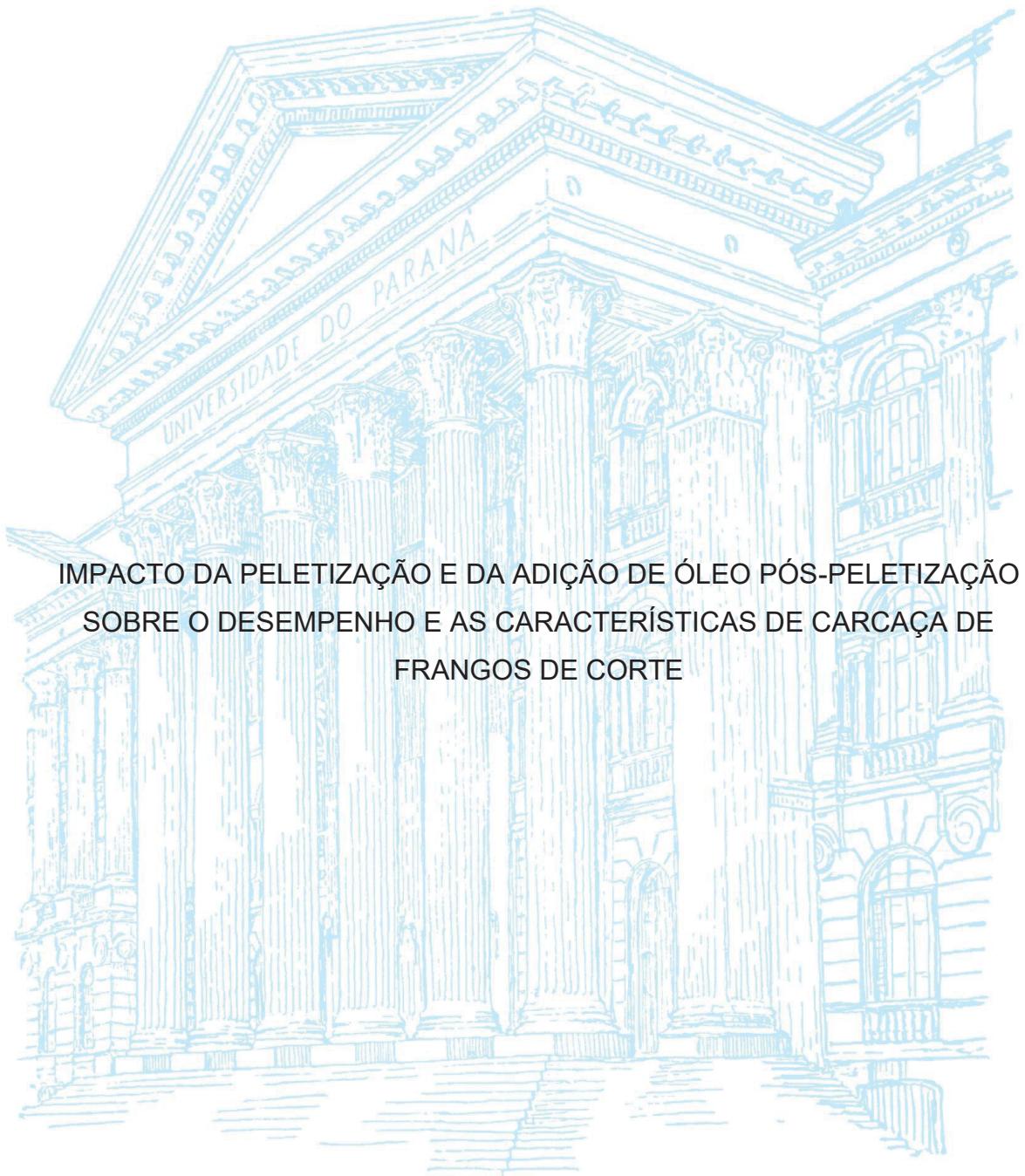


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LETÍCIA BONADIMAN MARIANI



IMPACTO DA PELETIZAÇÃO E DA ADIÇÃO DE ÓLEO PÓS-PELETIZAÇÃO  
SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE  
FRANGOS DE CORTE

CURITIBA

2025

MARIA LETÍCIA BONADIMAN MARIANI

IMPACTO DA PELETIZAÇÃO E DA ADIÇÃO DE ÓLEO PÓS-PELETIZAÇÃO SOBRE O  
DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka

Coorientador: Dr. Everton Krabbe

CURITIBA

2025

**DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Mariani, Maria Letícia Bonadiman

Impacto da peletização e da adição de óleo pós-peletização  
sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos  
de corte / Maria Letícia Bonadiman Mariani. – Curitiba, 2025.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,  
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka

Coorientador: Dr. Everton Krabbe

1. Frango de corte - Alimentação e rações. 2. Frango de corte  
- Carcaças. 3. Nutrição animal. 4. Peletização. I. Maiorka, Alex. II.  
Krabbe, Everton Luis. III. Universidade Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MARIA LETÍCIA BONADIMAN MARIANI**, intitulada: **Impacto da peletização e da adição de óleo pós-peletização sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte**, sob orientação do Prof. Dr. ALEX MAIORKA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Outubro de 2025.

Assinatura Eletrônica

03/11/2025 13:38:27.0

ALEX MAIORKA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

03/11/2025 14:39:19.0

CHAYANE DA ROCHA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

03/11/2025 13:37:08.0

FABIANO DAHLKE

Avaliador Externo (INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Ademir e Celoi, que estiveram sempre ao meu lado me apoiando durante toda a minha vida. Sou profundamente grata por tudo que fizeram e continuam fazendo por mim. Espero um dia poder retribuir todo esse carinho da mesma maneira. Amo vocês.

Agradeço ao meu irmão e à minha cunhada, Fabrício e Lilian, por todo o apoio durante os anos em Curitiba. A chegada da minha sobrinha Giulia, que amo incondicionalmente, encheu minha vida de alegria e inspiração. A presença de vocês foi essencial para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Ao meu irmão e à minha cunhada, Gustavo e Ana Carolina, agradeço por me presentearem com o meu sobrinho Gabriel, que trouxe ainda mais amor à nossa família.

Ao meu irmão e melhor amigo, Alexandre, que está comigo em todos os momentos da minha vida e é minha maior inspiração. Você é, a pessoa mais importante da minha vida. Obrigada por todo o amor, apoio e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava. Nada disso seria possível sem você. Te amo.

À minha irmã Fernanda (in memoriam), sei que está sempre cuidando da nossa família.

Ao meu orientador, Professor Alex, por todo o conhecimento compartilhado, pelas oportunidades que transformaram minha trajetória e pelos conselhos, tanto profissionais quanto pessoais. Agradeço pelas conversas, pela paciência e por toda a confiança depositada em mim. Obrigada por tudo.

Às professoras Simone, Ananda e Chay, sou grata por todo o aprendizado que recebi de vocês. Vocês representam a força das mulheres na ciência e me inspiram a seguir esse caminho com orgulho e determinação.

Aos meus colegas do LEPNAN, por toda a ajuda, parceria e amizade durante o meu tempo de estágio e mestrado. Agradeço pelos aprendizados compartilhados, pelas risadas, pelos desafios superados juntos e por tornarem essa jornada muito mais leve. Aprendi muito com cada um de vocês e levarei comigo não só o conhecimento, mas também as memórias e a amizade construídas ao longo desse caminho. Um agradecimento muito especial à Ana,

minha maior companhia e amiga que o laboratório me presenteou. Ter te conhecido tornou essa caminhada muito melhor. Sua amizade foi, sem dúvida, um dos maiores presentes que o mestrado me trouxe.

Às meninas do LENUNCAN agradeço por cada conversa, cada troca de informação, pelos cafés, almoços e pela amizade que tornou os dias no laboratório muito melhores.

Ao João Vitor e à Nathany, que estão comigo há tantos anos e são como irmãos para mim. Não há palavras que expressem o quanto amo vocês e o quanto são importantes na minha vida. A amizade, o carinho e o apoio de vocês foram essenciais. Sou imensamente grata por cada momento compartilhado, por cada conversa, risada e abraço, vocês são, sem dúvida, os meus melhores amigos e uma parte de quem eu sou.

À Maria Joana, minha amiga que esteve comigo em tantos momentos sempre me fazendo rir, mesmo nos dias mais difíceis. Sua amizade é um presente enorme na minha vida, sou grata por todo apoio e pelos momentos que compartilhamos juntas.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A JBS e a Embrapa pelo fornecimento de insumos para a realização do insumo e apoia a pesquisa.

Aos animais, que com suas vidas possibilitaram a realização desta ciência. Que o conhecimento gerado aqui justifique sua contribuição. Meu eterno respeito e gratidão.

Obrigada a todos que estiveram presentes em minha formação acadêmica de alguma forma. Sou a soma de cada um que passou por minha vida.

*“The important thing is not to stop questioning. Curiosity has its own reason for existing.”*

**Albert Einstein**

## RESUMO

O processamento térmico da ração e a qualidade física do pelete são fatores importantes para a eficiência produtiva de frangos de corte. O momento de adição do óleo, pré ou pós-peletização, influencia diretamente a integridade do pelete e pode modular o desempenho e a composição de carcaça das aves. O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto da peletização e da adição de óleo pós-peletização sobre o desempenho zootécnico, a qualidade física dos peletes e as características de carcaça de frangos de corte. Aves de 18 a 39 dias foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos: dieta farelada (controle), peletizada com óleo na mistura, e peletizada com óleo aplicado após o processo, com 8 repetições de 25 animais cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando detectada diferença significativa ( $P<0,05$ ), as médias dos tratamentos peletizados foram comparadas à dieta farelada (controle) pelo teste de Dunnett, enquanto a dureza dos peletes foi comparada entre os tratamentos peletizados pelo teste t de Student, considerando um nível de significância de 5%. Os resultados indicaram diferença significativa ( $P<0,05$ ) para a dureza dos peletes, sendo o tratamento com óleo pós-peletização o que apresentou maior valor. No desempenho zootécnico, observou-se maior consumo de ração ( $P<0,05$ ) para a dieta pós-pelete entre 18 e 25 dias. No período de 18 a 32 dias, as aves alimentadas com as dietas peletizada e pós-pelete apresentaram maior ganho de peso ( $P<0,05$ ), e a dieta peletizada resultou em uma melhora significativa na conversão alimentar em comparação ao controle. No período total (18 a 39 dias), a principal vantagem foi na eficiência, com ambas as dietas, peletizada e pós-pelete, apresentando melhor conversão alimentar ( $P<0,001$ ) que a dieta farelada. Para o rendimento de carcaça, cortes, pH e peso relativo da moela, não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ). Na composição de carcaça, houve aumento no teor de proteína ( $P<0,05$ ) nas aves que receberam a dieta pós-pelete, sem alteração nos teores de gordura e umidade. Portanto, a peletização é superior à dieta farelada para o desempenho animal. Especificamente, a inclusão de óleo pós-peletização agrega valor ao processo ao melhorar a qualidade física do pelete e aumentar a retenção de proteína na carcaça.

**Palavras-chave:** aplicação de óleo pós-peletização; frangos de corte; peletização; qualidade do pelete.

## ABSTRACT

Thermal processing of feed and the physical quality of pellets are important factors influencing the productive efficiency of broiler chickens. The timing of oil addition, either before or after pelleting, directly affects pellet integrity and may modulate bird performance and carcass composition. The present study aimed to evaluate the impact of pelleting and post-pelleting oil application on growth performance, physical pellet quality, and carcass characteristics of broiler chickens. Birds from 18 to 39 days of age were distributed in a completely randomized design with three treatments: mash diet (control), pelleted diet with oil included in the mixture, and pelleted diet with oil applied after the process, with eight replicates of 25 birds each. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA). When a significant difference was detected ( $P<0.05$ ), means of the pelleted treatments were compared with the mash diet (control) using Dunnett's test, while pellet hardness was compared among the pelleted treatments using Student's t-test, at a 5% significance level. Results showed a significant difference ( $P<0.05$ ) for pellet hardness, with the post-pelleting oil treatment presenting the highest value. Regarding growth performance, higher feed intake ( $P<0.05$ ) was observed for the post-pelleting diet from 18 to 25 days. From 18 to 32 days, birds fed the pelleted and post-pelleting diets showed greater body weight gain ( $P<0.05$ ), and the pelleted diet resulted in a significant improvement in feed conversion compared with the control. Over the total period (18–39 days), the main advantage was in efficiency, with both pelleted and post-pelleting diets showing better feed conversion ( $P<0.001$ ) than the mash diet. No significant differences ( $P>0.05$ ) were observed for carcass yield, cuts, pH, or relative gizzard weight. Regarding carcass composition, birds fed the post-pelleting diet showed higher protein content ( $P<0.05$ ), with no changes in fat or moisture levels. Therefore, pelleting is superior to mash diets for animal performance. Specifically, post-pelleting oil inclusion adds value to the process by improving pellet physical quality and increasing carcass protein retention.

