120 segundos de condicionamento ($P<0,05$), indicando que nos primeiros dias de idade as aves têm dificuldade de ingerir dietas peletizadas mesmo quando trituradas (DGM médio de 2135 µm). Esta diferença entre a dieta farelada e as demais se manteve aos 7 dias de idade ($P<0,05$), no entanto a proporção de ração ingerida foi menor (35,259 %) em relação às outras dietas. NIR et al. (1994) afirmam que a medida que a idade das aves aumenta o tamanho de partícula preferido também aumenta, possivelmente porque existe correlação positiva entre o tamanho de partícula da dieta e o tamanho do bico. FREITAS et al. (2008) observaram CR semelhante em frangos de corte de 1 a 7 dias de idade que consumiram dietas fareladas e peletizadas/trituradas (DGM = 888 µm). Os resultados contrários encontrados neste trabalho podem ser explicados pelo tamanho de partícula das dietas peletizadas, superior ao das dietas testadas por

FREITAS et al. (2008). Assim, as aves no período de 1 a 7 dias apresentaram dificuldade de ingerir dieta peletizada/triturada nessas condições de granulometria (aproximadamente 2000 µm). Segundo MORAN (1982), o tamanho do bico é importante para a regulação da ingestão sendo que as aves têm dificuldades para consumir partículas que são maiores ou muito menores que a dimensão anatômica do bico.

Tabela 8. Razão de ingestão (RI) (%) das dietas fareladas e peletizadas/trituradas com 0, 60 e 120 segundos de condicionamento, de frangos de corte aos 4, 7, 14 e 21 dias de idade.

Dieta (segundos)	4d	7d	14d	21d
Farelada	58,160[a]	35,259[a]	15,270[c]	2,035[c]
Peletizada/triturada (0)	14,852[b]	20,394[b]	25,446[bc]	26,221[b]
Peletizada/triturada (60)	12,218[b]	20,822[b]	26,777[ab]	29,528[b]
Peletizada/triturada (120)	14,769[b]	23,525[b]	32,506[a]	42,214[a]

[abc] Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo Teste de de Kruskal-Wallis (P<0,05).

Aos 14 dias de idade a preferência alimentar das aves se alterou, pois a RI da dieta farelada foi inferior às dietas peletizadas/trituradas com 60 e 120 segundos de condicionamento (P<0,05), porém semelhante à dieta peletizada/triturada sem condicionamento (P<0,05). As dietas com 60 e 120 segundos de condicionamento foram semelhantes e superiores às outras dietas (P<0,05). Estes resultados indicam que frangos de corte preferem dietas peletizadas/trituradas (DGM = 2135 µm) em relação a fareladas aos 14 dias de idade. A semelhança encontrada entre as dietas farelada e peletizada/triturada sem condicionamento pode ser explicada pela menor qualidade física da segunda dieta (figura 4) resultando em CR semelhante à dieta farelada.

Aves têm preferência por partículas maiores (SCHIFFMAN, 1969; MORAN,1982), portanto as dietas peletizadas/trituradas foram as preferidas em detrimento da farelada, em função do seu maior DGM. PORTELLA et al. (1988) estudaram efeito do tamanho de partícula sobre o CR de frangos corte em diferentes fases de criação. Foi fornecido 500 g de mesma dieta composta por diferentes tamanhos de partícula (2,36; 1,18; 0,85; 0,71 e 0,60 mm). Os autores verificaram o desaparecimento de partículas superiores a 1,18 mm em diferentes as idades (ao longo de 40 dias de criação). No entanto, notou-se que aos 8 e 16 dias o

desaparecimento de partículas entre 1,18 e <2,36 mm foi mais pronunciado. Com o avanço da idade das aves, a taxa de desaparecimento foi maior para partículas maiores que 2,36 mm.

Para a avaliação de preferência alimentar aos 21 dias de idade, houve diferença na RI entre as dietas (P<0,05) e foi evidente a preferência pela dieta peletizada/triturada com 120 segundos em relação às outras dietas (RI = 42,214 %). Chamando atenção para a baixa RI da dieta farelada, indicando que frangos de corte preferem dietas peletizadas/trituradas com tamanho de partícula de 2000 µm aproximadamente aos 21 dias de idade. Nesta fase, não houve diferença entre as dietas peletizadas/trituradas sem condicionamento e com 60 segundos de condicionamento (P>0,05). Estes resultados estão de acordo com PORTELA et al. (1988) que comprovaram aumento gradativo do consumo de partículas maiores a medida que a idade das aves aumentou. Aos 21 dias de idade, praticamente não houve consumo da dieta farelada (RI = 2,035%). Além da preferência por partículas de maior tamanho, deve-se considerar que a saliva das aves é bastante viscosa e produzida em pequena quantidade, cerca de 7 a 30 ml por dia (TURK, 1982). O consumo de dietas fareladas, principalmente se as partículas forem muito pequenas, pode resultar na formação de um composto pastoso, dificultando a deglutição da dieta e, assim, limitando o CR.

