

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DESEMPENHO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE FRANGOS ALIMENTADOS  
COM RAÇÕES PROCESSADAS TERMICAMENTE, CONTENDO MILHO OU  
SORGO, NAS FASES PÓS-ECLOSÃO E PRÉ-INICIAL**

Regina Fialho de Sousa

Orientadora: Profa. Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro

GOIÂNIA

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES  
E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

**1. Identificação do material bibliográfico**

Dissertação     Tese

**2. Nome completo do autor**

REGINA FIALHO DE SOUSA

**3. Título do trabalho**

Desempenho e respostas fisiológicas de frangos alimentados com rações processadas termicamente, contendo milho ou sorgo, nas fases pós-eclosão e pré-inicial

**4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por Nadja Susana Mogyca Leandro, Professor do Magistério Superior, em 06/06/2020, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por REGINA FIALHO DE SOUSA, Discente, em 07/06/2020, às 19:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 1371588 e o código CRC 1AAE1418.

REGINA FIALHO DE SOUSA

DESEMPENHO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE FRANGOS ALIMENTADOS COM  
RAÇÕES PROCESSADAS TERMICAMENTE, CONTENDO MILHO OU SORGO, NAS  
FASES PÓS-ECLOSÃO E PRÉ-INICIAL

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em  
Zootecnia junto à Escola de Veterinária e Zootecnia da  
Universidade Federal de Goiás

**Área de concentração:**

Produção Animal

**Linha de pesquisa:**

Nutrição e produção animal

**Orientadora:**

Profa. Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro

**Comitê de Orientação:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabyola Barros de Carvalho-EVZ/UFG

Prof. Dr. Guilherme José Bolzani de Campos Ferreira-  
UFPI/CPCE

GOIÂNIA  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Sousa, Regina Fialho de

Desempenho e respostas fisiológicas de frangos alimentados com rações processadas termicamente, contendo milho ou sorgo, nas fases pós-eclosão e pré-inicial [manuscrito] / Regina Fialho de Sousa. - 2020.

LXXXII, 82 f.

Orientador: Profa. Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro; co orientadora Dra. Fabyola Barros de Carvalho; co-orientador Dr. Guilherme José Bolzani de Campos Ferreira.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2020.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. amilase pancreática. 2. extrusão. 3. lipase. 4. morfometria. 5. neonatal. I. Leandro, Nadja Susana Mogyca, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata nº 44 da sessão de Defesa de Tese de REGINA FIALHO DE SOUSA que confere o título de **Doutor (a) em Zootecnia** pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na área de concentração em Produção Animal.

Aos **trinta dias do mês de abril do ano de dois mil e vinte** - (30/04/2020) a partir das 08h00min, na sala Sala Virtual para Conferência web do CIAR/UFG, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada “**Desempenho e respostas fisiológicas de frangos alimentados com rações processadas termicamente, contendo milho ou sorgo, nas fases pós-eclosão e pré-inicial**”. Os trabalhos foram instalados pela Orientadora **Nadja Susana Mogyca Leandro** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Paulo Ricardo de Sá da Costa Leite** – IFGoiano/Campus Ceres-GO, membro titular externo; **Marcos Barcellos Café**, membro titular interno, **Igo Gomes Guimarães** – UFJ/Jataí-GO, membro titular externo; **Eduardo Miranda de Oliveira**, membro titular externo, cuja participação dos membros ocorreu por videoconferência. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata **APROVADA** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Orientadora e Presidente da Banca Examinadora **Nadja Susana Mogyca Leandro**, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por Marcos Barcellos Café, Professor do Magistério Superior, em 30/04/2020, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Nadja Susana Mogyca Leandro, Professor do Magistério Superior, em 30/04/2020, às 11:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por PAULO RICARDO DE SÁ DA COSTA LEITE, Usuário Externo, em 30/04/2020, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Igo Gomes Guimarães, Professor do Magistério Superior, em 30/04/2020, às 11:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por EDUARDO MIRANDA DE OLIVEIRA, Usuário Externo, em 11/05/2020, às 08:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 1184416 e o código CRC 0EC25D4A.

**DEDICO**

A meu Pai Ludugero (*in memórian*) e minha Mãe Leuzina

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pela vida, pela possibilidade de concluir mais essa etapa e por colocar em meu caminho pessoas maravilhosas, que me ajudaram chegar até aqui.

Ao meu querido e amado Pai, Ludugero de Sousa Fonseca (*in memórian*). Apesar de não estar presente neste momento, estará sempre em minha memória e em meu coração. Sei que ficaria feliz por minha conquista e por nunca abrir mão dos teus ensinamentos.

A minha Mãezinha, Leuzina Fialho de Castro, minha maior inspiração de força, perseverança e fé. A senhora que mesmo a distância me “recarregava” com teu amor de mãe. Obrigada pelo apoio nas minhas decisões, força nos momentos de fraqueza, e por ter sempre, a palavra certa, na hora certa. Te amo!

Aos meus irmãos, Rodrigo, Renato, Robson e Regiane, pelo incentivo e pela torcida. Amo vocês!

A minha orientadora Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro, pelos ensinamentos, cuidados e conselhos, que foram, são e serão muito importantes para minha vida pessoal e profissional. Tenho profunda admiração pela profissional e pelo Ser Humano que a senhora é. Gratidão!

A minha querida Co-orientadora, Dra. Fabyola Barros de Carvalho. Você que não mediu esforços para me ajudar em todos os momentos que precisei. Obrigada pela confiança depositada em mim, pela orientação, pelos valiosos ensinamentos e amizade. Minha profunda gratidão!

Ao professor Dr. Igo Gomes Guimarães, e aos amigos Tiago e Cristielle do LAPAQ/UFG de Jataí-GO, por nos ajudar na confecção das rações e pelos momentos de descontração regados por um delicioso cafezinho. Muito obrigada!

Aos professores da escola de veterinária e zootecnia da UFG, em especial aos professores do departamento de zootecnia, Dr. Marcos Barcellos Café, Dr. José Henrique Stringhini e Dr. Emanuel Arnold por me ajudarem sempre que solicitei.

Ao professor Dr. Guilherme José Bolzani de Campos Ferreira, da UFPI/CPCE pelo auxílio na confecção das lâminas histológicas.

Ao meu namorado, Altieres Teixeira, pelo companheirismo, carinho e apoio constante nas minhas decisões.

A minha amiga Sarah Camargo, sempre tão atenciosa e amorosa. Obrigada pela amizade, pelos momentos que compartilhamos, pelo “abraço casa” e pelo sorriso que me fazia sorrir que foram tão necessários nessa jornada.

A minha amiga Thamires Lemos, por me acolher sempre que precisei, por fazer até o impossível para me ver bem, até mesmo aplicar seus conhecimentos de psicologia... era engraçado! Estou na torcida pelo seu sucesso, futura Psicóloga!

A minha amiga Miliane Alves. Foram quase três anos morando juntas, compartilhando muitos perrengues e alegrias. Estarei sempre na torcida pelo seu sucesso!

Aos meus amigos Daniel Augusto e Helder de Oliveira, por me receberem em suas casas sempre que precisei e pelos momentos de descontração.

As minhas amigas Jaqueline Farias, Daiane Teixeira, Rafaela Cássia e Alcione Teixeira, que se tornaram minha família no Distrito Federal. Obrigada pelo apoio e palavras de incentivo.

Aos meus amigos da pós-graduação, em especial ao Pedro Rezende e Tiago Andrade, Deibity Cordeiro pela contribuição na execução do experimento e pela amizade.

Aos alunos Geovane, Laís, Amanda e Natiele, Maria Luiza pela ajuda na execução do experimento e nas análises laboratoriais.

Ao funcionário do Setor de Avicultura, Fellipe Fonseca Araújo, pela ajuda na execução dos experimentos e pelos momentos de descontração.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa!

À empresa São Salvador Alimentos, em especial, ao Dr. Roberto Moraes Jardim Filho, pela doação dos pintos utilizados nos experimentos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, e que não foram citados aqui, os meus sinceros agradecimentos.

## **Saber Viver**

Não sei... Se a vida é curta  
Ou longa demais pra nós,  
Mas sei que nada do que vivemos  
Tem sentido, se não tocamos o coração das pessoas.  
Muitas vezes basta ser:  
    Colo que acolhe,  
    Braço que envolve,  
    Palavra que conforta,  
    Silêncio que respeita,  
    Alegria que contagia,  
    Lágrima que corre,  
    Olhar que acaricia....  
E isso não é coisa de outro mundo,  
    É o que dá sentido à vida.  
    É o que faz com que ela  
        Não seja nem curta,  
        Nem longa demais,  
        Mas que seja intensa,  
Verdadeira, pura... Enquanto durar.

Cora Coralina

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Jejum e ração pós-eclosão .....	2
2.2 Ração pré-inicial para pintos de corte .....	5
2.3 Processamento térmico de rações para frangos de corte .....	7
2.4 Sorgo na alimentação de frangos de corte.....	12
3. REFERÊNCIAS .....	15
CAPITULO 2- DESEMPENHO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE PINTOS ALIMENTADOS, NA FASE PÓS- ECLOSÃO, COM DIETAS PROCESSADAS TERMICAMENTE, CONTENDO MILHO OU SORGO.....	24
1. INTRODUÇÃO .....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3. RESULTADOS .....	31
4. DISCUSSÃO.....	37
5. CONCLUSÃO .....	41
6. REFERÊNCIAS .....	41
CAPÍTULO 3- DESEMPENHO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÃO PRÉ-INICIAL PROCESSADA TERMICAMENTE, CONTENDO MILHO OU SORGO .....	45
1. INTRODUÇÃO .....	46
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3. RESULTADOS .....	52
4. DISCUSSÃO.....	59
5. CONCLUSÃO .....	63
6. REFERENCIAS .....	63
CAPITULO 4- DESEMPENHO, MORFOMETRIA INTESTINAL E METABOLIZABILIDADE DOS NUTRIENTES EM PINTOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÃO PROCESSADA TERMICAMENTE.....	68
1. INTRODUÇÃO .....	69
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
3. RESULTADOS .....	73
4. DISCUSSÃO.....	76

5. CONCLUSÃO .....	78
6. REFERÊNCIAS .....	78
CAPITULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	81

## LISTA DE FIGURAS

**CAPITULO 1**

- FIGURA 1- Representação esquemática do processo de gelatinização do amido **8**
- FIGURA 2- Representação esquemática do processo de retrogradação do amido **11**
- FIGURA 3- Micrografia de varredura eletrônica do endosperma do grão de sorgo: relação proteína:amido **13**

**CAPITULO 2**

- FIGURA 1- Concentração de glicose (mg/dL) plasmática de pintos de corte com 3, 6, 12 e 24 horas de vida, alimentados com ração pós-eclosão, com milho ou sorgo, peletizada ou extrusada **34**
- FIGURA 2- Desdobramento da interação do ingrediente (milho ou sorgo) e processamento térmico sobre a concentração plasmática de glicose 24 horas pós-eclosão em pintos de corte. **34**
- FIGURA 3- Concentração de insulina plasmática (ng/mL) de pintos de corte com 3, 6, 12 e 24 horas de vida, alimentados com ração pos-eclosão, com milho ou sorgo, processadas termicamente **35**
- FIGURA 4- Desdobramento da interação entre ingrediente (milho ou sogo) e processamento térmico sobre a concentração plasmática de insulina 6 horas pós-eclosão em pintos de corte. **36**

## LISTA DE TABELAS

**CAPITULO 2**

- TABELA 1- Composição das dietas experimentais para pintos de corte na fase pós-eclosão **27**
- TABELA 2- Desempenho de pintos de corte, alimentados com ração pós-eclosão extrusada ou peletizada, a base de milho ou sorgo, após 24 horas de vida **31**
- TABELA 3- Peso relativo (%) dos órgãos do sistema digestório de pintos alimentados com ração pós-eclosão, extrusada ou peletizada, com milho ou sorgo, com 24 horas pós-eclosão **32**
- TABELA 4- Atividade específica (U/mg proteína) da amilase e lipase pancreática de pintos alimentados com ração pós-eclosão com milho ou sorgo, extrusada ou peletizada, 24h após eclosão **33**
- TABELA 5- Desempenho de pintos alimentados com ração pós-eclosão, extrusada ou peletizada, com milho ou sorgo, no período de 1 a 7 dias de idade **36**
- TABELA 6- Peso relativo dos órgãos do sistema digestório (%) de pintos de corte, alimentados com ração pós-eclosão, extrusada ou peletizada, com milho ou sorgo, aos 7 dias de idade **37**

**CAPITULO 3**

- TABELA 1- Composição das rações experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1-7 dias) e inicial (8-21 dias) **49**
- TABELA 2- Desempenho de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, no período de 1 a 7 dias de idade **53**
- TABELA 3- Desempenho de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, no período de 1 a 14 dias de idade **53**
- TABELA 4- Desempenho de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, no período de 1 a 21 dias de idade **54**
- TABELA 5- Peso relativo dos órgãos do sistema digestório (%) de pintos de pintos de corte alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada a base de milho ou sorgo, aos sete dias de idade **55**
- TABELA 6- Atividade enzimática específica (U/mg proteína/min) da amilase e lipase pancreática de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais peletizada ou extrusada, a base de milho, aos 7 dias de idade **56**

TABELA 7- Medidas histomorfométricas do duodeno de pintos, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, aos sete dias de idade **57**

TABELA 8- Medidas histomorfométricas do jejuno de pintos de corte, alimentados com rações pré- iniciais, com milho ou sorgo, processadas termicamente, aos sete dias de idade **58**

TABELA 9- Medidas histomorfométricas do íleo de pintos de corte, alimentados com rações pré- iniciais, com milho ou sorgo, processadas termicamente aos sete dias de idade **59**

#### **CAPITULO 4**

TABELA 1- Composição das rações para frangos de corte na fase pré-inicial e inicial **71**

TABELA 2-Desempenho de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada, de um a sete dias de idade **73**

TABELA 3-Desempenho zootécnico de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada de 1 a 14 dias de idade **74**

TABELA 4-Desempenho de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada, de um a 21 dias de idade **74**

TABELA 5-Peso relativo dos órgãos digestivos de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada aos sete dias de idade **74**

TABELA 6- Peso relativo dos órgãos digestivos de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial de peletizada ou extrusada aos 21 dias de idade **75**

TABELA 7- Valores de Balanço de nitrogênio (BN), coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) e nitrogênio total (CMN) de ração pré-inicial peletizada ou extrusada para pintos de corte no período de 4 a 7 dias de idade **75**

TABELA 8- Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) expressos na matéria seca e na matéria natural de ração pré-iniciais peletizada ou extrusada para pintos, no período de quatro a sete dias de idade **76**

**SIGLAS, SIMBOLOS E ABREVIACOES**

$\mu\text{L}$	Microlitros
$\mu\text{mol}$	Micromol
BN	Balanço de nitrogênio
CA	Conversão alimentar
CDN	Coefficiente de metabolizabilidade do nitrogênio
CEUA	Comitê de Ética na Utilização de Animais
CMMS	Coefficiente de metabolizabilidade da matéria seca
CMN	Coefficiente de metabolizabilidade do nitrogênio
CR	Consumo de ração
CV	Coefficiente de variação
dL	Decilitro
EB	Energia bruta
EMA	Energia metabolizável aparente
EMA MN	Energia metabolizável aparente na matéria seca
EMA MS	Energia metabolizável aparente na matéria seca
EMAn	Energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio
g	Gramas
GP	Ganho de peso
h	Hora
ING	Ingrediente
°C	Grau Celsius
PB	Proteína Bruta
PROC	Processamento térmico
PV	Peso vivo
PVI	Peso vivo inicial

## RESUMO

Foram conduzidos três experimentos, para avaliar o desempenho, a metabolizabilidade dos nutrientes e as respostas fisiológicas de pintos alimentados com rações processadas termicamente, contendo milho ou sorgo, na fase pós-eclosão e na pré-inicial. No Experimento I avaliou-se o processamento térmico da ração pós-eclosão, elaboradas com milho ou sorgo. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 (ração peletizada ou extrusada, contendo milho ou sorgo), com quatro tratamentos, seis repetições de 30 pintos cada. As rações experimentais foram fornecidas em caixas de transporte durante 24 horas após a eclosão. Após a fase pós-eclosão, todos os pintos foram alojados e receberam uma mesma ração pré-inicial. Foi realizada análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). Após 24 horas, pintos que consumiram a ração pós-eclosão peletizada apresentaram menor perda de peso. Houve maior absorção dos nutrientes do saco vitelino nos pintos que consumiram ração com sorgo, independentemente do processamento térmico. Também verificou-se que, rações pós-eclosão com milho, quando extrusada, resultou em maior atividade específica da amilase e menor concentração de glicose nos pintos. Aos sete dias de idade os pintos que consumiram ração extrusada com milho apresentaram pior conversão alimentar. No Experimento II avaliou-se o efeito do processamento térmico das rações pré-iniciais, com sorgo ou milho, sobre o desempenho, desenvolvimento do TGI e atividade específica da amilase e lipase pancreática, de pintos. Foram utilizados 360 pintos de corte, distribuídos em inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, sendo dois ingredientes (milho ou sorgo) e dois tipos de processamento termico (extrusão ou peletização), seis repetições de 15 pintos cada. As rações experimentais foram fornecidas aos pintos na fase pré-inicial (1 a 7 dias) e após todos os pintos receberam a mesma ração, farelada. Aos sete dias de idade, verificou-se que pintos alimentados com ração extrusada, a base de sorgo, apresentaram melhor desempenho. Observou-se maior peso relativo de pâncreas, jejuno e íleo quando a ração pré-inicial foi a base de sorgo. A ração extrusada a base de milho resultou em maior atividade específica da amilase pancreática. Pintos que consumiram ração extrusada com sorgo apresentaram maior altura de vilo no duodeno e no jejuno. O efeito da ração pré-inicial sobre o ganho de peso observado aos sete dias de idade permaneceu até 21 dias. No Experimento III, objetivou-se avaliar o efeito do processamento térmico da ração pré-inicial para pintos de corte sobre o desempenho, desenvolvimento do trato digestório e metabolizabilidade dos nutrientes. Foram utilizados 270 pintos, machos, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos: ração peletizada e ração extrusada. Realizou-se análise de variância. Aos sete dias de idade, os pintos alimentados com ração extrusada obtiveram menor desenvolvimento dos órgãos do trato gastrointestinal, e pior metabolizabilidade do nitrogênio, da matéria seca, além de menor energia metabolizável em relação a ração peletizada. Aos 21 dias de idade, os pintos que consumiram ração pré-inicial peletizada apresentaram melhor desempenho em relação a ração extrusada. Conclui-se que dietas pós-eclosão a base de sorgo, estimula a absorção do saco vitelino, independentemente do tipo de processamento térmico utilizado. A extrusão da ração pré-inicial produzida com sorgo é o processamento que resulta em melhor desempenho zootécnico, desenvolvimento dos órgãos do sistema digestório. A peletização da ração pré-inicial é o processamento térmico mais adequado para dietas a base de milho, pois resulta em maior desempenho, e metabolizabilidade dos nutrientes em pintos de corte.