**Keywords:** broiler chickens; pelleting; post-pellet oil application; pellet quality.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição do delineamento experimental.....	36
Tabela 2 – Composição calculada (% da dieta) das dietas experimentais.....	37
Tabela 3 – Descrição dos resultados físicos dos tratamentos.....	38
Tabela 4 – Dureza dos peletes.....	42
Tabela 5 – Efeito dos diferentes processamentos no consumo médio de ração (CMR), ganho médio de peso (GMP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte. ....	43
Tabela 6 – Efeito dos diferentes processamentos da ração sobre o rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte. ....	43
Tabela 7 – Efeito dos diferentes processamentos da ração sobre a composição química da carcaça de frangos de corte. ....	44
Tabela 8 – Efeito dos diferentes processamentos da ração sobre o peso relativo e pH da moela .....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS**

% - Porcentagem  
°C – Graus Celcius  
µm - Micrometro  
CA - Conversão alimentar  
CMR - Consumo médio de ração  
GMP - Ganho médio de peso  
DGM – Diâmetro geométrico médio  
DPG – Desvio padrão geométrico  
PDI – Índice de durabilidade dos peletes  
NIR - Espectroscopia no infravermelho próximo  
kcal - Quilocalorias  
kg - Quilogramas  
kgf - Quilograma-força  
mg – Miligrama  
g – Gramas  
µg - Um milionésimo de grama  
ml - Mililitros  
mm – Milímetros  
pH – Potencial de hidrogênio  
t – Toneladas  
EPM – Erro padrão da média

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12	
2. CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....	14	
2.1. Processamento de rações.....	14	
2.2. Parâmetros de avaliação da qualidade de peletes.....	16	
2.3. Inclusão da fração lipídica.....	18	
2.4. Efeito do processo de peletização no desempenho de frangos de corte		
20		
REFERÊNCIAS.....	23	
CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA PELETIZAÇÃO E DA ADIÇÃO DE ÓLEO PÓS- PELETIZAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE.....		32
1.1. INTRODUÇÃO .....	34	
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	36	
1.2.1. Animais e instalações .....	36	
1.2.2. Delineamento experimental .....	36	
1.2.3. Dietas experimentais .....	37	
1.2.4. Variáveis analisadas .....	39	
1.2.5. Análise estatística .....	40	
1.3. RESULTADOS .....	42	
1.3.1. Dureza dos peletes .....	42	
1.3.2. Desempenho zootécnico.....	42	
1.3.3. Rendimento de carcaça .....	43	
1.3.4. Composição de carcaça.....	44	
1.3.5. pH e peso relativo da moela .....	44	
1.4. DISCUSSÃO .....	45	
1.5 CONCLUSÃO.....	49	
REFERÊNCIAS.....	50	

## 1. INTRODUÇÃO

A otimização da eficiência alimentar é um pilar da avicultura de corte moderna, e o processamento físico da ração consolida-se como uma das principais ferramentas para atingir esse objetivo. Dentre as tecnologias disponíveis, a peletização se destaca por seus múltiplos benefícios, que incluem a melhoria na densidade da dieta, a redução do desperdício nos comedouros e a diminuição da seleção de ingredientes pelas aves (Dias et al., 2025; Setiana et al., 2025). Adicionalmente, o tratamento hidrotérmico inerente ao processo eleva o valor nutricional da ração ao promover a gelatinização do amido e a desnaturação de proteínas, tornando-os mais acessíveis à digestão enzimática (Abdollahi et al., 2011; Amerah et al., 2007).

Contudo, a magnitude desses benefícios está diretamente condicionada à qualidade física do produto final. Um dos maiores desafios para a obtenção de peletes duráveis e íntegros está na inclusão da fração lipídica, essencial para atender à alta demanda energética das linhagens atuais. Quando o óleo é adicionado à mistura antes da prensagem, sua ação lubrificante reduz a fricção necessária para uma boa compactação, o que resulta em peletes mais frágeis e com maior geração de finos (Bastiaansen et al., 2025a; Keysuke Muramatsu et al., 2015; Mohammadi Ghasem Abadi et al., 2019a). A aplicação de óleo pós-peletização surge como uma solução eficaz, não apenas por preservar a integridade física do pelete, mas também por proteger os lipídios da degradação térmica (Zimonja et al., 2007) e por estimular o consumo (Lundblad et al., 2009).

Embora os efeitos do processamento da ração sobre o desempenho zootécnico sejam bem documentados, seu impacto sobre o rendimento e a composição da carcaça é menos claro. Sabe-se que tanto a peletização quanto a técnica de adição de óleo influenciam diretamente a qualidade física do pelete. Essa qualidade, por sua vez, está associada à eficiência digestiva, com potencial para otimizar a deposição proteica (Abu, 2023), e ao balanço energético geral da ave, o que pode modificar a deposição de gordura corporal (Latshaw & Moritz, 2009). Compreender essa interação é fundamental para otimizar não apenas o crescimento, mas a qualidade do produto final.

Diante do exposto, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar como a forma de processamento da ração (farelada vs. peletizada) e o ponto de adição do óleo (pré vs. pós-peletização) impactam o desempenho, o rendimento e a composição química da carcaça de frangos de corte.

## 2. CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Processamento de rações

O processamento térmico das rações tem um impacto direto na digestibilidade dos nutrientes e energia, no comportamento alimentar e, consequentemente, no desempenho dos frangos de corte. Atualmente são utilizadas duas formas físicas de ração, a farelada e a peletizada.

A ração farelada, caracterizada pela sua forma simples e granular, é amplamente utilizada devido ao baixo custo de produção. No entanto, estudos indicam que, apesar de seu baixo custo, a ração farelada pode resultar em maiores desperdícios de alimento, pois as partículas menores podem ser derrubadas facilmente durante a apreensão da ração. A ração farelada também tende a ser menos eficiente na digestão e absorção de nutrientes e energia, pois o tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal é menor, comprometendo a absorção dos nutrientes (Abu, 2023; Hernandez et al., 2025; Lv et al., 2015).

A peletização, por sua vez, apresenta uma série de vantagens. Ao compactar a ração em formato cilíndrico, o processo de peletização melhora o consumo da ração, por facilitar a ingestão e reduz os desperdícios. Como as partículas são compactadas, a ração se torna mais densa, o que permite uma melhor utilização dos nutrientes e energia (Marx et al., 2021). O calor, a umidade e a pressão aplicados durante a peletização promovem a gelatinização do amido e a alteração das estruturas das proteínas, facilitando a ação das enzimas digestivas e otimizando a absorção de carboidratos e aminoácidos pelas aves (Cui et al., 2024; Ebbing et al., 2022a; Lancheros et al., 2020).

No entanto, a peletização pode apresentar desvantagens. O principal problema é o custo elevado do processo, já que ele exige um consumo significativo de energia elétrica (Park et al., 2025). Do ponto de vista nutricional, o calor excessivo, a pressão e a umidade aplicados durante a condicionamento e peletização podem levar a perdas de nutrientes.

O calor pode desencadear a Reação de Maillard, uma complexa interação entre aminoácidos, especialmente a lisina, e açúcares redutores presentes nos ingredientes. Essa reação torna a lisina nutricionalmente indisponível para a ave, um prejuízo considerável, visto que a lisina é frequentemente o primeiro

aminoácido limitante em dietas para frangos de corte. Além disso, vitaminas termolábeis, como a vitamina C, algumas do complexo B e as lipossolúveis (A, D, E, K), são particularmente vulneráveis à degradação oxidativa. Da mesma forma, aditivos sensíveis ao calor, como enzimas exógenas (fitases, xilanases) e probióticos, podem ser desnaturados e inativados, perdendo sua eficácia e anulando o investimento em sua adição. Essas perdas cumulativas diminuem a qualidade nutricional da ração e podem exigir a superfortificação de ingredientes para compensar a degradação, impactando o custo final (Alabi & Adedokun, 2025; Silveira et al., 2010; Wang et al., 2022).

A peletização é o processo de aglutinar pequenas partículas em maiores, usando calor, vapor e pressão (Falk, 1985). A massa de ração farelada passa por orifícios em uma matriz metálica, resultando em pellets mais densos que a ração original (Ziggers, 2003). Esse processo envolve equipamentos como rosca alimentadora, condicionador, retentor e prensa peletizadora. A rosca alimentadora controla o volume de ração direcionado ao condicionador e impede que o vapor escape. O tratamento térmico começa no condicionador, onde o vapor saturado adiciona umidade e calor, tornando a massa mais compactável (Froetschner, 2006; Schorrijen, 2005). A temperatura da ração normalmente sobe de 11 a 16 °C para cada 10 g/kg de umidade adicionada (Froetschner, 2006). Caso necessário, pode-se adicionar água no misturador ou no condicionador. Após o condicionador, o retentor prolonga a exposição da ração ao vapor, aumentando a gelatinização do amido e reduzindo a carga microbiológica (Lara et al., 2008). Estudos indicam que o condicionamento a 65 e 78 °C pode aumentar a produção de pellets em até 275% em relação ao condicionamento a frio (Skoch et al., 1981), além de melhorar o Índice de Durabilidade de Peletes (PDI). A prensa peletizadora é composta pela matriz e pelos rolos, sendo que os rolos forçam a ração pelos orifícios da matriz, formando os pellets. A força dos rolos precisa ser maior que a resistência da matriz para compactar a ração corretamente. O aumento de temperatura na matriz não deve exceder 15 °C, caso contrário, parte da energia será desperdiçada como calor de fricção (Kulig & Laskowski, 2008).

## 2.2. Parâmetros de avaliação da qualidade de peletes

A qualidade física do pelete é definida como a capacidade do pelete de resistir à fragmentação e à abrasão durante o manuseio mecânico e pneumático, como ensacamento, armazenamento e transporte, sem se desintegrar, chegando aos comedouros sem gerar uma alta proporção de finos (Amin & Sobhi, 2023; Burin Junior et al., 2019a). A quebra dos peletes pode ocorrer por dois fenômenos: fragmentação e abrasão. A fragmentação envolve a quebra dos peletes em partículas menores e finos na área de fratura, enquanto a abrasão ocorre nas bordas ou irregularidades da superfície das partículas (Kong et al., 2024). A qualidade física dos peletes pode ser avaliada por meio dos parâmetros de durabilidade e dureza.

Os peletes estão sujeitos à abrasão desde o momento em que são fabricados até o momento em que são ingeridos pelas aves, resultando na formação de finos na ração. O teste de durabilidade do pelete determina a proporção de peletes intactos que permanecem após estarem expostos a estresses de atrito mecânico ou pneumático, como ocorre durante o transporte, armazenamento e manuseio (Thomas & van der Poel, 1996). Uma maior durabilidade indica que os peletes têm maior probabilidade de permanecer intactos até o momento da alimentação, garantindo maior aproveitamento pelas aves.