As aves preferiram dietas peletizadas/trituradas em relação à farelada, porém a dieta peletizada com 120 segundos de condicionamento foi mais consumida do que as peletizadas sem condicionamento e com 60 segundos de condicionamento. Os resultados sugerem que a dieta com 120 segundos de condicionamento possuía qualidade física superior às demais dietas peletizadas, com menor quantidade de finos no momento do fornecimento, mesmo após o processo de trituração. MCKINNEY e TEETER (2004) avaliavam o comportamento ingestivo frangos de corte de 38 dias de idade, alimentados com dietas contendo diferentes proporções de peletes íntegros. Os autores observaram que à medida que se aumentou a quantidade de finos houve diminuição da quantidade de peletes consumidos, aumento da frequência de alimentação e diminuição da frequência de descanso.

Os resultados obtidos no experimento de preferência podem explicar o efeito linear encontrado para CR das aves no período inicial alimentadas com dietas peletizadas com diferentes tempos de condicionamento.

3.4 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam que a peletização é uma alternativa viável de processamento de dietas iniciais para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, pois dietas peletizadas com vapor proporcionam maior CR e GP quando comparadas a dietas fareladas. Não há interferência da forma física da dieta sobre a CA. O aumento do tempo de condicionamento promoveu aumento do CR, no entanto não resulta em aumento do GP e melhora na CA. A peletização aumenta o CDIAMS, CDIAPB e EDI. Diferentes tempos de condicionamento não influenciam os CDIMS e CDIAPB. Porém, há aumento da EDI. O tempo de condicionamento, entre 60 e 120 segundos, afeta a qualidade física das rações. Frangos de corte na fase inicial preferem dietas peletizadas/trituradas com às fareladas. Há aumento na preferência alimentar conforme se aumenta o tempo de condicionamento de dietas peletizadas.

3.5 REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., SVIHUS, B. Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. **Animal Feed Science and Technology**, v.186, p.193-203, 2013.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Effect of improved pellet quality from the addition of a pellet binder and/or moisture to a wheat-based diet conditioned at two different temperatures on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.175, p.150-157, 2012.

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. **Animal Feed Science and Technology,** v.168, p.88-99, 2011.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D.V. Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize and sorghum-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.162, p. 06–115, 2010.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official and tentative methods of analysis**, 16.ed. Arlington, Virginia: AOAC International, 1995.

BEHNKE, K. Factors affecting pellet quality. In: Maryland Nutrition Conference, College of Agriculture, University of Maryland. **Proceedings…** p.44-54, 1994.
BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. In: IV Simpósio Goiano de Avicultura. **Anais…**Goiânia-GO, 2000.

BRIGGS, J.L.; MAIER, D.E.; WATKINS, B.A.; BEHNKE, K.C. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. **Poultry Science**, v.78, p.1464-1471, 1999.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. **Método n° 27**. Sindirações; p.106-111. 2009.

CUTLIP, S.E.; HOTT, J.M.; BUCHANAN, N.P.; RACK, A.L.; LATSHAW, J.D.; MORITZ, J.S. The effect of steam-conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. **Journal Applied of Poultry Research**, v.17, p.249–261, 2008.

DOZIER, W. A. Pelet de calidad para obtener carne de ave más economica. **Alim. Balanc. Anim**., v.8, p.16-19, 2001.

ENSMINGER, M.E. Processing effects. In: **Feed Manufacturing Technology III.** AFIA. Cap. 66. p. 529-533, 1985.

FAHRENHOLZ, A.C. **Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing method s for evaluating pellet durability**. 66p. Dissertação de mestrado. Kansas State University, Kansas, 2012.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; DAHLKE, F.; SANTOS, F.R.; BARBOSA, N.A.A. Desempenho, eficiência de utilização dos nutrientes e estrutura do trato digestório de pintos de corte alimentados na fase pré-inicial com rações de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.73-78, 2008.