**Palavras-chave:** amilase pancreática, extrusão, lipase, morfometria, neonatal, peletização

## ABSTRACT

Three experiments were carried out to evaluate the performance, the metabolizability of nutrients and the physiological responses of chicks fed with thermally processed feed, containing corn or sorghum, in the post-hatch and in the pre-initial phase. In Experiment I, was evaluated the thermal processing of the post-hatch diet, made with corn or sorghum. The design was completely randomized, in a 2x2 factorial scheme (pelleted or extruded feed, containing corn or sorghum), with four treatments, six replications of 30 chicks each. The experimental diets were supplied in transport boxes for 24 hours after hatching. After the post-hatch phase, all chicks were housed and received the same pre-starter feed. Analysis of variance was performed and the means compared by the Tukey test (5%). After 24 hours, chicks that consumed the pelleted post-hatch diet showed less weight loss. There was greater absorption of nutrients from the yolk sac in chicks that consumed feed with sorghum, regardless of thermal processing. It was also found that post-hatch diets with corn, when extruded, resulted in greater specific amylase activity and lower glucose concentration in chicks. At seven days of age, chicks that consumed feed extruded with corn showed worse feed conversion. In Experiment II, the effect of thermal processing of pre-starter diets with sorghum or corn was evaluated on performance, development of TGI and specific activity of amylase and pancreatic lipase in chicks. were used 360 broiler chicks, distributed in completely randomized, in a 2x2 factorial scheme, two ingredients (corn or sorghum) and two types of thermal processing (extrusion or pelletizing), six repetitions of 15 chicks each. The experimental rations were supplied to the chicks in the pre-initial phase (1 to 7 days) and after all the chicks received the same meal, mash. At seven days of age, it was found that chicks fed with extruded feed, based on sorghum, showed better performance. A greater relative weight of the pancreas, jejunum and ileum was observed when the pre-initial diet was based on sorghum. The extruded feed based on corn resulted in greater specific activity of pancreatic amylase. Chicks that consumed feed extruded with sorghum showed greater height of villus in the duodenum and jejunum. The effect of the pre-starter feed on the weight gain observed at seven days of age remained until 21 days. In Experiment III, the objective was to evaluate the effect of the thermal processing of the pre-initial diet for broiler chicks on the performance, development of the digestive tract and metabolizability of nutrients. were used 270 male chicks, distributed in a completely randomized design, with the treatments: pelleted feed and extruded feed. Analysis of variance was performed. At seven days of age, chicks fed extruded feed had less development of the organs of the gastrointestinal tract, and worse metabolizability of nitrogen, dry matter, in addition to less metabolizable energy compared to pelleted feed. At 21 days of age, chicks that consumed pelletized pre-starter feed showed better performance compared to extruded feed. It is concluded that post-hatch diets based on sorghum, stimulate the absorption of the yolk sac, regardless of the type of thermal processing used. The extrusion of the pre-initial feed produced with sorghum is the processing that results in better performance, development of the organs of the digestive system. Pelletizing of the pre-starter ration is the most suitable thermal processing for corn-based diets, as it results in greater performance and metabolizability of nutrients in broiler chicks.

**Keywords:** extrusion, lipase, morphometry, neonatal, pancreatic amylase, pelleting

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1. INTRODUÇÃO

Na produção industrial de frangos de corte, em função da logística dos incubatórios, os pintos de corte normalmente são submetidos ao jejum alimentar durante o intervalo entre a eclosão ao alojamento na granja. Esse período é denominado de fase pós-eclosão e pode durar até 72 horas. No entanto, quando o jejum pós-eclosão é prolongado ocorre redução da qualidade do pinto alojado, o que pode resultar em maior mortalidade, perda de peso do pinto e pior desempenho do lote <sup>1</sup>. Além disso, de acordo com Lamot et al.<sup>2</sup>, o jejum é responsável por menor desenvolvimento do trato gastrointestinal e da atividade das enzimas digestivas em pintos de corte <sup>3</sup>.

Alguns incubatórios, buscando reduzir os prejuízos provocados pelo jejum pós-eclosão, fornecem algum tipo de alimentação nesse período, nas caixas de transporte, sendo utilizado desde suplementos hidratantes<sup>1</sup> até dietas sólidas<sup>4</sup>.

O pinto de corte, em jejum pós-eclosão, utiliza as proteínas do saco vitelino e corporal para produzir glicose, através da gliconeogênese<sup>5</sup>. Além de ser fonte de energia, a glicose gerada pela gliconeogênese nesse período é necessária para a completa oxidação dos lipídios do saco vitelino, principal fonte energética no período de jejum pós-eclosão<sup>5,6</sup>. Todavia, os lipídeos e as proteínas do saco vitelino devem ser utilizadas pelo pinto neonato principalmente para síntese celular e manutenção da imunidade passiva ao invés do atendimento da exigência energética<sup>6</sup>.

O sorgo como ingrediente para ração pós-eclosão pode ser vantajoso, pois segundo Bazolli <sup>7</sup> e D'auria <sup>8</sup>, em estudo com mamíferos, o sorgo disponibiliza mais glicose sanguínea, por maior período de tempo na fase pós-prandial, quando comparado ao milho. Também em pintos alimentados com dietas pós-eclosão contendo sorgo podem apresentar maior concentração de glicose no sangue, resultando em menor utilização da proteína do saco vitelino, com a redução da gliconeogênese.

Por outro lado, Pasquali et al.<sup>9</sup> relataram que a metabolizabilidade dos nutrientes do sorgo é menor em relação aos nutrientes do milho o que pode prejudicar o desempenho de pintos de corte. Lunedo et al.<sup>10</sup> também não recomendaram a utilização do sorgo em rações para frangos na fase inicial de criação (1 a 21 dias de idade). A menor metabolizabilidade do sorgo pode ser explicado por Selle et al. <sup>11</sup>, que citam que cerca de 50% da proteína do sorgo

é composta por kafirinas do tipo  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , que possui baixa digestibilidade pela pepsina (*in vitro*), e ainda prejudica a metabolizabilidade do amido <sup>12</sup>.

Hamaker e Bugusu<sup>13</sup> relataram que é possível melhorar a metabolizabilidade dos nutrientes do sorgo através do processamento térmico da ração. A peletização e a extrusão da ração provocam a desnaturação da proteína kafirina e a gelatinização do amido, proporcionando melhor metabolizabilidade dos nutrientes e, portanto, maior desempenho de frangos de corte <sup>14</sup>. Já Kokić et al. <sup>13</sup>, estudando os tipos de processamento térmico da ração para frango de corte, observaram que a extrusão proporcionou maior gelatinização do amido em relação à peletização.

Objetivou-se com este estudo avaliar se o sorgo é um ingrediente viável em rações, pós-eclosão e pré-inicial, quando processadas termicamente (peletizada ou extrusada) considerando-se o desempenho, a metabolizabilidade dos nutrientes das rações e as respostas fisiológicas de pintos de corte.

## **2- REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Jejum e ração pós-eclosão**

A fase pós-eclosão compreende o período entre o nascimento e alojamento, que pode durar até 72 horas<sup>16</sup>. A duração da fase pós-eclosão está relacionada à rotina do incubatório, ou seja, compreende o tempo necessário para seleção, vacinação e sexagem e transporte dos pintos até o aviário.

Na indústria é comum que pintos de corte fiquem em jejum alimentar durante a fase pós-eclosão, sendo que somente após o alojamento ocorre o fornecimento da ração<sup>17</sup>. Durante o período em que não tem acesso à ração, o pinto de corte utiliza os nutrientes do saco vitelino para fins nutricionais, sendo as proteínas do saco vitelino direcionadas para o atendimento da exigência energética através da gliconeogênese. No entanto, de acordo com Maiorka et al.<sup>6</sup>, Yi et al.<sup>18</sup> e Biloni et al.<sup>19</sup>, os lipídios e proteínas presentes no saco vitelínico devem ser utilizados principalmente para a síntese celular e manutenção da imunidade passiva.

No momento da eclosão, o saco vitelino representa cerca de 14% do peso vivo do pinto <sup>20</sup> e é composto por 46% de água, 20% de proteínas e 34% de lipídios<sup>21</sup>. Maiorka et al.<sup>6</sup> relataram que cerca de 20% da proteína residual do saco vitelino consiste em imunoglobulinas maternas, essenciais para a proteção do pinto nos primeiros dias de vida e o uso dessas

moléculas para fins nutricionais limita a proteção dos pintos e aumenta o risco de ocorrência de doenças durante toda a vida produtiva.

O jejum durante o período pós-eclosão pode resultar em perda de peso do pinto. Segundo Noy e Sklan<sup>22</sup>, pintos em jejum de água e ração por 48 h após a eclosão apresentaram peso vivo reduzido em 7,8% em relação aos pintos alimentados imediatamente após o nascimento. Já Osama et al.<sup>23</sup> e Carvalho et al.<sup>24</sup> observaram atraso do desenvolvimento do trato digestório, incluindo fígado e pâncreas<sup>4</sup> e pior desenvolvimento do sistema de termorregulação em pintos submetidos ao jejum antes do alojamento.

Do mesmo modo, Bhanja et al.<sup>25</sup> estudaram intervalos de jejum pós-eclosão de pintos de corte (0, 24, 36 e 48h) e observaram que pintos que ficaram em jejum por 24 horas após a eclosão aproveitaram apenas 15,62% das reservas do saco vitelino, enquanto os que tiveram acesso imediato ao alimento aproveitaram 47,32% das reservas nutricionais do saco vitelino, sugerindo que a presença de alimento estimulou o metabolismo e os movimentos peristálticos, resultando em maior absorção dos nutrientes do saco vitelino.

Riccardi et al.<sup>26</sup> avaliaram o jejum de água e/ou ração para pintos de corte após a eclosão e demonstraram que quando há restrição apenas de ração, a perda de peso vivo foi de 6,3% para 24 horas de jejum, 10,6% até 48 horas e de 13,6% até 72 horas.

A deficiência nutricional na fase pós-eclosão provoca efeito negativo permanente sobre o peso ao abate em frangos de corte<sup>27</sup>. Bhanja et al.<sup>25</sup> verificaram que os pintos submetidos ao jejum por mais de 24 horas apresentaram menor peso vivo ao abate. De acordo com Carvalho et al.<sup>24</sup>, não ocorre ganho de peso compensatório em frangos de corte, assim o ganho de peso que acontece após o alojamento não é suficiente para corrigir o atraso no crescimento em decorrência do período de jejum pós-eclosão.

A utilização da dieta pós-eclosão, fornecida na caixa de transporte dos pintos, é considerada uma opção para reduzir os prejuízos provocados pelo jejum pós-eclosão. Noy e Sklan<sup>28</sup> concluíram que, quanto mais cedo é fornecida a ração, menor a perda de peso pós-eclosão, maior a taxa de crescimento e melhor a uniformidade de peso dos pintos de corte até 21 dias de idade. Lu et al.<sup>29</sup> estudaram o efeito da alimentação pós-eclosão na concentração de glicose no sangue de pintos de corte, e verificaram aumento de 20% na glicose sanguínea 24 horas após a eclosão em relação ao observado no momento de nascimento. A concentração de glicose no sangue é fator importante na determinação de sua concentração nos fluidos intersticiais, é considerada como indicador da condição energética dos animais, pois é

utilizada por todas as células do organismo para produzir energia (trifosfato de adenosina-ATP)<sup>30</sup>.

Noy e Sklan<sup>31</sup> estudaram a importância da alimentação precoce para o desenvolvimento intestinal e observaram que, pintos alimentados logo após a eclosão aumentam em até 200% o peso do intestino delgado, e para os pintos que permaneceram em jejum de 48 horas este aumento foi de apenas 60%. Esse crescimento pode ser ainda maior, pois segundo Nitsan et al.<sup>32</sup> o peso do intestino delgado e pâncreas pode aumentar em até quatro vezes ou 400% na primeira semana de vida das aves. O desenvolvimento do trato intestinal acontece na presença ou ausência de alimento, sendo que sem o alimento o desenvolvimento é menor. O aumento no peso e tamanho do intestino proporcionando aumento na área de superfície de digestão e de absorção dos nutrientes da ração<sup>33</sup>. Agostinho et al.<sup>34</sup> estudaram o fornecimento de ração para pintos na fase pós-eclosão e verificaram maior desenvolvimento dos órgãos do sistema digestório em relação aos que ficaram sem alimento por 17 horas.

Com relação às enzimas digestivas, segundo Reis<sup>35</sup>, no final da incubação as enzimas digestivas já se encontram ativas no embrião, bem como os mecanismos de absorção de nutrientes no intestino. Porém, a atividade das enzimas digestivas, tanto pancreática quanto intestinal, aumenta com a idade do frango<sup>36</sup> e está relacionada com o consumo de alimento<sup>37</sup>. Bigot et al.<sup>38</sup> afirmaram que a partir do momento em que o consumo de alimentos exógenos é iniciado, a atividade da amilase pancreática tende a aumentar nas duas primeiras semanas de vida e se estabiliza após 21 dias de vida. Segundo Sklan e Noy<sup>39</sup>, pintos alimentados imediatamente após a eclosão demonstraram maior atividade de tripsina, amilase e lipase no lúmen intestinal. A atividade enzimática está relacionada com a maturação do pâncreas e a presença de substrato para as enzimas<sup>40</sup>.

A ração pós-eclosão também pode auxiliar no desenvolvimento físico e funcional do sistema digestório e permite, a longo prazo, uma maior eficiência alimentar e maior peso das aves ao abate<sup>41</sup>, e quanto mais precoce for o fornecimento da ração, maiores serão os benefícios no desenvolvimento do pinto.

Saki<sup>42</sup> verificou que houve maior peso vivo aos sete dias de idade para pintos de corte que receberam ração pós-eclosão por 24 horas. Do mesmo modo, Teixeira et al.<sup>43</sup> avaliaram a ração pós-eclosão para pintos de corte submetidos a diferentes períodos de jejum (28, 40 e 52 horas) e verificaram correlação negativa entre tempo de jejum alimentar e a perda de dos

pintos, sendo que para pintos sem ração houve uma redução de 0,08 g/hora em seu peso vivo, totalizando a perda de 4,16 g de perda de peso vivo até as 52 h pós-eclosão.

Há muitos relatos na literatura que confirmaram a importância da ração pós-eclosão para obter melhores resultados de qualidade do pinto no alojamento<sup>1</sup>, no desempenho<sup>25</sup> e no desenvolvimento do sistema digestório<sup>4</sup>. No entanto, poucas informações específicas foram encontradas como relação a quais ingredientes devem ser utilizados na composição da ração pós-eclosão, qual o melhor processamento térmico para cada tipo de ingrediente utilizado, dentre outros.

Van den Brand et al.<sup>4</sup> estudaram a diferentes alimentos na fase pós-eclosão por 48 horas, usando dextrose, albúmen, ração pré-inicial e ração pré-inicial com adição de gordura e compararam aos pintos que ficaram sem receber nenhum tipo de alimento nesse período. Eles verificaram que a utilização da ração pré-inicial, independente da adição de gordura, resultou em maior peso corporal e maior comprimento do intestino aos três dias de idade em relação aos demais tratamentos.

Agostinho et al.<sup>34</sup> estudaram o fornecimento de ração na fase pós-eclosão, farelada à base de milho e farelo de soja e verificaram maior desempenho até os 14 dias em relação aos que ficaram em jejum pós-eclosão por 17 horas.

Considerando que a ração pós-eclosão pode reduzir as perdas de peso do pinto e manter a qualidade fisiológica do pinto até o alojamento, o fornecimento de ração pós-eclosão, nas caixas de transporte de pintos de corte, pode ser uma alternativa para empresas que por questões de logística não conseguem alojar os pintos de corte antes de 24h após a eclosão.

## **2.2 Ração pré-inicial para pintos de corte**

A fase pré-inicial dos pintos de corte, de um a sete dias de idade, exige atenção especial, pois, é nessa fase que acontecem as transformações fisiológicas fundamentais para obter um frango com máximo desempenho até o abate. Dentre as mudanças estão, o desenvolvimento dos sistemas termorregulatório, imunológico e do sistema digestório, que embora estejam anatomicamente desenvolvidos, ainda não são totalmente funcionais<sup>44</sup>.

Na primeira semana de vida, o trato gastrointestinal desenvolve de forma acelerada, para aumentar rapidamente a capacidade de digerir e assimilar nutrientes<sup>2</sup>. Esse desenvolvimento está relacionado ao aspecto físico (peso e comprimento), morfológico

(altura e densidade de vilos, densidade de enterócitos e células caliciformes) e fisiológico (atividade enzimática)<sup>45</sup>.

Em relação ao aspecto físico, há relatos que as maiores taxas de crescimento do proventrículo, moela e intestino delgado ocorrem entre o terceiro e o sétimo dia de vida<sup>46</sup>. Dos Santos et al.<sup>20</sup> investigaram o desenvolvimento intestinal de frangos de corte na fase pré-inicial e verificaram que nos primeiros quatro dias de idade o comprimento do intestino aumentou 200% e seu peso relativo aumentou 300%. Segundo Lamot<sup>47</sup>, o aumento do peso relativo do intestino delgado durante a primeira semana de vida, está diretamente relacionado ao crescimento das vilosidades como forma de aumentar a área de digestão e absorção dos nutrientes.

Para Maiorka et al.<sup>6</sup>, o desenvolvimento das vilosidades é baseado no comprimento e densidade dos vilos, que resulta em maior quantidade de células epiteliais e maior superfície disponível para absorção de nutrientes. Segundo Freitas et al.<sup>48</sup>, a maior altura das vilosidades está relacionada ao maior ganho de peso e melhor conversão alimentar, pois vilos maiores resulta em maior área absorviva. Mori et al.<sup>49</sup> verificaram que há correlação positiva entre a metabolizabilidade de nutrientes e a histomorfometria intestinal do jejuno de frangos de corte, ou seja, a maior altura dos vilos resulta em maior metabolizabilidade dos nutrientes da ração.

O desenvolvimento físico do intestino e dos órgãos como pâncreas e fígado, traz como benefícios também na produção das secreções digestivas<sup>50</sup>. De acordo com Bohórquez et al.<sup>44</sup>, em paralelo ao desenvolvimento morfológico da mucosa intestinal ocorre o aumento na concentração de enzimas funcionais de borda em escova que atuam na digestão de macromoléculas como carboidratos e proteínas após a eclosão. Dessa forma, haverá condições para maior digestão dos nutrientes da ração e um maior desenvolvimento do pinto de corte, possibilitando demonstrar todo o potencial genético, resistir aos desafios, como infecções e doenças metabólicas<sup>41</sup>.

Moraes et al.<sup>51</sup> estudaram o desenvolvimento de órgãos do trato gastrointestinal e o perfil enzimático de  $\alpha$ -amilase, lipase e verificaram que a síntese das enzimas  $\alpha$ -amilase e lipase aumentaram com a idade até o 14º dia, e verificaram ainda que o comportamento da atividade enzimática está diretamente relacionado ao aumento do peso relativo do pâncreas, que teve peso relativo máximo as 14 dias de idade.

O desenvolvimento físico e funcional do intestino são fatores determinantes para o desempenho durante as fases pré-inicial e inicial<sup>20</sup>. Até sete dias de vida o pinto de corte atual aumenta o peso vivo em cerca de quatro vezes em relação ao peso no momento da eclosão<sup>52</sup> e

o desenvolvimento na primeira semana de vida apresenta grande influência no desempenho futuro, devido a correlação entre o peso na primeira semana e o peso ao abate<sup>6, 53</sup>.