A qualidade dos peletes é geralmente definida por meio do índice de durabilidade do pelete (PDI) (ASAE, 1997). Esse índice de durabilidade pode ser determinado utilizando o dispositivo Pfost tumbling can, conforme descrito no procedimento de Pfost (1963). Nesse teste, a durabilidade é medida induzindo a formação de finos por meio da ação abrasiva dos peletes, que se atritam entre si e contra as paredes do tambor. Durante o teste, as amostras de peletes são peneiradas previamente para remover os finos e, em seguida, a amostra é submetida à agitação. Após o teste, as amostras são novamente peneiradas e a quantidade de peletes intactos é determinada. O índice de durabilidade do pelete (PDI) é calculado como a razão entre o peso dos peletes intactos após o teste e o peso total inicial.

Outro teste amplamente utilizado para medir a durabilidade dos peletes é o teste Holmen, também conhecido como teste de resistência pneumática (Thomas & van der Poel, 1996), utilizado em fábricas de ração. Nesse teste, uma

amostra de 100 g de peletes peneirados é colocada em uma corrente de ar. Durante um tempo (entre 30 e 120 segundos), o ar e os peletes circulam em tubulações de 90°, colidindo repetidamente com superfícies duras. Após o ciclo de teste, a amostra é peneirada novamente em uma peneira com aberturas de aproximadamente 80% do diâmetro do pelete. O PDI é então expresso como a razão entre o peso dos peletes que não passaram pela peneira após o teste e o peso inicial da amostra. Uma outra ferramenta utilizada para medir a durabilidade dos peletes é o LignoTester. Nesse equipamento, uma amostra de 100 g de peletes é rapidamente circulada em uma corrente de ar dentro de uma câmara perfurada. À medida que os finos são gerados, eles são continuamente removidos pelas perfurações da câmara. Após o teste, o peso dos peletes remanescentes é medido, fornecendo uma leitura imediata do PDI (Winowiski, 1998).

Embora o PDI seja um parâmetro fundamental, outra medida relevante da qualidade do pelete é a dureza. O teste de dureza avalia a resistência do pelete à quebra por pressão durante o armazenamento, especialmente em silos. A dureza é determinada utilizando equipamentos que medem a força necessária para romper um pelete. O dispositivo mais utilizado na indústria para esse fim é o Kahl, no qual um pelete é colocado entre duas barras, e a força necessária para quebrá-lo é medida com o aumento da pressão aplicada por uma mola (Thomas & van der Poel, 1996). Outros equipamentos que podem ser usados para medir dureza incluem o Schleuniger, o Pendulum test, o Instron, o Kramer shear press (Thomas & van der Poel, 1996) e o Texture Analyser (Svihus et al., 2004).

Embora o aumento do PDI e da dureza dos peletes tenha sido amplamente observado devido a modificações no processo de peletização, como aumento da temperatura de condicionamento (Abdollahi et al., 2010, 2011, 2012), adição de aglutinantes e/ou umidade e aumento do diâmetro e comprimento dos peletes (Abdollahi et al., 2013), uma análise mais detalhada mostra que, em muitos estudos, o aumento na dureza foi mais pronunciado do que no PDI. Isso leva à hipótese de que o efeito dos diferentes tratamentos na capacidade dos peletes de resistirem à fragmentação (dureza) é mais expressivo do que na resistência à abrasão (PDI) (Thomas & van der Poel, 1996).

Portanto, os efeitos positivos de certas manipulações, que aumentam a dureza dos peletes, podem não ser reconhecidos quando o PDI é o único parâmetro de avaliação utilizado. Em estudo recente (Supriadi et al., 2021), foi observada relação entre o índice de durabilidade (PDI) e a dureza dos peletes, demonstrando que dureza e durabilidade nem sempre se correlacionam de modo absoluto, ou seja, peletes com PDI similar podem apresentar diferentes resistências mecânicas.

Todo o processo de produção de rações afeta diretamente a qualidade final dos peletes, desde a formulação, moagem e mistura, até o resfriamento e transporte. É amplamente reconhecido que quanto mais fina for a moagem dos ingredientes antes da peletização, maior será a qualidade dos peletes, sendo que essa qualidade também é influenciada pelo tamanho dos furos nas peneiras do moinho (Svihus et al., 2024). O uso de partículas menores no processo de peletização, obtidas por moagem, prensagem ou amassamento, melhora os resultados zootécnicos dos animais que consomem a ração. A redução do tamanho das partículas aumenta a área superficial em relação ao volume, o que amplia o contato entre as partículas. Isso resulta em um aumento nas forças de adesão entre as partículas (como pontes de hidrogênio, forças de Van der Waals e interações dipolo-dipolo), uma maior capilaridade entre as fases sólido-líquido do pelete e uma melhor penetração de calor e umidade no centro da partícula, diminuindo o tempo necessário para o tratamento térmico (Chewning et al., 2012; Oliveira et al., 2022).

### 2.3. Inclusão da fração lipídica

Os lipídios são uma fonte concentrada de energia e têm um papel essencial na absorção de vitaminas lipossolúveis, além de contribuírem para a integridade das membranas celulares e a regulação dos processos metabólicos. No entanto, a forma e o momento de inclusão dos lipídios na ração têm um impacto significativo sobre a qualidade do pelete e o desempenho das aves (Leeson & Summers, 2009).

A adição de lipídios antes da peletização pode ser prejudicial, pois o calor gerado durante o processo de peletização pode causar a oxidação dos lipídios, resultando na perda de ácidos graxos essenciais e outros compostos bioativos importantes para as aves. A oxidação dos lipídios reduz suas propriedades

nutricionais, como o valor energético, prejudicando a eficiência alimentar (Kerr et al., 2015). Além disso, a inclusão de grandes quantidades de gordura antes da peletização pode afetar a qualidade dos peletes. A gordura atua como um lubrificante, facilitando a passagem da ração pela matriz peletizadora. Contudo, isso diminui a compactação da ração, resultando em peletes mais frágeis (Schramm et al., 2015). Peletes frágeis são mais suscetíveis à quebra durante o manuseio e o transporte, o que resulta em maior formação de finos. Os finos, por sua vez, não são bem aproveitados pelas aves e podem gerar desperdício Moritz et al. (2002).

Além disso, a gordura adicionada antes da peletização pode dificultar a penetração do vapor e da umidade nas partículas da ração, criando uma camada de encapsulamento que impede a gelatinização do amido e afeta a adesão das partículas, o que compromete ainda mais a qualidade dos peletes Bastiaansen et al. (2025b e Muramatsu et al. (2014). Esse processo de encapsulamento impede que a estrutura da ração se desagregue adequadamente, dificultando a digestão e absorção dos nutrientes pelas aves. Portanto, a inclusão de lipídios antes da peletização deve ser cuidadosamente controlada, pois níveis excessivos de gordura podem reduzir a qualidade física dos peletes e diminuir a eficiência da digestão Catalá-Gregori et al. (2009a e Ebbing et al. (2022b).

A inclusão de gordura na formulação de rações destinadas à peletização deve ser restrita a um máximo de 0,5 a 1,0% quando o objetivo é obter um alto percentual de peletes íntegros Muramatsu et al. (2007). Moritz et al., 2002 investigaram dois níveis de adição de óleo de soja (30 e 65 g/kg) em dietas para frangos de corte e verificaram que o índice de durabilidade do pelete (PDI) reduziu de 81,6% para 62,1% com o aumento da gordura incorporada, ao elevar a inclusão de óleo de 3,0% para 6,5%.

Por outro lado, a inclusão lipídica após a peletização tem mostrado ser mais eficaz. Quando os lipídios são adicionados após o processo de peletização, eles não são expostos ao calor, o que preserva suas propriedades nutricionais. Isso garante que os lipídios permaneçam eficazes como fonte de energia e como facilitadores na absorção de vitaminas lipossolúveis pelas aves. Além disso, a gordura adicionada após a peletização não interfere na compactação dos peletes, o que resulta em peletes mais duráveis e menos suscetíveis à quebra.

A adição de lipídios pós-peletização também oferece maior flexibilidade na formulação das dietas, permitindo incluir níveis mais elevados de gordura sem comprometer a qualidade dos peletes. Além disso, a gordura aplicada após a peletização pode melhorar a digestibilidade da ração, pois ela cria uma camada que pode facilitar a ingestão do alimento, reduzindo a formação de pó e melhorando a eficiência da ingestão pelas aves Schramm et al. (2015).

#### 2.4. Efeito do processo de peletização no desempenho de frangos de corte

O desempenho de frangos de corte é afetado por diversos fatores, sendo o tipo de ração, o método de processamento e a inclusão lipídica alguns dos mais influentes. Estudos, como o realizado por Massuquetto et al. (2020) demonstram que a peletização tem um impacto significativo no desempenho zootécnico das aves, promovendo melhorias na conversão alimentar, no ganho de peso e na eficiência geral da alimentação. Isso ocorre porque as rações peletizadas têm maior homogeneidade e são mais palatáveis, o que facilita a ingestão e melhora a eficiência do consumo. Além disso, o processo de peletização contribui para uma melhor digestibilidade dos nutrientes, o que aumenta a absorção de carboidratos e proteínas pelas aves.

Pesquisas indicam que dietas peletizadas são associadas a um aumento no consumo de ração e a uma melhoria na conversão alimentar, em comparação com dietas fareladas (Abdollahi, Ravindran, & Svhuis, 2013a). A compactação das partículas durante a peletização facilita a ingestão, reduzindo o tempo gasto pelas aves para consumir a ração. Isso resulta em um maior aproveitamento dos nutrientes, o que contribui para o aumento do ganho de peso e a eficiência alimentar. Além disso, a maior homogeneidade da ração peletizada favorece a ingestão constante e eficiente de alimento, o que, por sua vez, melhora os índices de desempenho (Abdollahi, Ravindran, & Svhuis, 2013a; Freitas et al., 2008; López et al., 2007).

O tamanho das partículas é um elemento chave na regulação do consumo alimentar das aves, que tendem a preferir partículas maiores em comparação às menores Moran (1982 e Nir et al. (1994 e Nir; Ptichi (2001 e Schiffman (1969). Essa preferência está diretamente ligada à sua anatomia visual; a posição lateral dos olhos cria um campo binocular estreito, focado para a frente e para baixo,

que é otimizado para guiar o bico na apreensão de alvos maiores e mais distintos Martin (2007). O controle da ingestão de ração ocorre através de um sistema de mecanorreceptores localizados na ranfoteca superior e inferior do bico Gentle; Breward (1986). À medida que as aves envelhecem, elas preferem partículas de maior tamanho, o que provavelmente está relacionado ao tamanho do bico Ghasemi-Aghgonbad et al. (2024). O processo de peletização modifica a estrutura física da ração, permitindo a oferta de partículas de tamanho uniforme, o que diminui a seletividade durante a ingestão do alimento e facilita o consumo da ração Svhuis et al. (2025). O maior consumo de dietas peletizadas está relacionado à maior facilidade das aves em apreender a ração Burin Junior et al. (2019b). Em um estudo de Meinerz et al. (2001), realizado com frangos de corte de 21 a 42 dias de idade, a quantidade de ração peletizada foi ajustada para igualar o consumo de ração farelada. Os resultados indicaram que, quando o consumo foi igualado, o desempenho foi semelhante, mesmo com restrição alimentar. Os autores concluíram que o principal efeito da peletização é proporcionar uma maior ingestão, facilitando a apreensão da ração pelas aves.

Quando a gordura é adicionada na quantidade certa e no momento correto, ela pode melhorar a conversão alimentar e a eficiência energética das aves. A inclusão de lipídios após a peletização, como mencionado anteriormente, mantém as propriedades nutricionais da gordura, evitando a degradação durante o processo térmico e promovendo uma melhor utilização da energia fornecida pela dieta Hamungalu et al. (2020 e Pope et al. (2018). Além disso, a adição pós-peletização de lipídios melhora a absorção de vitaminas lipossolúveis e outros nutrientes essenciais, resultando em um desempenho mais eficiente e melhorado Moritz et al. (2002).

O impacto da qualidade dos peletes também é evidente. A durabilidade dos peletes, medida pelo índice de durabilidade do pelete (PDI), é um parâmetro importante, pois um PDI alto indica que os peletes são resistentes à quebra. Peletes frágeis resultam em mais finos, o que diminui a eficiência da ração e pode aumentar o desperdício. Quando a qualidade dos peletes é mantida, as aves consomem mais ração integral e aproveitam melhor os nutrientes, o que se traduz em um desempenho melhorado. Estudos demonstram que a durabilidade dos peletes está diretamente relacionada ao processo de peletização e ao

controle dos parâmetros de temperatura, umidade e pressão durante a produção dos peletes Rueda et al. (2022 e Teixeira Netto et al. (2019).