GREENWOOD, M.W.; CRAMER, K.R.; CLARK, P.M. Influence of feed form on dietary lysine and energy intake and utilization of broilers from 14 to 30 days of age. International **Journal of Poultry Science**, v.3, p.189-194, 2004.

JENSEN, L.S.; MERRILL, L.H.; REDDY, C.V.; MCGINNIS, J.; Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. **Poultry Science.** v.41, p.1414–1419, 1962.

JOHNSTON, S.L., HINES, R.H., HANCOCK, J.D., BEHNKE, K,C., TRAYLOR, S.L., CHAE, B.J., HAN, K. Effects of conditioners (standard, long-term and expander) on pellet quality and growth performance in nursery and finishing pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.12, p.558-564, 1999.

KRABBE, E.L. In: I Congresso internacional e viii simpósio sobre nutrição de animais de estimação. 2009, Campinas – SP. **Anais...** Campinas: CBNA. 2009.

LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; ROCHA, J.S.R.; LANA, A.M.Q.; CANÇADO, S.V.; FONTES, D.O.; LEITE, R.S. Influência da forma física da ração e da linhagem sobre o desempenho e rendimento de cortes de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.970-978, 2008.

LÓPEZ, C.A.A.; BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C.; RODRIGUEZ, N.M.; CANÇADO, S.V. Efeitos da forma física da ração sobre a digestibilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1006-1013, 2007.

McKINNEY, L.J.; TEETER, R.G. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. pellet quality and II. prediction of consequential formulation dead zones. **Poultry Science**, v.83, p.1165-1174, 2004.

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; PENZ Jr., A.M.; KESSLER, A.M. Níveis de energia e peletização no desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte com oferta alimentar equalizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2026-2032, 2001.

MORAN Jr., E.T. Pelleting: affects feed and its consumption. **Poultry Science**, Champaign, v.5, p.30-31, 1987.

MORAN Jr, ET. Comparative nutrition of the fowl and swine. The gastrointestinal system. Guelph, Ontário, Canada: University of Guelph, 1982.

MORITZ, J.S.; WILSON, K.J.; CRAMER, K.R.; BEYER, R.S.; MCKINNEY, L.J.; CAVALCANTI, B.; MO, X. Effect of formulation density, moisture, and surfactant on feed manufacturing, pellet quality, and broiler performance. **Journal Applied of Poulry Research.** v.11, p.155–163, 2002.

NIR, I., SHEFET, Y., ARONI, G. Effect of particle size on performance. I. corn. **Poultry Science**, v.73, p.45-49, 1994.

OLIVEIRA, A.A.; GOMES, AVC.; OLIVEIRA, G.R.; LIMA, M.F.; DIAS, G.E.A., AGOSTINHO, T.S.P.; SOUSA, F.D.R.; LIMA, C.A.R. Desempenho e características

da carcaça de frangos de corte alimentados com rações de diferentes formas físicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2450-2455, 2011.

PARSONS, C.M., HASHIMOTO, K., WEDEKIND, K.J., BAKER, D.H. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality. **Journal of Animal Science**, v.69, p. 2918-24, 1991.

PORTELA, F.J., CASTON, L.J., LESSON S. Apparent feed particle size preference by broilers. **Canadian Journal of Animal Science**; v.68, p.923-930, 1988.

PUCCI, L.E.A., RODRIGUES, P.B., BERTECHINI, A.G., NASCIMENTO, G.A.J. LIMA, R.R., SILVA, L.R. Forma física, suplementação enzimática e nível nutricional de rações para frangos de corte na fase inicial: desempenho e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1272-1279, 2010.

REIMER, L. Conditioning. Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. Short Course. p.7. California Pellet Mill Co. Crawfordsville, **Proceedings…** 1992.

SCHIFFMAN, H.R. Texture preference and acuity in the domestic chick. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v.67, p.462-464, 1969.

SCOTT, T.A.; SWIFT, M.L.; BEDFORD, M.R. The influence of feed milling, enzyme supplementation, and nutrient regimen on broiler chick performance. **Journal Applied of Poultry Research**, v.6, p.391-398, 1997.

SKOCH, E.R.; BEHNKE, K.C.; DEYOE, C.W.; BINDER, S.F. The effect of steam-conditioning rate on the pelleting process. **Animal Feed Science and Technology**. v.6, p.83–90, 1981.

SVIHUS, B.; KLØVSTAD, K.H.; PEREZ, V.; ZIMONJA, O.; SAHLSTRÖM, S.; SCHÜLLER, R.B.; JEKSRUD, W.K.; PRESTLØKKEN, E. Nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. **Animal Feed Science and Technology** v.117, p.281–293, 2004.