O tempo médio de fornecimento das rações pré-iniciais pode ser por até duas semanas de idade<sup>54</sup>. Porém, Stringhini et al.<sup>55</sup>, estudaram o tempo de fornecimento da ração pré-inicial (1 a 7, 1 a 10 e 1 a 14 dias) para pintos de corte e não verificaram diferença no desempenho entre os pintos que consumiram a ração pré-inicial por sete, 10 ou 14 dias de idade.

Na fase pré-inicial há a necessidade de fornecer rações especiais, já que o pinto ainda está desenvolvendo a capacidade de digestão e absorção dos nutrientes<sup>41, 56</sup>. É importante preconizar a qualidade nutricional do ingrediente utilizado na ração, principalmente no que se refere a metabolizabilidade dos nutrientes. Em busca de alimentos de maior digestibilidade, diversas pesquisas tem sido desenvolvidas para avaliar fontes de carboidratos na fase pré-inicial como, o amido de milho, amido de mandioca, glicose e sacarose<sup>5</sup>, milho pré-gelatinizado<sup>57</sup>, arroz parbolizado<sup>58</sup>, sorgo<sup>59</sup>, dentre outros.

O uso de rações processadas termicamente na fase pré-inicial tem sido mais vantajosa em relação a ração farelada. Segundo Freitas et al.<sup>60</sup>, pintos que consumiram ração pré-inicial peletizada apresentaram maior metabolizabilidade do nitrogênio e do extrato etéreo da ração, resultando em melhor desempenho quando comparada a ração farelada.

### **2.3 Processamento térmico de rações para frangos de corte**

O processamento térmico, mais recentemente chamado de tratamento hidrotérmico de rações, são tecnologias que utilizam a combinação de umidade, temperatura, pressão e compressão mecânica, para alterar as características físicas, químicas e microbiológicas dos alimentos<sup>61</sup>. Dentre os processamentos térmicos estão a peletização e extrusão, utilizados com finalidade de aumentar a metabolizabilidade dos nutrientes das rações e consequentemente maximizar o desempenho zootécnico dos animais<sup>62</sup>.

A peletização é o processamento térmico mais comum no tratamento de rações para aves<sup>63</sup>, e consiste em transformação da ração farelada em ração granulada (peletes) pela ação combinada de temperatura, pressão, umidade e compressão mecânica<sup>11</sup>.

A temperatura da peletização varia de 40 a 95°C, e quando combinado com umidade e a fricção da ração provocam modificações na estrutura de diferentes frações da ração, como nas proteínas e carboidratos, proporcionando melhor metabolizabilidade da ração, resultando em maior desempenho<sup>14</sup>. Teixeira Netto et al.<sup>64</sup> estudaram a influência da temperatura de

peletização (60, 70, 80 e 90°C) para rações de frangos de corte e concluíram que a temperatura de peletização que proporcionou melhor desempenho foi de 66,9 a 68,7°C.

Nos carboidratos, a peletização provoca a gelatinização parcial do amido, ou seja, a amilose e a amilopectina, arranjadas inicialmente em grânulos, são desfeitos e ficam mais expostas a ação das enzimas digestivas, o que resulta em melhor metabolizabilidade dos nutrientes da ração<sup>11</sup>.

A gelatinização (Figura 1) é o processo irreversível de transformação da estrutura cristalina do amido em pasta viscosa<sup>65</sup>. Ocorre quando os grânulos de amido são aquecidos na presença de água, ocorre a hidratação e intumescimento do grânulo e o rompimento das ligações de hidrogênio que mantem a organização das cadeias de amilose e amilopectina, provocando a perda da organização estrutural cristalina do amido (perda da birrefringência)<sup>61</sup>. De acordo com Boroojeni et al.<sup>61</sup>, a gelatinização facilita o acesso da enzima amilase ao amido e resultando em maior digestibilidade.

Dozier<sup>66</sup> relatou que a peletização da ração promoveram alterações das estruturas terciárias naturais das proteínas, facilitando sua digestão pelas enzimas proteolíticas. Lopez et al.<sup>67</sup> avaliaram o efeito do processamento da ração ( farelada,expandida e expandida-peletizada ) sobre a digestibilidade de nutrientes para frangos de corte, no período de 1 a 42 dias de idade, e verificaram maior metabolizabilidade da proteína bruta quando a ração foi peletizada-expandida em comparação a ração farelada.

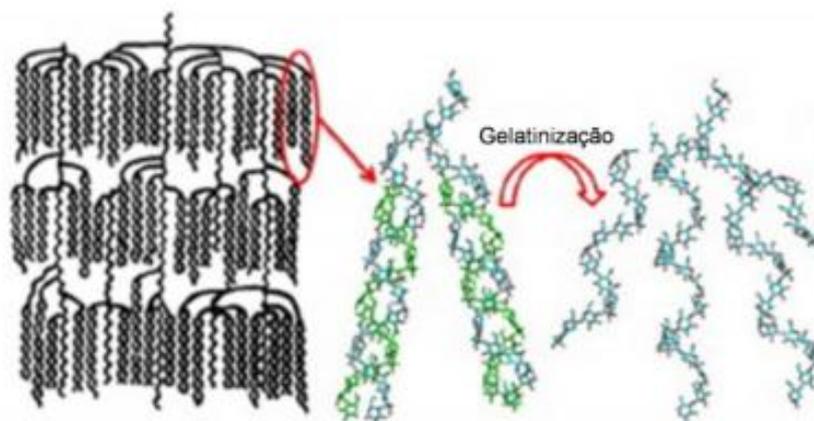


Figura 1- Representação esquemática do processo de gelatinização do amido

Fonte: Adaptado de Xu et al.<sup>68</sup>

Abdollahi et al.<sup>69</sup>, estudando o efeito da temperatura da peletização (60, 75 e 90°C) em rações compostas com diferentes ingredientes, à base de milho ou de sorgo, verificaram que até 90°C a peletização não influenciou na conversão alimentar dos pintos aos 21 dias de vida, e verificaram que a temperatura do processamento de gelatinização do amido do sorgo foi superior a do milho.

Diversos pesquisadores relataram que a peletização da ração para frangos de corte promoveu melhor desempenho em todas as fases de criação<sup>63,67, 70</sup>. De acordo com Abdollahi et al.<sup>63</sup>, ao compactar os ingredientes em forma de peletes, o pinto não consegue selecionar partículas da ração, e assim, garante que os pintos recebam todos os nutrientes de forma equilibrada. Além disso, Engberg et al.<sup>71</sup> observaram que, frangos alimentados com ração peletizada apresenta uma economia de tempo e energia para o consumo da ração quando comparados aos alimentados com ração farelada, resultando em maior ganho de peso.

O uso da peletização na ração pré-inicial tem proporcionado melhor desempenho inicial de pintos de corte quando comparada à ração farelada. Freitas et al.<sup>60</sup> estudaram o processamento térmico da ração no desempenho e metabolizabilidade dos nutrientes das rações na primeira semana de vida e concluíram que os pintos que consumiram ração pré-inicial peletizada apresentaram maior metabolizabilidade do nitrogênio e do extrato etéreo da ração, resultando em melhor desempenho quando comparada a ração farelada. Do mesmo modo, Massuquetto et al.<sup>72</sup> estudaram o efeito da ração peletizada para frangos na fase inicial e verificaram que houve melhor desempenho, bem como maior coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca e da proteína bruta e maior energia digestível ileal para frangos alimentados com ração peletizada do que aqueles alimentados com ração farelada.

Moritz et al.<sup>62</sup> avaliaram o efeito da inclusão de milho peletizado ou extrusado em rações iniciais para pintos de corte e concluíram que aves alimentadas com rações contendo milho peletizado ou extrusado apresentaram maior ganho de peso em relação à dieta farelada.

No entanto, Svihus et al.<sup>73</sup> relataram que a peletização exerce pouco efeito sobre a metabolizabilidade do amido, enquanto que os processamentos mais intensos como a extrusão, que utiliza mais umidade e temperatura mais elevada, promovem maior gelatinização do amido e portanto, melhor metabolizabilidade dos nutrientes da ração.

A extrusão é o processamento no qual se utiliza com maior intensidade as variáveis do tratamento térmico (temperatura, umidade e pressão). Na extrusão, a ração é submetida a temperaturas que podem alcançar 200°C, que combinada com umidade e pressão resultam em maiores modificações no amido e na proteína<sup>15</sup>. Durante a peletização, cerca de 20% de

amido total é gelatinizado<sup>74</sup>, enquanto na extrusão o percentual de gelatinização é maior, podendo gelatinizar 100% do amido. Kokić et al.<sup>15</sup> estudaram a influência da peletização e extrusão na gelatinização do amido presente no milho e verificaram que a peletização gelatinizou 25,47%, enquanto a extrusão resultou em 100% de gelatinização do amido.

No entanto, temperaturas elevadas no processamento da ração (peletização ou extrusão), dependendo do tipo de ingrediente na ração, pode resultar em processos que prejudicam a digestibilidade do amido assim como da proteína da ração. Os principais processos estão relacionados com o aumento na concentração de amido resistente e da reação de Maillard. Kaczmarek et al.<sup>75</sup> verificaram que o aumento na temperatura de secagem no grão de milho de 60 a 140°C resultou em aumento significativo na concentração de amido resistente no milho. Do mesmo modo, Lima et al.<sup>76</sup> relataram que temperatura de expansão acima de 100°C resultou em maior perda nutricional e menor metabolizabilidade dos nutrientes das rações a base de milho, em decorrência do aumento da concentração do amido resistente.

As melhorias do processo de extrusão da ração proporcionadas pela gelatinização do amido sobre a metabolizabilidade dos nutrientes podem ser prejudicadas se grande quantidade de amido resistente ocorrer. Segundo Reis et al.<sup>77</sup>, o amido resistente passa intacto pelo intestino delgado e sofre fermentação no intestino grosso, gerando principalmente ácidos graxos de cadeia curta.

Amido resistente (Figura 2) é a fração do amido que é resistente a hidrólise enzimática e, portanto não fornece glicose para ser absorvida<sup>78</sup>. Segundo Reis et al.<sup>77</sup>, o amido resistente pode ser classificado em amido fisicamente inacessível (AR1), grânulos de amido resistente (AR2) e amido retrogradado (AR3). O AR1 é o amido que está inacessível para hidrólise enzimática devido à presença da parede celular ou estruturas proteicas. O amido AR2, refere-se aos tipos de grânulos de amido (A, B ou C) que apresentam lenta metabolizabilidade de acordo com às características intrínsecas da forma e estrutura cristalina dos grânulos. Já o AR3, refere-se ao amido que foi gelatinizado no processamento térmico e que sofreu o processo de retrogradação. Após o processo de resfriamento, quando a temperatura é reduzida, ocorre rearranjo das cadeias de amilose e amilopectina, separadas no processo de gelatinização, resultando em recristalização, processo conhecido como retrogradação, formando ligações de difícil digestão enzimática<sup>78</sup>.

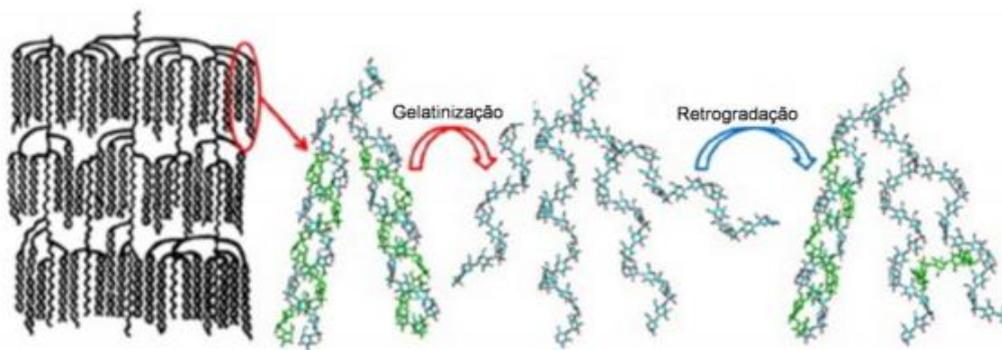


Figura 2- Representação esquemática do processo de retrogradação do amido

Figura 2. Fonte: Adaptado de Xu et al.<sup>68</sup>

Para Denardin e da Silva<sup>65</sup>, o fenômeno da retrogradação pode variar de intensidade, dependendo de fatores como: temperatura e tempo de armazenamento, pH e fonte do amido. Abdollahi et al.<sup>69</sup> estudaram o efeito da temperatura de peletização (60, 75 e 90°C) em dietas de frangos de corte a base de milho e sorgo e verificaram que o aumento na temperatura de condicionamento para 90 °C resultou em acréscimo na concentração de amido resistente (3,59 g / 100 g de amido total), em comparação com aqueles condicionados a 75°C (2,59g / 100g de amido total) e 60°C (2,25 g / 100 g de amido total). Em contrapartida, o sorgo parece ter maior tolerância a processamentos mais intensos que utilizam altas temperaturas, umidade e pressão.

Outro efeito indesejável do processamento térmico, em altas temperaturas, é a reação de Maillard. Sendo que a reação de Maillard é um processo resultante da interação entre o grupo amina dos aminoácidos, e o grupo carbonila de um açúcar redutor (glicose, maltose e lactose), que ocorre em temperaturas acima de 40°C<sup>79</sup>. O principal efeito biológico da interação aminoácido:açúcar é redução da metabolizabilidade das proteínas. Carvalho et al.<sup>80</sup> estudaram o uso de milho submetido a diferentes temperaturas de secagem (80, 100 e 120°C) para galos cecectomizados sobre o coeficiente de metabolizabilidade de aminoácidos e verificaram que o aumento da temperatura de secagem ocasionou redução linear da metabolizabilidade dos aminoácidos. Os autores concluíram que a menor metabolizabilidade dos aminoácidos está relacionada à reação de Maillard.

Assim, diversos fatores podem influenciar os benefícios do processamento térmico da ração como, as condições utilizadas (temperatura, umidade e pressão) e o tipo de cereal utilizado na composição da ração<sup>11</sup>.

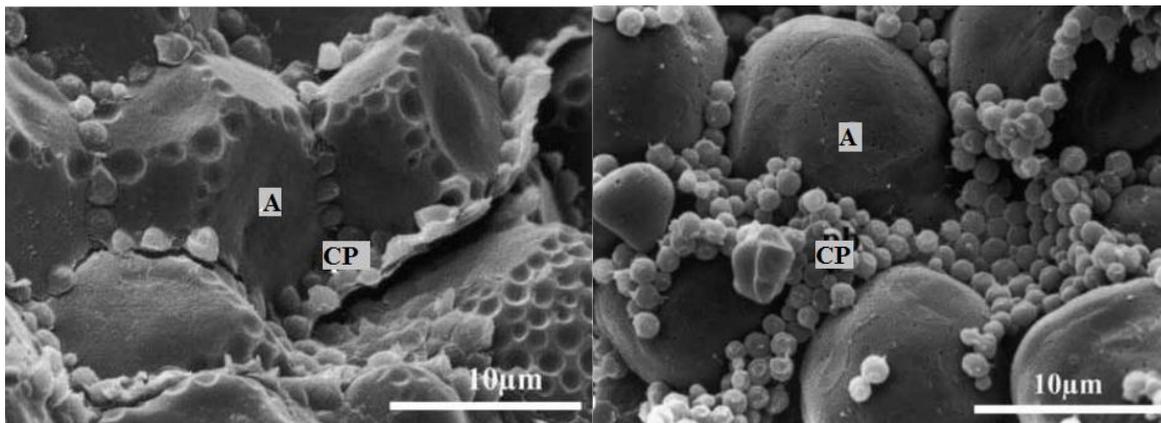
## 2.4 Sorgo na alimentação de frangos de corte

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), é o quinto grão mais produzido no mundo<sup>81</sup>, e possui maior tolerância ao déficit de água e a solos de baixa fertilidade, quando comparado a outras culturas como o milho, podendo ser cultivado em clima árido e semi-árido<sup>82</sup>. O Brasil é o 9º maior produtor mundial de sorgo, com produção de 2,9 milhões de toneladas produzidas em uma área de cultivo de 652,8 mil hectares, sendo que a região Centro-Oeste contribui com aproximadamente 50% da produção nacional<sup>83</sup>.

De acordo com Torres et al.<sup>84</sup>, a justificativa de não utilizar o sorgo nas dietas de frangos de corte em virtude do alto teor de tanino nos grãos, atualmente já não se aplica mais, pois as cultivares disponíveis no mercado para alimentação animal são consideradas sem tanino, ou seja grãos com menos de 0,7% de tanino. Fagundes, et al.<sup>85</sup> relataram que o uso do sorgo já foi limitado em ração para frangos de corte pela presença de tanino que provocava necroses e redução das vilosidades da mucosa intestinal. Porém, devido às variedades de sorgo atuais utilizadas na alimentação animal não apresentarem tanino Torres et al.<sup>84</sup> relataram que o trato gastrintestinal de frangos de corte praticamente não se altera quando o sorgo substituí o milho nas rações. Dessa forma, as implicações do uso do sorgo atualmente estão relacionadas principalmente com a composição proteica do grão.

O valor nutricional do sorgo para aves quando comparado com o principal ingrediente energético da ração, o milho; mostra que o sorgo possui maior quantidade de proteína bruta, mais amido e fibra bruta, no entanto, possui menor energia metabolizável. De acordo com Rostagno et al.<sup>86</sup>, os valores nutricionais de variedades de sorgo sem tanino são de 8,75 de proteína bruta, 66,6% de amido, 2,89% de fibra bruta e 3.204 kcal de energia metabolizável, enquanto os do milho são 7,86; 63,4; 1,73 e 3.364, respectivamente.

Selle et al.<sup>11</sup> relataram que, embora o sorgo apresente maior percentual de proteína bruta em relação à do milho, cerca de 50% dessa proteína é composta por kafirina, uma proteína de reserva pertencente ao grupo das prolaminas. A kafirina possui baixa digestibilidade pela pepsina (*in vitro*), e ainda prejudica a metabolizabilidade do amido<sup>(12)</sup>. De acordo com Mesa-Stonerstreet et al.<sup>87</sup>, a kafirina presente no endosperma do sorgo envolve o amido formando um complexo proteína:amido, que, por sua vez se interliga à matriz protéica da glutelina (Figura 3). Segundo Bryden et al.<sup>88</sup>, o complexo proteína:carboidrato impede a ação das enzimas digestivas e reduz a metabolizabilidade do amido presente no endosperma.



**Figura 3-** Micrografia de varredura eletrônica do endosperma do grão de sorgo: relação proteína:amido **CP**-corpos proteicos; **A**-grânulo de amido  
 Fonte: Duodu et al.<sup>89</sup>

Estudos recentes realizados com sorgo sem tanino, para avaliar o efeito da substituição total do milho pelo sorgo considerando desempenho assim como aspectos fisiológicos mostraram divergências entre os resultados<sup>9,10,59</sup>. As diferenças verificadas nos resultados podem estar relacionados com a metodologia experimental, assim como: variedade do sorgo, período de fornecimento da ração (1 a 7 ou 1 a 21 dias), variável estudada, tipo de processamento da ração (peletizada, farelada), processamento do grão (inteiro ou triturado), dentre outros.