## 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, n. 3–4, p. 193–203, 2013.
- 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, n. 3–4, p. 106–115, 2010.
- 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, n. 1–2, p. 88–99, 2011.
- 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, n. 3–4, p. 150–157, 2012.
- ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T. J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D. V. The effect of manipulation of pellet size (diameter and length) on pellet quality and performance, apparent metabolisable energy and ileal nutrient digestibility in broilers fed maize-based diets. **Animal Production Science**, v. 53, n. 2, p. 114, 2013.
- ABU, M. H. , A. O. J. , J. E. Z. Pellet Versus Marsh: Assessing the Impact of Feed Forms on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Carcass Characteristics and Health of Broiler Chickens – A Review. **Nigerian Journal of Animal Science and Technology**, v. 6, 2023.

ALABI, T.; ADEDOKUN, S. Amino Acid Nutrition in Poultry: A Review. **Animals**, v. 15, n. 22, p. 3323, 2025.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 63, n. 3, p. 439–455, 2007.

AMIN, S. A. S.; SOBHI, N. Process optimization in poultry feed mill. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 9897, 2023.

**ASAE. Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Materials by Sieving.** 1997.

BASTIAANSEN, T. M. M.; VERGE-MÈRIDA, G.; BENDERS, R. T.; et al. The lubricating effect of fats on pellet manufacturing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 326, p. 116390, 2025a.

BASTIAANSEN, T. M. M.; VERGE-MÈRIDA, G.; BENDERS, R. T.; et al. The lubricating effect of fats on pellet manufacturing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 326, p. 116390, 2025b.

BURIN JUNIOR, A. M.; BORDIGNON, H. L. F.; PASA, C. L. B.; et al. Effect of Pelletized Diets and the Proportion of Fines on Performance of Broilers Raised in High-Density Conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 1, p. 52–62, 2019a.

BURIN JUNIOR, A. M.; BORDIGNON, H. L. F.; PASA, C. L. B.; et al. Effect of Pelletized Diets and the Proportion of Fines on Performance of Broilers Raised in High-Density Conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 1, p. 52–62, 2019b.

CATALÁ-GREGORI, P.; GARCÍA, V.; MADRID, J.; ORENGO, J.; HERNÁNDEZ, F. Inclusion of Dried Bakery Product in High Fat Broiler Diets: Effect on Pellet Quality, Performance, Nutrient Digestibility and Organ Weights. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, n. 5, p. 686–693, 2009.

CHEWNING, C. G.; STARK, C. R.; BRAKE, J. Effects of particle size and feed form on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 4, p. 830–837, 2012.

CUI, W. G.; XUE, J. J.; LIU, Z. L.; et al. Effects of feed conditioning temperature on pellet quality, growth performance, intestinal development and blood parameters of geese from 1 to 28 d of age. **Poultry Science**, v. 103, n. 8, p. 103849, 2024.

DIAS, I. DE C.; IZABEL VIEIRA, V.; BRITTO DOI, A. C.; et al. Impact of the physical structure of feed on performance, diet digestibility, and macroscopic anatomical changes in the oropharyngeal cavity of broilers. **Archives of Veterinary Science**, v. 30, n. 4, 2025.

EBBING, M. A.; YACOUBI, N.; NARANJO, V.; SITZMANN, W.; GIERUS, M. Influence of Expander Conditioning Prior to Pelleting on Pellet Quality, Broiler Digestibility and Performance at Constant Amino Acids Composition while Decreasing AMEN. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3126, 2022a.

EBBING, M. A.; YACOUBI, N.; NARANJO, V.; SITZMANN, W.; GIERUS, M. Influence of Expander Conditioning Prior to Pelleting on Pellet Quality, Broiler Digestibility and Performance at Constant Amino Acids Composition while Decreasing AMEN. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3126, 2022b.

FALK, D. Feed Manufacturing Technology III. **American Feed Industry Association**, 1985.

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 Technology**, v. 10, p. 12–15, 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.

GHASEMI-AGHGONBAD, A.; OLYAYEE, M.; JANMOHAMMADI, H.; ABDOLLAHI, M. R.; KIANFAR, R. The Interactive Impacts of Corn Particle Size and Conditioning Temperature on Performance, Carcass Traits, and Intestinal Morphology of Broiler Chickens. **Animals**, v. 14, n. 5, p. 818, 2024.

HAMUNGALU, O.; ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Performance response of broilers to feeding pelleted diets is influenced by dietary nutrient density. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114613, 2020.

HERNANDEZ, J. R.; GULIZIA, J. P.; VARGAS, J. I.; et al. Effect of feed form, energy level, and conditioning temperature on broiler performance, feed wastage, and nutrient digestibility from 1 to 21 days-of-age. **Journal of Applied Poultry Research**, p. 100641, 2025.

KERR, B. J.; KELLNER, T. A.; SHURSON, G. C. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 30, 2015.

KEYSUKE MURAMATSU; ANDRÉIA MASSUQUETTO; FABIANO DAHLKE; ALEX MAIORKA. Factors that Affect Pellet Quality: A Review. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, v. 5, n. 9, 2015.

KONG, X.; CAO, Q.; NIU, Z. Experimental Research on Breakage Characteristics of Feed Pellets under Different Loading Methods. **Agriculture**, v. 14, n. 8, p. 1401, 2024.

KULIG, R.; LASKOWSKI, J. **EFFECT OF CONDITIONING PARAMETERS ON PELLET TEMPERATURE AND ENERGY CONSUMPTION IN THE PROCESS OF PLANT MATERIAL PRESSING.** .

LANCHEROS, J. P.; ESPINOSA, C. D.; STEIN, H. H. Effects of particle size reduction, pelleting, and extrusion on the nutritional value of ingredients and diets

fed to pigs: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114603, 2020.

LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; ROCHA, J. S. R.; et al. 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.

LATSHAW, J. D.; MORITZ, J. S. The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. **Poultry Science**, v. 88, n. 1, p. 98–105, 2009. Poultry Science Association.

LEESON, STEVE.; SUMMERS, J. D. . **Commercial Poultry Nutrition**. Nottingham University Press, Independent Publishers Group [distributor], 2009.

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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1006–1013, 2007.

LUNDBLAD, K. K.; HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C.; et al. 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, n. 3–4, p. 295–302, 2009.

LV, M.; YAN, L.; WANG, Z.; et al. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 3, p. 252–256, 2015.

MARTIN, G. R. Visual fields and their functions in birds. **Journal of Ornithology**, v. 148, n. S2, p. 547–562, 2007.

MARX, F. DE O.; PANISSON, J. C.; ALMEIDA, L. M. DE; et al. Performance of broilers fed mash or pelleted diets containing different soybean meal particle sizes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021.

MASSUQUETTO, A.; PANISSON, J. C.; SCHRAMM, V. G.; et al. Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. **Animal**, v. 14, n. 6, p. 1139–1146, 2020.

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; PENZ JR, A. M.; KESSLER, A. DE 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, n. 6 suppl, p. 2026–2032, 2001.

MOHAMMADI GHASEM ABADI, M. H.; MORAVEJ, H.; SHIVAZAD, M.; KARIMI TORSHIZI, M. A.; KIM, W. K. Effect of different types and levels of fat addition and pellet binders on physical pellet quality of broiler feeds. **Poultry Science**, v. 98, n. 10, p. 4745–4754, 2019.

MORAN, E. T. Comparative nutrition of fowl & swine the gastrointestinal systems. **Guelph, Ontário, Canada: University of Guelph**, 1982.

MORITZ, J. S.; WILSON, K. J.; CRAMER, K. R.; et al. Effect of Formulation Density, Moisture, and Surfactant on Feed Manufacturing, Pellet Quality, and Broiler Performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 2, p. 155–163, 2002.

MURAMATSU, K.; MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; LOPES, A.; PASCHE, M. Impact of particle size, thermal processing, fat inclusion, and moisture addition on starch gelatinization of broiler feeds. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 16, n. 4, p. 367–374, 2014.

MURAMATSU, K.; MAIORKA, A.; VACCARI, I. C. M.; et al. Impact of Particle Size, Thermal Processing, Fat Inclusion and Moisture Addition on Pellet Quality and Protein Solubility of Broiler Feeds . : **Journal of Agricultural Science and Technology**, 2007.

NIR, I.; PTICHI, I. Feed Particle Size and Hardness: Influence on Performance, Nutritional, Behavioral and Metabolic Aspects. **Advances in Nutritional Technology 2001**. p.157–186, 2001. Brill | Wageningen Academic.

NIR, I.; SHEFET, G.; AARONI, Y. Effect of Particle Size on Performance. **Poultry Science**, v. 73, n. 1, p. 45–49, 1994.

OLIVEIRA, L.; SILVA, P.; SILVA, M.; et al. Effect of Moisture, Particle Size and Thermal Processing of Feeds on Broiler Production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 24, n. 4, 2022.

PARK, J. H.; KIM, H.; KIM, I. H. Comparative Study of Feed Form Effects on Productive Performance, Egg Quality and Nutrient Utilization in Laying Hens. **Animals**, v. 15, n. 23, p. 3420, 2025.

POPE, J. T.; BRAKE, J.; FAHRENHOLZ, A. C. Post-pellet liquid application fat disproportionately coats fines and affects mixed-sex broiler live performance from 16 to 42 d of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, n. 1, p. 124–131, 2018.

RUEDA, M.; RUBIO, A. A.; STARKEY, C. W.; MUSSINI, F.; PACHECO, W. J. Effect of conditioning temperature on pellet quality, performance, nutrient digestibility, and processing yield of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 31, n. 2, p. 100235, 2022.

SCHIFFMAN, H. R. Texture preference and acuity in the domestic chick. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v. 67, n. 4, p. 462–464, 1969.

SCHOROIJEN, H. Correct conditioning assures proficient pelleting. **Feed Tech**, v. 9, 2005.

SCHRAMM, V. G.; NATEL, J. C. C.; PANISSON, J. C.; et al. Post-Pellet Oil Levels on Diet Physical Quality. Proceedings of the Latin American Trade Fair for the Poultry and Swine Industry. **Anais...**, 2015.

SETIANA, I.; NAHROWI, N.; SUMIATI, S.; SUBEKTI, S. The Improvement of Broiler Performance with Modification of Particle Size and Palm Kernel Meal Levels. **Tropical Animal Science Journal**, v. 48, n. 2, p. 139–147, 2025.

SILVEIRA, M. H. D. DA; ZANUSSO, J. T.; ROSSI, P.; et al. EFEITO DA PELETIZAÇÃO EM DIETAS CONTENDO COMPLEXO ENZIMÁTICO PARA FRANGOS DE CORTE. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, 2010.

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, n. 1, p. 83–90, 1981.

SUPRIADI, W. J.; AMAL, I.; MUSTABI, J.; SYAMSU, J. A.; LATIEF, M. F. Relationship between pellet durability index and hardness of pellet with various binder for broiler finisher phase. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 788, n. 1, p. 012061, 2021.

SVIHUS, B.; ABDOLLAHI, M. R.; WAMSLEY, K. G. S.; PACHECO, W.; HETLAND, H. Structural architecture of pelleted broiler diets: A comprehensive narrative review of key factors for an optimized macro- and microstructure. **Poultry Science**, v. 104, n. 9, p. 105478, 2025.

SVIHUS, B.; KLØVSTAD, K. H.; PEREZ, V.; et al. Physical and 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, n. 3–4, p. 281–293, 2004.

SVIHUS, B.; STORKÅS, C. G.; NETELAND, M. K.; et al. Effect of grinding and pellet dimensions on performance, digestive tract functionality and feeding behavior of broiler chickens fed diets based on wheat and maize. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 33, n. 2, p. 100413, 2024.