THOMAS, M., VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.61, p.89-112, 1996.

TURK, D.E. The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization. **Poultry Science**, v.61, p.1225-1244, 1982.

UBOLDI EIROA, M.N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos - Bol. ITAL**, Campinas - SP, v.18, n°3, p.353- 383, 1981.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acidinsoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies**. Journal of Animal Science**, v.44, p.282-287, 1977.

VORAGEN, A.G.J., GRUPPEN, H., MARSMANl, G.J.P., MUL, A.J. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: **Recent Advances in Animal Nutrition**, 1995. Nottingham: University Press, 1995.

ZATARI, I.M.; SELL, J.L. Effects of pelleting diets containing sunflower meal on performance of broiler chickens. Animal Feed Science Technology, v.30, p.121-129, 1990.

ZALENKA, J. Effect of pelleting on digestibility and metabolizable energy of poultry diets. In: European symposium on poultry nutrition, Lillehammer. **Proceedings...** Lillehammer: World´s Poultry Science Association, p.127-128, 2003.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da forma física da dieta para frangos de corte é indiscutível, ficando evidentes neste trabalho os benefícios da peletização sobre o desempenho zootécnico e a digestibilidade de frações da dieta. A maior parte dos trabalhos comparam dietas peletizadas e fareladas, no entanto, o fornecimento de dietas peletizadas/trituradas para frangos de corte é menos estudado.

Diversas empresas utilizam dietas fareladas na fase inicial e peletizadas a partir da fase de crescimento. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o fornecimento de dietas peletizadas/trituradas é uma alternativa viável, pois a diferença de ganho de peso entre dietas fareladas e peletizadas/trituradas chegou a 11,33%. No entanto, estudos mais apurados são necessários para avaliar a relação custo x benefício do uso de dietas peletizadas/trituradas.

O principal efeito do tempo de condicionamento foi possibilitar aumento do consumo de ração por meio da alteração da qualidade física da dieta. Resultados contrários às hipóteses formuladas no início do trabalho, pois se acreditava que a digestibilidade dos nutrientes seria afetada em função do aumento do tempo de exposição ao vapor. Porém, observou-se grande aumento no valor da energia digestível ileal, resultado da modificação da forma física e da digestibilidade de diferentes frações da dieta. Assim, torna-se necessário avaliar também a digestibilidade de outras frações da dieta como o amido por exemplo, para verificar se existe relação com energia digestível ileal.

Os tempos de condicionamento obtidos neste trabalho foram adequados às especificações dos equipamentos disponíveis. O tempo mínimo de condicionamento utilizado na empresa onde as dietas foram produzidas é de 50 segundos, considerado alto em comparação com outras indústrias. Dessa forma, seria interessante testar mais um tempo de condicionamento além dos estudados, 20 segundos, por exemplo, que retrata as condições de grande parte das indústrias nacionais. Neste estudo, o tempo de condicionamento térmico inicial já é considerado alto (60 segundos), portanto estudos futuros avaliando tempos reduzidos são necessários.

A qualidade dos peletes produzidos é fundamental para obtenção dos benefícios da peletização. O condicionamento mostrou ter importância sobre a

qualidade física da ração, portanto estratégias envolvendo modificações nos parâmetros de condicionamento devem ser consideradas. Além disso, os trabalhos encontrados na literatura avaliam os principais parâmetros do condicionamento separadamente, sem considerar o dinamismo do processo. Novos trabalhos estudando a interação entre temperatura, umidade e tempo de condicionamento, por exemplo, devem ser desenvolvidos uma vez que estes fatores atuam em combinação no processo produtivo.

Ao avaliar a preferência alimentar das aves, se observou aumento gradativo do consumo de dietas peletizadas/trituradas ao passo que a idade das aves aumentou. No entanto, esses resultados foram obtidos para dietas peletizadas/trituradas com granulometria de 2135 µm. É possível que, se o tamanho de partícula fosse alterado, os resultados de preferência fossem diferentes. Porém, não foram encontrados trabalhos indicando tamanho de partícula de dietas peletizadas/trituradas recomendado ao longo da fase inicial para frangos de corte, o que dificultou a discussão dos resultados de preferência alimentar.

O tempo de condicionamento na peletização é um parâmetro pouco estudado, portanto são necessárias novas pesquisas para elucidar as causas de aumento de CR e preferência de frangos de corte, além dos efeitos sobre a digestibilidade de frações da dieta.