Pasquali et al.<sup>9</sup> relataram que rações farelada com sorgo apresentaram menor metabolizabilidade da proteína bruta e dos carboidratos quando comparado com dietas a base de milho, o que pode prejudicar o desempenho de frangos de corte. Já Santos et al.<sup>90</sup>, em estudos da metabolizabilidade dos nutrientes da ração, considerando a composição nutricional do sorgo para frangos de corte, concluíram que há correlação negativa entre a concentração de proteína bruta e o valor de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço do nitrogênio (EMAn), ou seja, à medida que o nível de proteína aumenta, o valor de EMAn diminui.

Lunedo et al.<sup>10</sup> observaram que pintos que consumiram ração farelada com sorgo apresentaram pior conversão alimentar aos 21 dias de vida quando comparado aos pintos que consumiram ração a base de milho. No entanto, algumas pesquisas demonstraram que o sorgo pode substituir totalmente o milho na fase pré-inicial sem afetar o desempenho. Segundo Silva et al.<sup>59</sup>, rações pré-iniciais fareladas elaboradas com sorgo inteiro não prejudicaram o desempenho de pintos de corte na fase pré-inicial em relação aos alimentados com ração a base de milho. Garcia et al.<sup>91</sup> também não encontraram diferença no ganho de

peso de frangos de corte alimentados com rações farelada formuladas com níveis crescentes de sorgo em comparação ao milho.

Thomas e Ravindran<sup>92</sup> verificaram que rações peletizada a 70°C com sorgo não influenciaram no peso relativo dos órgãos do sistema digestório em comparação a ração com milho. Torres et al.<sup>84</sup> estudaram o efeito de substituição de 100% do milho por sorgo, em ração farelada, sobre a integridade da mucosa intestinal de pintos de corte na fase inicial (1 a 21 dias) e verificaram que a altura das vilosidades e profundidade das criptas não foram afetados com rações a base de sorgo sem tanino. Embora tenha sido observada maior perda de células epiteliais e maior índice mitótico no duodeno e jejuno, respectivamente, o que não foi o suficiente para afetar o desempenho.

A substituição parcial (50%) de milho por sorgo em ração farelada resultou em vilosidades mais altas no duodeno de frangos aos 35 dias de idade<sup>93</sup>. Já Silva et al.<sup>94</sup> não observaram alterações na altura e largura de vilos, profundidade de cripta nem na área de absorção do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) de pintos alimentados com rações farelada com sorgo substituindo 100% do milho, aos sete dias e de frangos aos 42 dias de idade. Do mesmo modo, Fagundes et al.<sup>85</sup> verificaram que a utilização do sorgo em substituição ao milho (100%) em ração farelada para frangos de corte não afetou a histomorfometria jejunal (altura de vilo, profundidade de cripta e na relação vilo:cripta), em pintos na fase pré-inicial.

De acordo com Bryden et al.<sup>88</sup>, ração com sorgo permanece por mais tempo no intestino de frangos de corte em comparação ao milho. O maior tempo de permanência no intestino foi confirmado por Pasquali et al.<sup>9</sup>, que investigaram o tempo de trânsito intestinal de ração com sorgo para frangos de corte aos 35 dias de idade e verificaram que em ração com sorgo permanece por mais tempo no intestino em relação a ração com milho. O tempo de passagem da ração com sorgo foi de 202 minutos, enquanto com milho foi de apenas 175 minutos.

Há relatos de que o maior tempo de permanência no intestino somado a metabolizabilidade mais lenta causado pela composição do sorgo resulta na disponibilizando glicose por um período maior de tempo no organismo<sup>8</sup>, sendo uma característica importante e apreciável, por exemplo, em pintos em jejum pós-eclosão, que necessitam de glicose de origem dietética para produzir energia e evitar a gliconeogênese.

Estudos mostraram que o processo térmico da ração composta por sorgo resultaram em dados positivos com relação ao desempenho de frangos de corte e digestibilidade dos

nutrientes da ração. Selle et al.<sup>95</sup> observaram que a peletização melhorou a conversão alimentar de frangos em dietas à base de sorgo, com 100% de substituição ao milho, na fase inicial. Al-Rabadi et al.<sup>96</sup> estudaram duas temperaturas de extrusão (100 e 140°C) sobre a digestibilidade *in vitro* do sorgo e observaram aumento na taxa de digestão do amido com o aumento na temperatura de extrusão. O processo térmico promove a quebra da barreira proteica, formada pelos corpos proteicos de kafirinas e pela matriz proteica da glutelina presente no endosperma do sorgo, promovendo maior acesso da amilase ao amido, aumentando a digestibilidade<sup>97</sup>. De acordo com Truong et al.<sup>98</sup>, as proteínas do endosperma do sorgo limitam fisicamente a hidratação e o intumescimento do grânulo de amido e prejudica a gelatinização do amido.

### 3. REFERÊNCIAS

1. Pedroso AA, Stringhini JH, Leandro NSM, Café MB, Barbosa CE, Lima, FG. Suplementos utilizados como hidratantes nas fases pré-alojamento e pós-alojamento para pintos recém eclodidos. *Pesq. Agropec. Bras.* 2005;40:627-632.
2. Lamot DM, Van De Linde IB, Molenaar R, Van Der PoL CW, Wijtten PJA, Kemp B, Van Den Brand H.. Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. *Poult. Sci.*2014; 93:2604–2614.
3. Leon MT, Garrido GG, Castaneda MD, Rueda EA. Early feeding to modify digestive enzyme activity in broiler chickens. *Rev.MVZ Cordoba.* 2014.19(3): 4316-4327.
4. Van Den Brand HL, Molenaar R, Van Der Star I, Meijerhof R. Early feeding affects resistance against cold exposure in young broiler chickens. 2010. *Poult. Sci.* 89(4):716-720.
5. Longo FA, Menten JFM, Pedroso AA, Figueiredo AN, Racanicci AMC, Gaiotto JB, Sorbara, JOB. Carboidratos na dieta pré-inicial de frangos de corte. *R. Bras. Zootec.*2005, 34(1), 123-133.
6. Maiorka A, Dahlke F, Morgulis MSFA. Broiler adaptation to post-hatching period. *Ciência Rural*, 2006;36(2): 701-708.
7. Bazolli RS. Influência do grau de moagem de ingredientes amiláceos utilizados em rações extrusadas sobre os aspectos digestivos e respostas metabólicas em cães. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2007. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – São Paulo, Jaboticabal, 2007.
8. D’auria E. Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para equinos. Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2005. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – São Paulo, Pirassununga, 2005.

9. Pasquali GAM, Fascina VB, Silva ADL, Aoyagi MM, Muro EM, Serpa PG, Sartori JR.. Maize replacement with sorghum and a combination of protease, xylanase, and phytase on performance, nutrient utilization, litter moisture, and digestive organ size in broiler chicken. *Can. J. of Anim. Sci.*, 2016;97(2):328-337.
10. Lunedo R, Fernandez-Alarcon MF, Carvalho FMS, Furlan L R Macari M. Analysis of the intestinal bacterial microbiota in maize- or sorghum-fed broiler chickens using real-time PCR. *Br. Poult. Sci.* 2014; 55(6): 795-803.
11. Selle PH, Moss AF, Truong HH, Khoddami A, Cadogan DJ, Godwin ID, Liu, S Y. Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Anim Nutr.* 2018;4(1):17–30.
12. Wong JH, Marx DB, Wilson JD, Buchanan BB, Lemaux PG, Pedersen JF. Principal component analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain. *Plant Science.* 2010;179: 598–611.
13. Hamaker BR., Bugusu BA. Overview: sorghum proteins and food quality. In: Workshop on the proteins of sorghum and millets: enhancing nutritional and functional properties for Africa [CD](Pretoria: South Africa). 2003.
14. Klein AA. Peletização de Rações: Aspectos Técnicos, Custos e Benefícios e Inovações Tecnológicas. Boletim técnico. Engormix. 2009. Disponível em: <https://pt.engormix.com/balanceados/artigos/peletizacao-racoes-aspectos-tecnicos-t36785.htm>. Acesso em 24 de outubro de 2019.
15. Kokić BM, Lević J.D., Chrenková M, Formelová Z, Poláčiková M, Rajský M, Jovanović, RD. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. *Food and Feed Res.* 2013;40(2):93-99.
16. Bhuiyan MM, Gao F, Chee SH, Iji PA. Minimising weight loss in new broiler hatchlings through early feeding of simple sugars. *Anim. Poult. Sci.* 2011;51:1002–1007.
17. Powell DJ, Velleman SG, Cowieson AJ, Singh M, Muir WI. Influence of chick hatch time and access to feed on broiler muscle development. *Poult. Sci.* 2016; 95:1433–1448.
18. Yi GF, Allee GL, Knight CD, Dibner JJ. Impact of glutamine and omeprazole hatchling supplement on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broilers vaccinated and challenged with *Eimeria maxima*. *Poult. Sci.* 2005;84:283–293.
19. Biloni A, Quintana CF, Menconi A, Kallapura G, Latorre J, Pixley C, et al. . Evaluation of effects of Early Bird associated with FloraMax-B11 on Salmonella Enteritidis, intestinal morphology, and performance of broiler chickens. *Poult Sci.* 2013; 92:2337–46.
20. Dos santos TT, Dassi SC, Franco CR, Costa CR, Lee SA, DA Silva AVF. Influence of fibre and betaine on development of the gastrointestinal tract of broilers between hatch and 14 d of age. *Animal Nutrition.* 2019;5(2): 163-173.

21. Ding ST, Lilburn MS. Characterization of changes in yolk sac and liver lipids during embryonic and early posthatch development of turkey poult. *Poult. Sci.* 1996;75:478 – 483.
22. Noy Y, Sklan, D. Different types of early feeding and performance in chicks and poults. *J. of Appl. Poult. Res.* 1999;8:16-24.
23. Osama HAA, Huwaida EE. Effect of surgical removal of the residual yolk sac on the development of the digestive system and immune response in broiler chicks during early days post-hatch. *J. Anim. Feed Res.* 2013; 3(4): 181-185.
24. Carvalho LSS, Machado CA, Fagundes NS, Litz FH, Fernandes EA. Desenvolvimento biométrico e desempenho de frangos de corte submetidos a diferentes períodos de jejum pós-eclosão.. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 2013;50: 4.300-306.
25. Bhanja SK, Devi CA, Panda AK, Sunder GS. Effect of post hatch feed deprivation on yolk-sac utilization and performance of young broiler chickens. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2009; 22:1174–1179.
26. Riccardi RR, Malheiros EB, Boleli IC. Efeito do jejum pós-eclosão sobre pintos de corte provenientes de ovos leves e pesados. *Ciênc. anim. bras.* 2009; 10(4), 1013-1020.
27. Li Y, Yuan L, Yang X, Ni Y, Xia D, Barth S, Grossmann R , Zhao RQ. Effect of early feed restriction on myofibre types and expression of growth-related genes in the gastrocnemius muscle of crossbred broiler chickens. *Br. J. of Nutr.* 2007. 98: 310–319.
28. Noy Y, Sklan D. Nutrient use in chicks during the first week posthatch. *Poult. Sci.* 2002; 81(3)391-399.
29. Lu JW, McMurtry JP, Coon CN. Developmental changes of plasma insulin, glucagon, insulin-like growth factors, thyroid hormones, and glucose concentrations in chick embryos and hatched chicks. *Poult. Sci.* 2007; 86(4): 673-683.
30. Lelis GR, Brito CO, Tavernari FC, Albino LFT. Metabolismo de carboidratos e lipídios em aves. *Rev. Eletr. Nutr.* 2009; 6(3):980-990.
31. Noy Y, Sklan, D. Yolk and exogenous feed utilization in the post-hatch chick. *Poult. Sci.* 2001; 80:1490-1495.
32. Nitsan Z, Turro-Vincent I, Liu G, Dunnington EA, Siegel PB. Intubation of weight-select chicks with soybean oil or residual yolk: effect early growth and development. *Poult. Sci.* 1995;74:925-936.
33. Maiorka A. Efeitos da idade da matriz, do jejum, da energia da ração e da glutamina sobre o desenvolvimento da mucosa intestinal e atividade enzimática do pâncreas de pintos de corte. Jaboticabal, SP. 2002. 103f. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

34. Agostinho TSP, Calixto LFL, Gomes AVDC, Togashi CK, Curvello FA, de Lima MF. Desenvolvimento de órgãos do trato gastrintestinal e desempenho de frangos de corte arraçoados na fase pré-alojamento. *Rev. bras. saúde prod. anim.*, 2012;13(4): 1143-1155.
35. Reis TL. Nutrição precoce de pintos de corte. *Ciênc. Anim.* 2018, 82-97.
36. Souza AVC, Rostagno HS, Dionizio MA. Fundamentos técnicos para utilização de dietas pré-iniciais para frangos de corte. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE AVICULTURA, 1, 2005, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: AveWorld, 2005. p.207-228.
37. Sklan D. Development of the digestive tract of poultry. *Worl.Poult. Sci. J.* 2001;57(4): 415-428.
38. Bigot K, Tesseraud S, Taouis, M, Picard M. Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair. *Produc. Animal.*2001;14:219–230.
39. Sklan D, Noy Y. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. *Poult. Sci.*, 2000;79:1306-1310.
40. Moraes GHK, Rodrigues ACP, Oliveira MGA, Albino LFT, Silva FA, Lopes RCSO. Perfil enzimático de  $\alpha$ -amilase, lipase e tripsina do pâncreas e crescimento do fígado, intestino e pâncreas de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade. *R. Bras. Zootec*, 2009;38(11):2188-2192.
41. Uni Z, Ferket RP. Methods for early nutrition and their potential. *Worl. Poult. Sci. J.* 2004;60: 101-111.
42. Saki, A.A. Effect of post-hatch feeding on broiler performance. *Int. J. Poult.Sci.*2005;4, (1):4-6.
43. Teixeira ENM, Silva JHV, Costa FGP, Martins TDD, Givisiez PEN, Furtado DA. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. *R. Bras. Zootec*, 2009, 38(2), 314-322.
44. Bohórquez DV. Bohórquez NE, Ferket PR. Ultrastructural development of the small intestinal mucosa in the embryo and turkey poult: A light and electron microscopy study. *Poult. Sci.*, 2011;90(4): 842-855.
45. Jong IC, van Riel J, Bracke M B, van den Brand H. A'meta-analysis' of effects of post-hatch food and water deprivation on development, performance and welfare of chickens. *PloS one.* 2017;12(12):189-350.
46. Murakami H, Akiba Y, Horiguchi M. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chicks with or without removal of residual yolk. *Growth, Development and Aging.* 1992;56, (2):75-84.

47. Lamot D. First week nutrition for broiler chickens: effects on growth, metabolic status, organ development, and carcass composition (Doctoral dissertation, Wageningen University). 2017.
48. Freitas R, Santos E, Teixeira A. Avaliação de aditivos beneficiadores de crescimento sobre desempenho e morfometria intestinal de frangos de corte na fase inicial. 2007.
49. Mori A, Martins JMS, Carvalho GB, Carvalho FB, Stringhini JH, Leandro NSM, Andrade MA, Café MB. Nutrient digestibility parameters as a tool for analysis of the intestinal health of broiler chickens. *Semina: Ciênc Agrár.* 2016;37(4):2499-2512.
50. Vieira SL, Pophal S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciênc. Avíc.* 2000; 2(3):189-199.
51. Moraes GHK, Rodrigues ACP, Oliveira MGA, Albino LFT, Silva FA, Lopes RCSO. Perfil enzimático de  $\alpha$ -amilase, lipase e tripsina do pâncreas e crescimento do fígado, intestino e pâncreas de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade. *R. Bras. Zootec.* 2009;38(11), 2188-2192.
52. Tavernari FC, Mendes AMP. Desenvolvimento, crescimento e características do sistema digestório de aves. *Revista Eletrônica Nutritime.* 2009; 6(6), 1103-1115.
53. Willemsen H, Everaert N, Witters A, Smit L, Debonne M, Verschueren F, Garain P, Berckmans D, Decuypere E, Ruggeman V.. Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of post-hatch performance. *Poult. Sci.* 2008;87: 2358-2366.
54. Silva JRL, Rabello CB, Dutra JR, WMD. Efeito da forma física e do programa alimentar na fase pré-inicial sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte. *Acta Scient.* 2004;26:543-551.
55. Stringhini JH, Resende AD, Café MB, Leandro NSM, Andrade M. A Efeito do peso inicial dos pintos e do período da dieta pré-inicial sobre o desempenho de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.* 2003;32(2): 353- 360.
56. Ebling PD, Kessler AM, Villanueva AP, Pontalti GC, Farina G, Ribeiro AML. Rice and soy protein isolate in pre-starter diets for broilers. *Poult. Sci.* 2015 94(11): 2744-2752.
57. Stringhini JH, Santos DA, Brito ABD, Nunes RDC, Rufino LM, Santos BMD. Desempenho de pintos de corte alimentados com rações contendo milho pré-gelatinizado. *R. Bras. Zootec.* 2009;38(9):1738-1744.
58. Boemo LS, da Rosa DP, Rosa AP, Orso C, Scher A, Gehrke SB, Mariani AB. Processos térmicos em dietas para frangos de corte na fase pré-inicial. *Rev. bras. saúde prod. anim.* 2016, 17(2): 195-201.
59. Silva MCA, Carolino ACXG, Litz FH, Fagundes, NS, de Abreu Fernandes E. Sorgo grão inteiro na ração pré-inicial de pintos de corte e os efeitos sobre o desenvolvimento

corporal e do tubo gastrintestinal. Enciclopédia biosfera, Centr. Cient. Conhec.2014;10(18):2769-2781.

60. Freitas, ER, Sakomura NK, Dahlke, F, Santos, FR., Barbosa, NAA. 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. R. Bras. Zootec. 2008;37(1):73-78.
61. Boroojeni FG, Svihus B, von Reichenbach HG, Zentek J. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. Anim. Feed Sci. and Technol. 2016;220: 187-215.
62. Moritz JS, Parsons AS, Buchanan NP, Calvalcanti WB, Cramer KR, Beyer RS. Effect of Gelatinizing Dietary Starch Through Feed Processing on Zero to Three-Week Broiler Performance and Metabolism. Jour. App. Poult. Res. 2005;1(4):7–54.
63. Abdollahi MR, Ravindran, V, Svihus B, Pelleting of broiler diets: an overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. Anim. Feed Sci. Technol. 2013; 179, 1–23.
64. Teixeira Netto T, Massuquetto A, Krabbe EL, Surek D, Oliveira SG, Maiorka A. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. J. Appl. Poult. Res. 2019;28(4)1–11.
65. Denardin CC, da Silva LP. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. Ciên. Rur. 2009;39: 945-954.
66. Dozier WA, Behnke KC, Gehring CK, Branton SL. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. J. Appl. Poult. Res. 2010.19:219–226.
67. López CAA, Baião NC, Lara LJC, Rodriguez NM, Cançado SV. Efeitos da forma física da ração sobre a metabolizabilidade dos nutrientes e desempenho de frangos de corte. Arq. Bras. de Med. Vet. e Zootec. 2007.59(4): 1006-1013.
68. Xu J, Fan X, Ning Y, Wang P, Jin, Z, Lv H, Xu B, Xu X. Effect of spring dextrin on retrogradation of wheat and corn starch gels. Food Hydro. 2013; 33(2) 361–367.
69. Abdollahi MR, Ravindran V, Wester TJ, Ravindran G, Thomas DV. 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. Anim. Feed Sci. Technol. 2010. 162.3-4: 106-115
70. Oliveira AD, Gomes ADC, Oliveira GD, Lima MF, Dias GEA, Agostinho TSP, Lima CD. Desempenho e características da carcaça de frangos de corte alimentados com rações de diferentes formas físicas. Rev. Bras. de Zootec, 2011;40: 2450-2455.