TEIXEIRA NETTO, M. V.; MASSUQUETTO, A.; KRABBE, E. L.; et al. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 4, p. 963–973, 2019.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 61, n. 1–4, p. 89–112, 1996.

WANG, H.; LI, L.; ZHANG, N.; ZHANG, T.; MA, Y. Effects of Pelleting and Long-Term High-Temperature Stabilization on Vitamin Retention in Swine Feed. **Animals**, v. 12, n. 9, p. 1058, 2022.

WINOWISKI, T. Examining a new concept in measuring pellet quality: which test is best. **Feed Management**, 1998.

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

ZIMONJA, O.; STEVNEBØ, A.; SVIHUS, B. Nutritional value of diets for broiler chickens as affected by fat source, amylose level and diet processing. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 553–562, 2007.

## **CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA PELETIZAÇÃO E DA ADIÇÃO DE ÓLEO PÓS-PELETIZAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA DE FRANGOS DE CORTE**

Impact of pelleting and post-pelleting oil addition on the performance and carcass characteristics of broilers

### **RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto da peletização e da adição de óleo pós-peletização sobre o desempenho zootécnico, a qualidade física dos peletes e as características de carcaça de frangos de corte. Aves de 18 a 39 dias foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos: dieta farelada (controle), peletizada com óleo na mistura, e peletizada com óleo aplicado após o processo, com 8 repetições de 25 animais cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando detectada diferença significativa ( $P<0,05$ ), as médias dos tratamentos peletizados foram comparadas à dieta farelada (controle) pelo teste de Dunnett, enquanto a dureza dos peletes foi comparada entre os tratamentos peletizados pelo teste t de Student, considerando um nível de significância de 5%. Os resultados indicaram diferença significativa ( $P<0,05$ ) para a dureza dos peletes, sendo o tratamento com óleo pós-peletização o que apresentou maior valor. No desempenho zootécnico, observou-se maior consumo de ração ( $P<0,05$ ) para a dieta pós-pelete entre 18 e 25 dias. No período de 18 a 32 dias, as aves alimentadas com as dietas peletizada e pós-pelete apresentaram maior ganho de peso ( $P<0,05$ ), e a dieta peletizada resultou em uma melhora significativa na conversão alimentar em comparação ao controle. No período total (18 a 39 dias), a principal vantagem foi na eficiência, com ambas as dietas, peletizada e pós-pelete, apresentando melhor conversão alimentar ( $P<0,001$ ) que a dieta farelada. Para o rendimento de carcaça, cortes, pH e peso relativo da moela, não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ). Na composição de carcaça, houve aumento no teor de proteína ( $P<0,05$ ) nas aves que receberam a dieta pós-pelete, sem alteração nos teores de gordura e umidade. Portanto, a peletização é superior à dieta farelada para o desempenho animal. Especificamente, a inclusão de óleo pós-peletização agrega valor ao processo ao melhorar a qualidade física do pelete e aumentar a retenção de proteína na carcaça.

**Palavras-chave:** Frangos de corte; Peletização; Aplicação de óleo pós-pelete; Qualidade do pelete.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the impact of pelleting and post-pelleting oil application on growth performance, physical pellet quality, and carcass characteristics of broiler chickens. Birds from 18 to 39 days of age were allocated in a completely randomized design with three treatments: mash diet (control), pelleted diet with oil included in the mixture, and pelleted diet with oil applied after the process, with eight replicates of 25 birds each. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA). When a significant difference was detected ( $P<0.05$ ), means of the pelleted treatments were compared with the mash diet (control) using Dunnett's test, while pellet hardness was compared among the pelleted treatments using Student's t-test, at a 5% significance level. Results showed a significant difference ( $P<0.05$ ) for pellet hardness, with the post-pelleting oil treatment presenting the highest value. Regarding growth performance, higher feed intake ( $P<0.05$ ) was observed for the post-pelleting diet from 18 to 25 days. From 18 to 32 days, birds fed the pelleted and post-pelleting diets showed greater body weight gain ( $P<0.05$ ), and the pelleted diet resulted in a significant improvement in feed conversion compared with the control. Over the total period (18–39 days), the main advantage was in efficiency, with both pelleted and post-pelleting diets showing better feed conversion ( $P<0.001$ ) than the mash diet. No significant differences ( $P>0.05$ ) were observed for carcass yield, cuts, pH, or relative gizzard weight. Regarding carcass composition, birds fed the post-pelleting diet showed higher protein content ( $P<0.05$ ), with no changes in fat or moisture levels. Therefore, pelleting is superior to mash diets for animal performance. Specifically, post-pelleting oil inclusion adds value to the process by improving pellet physical quality and increasing carcass protein retention.

**Keywords:** Broiler chickens; Pelleting; Post-pellet oil application; Pellet quality.

## 1.1. INTRODUÇÃO

A forma física das rações exerce papel determinante sobre a eficiência alimentar e o desempenho produtivo de frangos de corte. Dentre os métodos utilizados, a peletização destaca-se por promover melhorias na densidade aparente, homogeneidade e redução da segregação dos ingredientes, além de reduzir o desperdício durante o consumo (Meurer et al., 2008; Mohammadi Ghasem Abadi et al., 2019b). Esse processo térmico e mecânico aumenta a digestibilidade dos nutrientes pela gelatinização parcial do amido e desnaturação de proteínas, favorecendo a atuação das enzimas digestivas (Abdollahi et al., 2011; Amerah et al., 2007). Entretanto, o grau de benefício depende diretamente da qualidade física do pelete obtido.

O momento de adição da fração lipídica durante a fabricação e o processamento da ração tem influência direta sobre as características de qualidade de pelete. Quando os lipídios são adicionados antes da peletização, atuam como lubrificantes na matriz da prensa, reduzindo a fricção e a temperatura do processo, o que pode diminuir a compactação e, consequentemente, a dureza e o PDI do pelete (Bastiaansen et al., 2025c; Ebbing et al., 2022c). Por outro lado, a adição de óleo após a peletização, geralmente por aspersão, pode evitar a degradação térmica dos lipídios e aditivos termo-sensíveis (Pope et al., 2018). Além disso, o revestimento superficial promovido por essa prática pode reduzir a poeira e melhorar a aparência e a atratividade da ração, estimulando o consumo (Lundblad et al., 2009).

Diversos estudos relatam que a peletização melhora o desempenho zootécnico de frangos de corte, especialmente o ganho de peso e a conversão alimentar (Dias et al., 2025; Hamungalu et al., 2020; Marx et al., 2021). Isso ocorre porque a forma peletizada reduz o gasto energético com apreensão e seleção de partículas, aumenta a densidade calórica da dieta e potencializa a digestibilidade dos nutrientes. Entretanto, as respostas podem variar conforme o tipo de ingrediente, a granulometria, a temperatura de condicionamento e o ponto de adição do óleo (Abdollahi, Ravindran, & Svhuis, 2013a; Amerah et al., 2007).

Embora os benefícios do processamento da ração sobre o desempenho zootécnico já estejam bem estabelecidos, seu impacto específico sobre a

composição da carcaça ainda carece de elucidação. A inclusão de óleo e o processo de peletização alteram diretamente a qualidade física do pelete (dureza e durabilidade). Nesse contexto, a hipótese central é que a qualidade física do alimento modula o gasto energético da ave durante a ingestão, peletes de melhor qualidade reduzem o desperdício e o esforço físico, alterando a partição da energia metabolizável. Consequentemente, essa mudança no balanço energético pode redirecionar os nutrientes para uma maior deposição de proteína ou de gordura na carcaça (Latshaw & Moritz, 2009).

Dessa forma, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o impacto da forma de processamento da ração e do ponto de adição da fração lipídica sobre o desempenho, o rendimento e a composição química da carcaça de frangos de corte.

## 1.2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais realizados para obtenção dos dados desta pesquisa foram previamente submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná (065/2024).

### 1.2.1. ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Foram utilizados 600 frangos de corte machos da linhagem comercial Ross, oriundos de incubatório comercial de 1 a 39 dias de idade. As aves foram alojadas em galpão de pressão negativa, em boxes de 1,65 m de comprimento e 1,25 m de largura, sobre cama de maravalha, com 5 cm de altura em média, equipados com comedouro tubular e bebedouro tipo nipple. O aquecimento do galpão foi realizado por meio de fornalha automática alimentada com peletes de madeira.

Os animais receberam água e ração *ad libitum*. O manejo de temperatura e o programa de luz seguiram rigorosamente as recomendações do manual da linhagem. Já a renovação de ar foi realizada mecanicamente por meio de exaustores, visando manter a qualidade do ambiente e o conforto térmico. Diariamente, foi verificada a temperatura e a mortalidade das aves, sendo anotado a data e o peso corporal para posterior cálculo de mortalidade.

### 1.2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado composto por três tratamentos descritos na Tabela 1, as aves foram avaliadas dos 18 aos 39 dias de idade e cada tratamento foi constituído por 8 repetições de 25 aves cada.

Tabela 1 – Descrição do delineamento experimental.

Tratamentos	Forma Física	Óleo no Misturador (Pré-Peletização)	Óleo Aspargido (Pós-Peletização)	Óleo Total na Formulação
T1	Farelada	3,34%	0,00%	3,34%
T2	Peletizada	3,34%	0,00%	3,34%
T3	Peletizada	0,50%	2,84%	3,34%

### 1.2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 2) com diâmetro geométrico médio (DGM) de 1000 µm, diferindo apenas na forma de processamento e no momento da adição da fração lipídica (Tabela 1). O experimento teve início aos 18 dias de idade e se estendeu até os 39 dias. Para mitigar os efeitos da transição de forma física, todas as aves foram submetidas a uma fase de adaptação da dieta experimental, recebendo a dieta inicial na forma física correspondente ao seu tratamento final (farelada ou peletizada triturada).

Tabela 2 – Composição calculada (% da dieta) das dietas experimentais.

<b>Ingredientes</b>	<b>Valores, %</b>
Milho grão	64,659
Farelo de soja 46	28,260
Óleo de soja	3,340
Calcário fino	1,360
Fosfato monocálcico 22%	0,703
Sulfato de sódio	0,280
Premix*	0,360
DL metionina 99%	0,256
Lisina HCl 99	0,248
Sal granulado iodado	0,206
Treonina 98.5%	0,164
Cloreto colina líq. 75%	0,084
Sulfato de cobre 25%	0,080
<b>Composição química</b>	
Energia metabolizável, kcal	3100
Proteína bruta, %	20,149
Extrato etéreo, %	5,654
Matéria mineral, %	5,150
Fibra bruta, %	2,387
Cálcio disponível, %	0,849
P disponível %	0,420
NaCl, %	0,204
Cloro, %	0,230
Potássio, %	0,800
Lisina, %	1,204
Metionina, %	0,558

MET+CIS, %	0,909
Treonina, %	0,907
Triptofano, %	0,229

\*Suplemento por kg da dieta: Vit. A 9.000 UI; Vit. D3 3.375 UI; Vit. E 55,5 UI; Vit. K3 5,6 mg; Vit. B1 2,25 mg; Vit. B2 6,0 mg; Vit. B6 3,75 mg; Vit. B12 18 mcg; Ácido Pantoténico 14,9 mg; Niacina 45,0 mg; Ácido Fólico 1,5 mg; Biotina 0,18 mg; Selênio 0,38 mg; Manganês 98,2 mg; Iodo 1,06 mg; Ferro 44,0 mg; Cobre 216 mg; Zinco 88,0 mg.

A produção das rações peletizadas foi realizada utilizando uma peletizadora a vapor (Modelo G9, Andritz, Graz, Áustria), equipada com um motor de 242 hp e uma anel de diâmetro de 4,5 mm. O processo de condicionamento envolveu a aplicação de vapor saturado, resultando em uma temperatura de 84°C e pressão de 1 bar, com um tempo de retenção de 10 segundos. Após o processo de peletização as dietas foram secas e resfriadas a temperatura média de 35,7°C. Para o tratamento com óleo pós-peletização, a adição do óleo de soja (2,84%) foi realizada por aspersão sobre os peletes após o processo de resfriamento.

Para a determinação do índice de durabilidade dos peletes (PDI), foi utilizado um dispositivo de PDI composto por cinco caixas giratórias. Amostras das rações peletizadas dos tratamentos T2 e T3 (500 g por amostra), que haviam sido retidas em uma peneira de 2,7 mm antes do teste, foram colocadas nas caixas. As amostras foram submetidas a 50 rotações por minuto durante 10 minutos. Após o teste de durabilidade, as amostras foram novamente peneiradas em uma peneira de 2,7 mm por aproximadamente 30 segundos para remoção dos finos e dos peletes quebrados. O PDI foi calculado utilizando a seguinte fórmula e expresso em porcentagem:

$$PDI (\%) = \frac{Peso da amostra após o teste (g)}{Peso da amostra antes do teste (g)} \times 100$$

Tabela 3 – Descrição dos resultados físicos dos tratamentos.

Tratamentos	PDI %	% Finos
Farelada	-	-
Peletizada	59,8	67,4
Pós-pelete <sup>1</sup>	84,0	38,7

<sup>1</sup>Ração peletizada com adição de óleo pós-peletização

## 1.2.4. VARIÁVEIS ANALISADAS

### 1.2.4.1. ANÁLISE DUREZA DOS PELETES

A dureza dos peletes foi determinada individualmente em durômetro digital (modelo 298 DGP, Nova Ética®, Vargem Grande Paulista, SP, Brasil). Foram selecionados 25 peletes íntegros de forma aleatória. Cada pelete foi posicionado entre as superfícies de compressão do aparelho e submetido à aplicação contínua de força até o ponto de ruptura, momento em que o valor máximo de força foi registrado em quilograma-força (kgf).

### 1.2.4.2. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

A avaliação do desempenho zootécnico foi realizada em intervalos semanais, aos 18, 25, 32 e 39 dias de idade. Em cada período, os animais foram pesados por unidade experimental para a determinação do peso corporal e cálculo do ganho médio de peso (GMP). Simultaneamente, a ração fornecida e as sobras foram pesadas para quantificar o consumo médio de ração (CMR). A conversão alimentar (CA) foi calculada pela razão entre o CMR e o GMP, com a correção para o peso das aves mortas em cada período.

### 1.2.4.3. RENDIMENTO DE CARCAÇA

Aos 39 dias de idade, duas aves por unidade experimental foram escolhidas aleatoriamente e identificadas. Previamente ao abate, essas aves foram submetidas a um jejum de sólidos de 8 horas (mantendo-se o acesso à água). Posteriormente, realizou-se a eutanásia por meio de eletronarcose, seguida de exsanguinação para garantir a morte humanitária e a completa remoção do sangue. Após a sangria, as aves foram depenadas, evisceradas e as carcaças limpas foram pesadas para determinação do peso de carcaça. A gordura abdominal, compreendendo a gordura ao redor da moela, cloaca e bursa de Fabricius, foi cuidadosamente removida e pesada separadamente. Posteriormente, as carcaças foram seccionadas para obtenção dos principais cortes comerciais (peito, coxa e sobrecoxa), os quais também foram pesados individualmente. Os rendimentos de carcaça e dos respectivos cortes foram expressos em relação ao peso vivo da ave antes do abate.

#### 1.2.4.4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARCAÇA

Após as medições de rendimento, as carcaças inteiras, incluindo vísceras (sem conteúdo), cabeça e pés, foram congeladas e posteriormente moídas em moedor de carne industrial para obtenção de amostras homogêneas destinadas à análise de composição química. As amostras foram retiradas do freezer para descongelamento parcial e homogeneizadas. A determinação da composição química foi realizada por leitura em equipamento NIR System 6500 (Silver Spring, MD, USA), utilizando célula coarse e região de espectro de 400 à 2500 nm. O software ISIMenu versão 3,10 foi utilizado para estabelecer os modelos quimométricos, para estimar os teores de proteína bruta, gordura total e umidade das amostras.

#### 1.2.4.5. pH E PESO RELATIVO DA MOELA

A avaliação do peso e do pH da moela foi realizada aos 42 dias de idade, utilizando uma ave por repetição. Diferentemente do restante do lote, estas aves não foram submetidas ao jejum pré-abate, visando assegurar a presença de conteúdo gástrico (digesta) indispensável para a aferição correta do pH. O animal foi pesado e subsequentemente eutanasiado para a coleta. A moela foi removida da carcaça, e a gordura envolta (perimoelar) e o conteúdo do seu interior foram retirados. A mensuração do pH do conteúdo foi realizada imediatamente após a coleta, utilizando um pHmetro digital Starter 300 pH (OHAUS®). O eletrodo do equipamento foi inserido em cada amostra e a leitura do pH foi registrada após a estabilização da medida. Para evitar contaminação cruzada, o eletrodo foi lavado com água deionizada e seco com papel absorvente descartável a cada troca de amostra. Em seguida, a moela foi lavada e seca com papel toalha para pesagem. O peso da moela foi expresso como uma porcentagem do peso corporal para determinar o peso relativo da moela (PRM).

#### 1.2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos a identificação e remoção de valores discrepantes (outliers), garantindo a normalidade e homocedasticidade dos resíduos. Posteriormente, a normalidade da distribuição dos dados foi avaliada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Para os parâmetros de

desempenho, rendimento de carcaça, cortes, peso relativo dos órgãos e composição química (T1, T2 e T3) os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) para testar o efeito dos tratamentos. Quando o teste F foi significativo ( $P<0.05$ ), as médias dos tratamentos peletizados (T2 e T3) foram comparadas com o tratamento controle (T1 - ração farelada) utilizando o Teste de Dunnett ao nível de 5% de significância. O parâmetro dureza dos peletes, por envolver apenas dois tratamentos comparáveis, foi analisado separadamente. As médias de dureza foram comparadas utilizando o Teste t de Student para amostras independentes, com um nível de significância de 5%. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o software R versão 4.4.0 (R Core TEAM, 2024), com o auxílio de pacotes específicos.

## 1.3. RESULTADOS

### 1.3.1. DUREZA DOS PELETES

Para os resultados de dureza, foi encontrado diferença estatística ( $P<0,05$ ) entre os processamentos utilizados no estudo, onde o pelete com adição de óleo após a peletização foi mais duro (Tabela 4).

Tabela 4 – Dureza dos peletes.

Análise	Pelete	Pós-pelete <sup>1</sup>
Dureza (kgf) <sup>1</sup>	2,92	3,72
EPM	0,22	0,22
P-valor		<0,05

<sup>1</sup>Ração peletizada com adição de óleo pós-peletização.

<sup>2</sup>Teste t de Student.

EPM- erro padrão da média.

### 1.3.2. DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Os resultados de desempenho de frangos de corte alimentados com ração com dietas submetidas a diferentes formas físicas e processamentos estão apresentados na Tabela 5.

No período de 18 a 25 dias de idade, observou-se um efeito significativo dos tratamentos sobre o consumo médio de ração (CMR) ( $p<0,05$ ). As aves que consumiram a ração pós-pelete (991 g) apresentaram um consumo superior ao grupo controle (Farelada, 951 g). Para o ganho médio de peso (GMP) e a conversão alimentar (CA), não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) nesta fase.

Na avaliação do período de 18 a 32 dias, não houve diferença para o CMR ( $p>0,05$ ). No entanto, um efeito significativo foi verificado para o GMP ( $p<0,05$ ) e a CA ( $p=0,001$ ). As aves alimentadas com as rações Peletizada (1719 g) e Pós-pelete (1729 g) obtiveram maior ganho de peso em comparação ao controle farelada (1624 g). A conversão alimentar do grupo Peletizada (1,315) foi significativamente melhor que a do grupo Farelada (1,391).

Considerando o período total de 18 a 39 dias, não houve diferença estatística para CMR e GMP ( $p>0,05$ ). Contudo, o efeito sobre a conversão alimentar foi significativo ( $p=0,001$ ). Os tratamentos peletizado (1,430) e pós-pelete (1,437) proporcionaram melhor conversão alimentar quando comparados ao tratamento farelado (1,472).

Tabela 5 – Efeito dos diferentes processamentos no consumo médio de ração (CMR), ganho médio de peso (GMP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte.

	Farelada	Peletizada	Pós-pelete <sup>1</sup>	EPM	<i>p</i> -valor
<b>18 a 25 dias</b>					
CMR, g	951	950	<b>991*</b>	7,6	<b>0,035</b>
GMP, g	723	743	766	8,7	0,136
CA, g/g	1,317	1,282	1,295	0,010	0,381
<b>18 a 32 dias</b>					
CMR, g	2260	2259	2302	11,6	0,233
GMP, g	1624	<b>1719*</b>	<b>1729*</b>	16,0	<b>0,007</b>
CA, g/g	1,391	<b>1,315*</b>	1,333	0,010	<b>0,001</b>
<b>18 a 39 dias</b>					
CMR, g	3848	3780	3833	16,0	0,191
GMP, g	2616	2644	2668	14,2	0,342
CA, g/g	1,472	<b>1,430*</b>	<b>1,437*</b>	0,006	<b>0,001</b>

<sup>1</sup>Ração peletizada com adição de óleo pós-peletização.

EPM- Erro Padrão da Média.

\*A diferença entre o tratamento e o controle é significativa

### 1.3.3. RENDIMENTO DE CARCAÇA

Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para o rendimento de carcaça, coxa/sobrecoxa, gordura abdominal e asa entre as diferentes formas físicas e processamentos da ração (farelada, peletizada e pós-pelete) (Tabela 6).

Observou-se um efeito marginalmente significativo para o rendimento de peito ( $P=0,061$ ), indicando que as aves alimentadas com rações peletizada e pós-pelete apresentaram leve incremento no rendimento dessa fração em comparação às aves alimentadas com dieta farelada. Apesar disso, os valores permaneceram próximos, sugerindo que a forma física e o processamento da ração não influenciaram de forma expressiva a composição de carcaça dos frangos de corte.

Tabela 6 – Efeito dos diferentes processamentos da ração sobre o rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte.

	Farelada	Peletizada	Pós-pelete <sup>1</sup>	EPM	<i>p</i> -valor
Carcaça (%)	78	78	78	0,22	0,800
Peito (%)	31	32	32	0,28	0,061
Coxa/Sobre (%)	23	23	22	0,21	0,738
Gordura visceral (%)	1,3	1,3	1,3	0,04	0,938

<sup>1</sup>Ração peletizada com adição de óleo pós-peletização.

EPM- Erro Padrão da Média.

### 1.3.4. COMPOSIÇÃO DE CARCAÇA

As aves alimentadas com a dieta pós-pelete apresentaram maior teor de proteína em comparação àquelas alimentadas com as rações farelada e peletizada, indicando possível melhoria na deposição proteica associada a esse processamento (Tabela 7). Já para gordura e umidade, não foram verificadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos.

Tabela 7 – Efeito dos diferentes processamentos da ração sobre a composição química da carcaça de frangos de corte.

	Farelada	Peletizada	Pós-pelete <sup>1</sup>	EPM	<i>p</i> -valor
Proteína (%)	17,86	18,14	<b>19,11*</b>	0,38	<b>0,021</b>
Gordura (%)	12,22	13,27	12,1	0,14	0,078
Umidade (%)	69,52	69,34	68,52	0,37	0,317

<sup>1</sup>Ração peletizada com adição de óleo pós-peletização.

EPM- Erro Padrão da Média.

### 1.3.5. pH E PESO RELATIVO DA MOELA

Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para o pH, peso e o peso relativo da moela (PRM) de frangos de corte alimentados com rações submetidas a diferentes processamentos físicos (farelada, peletizada, expandida e pós-pelete) (Tabela 8).

Tabela 8 – Efeito dos diferentes processamentos da ração sobre o peso relativo e pH da moela

	Farelada	Peletizada	Pós-pelete <sup>1</sup>	EPM	<i>p</i> -valor
pH	3,1	3,2	3,1	0,06	0,933
Peso, g	49,4	45,0	48,8	0,95	0,125
PRM (% de PC)	1,21	1,13	1,14	0,02	0,193

<sup>1</sup>Ração peletizada com adição de óleo pós-peletização.