71. Engberg RM, Hedemann MS, Jensen BB. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *British Poult. Sci.* 2002; 43(4):569-579.
72. Massuquetto A, Durau JF, Schramm VG, Netto MT, Krabbe EL, Maiorka A. Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2017;27(1): 51-58.
73. Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005;122:303–320.
74. Cramer KR, Wilson KJ, Moritz JS, Beyer RS. Effect of sorghum-based diets subjected to various manufacturing procedures on broiler performance. *J. Appl. Poult. Res.* 2003;12: 404–410.
75. Kaczmarek SA, Cowieson AJ, Józefiak D, Rutkowski A. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.* 2014; 54(7): 956-965.
76. Lima MF, Couto HP, Real GSCP, Soares RTRN, Gomes AVC, Curvello FA. Valores energéticos de rações expandidas em diferentes temperaturas para frangos de corte. *Arqu. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2016. 68(3):725-732.
77. Reis JS, Ogoshi RCS, França J, Figueiredo ML, Borges LA, Zangeronimo MG. Amido resistente, um potencial ingrediente para ser considerado em alimentos funcionais para cães. *Arch. zootec.* 2017. 66(256): 639-648.
78. Wang S, Li C, Copeland L, Niu Q, Wang S. Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2015;14(5):568-585.
79. Shibao J, Bastos D HM. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. *Rev. de Nutr.* 2011; 24(6): 895-904.
80. Carvalho DCDO, Albino LFT, Vargas Junior JGD, Toledo RS, Oliveira JED, Souza RMD. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. *R. Bras. Zootec.* 2009; 38(5): 850-856.
81. Taylor JRN, Shewry PR. Preface to the sorghum and millet reviews. *Journal Cereal Science.* 2006; 44(3): 223-223.
82. Rodrigues, WA, Magalhães PC, Paiva E, Dos santos, F. G. Padrões eletroforéticos das proteínas de reserva em grãos de sorgo com presença e ausência de tanino. *Ciênc.e Agrotec.* 2009;33:1972–1977.
83. CONAB-Companhia nacional do abastecimento: Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 6 Safra 2018/19 - quinto levantamento, Brasília, p. 1-125, 2019.

84. Torres KAA, Pizauro Jr JM, Soares CP, Silva TGA, Nogueira WCL, Campos DM. B, Macari M. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. 2013. *Poult. Sci.* 92 :1564–1571.
85. Fagundes NS, Pereira R, Bortoluzzi C, Rafael JM, Napty GS, Barbosa JGM, Menten JFM. Replacing corn with sorghum in the diet alters intestinal microbiota without altering chicken performance. *J. anim. Phys. Anim. Nutr.* 2017;101(5): 371-382.
86. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Brito CO. *Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (488 p.)*UFV, Viçosa, MG, BR. 2017.
87. Mesa-Stonestreet, NJ, Alavi S, Bean SR. Sorghum proteins: the concentration, isolation, modification, and food applications of kafirins. *J. food sci.*2010;75(5):90-104.
88. Bryden WL, Selle PH, Cadogan DJ, Li X, Muller ND, Jordan DR, Gidley MJ, Hamilton WD. A review of the nutritive value of sorghum for broilers. RIRDC 2009. 9/007, 68p.
89. Duodu KG, Nunes A, Delgadillo I, Parker ML, Mills ENC, Belton PS, Taylor JRN. Effect of Grain Structure and Cooking on Sorghum and Maize in vitro Protein Digestibility. *J. Cereal Sci.* 2002; 35(2): 161–174.
90. Santos MJB, Ludke MCMM, Ludke JV, Torres TR, Lopes LS, Brito MS. Composição química e valores de energia metabolizável de ingredientes alternativos para frangos de corte. *Ciênc. anim. bras.* 2013; 14(1): 32-40.
91. Garcia RG, Mendes AA, Almeida Paz ICL, Komiyama CM, Caldara FR, Nääs IA, Mariano WS. Implications of the use of sorghum in broiler production. *Brazilian Journal of Poult. Sci.* 2013;15(3): 257-262.
92. Thomas DV, Ravindran V. Effect of cereal type on the performance, gastrointestinal tract development and intestinal morphology of the newly hatched broiler chick. *The Journal of Poult. Sci.*, 2008;45(1), 46-50.
93. Pérez C, Basilio V, Colina I, Machado I, Rossini M, Arrieta D. Effect of the addition of enzyme complexes in sorghum (*Sorghum bicolor*) based diets on intestinal integrity of broilers. *Rev. Cient.* 2013;23: 59-66.
94. Silva MCA, ACXG C, Litz FH, Fagundes NS, Fernandes EDA, Mendonça GA. Effects of sorghum on broilers gastrointestinal tract. *Brazilian Journal of Poult. Sci.* 2015; 17(1): 95-102.
95. Selle PH, Liu SY, Cai J, Cowieson AJ. Steam-pelleting and feed form of broiler diets based on three coarsely ground sorghums influences growth performance, nutrient utilisation, starch and nitrogen digestibility. 2012. *Anim. l Prod. Sci.* 52(9): 842-852.

96. Al-Rabadi GJ, Torley PJ, Williams BA, Bryden WL, Gidley MJ. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. 2011. *Anim. Feed Sci. and Techn.*, 168(3-4):267-279.
97. Black JL, Tredrea AM, Nielsen SG, Bird SH, Kaiser AG, Van Barneveld RJ, Hughes RJ, Flinn PC. Prospects of improving the feed quality of sorghum. In: Borrell, A.K., Henzel, RG, Jordan DJ. (Eds.), *Proceedings, 5th Australian Sorghum Conference*. Gold Coast, Qld. 2006.
98. Truong HH, Liu SY, Selle PH. Starch utilisation in chicken-meat production: the foremost influential factors. *Anim. Prod. Sci.* 2016;56(5):797-814.

## **CAPITULO 2- DESEMPENHO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE PINTOS NA FASE PÓS- ECLOSÃO, ALIMENTADOS COM DIETAS PROCESSADAS TERMICAMENTE CONTENDO MILHO OU SORGO**

### **RESUMO**

Objetivou-se avaliar o efeito do processamento térmico nas rações, pós-eclosão, elaboradas com milho ou sorgo sobre o desempenho, morfometria dos órgãos do sistema digestório, atividade específica da amilase e da lipase pancreática e concentração plasmática de glicose e de insulina em pintos de corte. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 (ração peletizada ou extrusada, contendo milho ou sorgo), com seis repetições de 30 pintos cada. As rações foram fornecidas aos pintos nas caixas de transporte durante 24 horas após o nascimento (fase pós-eclosão). Após a fase pós-eclosão, todos os pintos foram alojados e receberam a mesma ração pré-inicial, sendo as variáveis avaliadas com 24h e aos sete dias de vida. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). Após 24 horas, pintos que consumiram a ração pós-eclosão peletizada apresentaram menor perda de peso. Houve maior absorção do saco vitelino nos pintos que consumiram ração com sorgo, independentemente do processamento térmico. Ração, pós-eclosão, extrusada com milho resultou em maior atividade específica da amilase e menor concentração de glicose nos pintos (24 horas) e com sete dias de idade resultou em pior conversão alimentar. A ração a base de sorgo, extrusada ou peletizada, não diferiram entre si e foram semelhantes a ração com milho peletizada com relação à conversão alimentar. Não houve efeito das rações sobre o a morfometria dos órgãos do sistema digestório aos sete dias de idade. Conclui-se que a extrusão da ração a base de sorgo resulta em aumento na concentração de glicose sanguínea na fase pós-eclosão. A peletização da ração pós-eclosão a base de milho resulta em melhor conversão alimentar na fase pré-inicial.

**Palavras-chaves:** amido resistente, glicose, insulina, kafirina, neonato, ração de caixa

## **CHAPTER 2- PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF FEED CHICKS WITH THERMAL PROCESSED DIETS CONTAINING CORN OR SORGHUM IN THE POST-HATCHED PHASE**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effect of thermal processing on post-hatch diets, made with corn or sorghum on performance, morphometry of the organs of the digestive system, specific activity of pancreatic amylase and lipase and plasma glucose and insulin concentration in chicks. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial scheme (pelleted or extruded feed, containing corn or sorghum), with six replications of 30 chicks each. The feed were supplied to the chicks in the transport boxes for 24 hours after birth (post-hatch phase). After the post-hatch phase, all the chicks were housed and received the same pre-starter diet, with the variables being evaluated at 24h and at seven days of life. The data were subjected to analysis of variance and the means compared by the Tukey test (5%). After 24 hours, chicks that consumed the pelleted post-hatch diet showed less weight loss. There was greater absorption of the yolk sac in chicks that

consumed diet with sorghum, regardless of thermal processing. Feed, post-hatch, extruded with corn resulted in greater specific activity of amylase and lower concentration of glucose in chicks (24 hours) and at seven days of age resulted in worse feed conversion. The sorghum-based feed, extruded or pelleted, did not differ from each other and were similar to the pelleted corn diet in relation to feed conversion. There was no effect of the diets on the morphometry of the organs of the digestive system at seven days of age. It is concluded that the extrusion of diet based on sorghum results in an increase in the concentration of blood glucose in the post-hatch phase. Pelletization of the post-hatch diet based on corn results in better feed conversion in the pre-initial phase.

**Keywords:** box ration, glucose, insulin, kafirin, neonate, resistant starch

## 1. INTRODUÇÃO

A fase pós-eclosão de pintos de corte é definida como o período entre o nascimento e alojamento e pode durar de 24 a 72 horas<sup>1</sup>. Esse período está relacionado com o tempo necessário para a indústria realizar a vacinação, sexagem, transporte e alojamento nas granjas, e, portanto, durante esse período, geralmente, os pintos ficaram em jejum alimentar e hídrico<sup>2</sup>.

O pinto de corte em jejum durante o período pós-eclosão, utiliza as proteínas do saco vitelino e corporal para produzir glicose através da gliconeogênese e gerar energia, todavia, resulta em desidratação, perda de peso e mortalidade, reduz a qualidade do pinto alojado e, portanto, piora o desempenho do lote<sup>3</sup>. O jejum em pintos neonatos também prejudica o desenvolvimento do trato gastrointestinal<sup>4</sup> e reduz a atividade das enzimas digestivas<sup>5</sup>.

Com o fornecimento de ração pós-eclosão a base de carboidratos, ocorre a redução da gliconeogênese, pois há o aumento na concentração de glicose sanguínea de origem dietética, resultando também em maior disponibilidade da proteína para formação do tecido corporal e desenvolvimento do pinto neonato<sup>6</sup>. Lu et al.<sup>7</sup> avaliaram o fornecimento de ração pós-eclosão, a base de milho e farelo de soja, para pintos e verificaram aumento de 20% na concentração de glicose sanguínea em 24 horas após a alimentação em relação a concentração observada no momento da eclosão.

O uso do sorgo em ração pós-eclosão para pintos de corte pode ser benéfica, pois, segundo<sup>8,9</sup>, rações com sorgo apresentam maior disponibilidade de glicose sanguínea por maior período de tempo na fase pós-prandial em relação a ração com milho.

Contudo, segundo Pasquali et al.<sup>10</sup>, a menor metabolizabilidade da proteína bruta e dos carboidratos do sorgo quando comparado com a metabolizabilidade do milho pode prejudicar o desenvolvimento inicial do pinto de corte na fase pré-inicial. A menor metabolizabilidade dos nutrientes está relacionada a composição proteica do endosperma do

sorgo, formada por uma matriz proteica (glutelinas) e por corpo proteicos constituído de prolaminas (kafirina) que envolvem os grânulos de amido, formando um complexo proteína:carboidrato que dificulta a ação das enzimas digestivas e reduz a metabolizabilidade dos nutrientes<sup>11</sup>. No entanto, Hamaker e Bugusu<sup>12</sup>, sugeriram que é possível melhorar a metabolizabilidade do sorgo com o processamento térmico.

Os tratamentos térmicos como a extrusão e peletização são utilizados com finalidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes e facilitar a digestão e absorção pela ave<sup>13</sup>. A peletização da ração resulta em maior metabolizabilidade dos nutrientes, especialmente dos carboidratos porque ocorre a pré-gelatinização do amido provocada pelo calor, umidade e pressão que atuam sobre os grânulos de amido cristalizados, expondo a amilose e a amilopectina a maior ação das enzimas digestivas<sup>14</sup>. Já a extrusão provoca modificações mais intensas sobre os carboidratos e proteínas, pois o tratamento envolve temperatura de até 200°C<sup>15</sup> e dessa forma aumentam a metabolizabilidade dos nutrientes.

Os benefícios do processamento térmico podem variar de acordo com o tipo de ingrediente utilizado<sup>16</sup>. Abdollahi et al.<sup>17</sup> estudaram o efeito da peletização em diferentes temperaturas (60, 75 e 90°C) para dietas com milho ou sorgo e concluíram que a temperatura necessário para gelatinização do amido do sorgo foi superior a do milho. Dessa forma, é possível que para melhorar a metabolizabilidade dos nutrientes do sorgo seja necessário utilizar processamentos com temperaturas mais elevadas, como a extrusão.

Objetivou-se avaliar o efeito dos processamentos térmicos (peletização e extrusão) em rações pós-eclosão elaboradas com milho ou sorgo sobre o desempenho, morfometria dos órgãos, atividade da amilase e lipase pancreática e concentração plasmática de glicose e de insulina de pintos de corte, até sete dias de idade.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada no aviário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, sendo submetida à Comissão de Ética no Uso dos Animais da Universidade Federal de Goiás, e aprovado sob o parecer N°. 039/16.

Foram utilizados 720 pintos, macho, da linhagem Cobb 500, com peso médio de 38±0,73g, provenientes de ovos de matrizes com 32 semanas de vida. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 (dois ingredientes x dois tipos de processamento térmico), totalizando quatro tratamentos (ração

peletizada a base de milho, ração peletizada a base de sorgo, ração extrusada a base de milho e extrusada a base de sorgo), com seis repetições e 30 pintos cada.

As rações pós-eclosão (Tabela 1) foram formuladas de acordo com as recomendações de exigências nutricionais e composição de alimentos de Rostagno et al.<sup>18</sup>.

**Tabela 1.** Composição das dietas experimentais para pintos de corte na fase pós-eclosão

Ingredientes (%)	Rações	
	Milho	Sorgo
Milho, grão	53,30	0,00
Soja, farelo	39,08	37,59
Sorgo, grão	0,00	53,12
Calcário calcítico	0,87	0,87
Fosfato bicálcico	1,94	1,94
L-Lisina	0,21	0,25
DL-Metionina	0,21	0,23
L-Treonina	0,09	0,13
Óleo de soja	2,30	3,86
Bicarbonato de Na	0,19	0,18
Sal comum	0,38	0,38
Premix Mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,10	0,10
Amido	1,30	1,30
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL</b>		
EM (kcal/kg)	2953	2953
PB(%)	22,24	22,22
Cálcio(%)	0,92	0,92
Fósforo disponível (%)	0,47	0,47
Lisina digestível (%)	1,31	1,31
Metionina digestível (%)	0,51	0,51
Met+cistina digestível (%)	0,80	0,80
Treonina digestível (%)	0,85	0,85
Triptofano digestível (%)	0,26	0,26
Arginina digestível (%)	1,42	1,36
Sódio (%)	0,22	0,22
Cloro(%)	0,27	0,27
Ác. Linoleico(%)	2,57	2,92

<sup>1</sup> Suplemento mineral e vitamínico - níveis de garantia por quilograma de produto: 3.125.000 UI Vitamina A, 550.000 UI Vitamina D3, 3.750 mg Vitamina E, 625 mg Vitamina K3, 250 mg Vitamina B1, 1.125 mg Vitamina B2, 250 mg Vitamina B6, 3.750mg Vitamina B12, 9.500 mg Niacina, 1.500 mg anticoccidiano, 3.750 mg Pantotenato de cálcio, 125 mg Ácido fólico, 350.000 mg DL-metionina, 150.000 mg Cloreto de colina (50%), 50 mg Selênio, 2.500 mg Antioxidante, 1.000 g Manganês, 150.000mg Zinco, 100.000mg Ferro, 16.000mg Cobre, 1.500mg Iodo, Veículo q.s.p.

Para a elaboração das rações, o milho, o sorgo e o farelo de soja foram triturados em moinho do tipo martelo com peneira de 0,5mm.

Após a mistura dos ingredientes, as rações foram extrusadas ou peletizadas no laboratório de Pesquisa em Aquicultura- LAPAQ da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí. A extrusora utilizada foi do modelo EX30 com capacidade de 40 kg/h, matriz com furo de 3,1mm, temperatura de 150°C e 23% de umidade. A Peletização foi realizada com a peletizadora ajustada para 23% de umidade e temperatura de 56°C, utilizando matriz de 2,0mm. Após os processamentos, extrusão ou peletização, as rações foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 12 horas e posteriormente trituradas em moinho do tipo martelo.

A granulometria da ração triturada foi avaliada a partir do diâmetro geométrico médio (DGM), seguindo a metodologia descrita por Zanotto e Bellaver<sup>19</sup>. O DGM das rações extrusadas com milho e sorgo foram de 348,99µm e 396,81µm, respectivamente. Para as dietas peletizada com milho foi de 498,59µm e peletizada com sorgo foi 442,48µm.

A ração foi distribuída no papelão da caixa, sendo oferecido 3g/ave. O período de fornecimento das rações experimentais, pós-eclosão, iniciou-se três horas após a retirada do pinto do nascedouro, quando colocados em caixas de plástico e receberam as rações por 24horas, simulando o período de espera no incubatório e transporte até a granja. Cada caixa continha 30 pintos, com peso médio de 38±0,73g. As caixas com os pintos foram acondicionados dentro do galpão e aquecidos por campânulas a gás.

As variáveis estudadas para avaliação da alimentação na caixa, na fase pós-eclosão foram realizadas em dois momentos, sendo a primeira com 24h e depois com sete dias de vida. Às 24 horas de vida foram avaliados, consumo de ração, perda de peso, morfometria dos órgãos do sistema digestório, atividade específica da amilase e lipase pancreática e concentração plasmática de glicose e insulina.

Para o consumo de ração foi calculado a diferença entre o total de ração fornecida e as sobras de cada parcela. Para a perda de peso foi considerado a diferença entre o peso inicial (no momento do fornecimento da ração) e o peso final (após 24h de alimentação).

Para a avaliação da morfometria dos órgãos do sistema digestório, dois pintos por repetição, totalizando 12 pintos por tratamento foram pesados e eutanasiados por meio de deslocamento cervical. Em seguida realizou-se a necropsia, e o saco vitelino, moela, proventrículo, fígado, pâncreas, intestino delgado e intestino grosso foram pesados em

balança analítica de precisão 0,0001g e calculado o peso relativo dos órgãos. O peso relativo foi calculado em relação ao peso do pinto sem o saco vitelino.

Para determinar a concentração de glicose e insulina plasmática foram utilizados seis pintos por tratamento. A coleta de sangue foi realizada às 3, 6, 12 e 24 horas após o fornecimento da ração, por meio de punção cardíaca. Parte do sangue foi armazenado em frascos contendo anticoagulante (fluoreto de sódio) e centrifugada a 5000 r.p.m por 10 minutos, para obter o plasma (avaliação de glicose), e a outra parte foi colocada em frasco com ativador de coagulação em temperatura ambiente para obter o soro (insulina).

O plasma e soro foram recolhidos e armazenados em tubos *Eppendorf* e armazenados a -20 ° C até as análises. Para dosagem de glicose plasmática foi utilizado a metodologia “god trinder”, utilizando o Kit Glicose liquiform (Labtest, 500mL, Ref. 133). O Preparo das amostras foi realizado seguindo as especificações do fabricante. As leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 505nm.

As concentrações de insulina foram determinadas utilizando o kit comercial Human INS (insulin) Elisa Kit (Elabscience, Catálogo nº E-EL-H5439). Embora o reagente utilizado seja direcionado a humanos, pode ser aplicado a outras espécies, inclusive aves, devido a semelhança do hormônio entre as espécies<sup>20</sup>. As amostras foram preparadas e os cálculos foram realizados seguindo as instruções fornecidas pelo fabricante. A leitura das amostras se deu por meio de espectrofotômetro Celer Polaris, modelo EE leitora de microplacas Elisa, em comprimento de onda de 450nm.

Para atividade enzimática da amilase e lipase pancreática, dois pintos por repetição foram pesados e eutanasiados por deslocamento cervical e o pâncreas foi coletado, acondicionado em *Eppendorfs* e armazenado imediatamente em nitrogênio líquido. Posteriormente as amostras foram armazenadas em freezer TSX Thermo Scientific (-80°C). Para as análises de atividade enzimática, as amostras de pâncreas foram descongeladas, maceradas em microtubo plástico com o auxílio de bastão de vidro. Em seguida, o macerado foi homogeneizado individualmente com 1 mL de água destilada e a mistura foi centrifugada a 6.000 r.p.m. por 10 minutos a 5°C. Após a centrifugação, o sobrenadante foi coletado e determinou-se a concentração de proteína total e atividade das enzimas amilase e lipase. A determinação da concentração de proteína no pâncreas foi realizada com finalidade de calcular a atividade específica, que é o quociente entre a atividade da enzima em UI e a concentração de proteínas em mg.

A determinação da concentração de proteína total do substrato foi realizada por ensaio bioquímico convencional de Bradford <sup>21</sup>, utilizando albumina sérica (sigma®) para a obtenção da curva padrão. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro (Spectrum SP-2000 UV) em comprimento de onda de 595nm. Posteriormente determinou-se a atividade das enzimas amilase e lipase pancreática por meio de kits comerciais.

A atividade da  $\alpha$ -amilase foi determinada utilizando kit Amilase CNPG liquiform (Labtest, Ref.142). O método baseia-se na hidrólise promovida pela  $\alpha$ -amilase do substrato 2-cloro-p-nitrofenil- $\alpha$ -D-maltotriosídeo(CNPG3) e liberando o 2-cloro-4-nitrofenol (CNP) e formando 2-cloro-4-nitrofenil- $\alpha$ -D-maltosídeo(CNPG2), maltotriose e glicose. A velocidade de formação da CNPG2 é proporcional a atividade da  $\alpha$ -amilase, medida em espectrofotômetro em 405nm. Os valores foram expressos em unidades de amilase por 1000 mL da amostra (U/L).

A atividade da lipase foi determinada pelo método enzimático colorimétrico, utilizando-se kit lipase Liquiform (Labtest). A leitura foi realizada por meio de espectrofotômetro em comprimento de onda de 570nm. Os valores foram expressos em Unidade de lipase por litro de amostra (U/L).

Determinados os valores de proteína total, atividade de amilase e lipase pancreática, realizou-se o cálculo de atividade específica das enzimas, por meio da fórmula: Atividade Específica = unidades de enzima / mg total de proteína, expressa em (U/mg de proteína). Uma unidade (U) de enzima amilase ou lipase é a quantidade de enzima que hidrolisa 1  $\mu$ mol de substrato por minuto<sup>22</sup>.

Para avaliar o efeito da ração pós-eclosão na fase pré-inicial, foi verificado desempenho e morfometria dos órgãos do sistema digestório, aos sete dias de idade. Para o desempenho zootécnico foram alojados 10 pintos por repetição, selecionados de acordo com o peso médio. Os pintos foram criados em baterias metálicas, divididas em gaiolas com dimensões de 0,30 x 0,74 x 0,79m. Todas as parcelas experimentais receberam uma única ração pré-inicial farelada, a base de milho e farelo de soja com a composição nutricional semelhante a ração a base de milho apresentada na Tabela 1. O diâmetro geométrico médio da ração farelada foi de 712,77 $\mu$ m. A temperatura durante o período experimental foi mantida em 32°C.

Aos sete dias de idade, as variáveis analisadas foram desempenho e morfometria dos órgãos do sistema digestório.

Para avaliar o desempenho foram determinadas, consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar. O consumo de ração foi obtido pela diferença entre a ração fornecida e as sobras de cada parcela. Para determinar ganho de peso, considerou-se o peso final menos o peso inicial dividido pelo número de aves da parcela. A conversão alimentar foi calculada por meio da relação entre o ganho de peso e o consumo de ração. O consumo de ração e a conversão alimentar foram corrigidos de acordo com a mortalidade, considerando o peso do pinto morto. A morfometria dos órgãos foi determinada conforme metodologia utilizada na fase pós-eclosão.

Os dados foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade, os *outliers* identificados foram removidos. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) do software estatístico R e quando necessário, as médias, foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS

Com relação aos resultados de peso vivo ao alojamento, consumo de ração e perda de peso de pintos após 24h do nascimento, observou-se que não houve interação do tipo de ingrediente e do processamento térmico da ração pós-eclosão ( $P>0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2-** Desempenho de pintos de corte, alimentados com ração pós-eclosão extrusada ou peletizada, a base de milho ou sorgo, após 24 horas de vida

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV(%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Peso ao alojamento(g)	Milho	35,31	35,28	35,29	3,25	0,462	0,837	0,791
	Sorgo	35,54	35,76	35,65				
	Média	35,42	35,52					
Consumo de ração/período (g)	Milho	2,26	2,25	2,25	6,26	0,291	0,357	0,475
	Sorgo	2,24	2,12	2,18				
	Média	2,25	2,18					
Perda de peso (g)	Milho	3,32	2,89	3,10	8,45	0,676	0,030	0,411
	Sorgo	3,26	3,06	3,16				
	Média	3,29a	2,97b					

EXT- Extrusada; PEL- peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Médias com mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

No entanto, houve efeito ( $P<0,05$ ) do processamento térmico das rações, que influenciou a perda de peso dos pintos, 24h pós-eclosão, sendo o melhor resultado observado nos pintos que consumiram a ração peletizada, independentemente do ingrediente utilizado.

Com relação ao peso relativo dos órgãos (Tabela 3) observou-se interação ( $P < 0,05$ ), entre o tipo de ingrediente da ração e o processamento térmico para as variáveis, peso relativo do saco vitelino, do pâncreas e do fígado, em pintos com 24h de vida. Os pintos que consumiram ração pós-eclosão a base de sorgo apresentaram maior utilização do saco vitelino e maior peso relativo de pâncreas, independentemente do tipo de processamento da ração. Já nas rações a base de milho, a extrusão piorou a absorção do saco vitelino. Para peso relativo do fígado, os menores valores foram observados nos pintos que receberam ração peletizada a base de milho (Tabela 3).

**Tabela 3-** Peso relativo (%) dos órgãos do sistema digestório de pintos alimentados com ração pós-eclosão, extrusada ou peletizada, com milho ou sorgo, com 24 horas pós-eclosão

Variável (%)	Ing	Processamento térmico		Média	CV(%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Saco vitelino	Milho	6,01Aa	5,02Ab	5,52	11,27	<0,001	0,164	0,046
	Sorgo	3,77B	3,96B	3,86				
	Média	4,90	4,50					
Moela	Milho	6,58	6,79	6,69	5,77	0,371	0,340	0,740
	Sorgo	6,49	6,59	6,54				
	Média	6,54	6,69					
Pâncreas	Milho	0,30B	0,29B	0,292	10,38	<0,001	0,079	0,032
	Sorgo	0,43Ab	0,51Aa	0,469				
	Média	0,36	0,40					
Fígado	Milho	3,72a	3,13Bb	3,42	10,34	0,358	0,162	0,032
	Sorgo	3,51	3,64A	3,57				
	Média	3,61	3,38					
Proventrículo	Milho	1,21	1,26	1,23B	9,64	0,001	0,347	0,995
	Sorgo	1,40	1,45	1,43A				
	Média	1,30	1,36					
Intestino delgado	Milho	6,62	7,18	6,90B	6,35	0,005	0,072	0,323
	Sorgo	7,42	7,59	7,50A				
	Média	7,02	7,40					
Intestino Grosso	Milho	1,61	2,18	1,89	14,58	0,654	<0,001	0,846
	Sorgo	1,69	2,22	1,95				
	Média	1,65b	2,20a					

EXT- Extrusada; PEL- peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente;

Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ );

O tipo de ingrediente influenciou ( $P < 0,05$ ) no percentual de proventrículo e intestino delgado, no qual os pintos que receberam ração com sorgo obtiveram maior peso relativo de proventrículo e de intestino delgado. O tipo de processamento térmico influenciou ( $P < 0,05$ )

no peso relativo de intestino grosso, que foi maior quando os pintos consumiram ração peletizada.

Para os resultados da atividade enzimática específica para a amilase pancreática de pintos após 24 horas pós-eclosão, verificou-se interação ( $P < 0,05$ ) entre os fatores, ingrediente e processamento térmico da ração (Tabela 4).

**Tabela 4-** Atividade específica (U/mg proteína) da amilase e lipase pancreática de pintos alimentados com ração pós-eclosão com milho ou sorgo, extrusada ou peletizada, 24h após eclosão

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV(%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Amilase (U/mg de proteína)	Milho	33,76Aa	21,33Ab	27,55	13,48	0,125	<0,001	0,044
	Sorgo	27,12Ba	22,34Aa	24,73				
	Média	30,44	21,84					
Lipase (U/mg de proteína)	Milho	0,37	0,47	0,42	26,50	0,863	0,755	0,125
	Sorgo	0,46	0,40	0,43				
	Média	0,42	0,43					

EXT- Extrusada; PEL- peletizada; CV=Coeficiente de variação; Ing-Ingrediente; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ );

Por meio do desdobramento da interação, observou-se que pintos que consumiram ração extrusada a base de milho apresentaram maior atividade específica da amilase pancreática em relação às rações com sorgo ( $P < 0,05$ ), no entanto, não houve diferença quando a ração foi peletizada ( $P > 0,05$ ).

Para a atividade específica da lipase pancreática na fase pós-eclosão (Tabela 4), não houve interação ( $P > 0,05$ ) e nem efeito independente do tipo de ingrediente e do processamento térmico.

Na figura 1 estão apresentados os dados da concentração plasmática de glicose durante o período pós- eclosão, as 3, 6, 12 e 24 horas pós-prandial. Houve interação ( $p = 0,016$ ) do ingrediente e processamento térmico para a concentração de glicose 24 horas pós-prandial ( $P < 0,05$ ).

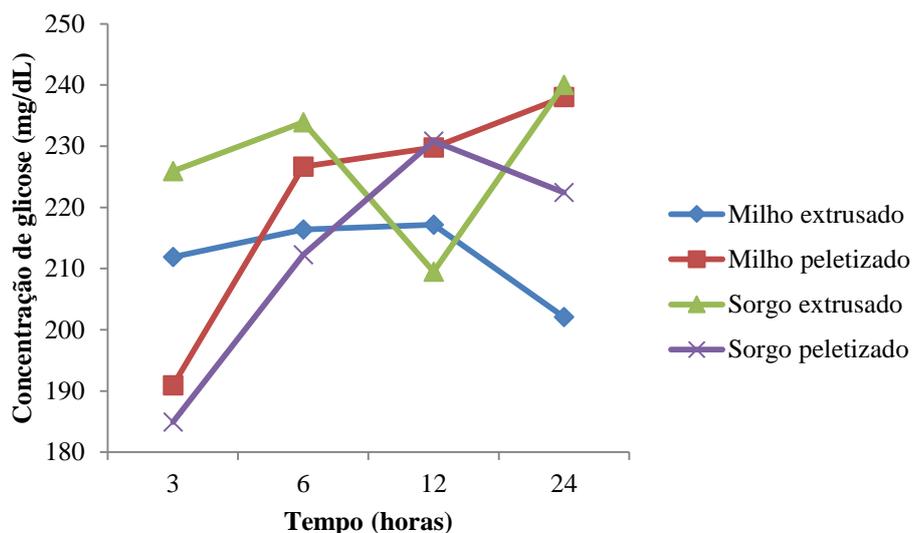


Figura 1. Concentração de glicose (mg/dL) plasmática de pintos de corte com 3, 6, 12 e 24 horas de vida, alimentados com ração pós-eclosão, com milho ou sorgo, peletizada ou extrusada

Através do desdobramento da interação da concentração de glicose 24 horas pós-prandial (Figura 2), verificou-se que, em rações a base de milho, a extrusão resultou em menor concentração de glicose. Já nas rações a base de sorgo, a concentração de glicose plasmática 24 horas pós-prandial independe do tipo de processamento. Quando extrusada, a ração com sorgo apresentou maior concentração de glicose.

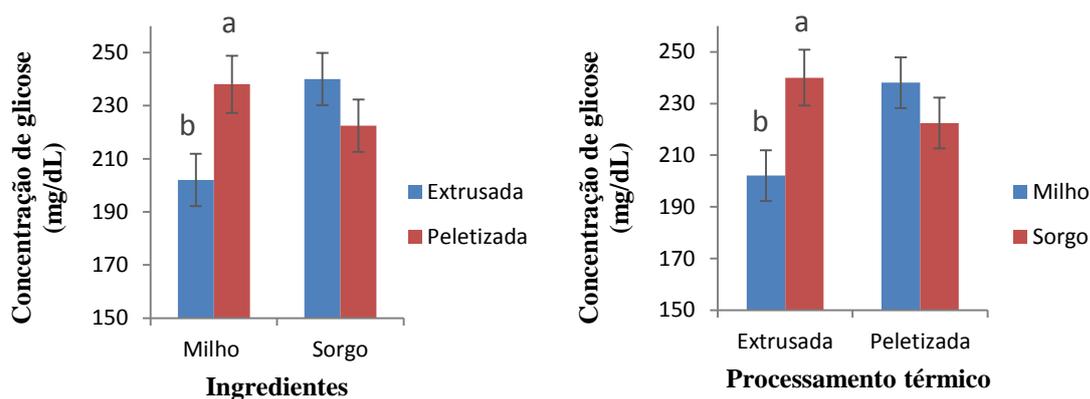


Figura 2- Desdobramento da interação do ingrediente (milho ou sorgo) e processamento térmico sobre a concentração plasmática de glicose 24 horas pós-eclosão em pintos de corte. Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Na Figura 3, está apresentado a concentração de insulina (ng/mL), no período de 3 a 24 horas após a eclosão de pintos alimentados com os diferentes tipos de rações pós-eclosão .

A seis horas, pós-eclosão, foi verificado interação ( $p=0,021$ ) do ingrediente e processamento térmico para as concentrações de insulina (Figura 3). E as 12 horas pós o consumo da ração pós- eclosão, foi observado efeito isolado do tipo de ingrediente ( $p=0,011$ ) na produção de insulina, no qual a maior concentração de insulina foi verificada quando os pintos consumiram ração a base de sorgo (0,273 ng/mL) em relação a ração com milho (0,265 ng/mL).

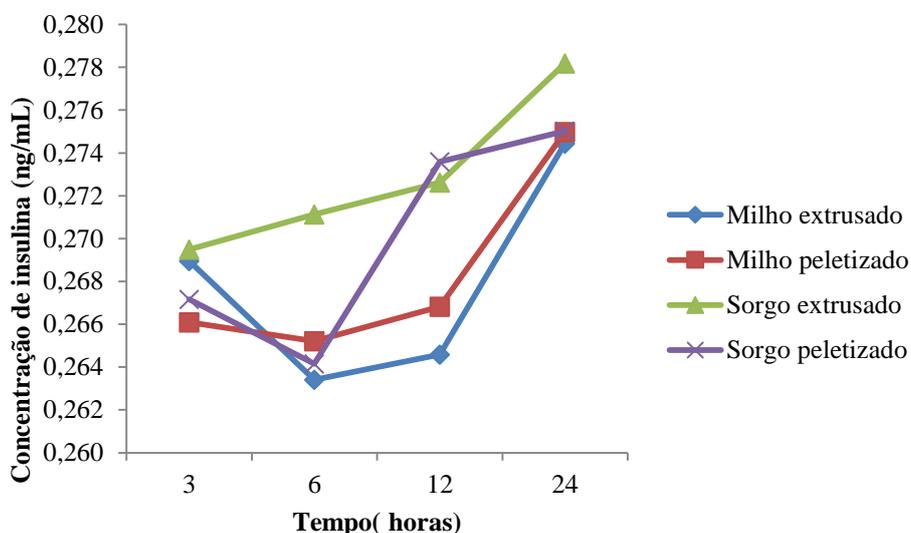
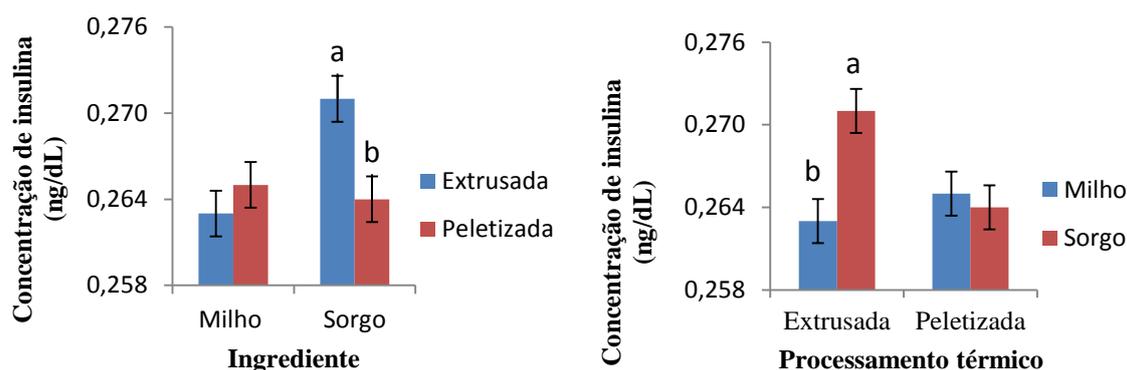


Figura 3-Concentração de insulina plasmática (ng/mL) de pintos de corte com 3, 6, 12 e 24 horas de vida, alimentados com ração pos-eclosão, com milho ou sorgo, processadas termicamente

O desdobramento da interação ( $P<0,05$ ) para a concentração de insulina pós-prandial às seis horas está apresentado na Figura 4. Verificou-se que os pintos que consumiram ração a base de sorgo, quando extrusada, apresentaram maior concentração de insulina, seis horas após o início da alimentação na caixa de transporte. No entanto, quando peletizada não houve diferença entre os ingredientes.