EPM- Erro Padrão da Média.

PRM- Peso Relativo da Moela.

PC- Peso Corporal.

## 1.4. DISCUSSÃO

Os resultados de dureza dos peletes mostraram um aumento quando a adição de óleo é realizada após a peletização, indicando maior integridade estrutural. O mesmo resultado foi encontrado no trabalho realizado por Catalá-Gregori et al. (2009b). O PDI mais alto encontrado no tratamento com óleo aspergido pós-peletização sugere que esses peletes têm uma maior capacidade de resistir a estresses mecânicos e pneumáticos durante o transporte e o manuseio, o que é desejável para minimizar perdas de material e garantir a eficiência alimentar (McKinney & Teeter, 2004b). Simultaneamente, a porcentagem de finos foi reduzida (Tabela 1), o que reforça a conclusão de que esses peletes mantiveram sua estrutura mais íntegra durante o processo e apresentaram menos fragmentação, resultando em uma melhor qualidade física.

A redução de finos na ração é benéfica, pois esses ingredientes desagregados não são eficientemente consumidos pelas aves, o que pode afetar negativamente o desempenho das aves. O aumento do PDI com óleo aspergido pós-peletização, aliado à menor porcentagem de finos, indicou uma maior resistência física dos peletes. Na literatura, essa melhor qualidade física é frequentemente associada a um potencial favorecimento do consumo e da digestibilidade (Lowe, 2005; Mina-Boac et al., 2006).

A melhora significativa na conversão alimentar das aves que receberam dietas peletizadas, em comparação com a dieta farelada, foi o principal resultado que corrobora a hipótese de que a forma física e o processamento da ração aliado ao momento da adição lipídica podem influenciar o desempenho zootécnico de frangos de corte. A principal constatação foi a superioridade da conversão alimentar das dietas peletizadas em relação à dieta farelada, um efeito consistente com a literatura (Massuquetto et al., 2018; Teixeira Netto et al., 2019). O efeito mais notável foi observado na conversão alimentar (CA) durante o período total (18 a 39 dias), onde ambas as dietas processadas (peletizada e pós-pelete) se mostraram mais eficientes que o controle. Fisiologicamente, essa melhora é atribuída a uma interação complexa de fatores. Primeiramente, o processo hidrotérmico da peletização promove a gelatinização do amido, rompendo sua estrutura cristalina e aumentando a superfície de contato para a ação da amilase pancreática no lúmen intestinal. Isso resulta em

uma maior taxa de hidrólise de polissacarídeos em oligossacarídeos e glicose, otimizando a absorção de energia (Abdollahi, Ravindran, & Svhuis, 2013; Moritz et al., 2003; Skoch et al., 1981). Simultaneamente, a desnaturação térmica de proteínas expõe novos sítios de clivagem para proteases como a tripsina e a quimotripsina, elevando a digestibilidade dos aminoácidos (Camire et al., 1990; Thomas et al., 1998; Voragem et al., 1995). Em segundo lugar, a forma física do pelete reduz o gasto energético associado à apreensão e ao consumo do alimento. A ave consome peletes com menos movimentoscefálicos e menor atividade de seleção de partículas e faz menos visitas ao comedouro em comparação com a dieta farelada, resultando em um menor gasto energético para manutenção e, consequentemente, em um maior balanço energético líquido que pode ser direcionado para a deposição tecidual (Salahshour et al., 2023).

O maior ganho médio de peso (GMP) dos tratamentos peletizados no período de 18 a 32 dias reflete a maior eficiência dessas dietas em promover a deposição tecidual. A ausência de diferença no período total (18 a 39 dias) sugere que, embora as aves do grupo controle tenham tido uma taxa de crescimento inicial menor, elas foram capazes de atingir um peso corporal final similar ao dos demais grupos. Isso indica que a vantagem da peletização esteve em antecipar o ganho de peso, otimizando a curva de crescimento, e não em alterar o peso final das aves (Gous, 2010). Essa dinâmica é particularmente estratégica para a produção de frangos tipo griller. Como essa categoria é abatida precocemente (geralmente próximo aos 32 dias), o animal não dispõe de tempo hábil para expressar o crescimento compensatório observado no grupo controle. Portanto, para o griller, a vantagem obtida com a peletização entre o 18º e o 32º dia não é apenas uma antecipação, mas um ganho efetivo de peso final ao momento do abate

Um achado específico e relevante foi o aumento do consumo médio de ração (CMR) pelo grupo pós-pelete na fase inicial (18 a 25 dias). A explicação mais plausível para este fato reside na maior integridade física da ração, conforme observado nos parâmetros de qualidade dos peletes. A aplicação de óleo na superfície reduziu a formação de finos e aumentou a durabilidade, permitindo uma apreensão mais eficiente pelo bico da ave. Isso resulta em um maior consumo em um menor espaço de tempo (Perez, 2001; Y. Li et al., 2003).

O principal efeito dos tratamentos na composição de carcaça foi o maior teor de proteína observado nas aves alimentadas com a ração peletizada com adição de óleo pós-peletização. Esse resultado pode ser explicado pela partição da energia metabolizável, que é diretamente influenciada pelo consumo diário de energia. Segundo Latshaw & Moritz (2009), quando o consumo de energia por dia aumenta, uma proporção maior da energia metabolizável é direcionada para a produção (deposição de tecidos) em detrimento da manutenção. Assim, é provável que o maior aporte energético proporcionado pelo tratamento pós-peletização no presente estudo tenha resultado em um balanço energético mais favorável para a síntese proteica, explicando o maior acúmulo de proteína na carcaça.

Além disso, a maior dureza observada nos peletes do tratamento pós-peletização (Tabela 4) promove um maior estímulo mecânico na moela. A necessidade de maior moagem mecânica não só contribui para o desenvolvimento do órgão, mas também otimiza sua função como marcapasso digestivo. Ao regular a liberação da digesta para o duodeno, a moela aumenta o tempo de retenção do alimento no trato digestório superior, o que maximiza a ação das enzimas e a subsequente absorção de aminoácidos (Svihus, 2011).

A ausência de diferença significativa na conversão alimentar entre a dieta peletizada e a pós-pelete no período total sugere que, do ponto de vista da eficiência energética, ambos os métodos de processamento foram equivalentes. No entanto, os resultados reportados sobre a maior dureza dos peletes e o aumento do teor de proteína na carcaça para o tratamento pós-pelete indicam que essa técnica pode oferecer vantagens secundárias. Uma maior dureza do pelete pode estimular a atividade da moela, otimizando a motilidade gástrica e o refluxo duodenal, o que pode modular sutilmente a digestão e o perfil de absorção de nutrientes, favorecendo uma maior deposição proteica em detrimento da lipídica (Zaefarian et al., 2016). Portanto, a peletização melhora a eficiência alimentar de frangos de corte por meio da otimização do consumo e da redução do custo energético da alimentação. Somado a isso, a aplicação de óleo pós-peletização contribuiu para a manutenção da integridade física da ração, fator determinante para o estímulo ao consumo inicial.

O pH da moela não apresentou variação significativa entre os grupos, assim como encontrado nos trabalhos de Dahlke, et al. (2002), e Nir et al. (1995).

O pH da moela está relacionado com a atividade enzimática e o ambiente necessário para a digestão eficaz (Macari & Maiorka, 2017), e como não houve diferença significativa entre os tratamentos, isso pode indicar que as condições de pH foram adequadas para a digestão independentemente do tipo de ração fornecida.

Não foi observada diferença significativa ( $P>0,05$ ) no peso relativo da moela entre os tratamentos. Este resultado diverge de alguns estudos que relatam um aumento no órgão em resposta a dietas com maior desafio mecânico, como as fareladas ou com partículas mais grosseiras (Dahlke et al., 2002; Nir et al., 1995).

## 1.5 CONCLUSÃO

A peletização da ração, independentemente do momento de adição do óleo, foi eficaz em melhorar a conversão alimentar de frangos de corte no período de 18 a 39 dias, confirmando ser uma estratégia superior à dieta farelada para otimizar a eficiência produtiva. A adição de óleo pós-peletização demonstrou vantagens específicas, como o aumento da dureza dos peletes e um maior teor de proteína na carcaça, sem prejudicar o rendimento. Conclui-se, portanto, que a forma física e o processamento da ração melhoram o desempenho zootécnico, e a técnica de aplicação de óleo pós-pelete se apresenta como uma alternativa viável que pode agregar benefícios à qualidade física da ração e à composição da carcaça das aves.

## 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, n. 3–4, p. 193–203, 2013.
- 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, n. 3–4, p. 106–115, 2010.
- 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, n. 1–2, p. 88–99, 2011.
- 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, n. 3–4, p. 150–157, 2012.
- ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T. J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D. V. The effect of manipulation of pellet size (diameter and length) on pellet quality and performance, apparent metabolisable energy and ileal nutrient digestibility in broilers fed maize-based diets. **Animal Production Science**, v. 53, n. 2, p. 114, 2013.
- ABU, M. H. , A. O. J. , J. E. Z. Pellet Versus Marsh: Assessing the Impact of Feed Forms on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Carcass Characteristics and Health of Broiler Chickens – A Review. **Nigerian Journal of Animal Science and Technology**, v. 6, 2023.

ALABI, T.; ADEDOKUN, S. Amino Acid Nutrition in Poultry: A Review. **Animals**, v. 15, n. 22, p. 3323, 2025.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 63, n. 3, p. 439–455, 2007.

AMIN, S. A. S.; SOBHI, N. Process optimization in poultry feed mill. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 9897, 2023.

**ASAE. Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Materials by Sieving.** 1997.

BASTIAANSEN, T. M. M.; VERGE-MÈRIDA, G.; BENDERS, R. T.; et al. The lubricating effect of fats on pellet manufacturing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 326, p. 116390, 2025a.

BASTIAANSEN, T. M. M.; VERGE-MÈRIDA, G.; BENDERS, R. T.; et al. The lubricating effect of fats on pellet manufacturing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 326, p. 116390, 2025b.

BASTIAANSEN, T. M. M.; VERGE-MÈRIDA, G.; BENDERS, R. T.; et al. The lubricating effect of fats on pellet manufacturing. **Animal Feed Science and Technology**, v. 326, p. 116390, 2025c.

BURIN JUNIOR, A. M.; BORDIGNON, H. L. F.; PASA, C. L. B.; et al. Effect of Pelletized Diets and the Proportion of Fines on Performance of Broilers Raised in High-Density Conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 1, p. 52–62, 2019a.

BURIN JUNIOR, A. M.; BORDIGNON, H. L. F.; PASA, C. L. B.; et al. Effect of Pelletized Diets and the Proportion of Fines on Performance of Broilers Raised in High-Density Conditions. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 1, p. 52–62, 2019b.

CATALÁ-GREGORI, P.; GARCÍA, V.; MADRID, J.; ORENGO, J.; HERNÁNDEZ, F. Inclusion of Dried Bakery Product in High Fat Broiler Diets: Effect on Pellet

Quality, Performance, Nutrient Digestibility and Organ Weights. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, n. 5, p. 686–693, 2009a.

CATALÁ-GREGORI, P.; GARCÍA, V.; MADRID, J.; ORENGO, J.; HERNÁNDEZ, F. Inclusion of Dried Bakery Product in High Fat Broiler Diets: Effect on Pellet Quality, Performance, Nutrient Digestibility and Organ Weights. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 22, n. 5, p. 686–693, 2009b.

CHEWNING, C. G.; STARK, C. R.; BRAKE, J. Effects of particle size and feed form on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 4, p. 830–837, 2012.

CUI, W. G.; XUE, J. J.; LIU, Z. L.; et al. Effects of feed conditioning temperature on pellet quality, growth performance, intestinal development and blood parameters of geese from 1 to 28 d of age. **Poultry Science**, v. 103, n. 8, p. 103849, 2024.

DAHLKE FABIANO; MAIORKA ALEX. **Brazilian Journal of Poultry Science Revista Brasileira de Ciência Avícola Effects of Corn Particle Size and Physical Form of the Diet on the Gastrointestinal Structures of Broiler Chickens**. 2002.