**Figura 4-** Desdobramento da interação entre ingrediente (milho ou sorgo) e processamento térmico sobre a concentração plasmática de insulina 6 horas pós-eclosão em pintos de corte.

Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Para os resultados de desempenho do período de um a sete dias de idade (Tabela 5) verificou-se que houve interação ( $P < 0,05$ ) do tipo de ingrediente e do processamento térmico da ração pós-eclosão, para conversão alimentar. A pior conversão alimentar foi observada nos pintos alimentados com ração pós-eclosão à base de milho, quando extrusada.

**Tabela 5-** Desempenho de pintos alimentados com ração pós-eclosão, extrusada ou peletizada, com milho ou sorgo, no período de 1 a 7 dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV(%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Peso Final (g)	Milho	144,90	149,42	147,16B	3,69	0,035	0,303	0,525
	Sorgo	152,74	153,84	153,29A				
	Média	148,82	151,63					
Ganho de Peso (g/ave)	Milho	110,00	115,36	112,68B	3,05	<0,001	0,061	0,315
	Sorgo	119,63	121,37	120,50A				
	Média	114,81	118,36					
Consumo de ração (g/ave/período)	Milho	137,20	131,62	134,41	8,87	0,429	0,548	0,135
	Sorgo	132,77	145,44	139,10				
	Média	134,98	138,53					
Conversão alimentar (g:g)	Milho	1,30Aa	1,16b	1,23	3,49	0,002	0,018	<0,001
	Sorgo	1,14B	1,17	1,16				
	Média	1,22	1,17					

EXT- Extrusada; PEL- peletizada; CV=Coeficiente de variação; Ing-Ingrediente; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Houve efeito ( $P < 0,05$ ) do tipo de ingrediente da ração sobre peso final e ganho de peso dos pintos (Tabela 5), aos sete dias de idade. A dieta pós-eclosão a base de sorgo, fornecida

durante 24 horas, resultou em maior peso final e ganho de peso dos pintos, aos sete dias de idade, independente do tipo de processamento.

Com relação ao peso relativo dos órgãos digestivos na fase pré-inicial (Tabela 6), não houve interação ( $P>0,05$ ), contudo, observou-se efeito individual dos fatores, o tipo de ingrediente da ração e do processamento térmico ( $P<0,05$ ) que influenciaram o peso relativo do proventrículo. O maior desenvolvimento do proventrículo foi observado nos pintos que consumiram ração com sorgo. Já em relação ao processamento térmico, o peso relativo do proventrículo foi maior nos pintos que receberam ração peletizada.

**Tabela 6-** Peso relativo dos órgãos do sistema digestório (%) de pintos de corte, alimentados com ração pós-eclosão, extrusada ou peletizada, com milho ou sorgo, aos 7 dias de idade

Variável (%)	Ing	Processamento térmico		Média	CV(%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Moela	Milho	6,66	6,94	6,80	8,71	0,098	0,170	0,725
	Sorgo	7,02	7,47	7,24				
	Média	6,84	7,20					
Pâncreas	Milho	0,633	0,613	0,623	10,50	0,329	0,955	0,432
	Sorgo	0,585	0,608	0,596				
	Média	0,609	0,610					
Fígado	Milho	4,04	4,13	4,08	9,55	0,240	0,332	0,641
	Sorgo	4,17	4,42	4,30				
	Média	4,10	4,28					
Proventrículo	Milho	1,17	1,28	1,23B	7,42	0,004	0,021	0,933
	Sorgo	1,31	1,41	1,36A				
	Média	1,24b	1,35a					
Intestino delgado	Milho	9,53	9,76	9,36	9,55	0,324	0,696	0,601
	Sorgo	9,71	9,19	9,74				
	Média	9,62	9,47					
Intestino grosso	Milho	1,45	1,54	1,50	18,65	0,355	0,903	0,604
	Sorgo	1,65	1,60	1,62				
	Média	1,55	1,57					

EXT- Extrusada; PEL- peletizada; CV=Coeficiente de variação; Ing-Ingrediente; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ );

#### 4. DISCUSSÃO

Embora os pintos tenham consumido ração na caixa de transporte, houve perda de peso na fase pós-eclosão para todos os tratamentos. A perda de peso pode estar relacionada à desidratação, já que os pintos ficaram em jejum hídrico durante 24 horas, período em que recebeu apenas ração pós-eclosão na caixa de transporte. Pedroso et al.<sup>3</sup> testaram agentes hidratantes sobre a perda de peso de pintos, submetidos a diferentes intervalos de tempo entre

o nascimento e alojamento e verificaram que, mesmo fornecendo hidratante na caixa de transporte, a perda de peso foi de 6,26%, 24 horas após a eclosão. Para os autores a perda de peso de pintos após a eclosão pode ser devido à desidratação, absorção do saco vitelino e perda da proteína muscular, utilizada na gliconeogênese.

O processo térmico de extrusão, por utilizar maior temperatura e pressão, resulta em maior gelatinização do amido da ração<sup>23</sup>, o que poderia melhorar a metabolizabilidade dos nutrientes da ração, e reduzir a perda de peso dos pintos na fase pós-eclosão. No entanto, os pintos alimentados com ração peletizada apresentaram menor perda de peso (7,52%) comparada à ração extrusada (8,35%).

Esse resultado pode estar relacionado ao processamento de extrusão. De acordo com Creswell e Bedford<sup>24</sup>; Borojeni et al.<sup>15</sup>, tratamentos térmicos de rações com temperaturas acima de 85°C devem ser monitoradas quanto ao seu tempo de processamento, devido a perdas de nutrientes termolábeis, como as vitaminas, a formação de complexos de amido e proteína (reação de Maillard) e a formação de amido resistente. Este último é denominado de amido retrogradado, ou seja, o amido que foi gelatinizado sofre reestruturação na sua cadeia formando ligações de difícil digestão enzimática<sup>25</sup>. Esses efeitos negativos da alta temperatura de extrusão levam a baixa metabolizabilidade dos nutrientes,<sup>26,27</sup>, o que pode ter causado a maior perda de peso para os pintos que consumiram ração extrusada.

Os pintos que consumiram ração a base de sorgo apresentaram melhor utilização do saco vitelino e maiores pesos relativos do pâncreas, fígado, proventrículo e intestino delgado. Segundo Pasquali et al.<sup>10</sup>, rações a base de sorgo permanecem por mais tempo no trato gastrointestinal comparado a rações compostas por milho. O maior tempo de retenção da ração no intestino pode ter provocado maior estímulo físico, o que pode ter favorecido a absorção do saco vitelino. Segundo Panda et al.<sup>28</sup>, o movimento peristáltico é estimulado pela presença de alimentos no intestino e aumenta absorção dos nutrientes do saco vitelino. Essa retenção da ração também pode ser a justificativa para o maior desenvolvimento dos órgãos digestórios encontrados nos pintos que consumiram ração com sorgo na fase pós-eclosão. O resultado foi similar ao encontrado por Abdollahi et al.<sup>17</sup>, que também verificaram maior peso relativo de intestino delgado em pintos que consumiram ração com sorgo em relação ao milho, na fase inicial.

A maior atividade específica da amilase foi observada em pintos que consumiram ração extrusada a base de milho. Abdollahi et al.<sup>17</sup> estudaram o efeito da temperatura de peletização (60, 75 e 90°C) em dietas de frangos de corte a base de milho e sorgo. A

temperatura de condicionamento de 90°C resultou em acréscimo na concentração de amido resistente independente do tipo ingrediente (3,59 g / 100 g de amido total), em comparação com aqueles condicionados a 75°C (2,59 g / 100 g de amido total) e 60°C (2,25 g / 100 g de amido total).

Dessa forma, é possível que nesse estudo, a extrusão (150°C) da ração tenha causado modificações na estrutura do amido do milho, como a formação de amido resistente a hidrólise enzimática, o que pode ter provocado aumento na atividade específica da amilase. Assim, pode-se sugerir que o aumento na atividade da amilase foi uma forma de compensar a menor digestão do amido, pois de acordo com Macri et al.<sup>29</sup> o frango de corte é capaz de compensar a presença de substâncias de difícil digestão por meio da superprodução de amilase endógena.

Para Denardin e da Silva<sup>30</sup>, o fenômeno da retrogradação pode variar de intensidade, dependendo de fatores como: temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte do amido (ingrediente), e condições de processamento. No presente estudo, a fonte do amido parece ser um dos fatores que interferiram na extrusão, pois as rações com sorgo, no tratamento térmico mais intenso (extrusão) não apresentou aumento da atividade enzimática. É possível que o amido em rações a base de sorgo sejam mais resistente a temperaturas mais elevadas do que o de rações com milho. Al-Rabadi et al.<sup>31</sup>, em seus estudos testaram duas temperaturas de extrusão (100 e 140°C) sobre a digestibilidade *in vitro* do sorgo e observaram aumento na taxa de digestão do amido com o aumento na temperatura de extrusão. Estudos mostraram que a proteína do endosperma do sorgo, a kafirina, limita fisicamente o entumescimento do grânulo de amido e, portanto, prejudica a gelatinização do amido<sup>14,32</sup>.

Em relação à concentração de glicose na fase pós-eclosão, foi possível verificar que ração a base de milho, quando extrusada também resultou em menor disponibilidade de glicose 24 horas pós-prandial. Lu et al.<sup>7</sup> utilizaram ração a base de milho para pintos de corte na fase pós-eclosão (24h após o nascimento) e verificaram aumento de 20% na glicose sanguínea em relação ao observado no momento da eclosão. No presente estudo, é possível que a extrusão das rações com milho tenha causado formação do amido resistente, prejudicando a digestão e conseqüentemente a disponibilidade de glicose. Lima et al.<sup>33</sup> verificaram que temperatura de expansão acima de 100°C resultou em maior perdas nutricionais e menor metabolizabilidade de rações a base de milho, em decorrência de modificações na estrutura do amido.

Considerando a concentração de glicose sanguínea dos pintos durante a fase pós-eclosão, nos resultados do presente estudo, foi verificado que às 24h pós-prandial, os pintos que consumiram ração extrusada, composta por sorgo apresentaram maior concentração de glicose sanguínea, no entanto, em ração extrusada com milho a disponibilidade de glicose foi menor. A glicose é utilizada como indicador do status energético dos animais, é combustível primordial utilizado por todas as células do organismo para produzir energia (trifosfato de adenosina-ATP)<sup>34</sup>. Para Longo et al.<sup>6</sup>, o aumento na concentração de glicose no sangue de origem dietética reduz a gliconeogênese e resulta também em maior disponibilidade da proteína para formação do tecido corporal e desenvolvimento do pinto neonato. Para os pintos que consumiram ração extrusada com milho, a menor concentração de glicose pode estar relacionada a formação de amido resistente, pois segundo Wang et al. 25, o amido resistente não é digerido pela amilase pancreática, e portanto, não libera glicose para absorção..

Já em relação à concentração de insulina plasmática durante a fase pós-eclosão, foi possível observar que a concentração de insulina foi maior, após seis horas do consumo da ração, em pintos que receberam ração extrusada a base de sorgo em relação ao milho. Resultado semelhante foi observado em relação ao peso do pâncreas, maior em pintos alimentados com ração contendo sorgo. O aumento nas concentrações de insulina plasmática após o nascimento é indicativo de mudança do metabolismo energético proveniente dos aminoácidos do saco da gema para maior utilização da glicose ou carboidratos fornecida da ração exógena<sup>7</sup>.

Em relação ao desempenho aos sete dias de idade, os pintos que consumiram a ração extrusada composta por milho na fase pós-eclosão apresentaram pior conversão alimentar. Esse resultado está de acordo com a literatura. Freitas et al.<sup>35</sup> também verificaram efeito negativo do processamento térmico de ração a base de milho para pintos de corte. O pré-cozimento do milho a temperatura de 107°C resultou em maior consumo de ração e pior conversão alimentar dos pintos, aos sete dias de vida. Do mesmo modo, Teixeira Netto et al.<sup>36</sup> verificaram que altas temperaturas do processamento da ração pioraram o desempenho de frangos de corte. Os autores estudaram o efeito da temperatura do processo de peletização (50 a 90°C) em ração a base de milho na fase inicial (1-21 dias) de frangos de corte e verificaram efeito quadrático negativo da temperatura para conversão alimentar, e concluíram que a melhor conversão foi obtida quando a temperatura de peletização foi 66,93 °C .

O maior desenvolvimento dos órgãos do sistema digestório para os pintos alimentados com ração composta por sorgo na fase pós-eclosão, não foi observado aos sete dias de idade,

com exceção do peso relativo do proventrículo. No entanto, esse melhor desenvolvimento inicial provavelmente influenciou na capacidade funcional do trato digestório, pois independente do processamento térmico, os pintos que obtiveram maior peso final aos sete dias foram os que se alimentaram de ração composta por sorgo. De acordo com Maiorka et al.<sup>37</sup>, na primeira semana de vida, os pintos de corte priorizam o desenvolvimento de órgãos relacionados à digestão como a moela, intestino, fígado, pâncreas, para melhor digestão da ração e maximizar seu potencial produtivo.

## 5. CONCLUSÃO

A extrusão da ração a base de sorgo resulta em aumento na concentração de glicose sanguínea de pintos na fase pós-eclosão.

A ração pós-eclosão a base de sorgo, independente do processamento térmico, estimula a absorção do saco vitelino, desenvolvimento dos órgãos do sistema digestório na fase pós-eclosão e beneficia o desempenho aos sete dias de idade.

A peletização da ração pós-eclosão a base de milho resulta em melhor conversão alimentar na fase pré-inicial. Já a extrusão da ração com milho resulta aumento da atividade específica da amilase pancreática e compromete o desempenho na fase pré-inicial de pintos de corte.

## 6. REFERÊNCIAS

1. Bhuiyan MM, Gao F, Chee SH, Iji PA. Minimising weight loss in new broiler hatchlings through early feeding of simple sugars. *Anim. Poult. Sci.* 2011. 51:1002–1007.
2. Powell DJ, Velleman SG, Cowieson AJ, Singh M, Muir WI. Influence of chick hatch time and access to feed on broiler muscle development. *Poult. Sci.* 2016; 95:1433–1448.
3. Pedroso AA, Stringhini JH, Leandro NSM, Café MB, Barbosa CE, Lima, FG. Suplementos utilizados como hidratantes nas fases pré-alojamento e pós-alojamento para pintos recém eclodidos. *Pesq. Agropec. Bras.* 2005,40:627-632.
4. Lamot DM, Van De Linde IB, Molenaar R, Van Der PoL CW, Wijtten PJA, Kemp B, Van Den Brand H.. Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. *Poult. Sci.*2014; 93:2604–2614.
5. Leon MT, Garrido GG, Castaneda MD, Rueda EA. Early feeding to modify digestive enzyme activity in broiler chickens. *Rev.MVZ Cordoba.* 2014.19 (3): 4316-4327.

6. Longo FA, Menten JFM, Pedroso AA, Figueiredo AN, Racanicci AMC, Gaiotto JB, Sorbara, JOB. Carboidratos na dieta pré-inicial de frangos de corte. *R. Bras. Zootec.* 2005, 34(1), 123-133.
7. Lu JW, McMurtry JP, Coon CN. Developmental changes of plasma insulin, glucagon, insulin-like growth factors, thyroid hormones, and glucose concentrations in chick embryos and hatched chicks. *Poult. Sci.* 2007; 86(4): 673-683.
8. D'auria E. Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para equinos. Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2005. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – São Paulo, Pirassununga, 2005.
9. Bazolli RS. Influência do grau de moagem de ingredientes amiláceos utilizados em rações extrusadas sobre os aspectos digestivos e respostas metabólicas em cães. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2007. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – São Paulo, Jaboticabal, 2007.
10. Pasquali GAM, Fascina VB, Silva ADL, Aoyagi MM, Muro EM, Serpa PG, Sartori JR.. Maize replacement with sorghum and a combination of protease, xylanase, and phytase on performance, nutrient utilization, litter moisture, and digestive organ size in broiler chicken. *Can. J. of Anim. Sci.*, 2016;97(2), 328-337.
11. Bryden WL, Selle PH, Cadogan DJ, Li X, Muller ND, Jordan DR, Gidley MJ, Hamilton WD. A review of the nutritive value of sorghum for broilers. *RIRDC* 2009. 9/007, 68p.
12. Hamaker BR., Bugusu BA. Overview: sorghum proteins and food quality. In: Workshop on the proteins of sorghum and millets: enhancing nutritional and functional properties for Africa [CD](Pretoria: South Africa). 2003.
13. Moritz JS, Parsons AS, Buchanan NP, Calvalcanti WB, Cramer KR, Beyer RS. Effect of gelatinizing dietary starch through feed processing on zero-to three-week broiler performance and metabolism. *J. appl. Poult. Res.* 2005;14(1): 47-54.
14. Selle PH, Moss AF, Truong HH. Khoddami A, Cadogan DJ, Godwin ID, Liu, S Y. Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Anim Nutr.* 2018;4(1):17–30.
15. Boroojeni FG, Svihus B, von Reichenbach HG, Zentek J. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 2016;220: 187-215.
16. Zaefarian F, Abdollahi MR, Ravindran V. (2015). Starch digestion in broiler chickens fed cereal diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2015. 209: 16-29.
17. Abdollahi MR, Ravindran V, Wester TJ, Ravindran G, Thomas DV. 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2010. 162.3-4: 106-115.

18. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT. Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigência nutricional. Viçosa: UFV, 2011, 187p.
19. Zanotto DL, Bellaver C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA,1996.:1-5, (Comunicado Técnico, 215).
20. Osorio JH, Quenan YE, Ramirez GF. Concentraciones de glucemia e insulinemia en pollos broilers machos y hembras de cuatro semanas de edad y su relación con el peso. Rev. Med. Vet. 2016; 32: 21-28.
21. Bradford MMA. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem. 1976, 72: 248-254.
22. Gonzalez FHD, da Silva SC. Introdução à bioquímica clínica veterinária Editora da UFRGS, 2017. 538 p.
23. Kokić BM, Lević J.D., Chrenková M, Formelová Z, Poláčiková M, Rajský M, Jovanović, RD. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. Food and Feed Res..2013;40(2):93-99.
24. Creswell D, Bedford M. High pelleting temperatures reduce broiler performance. Proceedings of the Australian Poult. Sci. Symposium. 2006. 18: 1–6.
25. Wang S, Li C, Copeland L, Niu Q, Wang S. Starch retrogradation: A comprehensive review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.2015;14(5):568-585.
26. Carvalho DCDO, Albino LFT, Vargas Junior JGD, Toledo RS, Oliveira JED, Souza RMD. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. R. Bras. Zootec.2009; 38(5): 850-856.
27. Kaczmarek SA, Cowieson AJ, Józefiak D, Rutkowski A. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. Anim.l Prod.Sci.. 2014; 54(7): 956-965.
28. Panda AK, Reddy MR.Setting chicks off to a good start-Boosting the chick's immune system through early nutrition-Research shows that chicks that feed soon after hatching are healthier and get off to a better start. Poultry International, 2007. 46:7, 22-27.
29. Macri A, Parlamenti R, Silano V, Valfre F.,. Adaptation of the domestic chicken, *Gallus domesticus*, to continuous feeding of albumin amylase inhibitors from wheat flour as gastro-resident microgranules. Poult. Sci. 1977;56, 434–441.
30. Denardin CC, da Silva LP. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. Ciên. Rural, 2009;39: 945-954.