DIAS, I. DE C.; IZABEL VIEIRA, V.; BRITTO DOI, A. C.; et al. Impact of the physical structure of feed on performance, diet digestibility, and macroscopic anatomical changes in the oropharyngeal cavity of broilers. **Archives of Veterinary Science**, v. 30, n. 4, 2025.

EBBING, M. A.; YACOUBI, N.; NARANJO, V.; SITZMANN, W.; GIERUS, M. Influence of Expander Conditioning Prior to Pelleting on Pellet Quality, Broiler Digestibility and Performance at Constant Amino Acids Composition while Decreasing AMEN. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3126, 2022a.

EBBING, M. A.; YACOUBI, N.; NARANJO, V.; SITZMANN, W.; GIERUS, M. Influence of Expander Conditioning Prior to Pelleting on Pellet Quality, Broiler Digestibility and Performance at Constant Amino Acids Composition while Decreasing AMEN. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3126, 2022b.

EBBING, M. A.; YACOUBI, N.; NARANJO, V.; SITZMANN, W.; GIERUS, M. Influence of Expander Conditioning Prior to Pelleting on Pellet Quality, Broiler Digestibility and Performance at Constant Amino Acids Composition while Decreasing AMEN. **Animals**, v. 12, n. 22, p. 3126, 2022c.

FALK,D.Feed Manufacturing Technology III.**American Feed Industry Association**, 1985.

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 Technology**, v. 10, p. 12–15, 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.

GHASEMI-AGHGONBAD, A.; OLYAYEE, M.; JANMOHAMMADI, H.; ABDOLLAHI, M. R.; KIANFAR, R. The Interactive Impacts of Corn Particle Size and Conditioning Temperature on Performance, Carcass Traits, and Intestinal Morphology of Broiler Chickens. **Animals**, v. 14, n. 5, p. 818, 2024.

GOUS, R. M. Nutritional limitations on growth and development in poultry. **Livestock Science**, v. 130, n. 1–3, p. 25–32, 2010.

HAMUNGALU, O.; ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Performance response of broilers to feeding pelleted diets is influenced by dietary nutrient density. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114613, 2020.

HERNANDEZ, J. R.; GULIZIA, J. P.; VARGAS, J. I.; et al. Effect of feed form, energy level, and conditioning temperature on broiler performance, feed wastage, and nutrient digestibility from 1 to 21 days-of-age. **Journal of Applied Poultry Research**, p. 100641, 2025.

KERR, B. J.; KELLNER, T. A.; SHURSON, G. C. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 30, 2015.

KEYSUKE MURAMATSU; ANDRÉIA MASSUQUETTO; FABIANO DAHLKE; ALEX MAIORKA. Factors that Affect Pellet Quality: A Review. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, v. 5, n. 9, 2015.

KONG, X.; CAO, Q.; NIU, Z. Experimental Research on Breakage Characteristics of Feed Pellets under Different Loading Methods. **Agriculture**, v. 14, n. 8, p. 1401, 2024.

KULIG, R.; LASKOWSKI, J. **EFFECT OF CONDITIONING PARAMETERS ON PELLET TEMPERATURE AND ENERGY CONSUMPTION IN THE PROCESS OF PLANT MATERIAL PRESSING.** .

LANCHEROS, J. P.; ESPINOSA, C. D.; STEIN, H. H. Effects of particle size reduction, pelleting, and extrusion on the nutritional value of ingredients and diets fed to pigs: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114603, 2020.

LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; ROCHA, J. S. R.; et al. 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.

LATSHAW, J. D.; MORITZ, J. S. The partitioning of metabolizable energy by broiler chickens. **Poultry Science**, v. 88, n. 1, p. 98–105, 2009. Poultry Science Association.

LEESON, STEVE.; SUMMERS, J. D. . **Commercial Poultry Nutrition**. Nottingham University Press, Independent Publishers Group [distributor], 2009.

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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1006–1013, 2007.

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

LUNDBLAD, K. K.; HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C.; et al. 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, n. 3–4, p. 295–302, 2009.

LV, M.; YAN, L.; WANG, Z.; et al. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. **Animal Nutrition**, v. 1, n. 3, p. 252–256, 2015.

MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 2017.

MARTIN, G. R. Visual fields and their functions in birds. **Journal of Ornithology**, v. 148, n. S2, p. 547–562, 2007.

MARX, F. DE O.; PANISSON, J. C.; ALMEIDA, L. M. DE; et al. Performance of broilers fed mash or pelleted diets containing different soybean meal particle sizes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021.

MASSUQUETTO, A.; PANISSON, J. C.; SCHRAMM, V. G.; et al. Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. **Animal**, v. 14, n. 6, p. 1139–1146, 2020.

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, n. 7, p. 1165–1174, 2004.

MEINERZ, C.; RIBEIRO, A. M. L.; PENZ JR, A. M.; KESSLER, A. DE 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, n. 6 suppl, p. 2026–2032, 2001.

MEURER, R. F. P.; FÁVERO, A.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A. AVALIAÇÃO DE RAÇÕES PELETIZADAS PARA FRANGOS DE CORTE. **Archives of Veterinary Science**, v. 13, n. 3, 2008.

MINA-BOAC, R. J.; MAGHIRANG, G.; CASADA, M. E. Durability and Breakage of Feed Pellets during Repeated Elevator Handling. 2006 Portland, Oregon, July 9-12, 2006. **Anais...** , 2006. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

MOHAMMADI GHASEM ABADI, M. H.; MORAVEJ, H.; SHIVAZAD, M.; KARIMI TORSHIZI, M. A.; KIM, W. K. Effects of feed form and particle size, and pellet binder on performance, digestive tract parameters, intestinal morphology, and cecal microflora populations in broilers. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1432–1440, 2019a.

MOHAMMADI GHASEM ABADI, M. H.; MORAVEJ, H.; SHIVAZAD, M.; KARIMI TORSHIZI, M. A.; KIM, W. K. Effect of different types and levels of fat addition and pellet binders on physical pellet quality of broiler feeds. **Poultry Science**, v. 98, n. 10, p. 4745–4754, 2019b.

MORAN, E. T. Comparative nutrition of fowl & swine the gastrointestinal systems. **Guelph, Ontário, Canada: University of Guelph**, 1982.

MORITZ, J. S.; WILSON, K. J.; CRAMER, K. R.; et al. Effect of Formulation Density, Moisture, and Surfactant on Feed Manufacturing, Pellet Quality, and Broiler Performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 2, p. 155–163, 2002.

MURAMATSU, K.; MAIORKA, A.; DAHLKE, F.; LOPES, A.; PASCHE, M. Impact of particle size, thermal processing, fat inclusion, and moisture addition on starch gelatinization of broiler feeds. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 16, n. 4, p. 367–374, 2014.

MURAMATSU, K.; MAIORKA, A.; VACCARI, I. C. M.; et al. Impact of Particle Size, Thermal Processing, Fat Inclusion and Moisture Addition on Pellet Quality and Protein Solubility of Broiler Feeds . : **Journal of Agricultural Science and Technology**, 2007.

NIR, I.; HILLEL, R.; PTICHI, I.; SHEFET, G. Effect of Particle Size on Performance. **Poultry Science**, v. 74, n. 5, p. 771–783, 1995.

NIR, I.; PTICHI, I. Feed Particle Size and Hardness: Influence on Performance, Nutritional, Behavioral and Metabolic Aspects. **Advances in Nutritional Technology 2001**. p.157–186, 2001. Brill | Wageningen Academic.

NIR, I.; SHEFET, G.; AARONI, Y. Effect of Particle Size on Performance. **Poultry Science**, v. 73, n. 1, p. 45–49, 1994.

OLIVEIRA, L.; SILVA, P.; SILVA, M.; et al. Effect of Moisture, Particle Size and Thermal Processing of Feeds on Broiler Production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 24, n. 4, 2022.

PARK, J. H.; KIM, H.; KIM, I. H. Comparative Study of Feed Form Effects on Productive Performance, Egg Quality and Nutrient Utilization in Laying Hens. **Animals**, v. 15, n. 23, p. 3420, 2025.

PEREZ, E. Vacuum Coating: Principles and Application. **Advances in Nutritional Technology 2001**. p.83–96, 2001. Brill | Wageningen Academic.

POPE, J. T.; BRAKE, J.; FAHRENHOLZ, A. C. Post-pellet liquid application fat disproportionately coats fines and affects mixed-sex broiler live performance from 16 to 42 d of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 27, n. 1, p. 124–131, 2018.

RUEDA, M.; RUBIO, A. A.; STARKEY, C. W.; MUSSINI, F.; PACHECO, W. J. Effect of conditioning temperature on pellet quality, performance, nutrient digestibility, and processing yield of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 31, n. 2, p. 100235, 2022.

SCHIFFMAN, H. R. Texture preference and acuity in the domestic chick. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v. 67, n. 4, p. 462–464, 1969.

SCHOROIJEN, H. Correct conditioning assures proficient pelleting. **Feed Tech**, v. 9, 2005.

SCHRAMM, V. G.; NATEL, J. C. C.; PANISSON, J. C.; et al. Post-Pellet Oil Levels on Diet Physical Quality. Proceedings of the Latin American Trade Fair for the Poultry and Swine Industry. **Anais...**, 2015.

SETIANA, I.; NAHROWI, N.; SUMIATI, S.; SUBEKTI, S. The Improvement of Broiler Performance with Modification of Particle Size and Palm Kernel Meal Levels. **Tropical Animal Science Journal**, v. 48, n. 2, p. 139–147, 2025.

SILVEIRA, M. H. D. DA; ZANUSSO, J. T.; ROSSI, P.; et al. EFEITO DA PELETIZAÇÃO EM DIETAS CONTENDO COMPLEXO ENZIMÁTICO PARA FRANGOS DE CORTE. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, 2010.

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, n. 1, p. 83–90, 1981.

SUPRIADI, W. J.; AMAL, I.; MUSTABI, J.; SYAMSU, J. A.; LATIEF, M. F. Relationship between pellet durability index and hardness of pellet with various binder for broiler finisher phase. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 788, n. 1, p. 012061, 2021.

SVIHUS, B. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. **World's Poultry Science Journal**, v. 67, n. 2, p. 207–224, 2011.

SVIHUS, B.; ABDOLLAHI, M. R.; WAMSLEY, K. G. S.; PACHECO, W.; HETLAND, H. Structural architecture of pelleted broiler diets: A comprehensive narrative review of key factors for an optimized macro- and microstructure. **Poultry Science**, v. 104, n. 9, p. 105478, 2025.

SVIHUS, B.; KLØVSTAD, K. H.; PEREZ, V.; et al. Physical and 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, n. 3–4, p. 281–293, 2004.

SVIHUS, B.; STORKÅS, C. G.; NETELAND, M. K.; et al. Effect of grinding and pellet dimensions on performance, digestive tract functionality and feeding behavior of broiler chickens fed diets based on wheat and maize. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 33, n. 2, p. 100413, 2024.

TEIXEIRA NETTO, M. V.; MASSUQUETTO, A.; KRABBE, E. L.; et al. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, n. 4, p. 963–973, 2019.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 61, n. 1–4, p. 89–112, 1996.

WANG, H.; LI, L.; ZHANG, N.; ZHANG, T.; MA, Y. Effects of Pelleting and Long-Term High-Temperature Stabilization on Vitamin Retention in Swine Feed. **Animals**, v. 12, n. 9, p. 1058, 2022.

WINOWISKI, T. Examining a new concept in measuring pellet quality: which test is best. **Feed Management**, 1998.

Y. LI; J. LI; Z. LIU; R. RUAN; Z. MAO. VACUUM COATING OF HEAT&#150;SENSITIVE LIQUID INGREDIENTS ONTO FEED PELLETS. **Transactions of the ASAE**, v. 46, n. 2, 2003.

ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 2, p. 277–290, 2016.

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

ZIMONJA, O.; STEVNEBØ, A.; SVIHUS, B. Nutritional value of diets for broiler chickens as affected by fat source, amylose level and diet processing. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 553–562, 2007.