31. Al-Rabadi GJ, Torley PJ, Williams BA, Bryden WL, Gidley MJ. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. 2011. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 168(3-4):267-279.
32. Truong HH, Liu SY, Selle PH. Starch utilisation in chicken-meat production: the foremost influential factors. *Anim. Prod. Sci.* 2016;56(5):797-814.
33. Lima MF, Couto HP, Real GSCP, Soares RTRN, Gomes AVC, Curvello FA. Valores energéticos de rações expandidas em diferentes temperaturas para frangos de corte. *Arqu. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2016. 68(3):725-732.
34. Lelis GR, Brito CO, Tavernari FC, Albino LFT. Metabolismo de carboidratos e lipídios em aves. *Rev. Eletr. Nutr.* 2009; 6(3):980-990.
35. Freitas R, Santos E, Teixeira A. Avaliação de aditivos beneficiadores de crescimento sobre desempenho e morfometria intestinal de frangos de corte na fase inicial. 2007.
36. Teixeira Netto T, Massuquetto A, Krabbe EL, Surek D, Oliveira SG, Maiorka A. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. *J. Appl. Poult. Res.* 2019;28(4)1–11.
37. Maiorka A, Santin E, Dahlke F, Boleli IC, Furlan RL, Macari M. Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. *J. Appl. Poult. Res.* 2003;12 (4): 483-492.

## **CAPÍTULO 3- DESEMPENHO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÃO PRÉ-INICIAL PROCESSADA TERMICAMENTE, CONTENDO MILHO OU SORGO**

### **RESUMO**

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do processamento térmico em rações pré-iniciais, elaboradas com sorgo ou milho, sobre o desempenho morfometria dos órgãos do sistema digestório, atividade específica da amilase e da lipase pancreática de pintos de corte. Foram utilizados 360 pintos de corte, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois ingredientes (milho ou sorgo) e dois tipos de processamento térmico da ração (extrusão ou peletização), totalizando quatro tratamentos, seis repetições de 15 pintos cada. As rações experimentais foram fornecidas aos pintos a somente a partir pré-inicial (1 a 7 dias). No período de oito a 21 dias de idade todos os pintos consumiram a mesma ração, farelada, a base de milho e farelo de soja. As variáveis foram analisadas aos sete e 21 dias de vida. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). A ração pré-inicial extrusada, a base de sorgo proporcionou melhor desempenho aos sete dias de idade e esse efeito permaneceu até 21 dias. Também foi verificado que o uso do sorgo na ração pré-inicial resultou em maior peso relativo de pâncreas, jejuno e íleo. Observou-se interação do tipo de ingrediente e do processamento térmico para atividade específica da amilase pancreática, sendo o maior valor observado nos pintos que consumiram ração extrusada composta com milho. Em relação à histomorfometria do intestino delgado, verificou-se que, ração com sorgo, quando extrusada, resultou em maior altura de vilos no duodeno e no jejuno dos pintos aos sete dias de idade. Conclui-se que, ração pré-inicial a base de sorgo, a extrusão a 150°C resulta em melhor desempenho e crescimento dos vilos quando comparada a peletização a 56°C. Já as rações a base de milho, o melhor desempenho e desenvolvimento da mucosa intestinal foi obtido quando a ração foi peletizada.

**Palavras- chave:** amilase, atividade enzimática, forma física, lipase, morfometria.

### **PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF BROILERS CHICKEN FED WITH PRE-INITIAL DIET THERMAL PROCESSED CONTAINING CORN OR SORGHUM**

#### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effect of thermal processing in pre-starter diets, prepared with sorghum or corn, on the morphometric performance of the organs of the digestive system, specific activity of amylase and pancreatic lipase in broiler chicks. 360 broiler chicks were used, distributed in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial scheme, two ingredients (corn or sorghum) and two types of thermal processing of the feed (extrusion or pelletizing), totaling four treatments, six repetitions of 15 chicks each. The experimental rations were provided to the chicks only after the pre-initial period (1 to 7 days). In the period from eight to 21 days of age, all chicks consumed the same feed, bran, based on

corn and soybean meal. The variables were analyzed at seven and 21 days of life. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Tukey test (5%). The extruded pre-starter feed, based on sorghum, provided better performance at seven days of age and this effect remained until 21 days. It was also found that the use of sorghum in the pre-initial diet resulted in a higher relative weight of the pancreas, jejunum and ileum. An interaction of the type of ingredient and thermal processing was observed for specific pancreatic amylase activity, with the highest value observed in chicks that consumed extruded feed composed of corn. Regarding histomorphometry of the small intestine, it was found that, feed with sorghum, when extruded, resulted in greater height of villus in the duodenum and in the jejunum of chicks at seven days of age. It is concluded that, in a pre-initial sorghum diet, extrusion at 150°C results in better performance and growth of villi when compared to pelleting at 56°C. While, in corn-based diets, the best performance and development of the intestinal mucosa was obtained when the diet was pelleted.

**Keywords:** amylase, enzymatic activity, lipase, morphometry, physical form

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é o principal ingrediente energético utilizado nas rações para frangos de corte. Contudo, devido à alta demanda do milho em outros setores, como na alimentação humana e na indústria de biocombustível, ocorre constantes oscilações de preços que influencia diretamente no custo de produção da ração avícola<sup>1</sup>. Dessa forma, há necessidade de encontrar ingredientes energéticos que possam substituir o milho em determinadas épocas do ano, sem causar queda no desempenho dos frangos de corte<sup>2</sup>.

Algumas pesquisas demonstraram que o sorgo é um alimento energético e pode ser utilizado em substituição ao milho, em rações para frangos de corte, sem perdas no desempenho<sup>1,3,4</sup>. A utilização do sorgo em substituição ao milho é recomendado tanto do ponto de vista econômico como nutricional. O preço de comercialização geralmente é 20% inferior ao preço do milho<sup>5</sup>, visto seu menor custo de produção e conseqüentemente menor preço de comercialização<sup>6</sup>.

Do ponto de vista nutricional, o sorgo apresenta maior percentual de proteína bruta, de amido e de fibra bruta em relação ao milho<sup>7</sup>. Nunes et al.<sup>8</sup> avaliaram a metabolizabilidade do milho e do sorgo para frangos de corte, e verificaram que a energia metabolizável corrigida para o balanço do nitrogênio do milho foi de 3.830 kcal/kg de MS e do sorgo foi de 3.464 kcal/kg de MS.

Segundo Selle et al.<sup>9</sup> e Torres et al.<sup>10</sup>, a metabolizabilidade dos nutrientes do sorgo é prejudicada porque o amido do sorgo está envolto por uma estrutura proteica, formada pela matriz protéica (glutelina) e por corpos protéicos (kafirina) resistentes à digestão e portanto, impedindo a ação da amilase sobre o amido. Do mesmo modo Wong et al.<sup>11</sup> observaram que a

kafirina possui baixa digestibilidade pela pepsina (*in vitro*), e ainda prejudica a metabolizabilidade do amido.

Por outro lado, de acordo com Uni e Ferket<sup>12</sup>, na fase pré-inicial os pintos de corte necessitam de rações especiais, que estimule o crescimento do trato gastrintestinal, que está em desenvolvimento tanto na capacidade de digestão e como da absorção dos nutrientes. Para Vieira e Pophal<sup>13</sup>, o rápido desenvolvimento do trato gastrointestinal beneficia a produção das secreções digestivas e a maior metabolizabilidade dos nutrientes da ração, proporcionando condições necessárias para um rápido desenvolvimento do pinto.

De acordo com Pasquali et al.<sup>14</sup>, o sorgo apresenta menor metabolizabilidade da proteína bruta e esse fato pode prejudicar o desenvolvimento inicial do pinto de corte. Portanto, é necessário encontrar alternativas para aumentar a metabolizabilidade dos nutrientes do sorgo, para que possa substituir totalmente o milho na ração pré-inicial, para pintos de corte. Dentre as alternativas, está a utilização de processamentos térmicos na ração, como peletização e a extrusão.

Os processamentos térmicos são tecnologias utilizadas com finalidade de alterar as características físicas, químicas e microbiológicas dos alimentos, por meio da combinação de umidade, temperatura, pressão, e tem como objetivo aumentar a metabolizabilidade dos nutrientes das rações e conseqüentemente maximizar o desempenho zootécnico das aves<sup>15</sup>. Dentre os processamentos térmicos estão a peletização e a extrusão.

No processo da peletização da ração a temperatura varia de 40 a 95°C<sup>16</sup>, no entanto, Teixeira Netto et al.<sup>17</sup> recomendaram a temperatura de 66,9 a 68,7°C para rações compostas por milho, considerando o desempenho dos frangos de corte. A peletização provoca a gelatinização parcial do amido, ou seja, a amilose e a amilopectina, arranjadas inicialmente em grânulos, são rompidos e ficam mais expostas a ação das enzimas digestivas, o que resulta em melhor metabolizabilidade dos nutrientes da ração<sup>9</sup>. Selle et al.<sup>18</sup> estudaram o efeito da peletização a 90°C para três variedades de sorgo e verificaram que a peletização melhorou o ganho de peso quando comparada a ração farelada.

Segundo Kokić et al.<sup>19</sup>, a extrusão provoca maior gelatinização do amido quando comparado a peletização. A extrusão é considerada um processo de alta temperatura e curto tempo (high temperature – short time – HTST), sendo que a temperatura pode chegar a 200°C e tempo de processamento que pode variar de 10 a 270 segundos<sup>19</sup>.

Al-Rabadi et al.<sup>20</sup> estudaram duas temperaturas de extrusão (100 e 140°C) sobre a digestibilidade *in vitro* do sorgo e observaram aumento na taxa de digestão do amido com o

aumento na temperatura de extrusão. Segundo os autores a extrusão aumenta a desnaturação da proteína do endosperma do sorgo (kafirina). Essa proteína limita fisicamente a hidratação e o intumescimento do grânulo de amido, o que prejudica a gelatinização<sup>21</sup>.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de dois processamentos térmicos em rações pré-iniciais (peletizada e extrusada), elaboradas com sorgo ou milho, sobre o desempenho e respostas fisiológicas de frangos de corte, na fase pré-inicial.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi conduzida no aviário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia, sendo submetida à Comissão de Ética no Uso dos Animais-CEUA da Universidade Federal de Goiás, aprovado sob o parecer Nº. 039/16.

Foram utilizados 360 pintos de um dia, machos da linhagem Cobb, proveniente de ovos de matrizes de 32 semanas, incubados na mesma máquina, com peso médio inicial de  $38 \pm 0,8g$ . O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2, sendo dois ingredientes (milho ou sorgo) combinados a dois tipos de processamento da ração (extrusão ou peletização), totalizando quatro tratamentos com seis repetições de quinze pintos cada. Assim, os tratamentos foram diferentes tipos de ração pré-inicial, sendo elas: ração peletizada com milho, ração peletizada com sorgo, ração extrusada com milho e ração extrusada com sorgo.

As rações foram formuladas de acordo com as recomendações de exigências nutricionais e composição de alimentos Rostagno et al.<sup>22</sup>. As rações experimentais foram fornecidas aos pintos somente na fase pré-inicial (1 a 7 dias), sendo que a ração inicial (8 a 21 dias de idade) foi a mesma para todos os tratamentos.

O milho, o sorgo e o farelo de soja utilizados nas rações pré-iniciais foram triturados em moinho do tipo martelo, com peneira de 2 mm. Após a mistura dos ingredientes, as rações foram peletizadas ou extrusadas no laboratório de Pesquisa em Aquicultura- LAPAQ da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí.

**Tabela 1.** Composição das rações experimentais para frangos de corte na fase pré-inicial (1-7 dias) e inicial (8-21 dias)

INGREDIENTE	Pré-inicial		Inicial
	Milho	Sorgo	Milho
Milho, grão	53,30	0,00	56,61
Soja, farelo	39,08	37,59	36,81
Sorgo, grão	0,00	53,12	0,00
Calcário calcítico	0,87	0,87	0,89
Fosfato bicálcico	1,94	1,94	1,79
L-Lisina	0,21	0,25	0,16
DL-Metionina	0,21	0,23	0,16
L-Treonina	0,09	0,13	0,03
Óleo de soja	2,30	3,86	2,68
Bicarbonato de Na	0,19	0,18	0,17
Sal comum	0,38	0,38	0,38
Premix Mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10
Amido	1,30	1,30	0,20
Total	100,00	100,00	100,00

**COMPOSIÇÃO CALCULADA**

EM (kcal/kg)	2.953	2.952	3.001
PB (%)	22,26	22,23	21,37
Cálcio (%)	0,92	0,92	0,88
Fósforo disponível (%)	0,47	0,47	0,44
Lisina digestível (%)	1,32	1,31	1,15
Metionina digestível (%)	0,51	0,51	0,45
Met+cistina digestível (%)	0,81	0,79	0,74
Treonina digestível (%)	0,85	0,85	0,760
Triptofano digestível (%)	0,25	0,27	0,24
Arginina digestível (%)	1,42	1,36	1,36
Potássio(%)	0,87	0,87	0,84
Sódio (%)	0,22	0,22	0,22
Cloro(%)	0,28	0,27	0,28
Ác. Linoleico(%)	2,58	2,92	2,82

<sup>1</sup> Suplemento mineral e vitamínico - níveis de garantia por quilograma de produto: 3.125.000 UI Vitamina A, 550.000 UI Vitamina D3, 3.750 mg Vitamina E, 625 mg Vitamina K3, 250 mg Vitamina B1, 1.125 mg Vitamina B2, 250 mg Vitamina B6, 3.750mg Vitamina B12, 9.500 mg Niacina, 1.500 mg anticoccidiano, 3.750 mg Pantotenato de cálcio, 125 mg Ácido fólico, 350.000 mg DL-metionina, 150.000 mg Cloreto de colina (50%), 50 mg Selênio, 2.500 mg Antioxidante, 1.000 g Manganês, 150.000mg Zinco, 100.000mg Ferro, 16.000mg Cobre, 1.500mg Iodo, Veículo q.s.p.

As rações foram extrusadas à temperatura de 150°C e 23% de umidade, utilizando uma extrusora modelo EX30, matriz com furos de 3,1 mm, com capacidade de processar 40 kg/h. A peletização foi realizada em temperatura de 56°C e umidade de 23%, usando matriz com

furos de 2,0 mm. Após a peletização e extrusão, as rações foram secas em estufa de circulação forçada, por 12 horas, a 55°C e em seguida trituradas em moinho do tipo martelo.

A granulometria das rações trituradas foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Zanotto e Bellaver<sup>23</sup> para a determinação do diâmetro geométrico médio-DGM. O DGM das rações foram os seguintes: ração peletizada com milho (498,59 µm), ração extrusada com milho (348,99 µm), ração peletizada com sorgo (442,48 µm) e ração extrusada com sorgo (396,81 µm).

Os pintos foram alojados em baterias metálicas, divididas em gaiolas com dimensões de 0,30 x 0,74 x 0,79 m, equipadas com comedouros e bebedouros do tipo linear. A ração experimental foi fornecida aos pintos com um dia de idade, devido aos procedimentos realizados no incubatório e transporte até o aviário. O controle de temperatura no galpão experimental foi realizado através de campanulas a gás e manejo das cortinas e monitoradas diariamente por meio de dois termohigrômetros situados nas extremidades do galpão. Os valores médios de temperatura e umidade relativa no interior do galpão foram: 32,75±1,35°C 30% de um a sete dias; 30,08±1,04°C e 60% de oito a 14 dias; 27,25±0,75°C e 45% de 15 a 21 dias de idade.

As variáveis estudadas no período de um a sete dias de idade foram, desempenho zootécnico, morfometria dos órgãos do sistema digestório, atividade das enzimas lipase e amilase pancreática e histomorfometria do intestino delgado. No período total de um a 21 dias de idade foi avaliado o efeito da ração pré-inicial sobre desempenho.

Para o desempenho foram considerados o peso médio final, ganho de peso médio, consumo médio de ração e conversão alimentar. O peso vivo médio foi obtido dividindo-se o peso total das aves da parcela pelo número de aves. Já o ganho de peso foi calculado pela diferença entre o peso final e o peso inicial dos pintos. O consumo de ração foi calculado pela diferença entre o peso da ração fornecida e as sobras. A conversão alimentar foi obtida por meio da razão entre o consumo de ração e o ganho de peso dos pintos. A mortalidade das aves foi registrada diariamente para correções no consumo de ração e conversão alimentar.

Para morfometria dos órgãos do trato digestório dois pintos por repetição foram selecionados, de acordo com o peso médio da parcela e em seguida eutanasiados por deslocamento cervical. O proventrículo, moela, pâncreas, fígado (com vesícula biliar), intestino delgado e intestino grosso foram pesados em balança analítica, de precisão 0,0001g. Os valores obtidos foram utilizados no cálculo do peso relativo utilizando a fórmula: peso relativo do órgão (%) = (peso do órgão / peso vivo sem o saco vitelino) x 100.

Para determinação da atividade específica da amilase e lipase pancreática dois pintos por repetição foram sacrificados por deslocamento cervical e o pâncreas foi coletado, armazenado em *Eppendorfs* e congelado imediatamente em nitrogênio líquido. Em seguida as amostras foram armazenadas em freezer TSX Thermo Scientific (-80°C). Para o preparo das alíquotas para análise, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, maceradas em microtubo plástico, utilizando bastão de vidro. Em seguida, 1mL de água destilada foi adicionado junto ao macerado e a mistura foi centrifugada a 6.000 r.p.m. por 10 minutos a 5°C. Após a centrifugação, o sobrenadante foi coletado e determinou-se a concentração de proteína total e atividade das enzimas amilase e lipase.

A determinação da concentração de proteína total no pâncreas foi realizada por meio do ensaio bioquímico convencional de Bradford<sup>24</sup>, utilizando albumina sérica (sigma®). A reação foi conduzida utilizando 100 µL da amostra e 1 mL do reagente de Bradford e incubado a 25°C por 15 minutos. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro (Spectrum SP-2000 UV) a 595 nm. A concentração de proteína total no pâncreas é uma etapa necessária para calcular a atividade específica das enzimas amilase e lipase.

Em seguida, a atividade das enzimas amilase e lipase pancreática foram determinadas utilizando kits específicos. A atividade da  $\alpha$ -amilase foi determinada seguindo o protocolo estabelecido pelo fabricante do kit Amilase CNPG liquiform (Labtest, Ref.142). A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 405nm, os valores de atividade da amilase foram expressos em Unidade de lipase por litro de amostra (U/L). Já a atividade da lipase foi obtida pelo método enzimático colorimétrico, seguindo as instruções preconizadas pelo fabricante do kit comercial lipase Liquiform (Labtest). A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 570nm. A atividade da enzima lipase foi expressa em Unidade de lipase por litro de amostra (U/L).

Para calcular a atividade específica das enzimas amilase e da lipase utilizou-se a fórmula: Atividade Específica = atividade da enzima/ mg total de proteína. O resultado foi expresso em (U/mg de proteína). Uma unidade (U) de enzima amilase ou lipase é a quantidade de enzima que hidrolisa 1 µmol de substrato por minuto<sup>25</sup>.

A avaliação da histomorfometria do intestino delgado foi realizada aos sete dias de idade, utilizando seis pintos por tratamento, eutanasiados por meio de deslocamento cervical, dos quais foram coletados fragmentos de dois centímetros do duodeno, jejuno e do íleo. Os fragmentos foram coletados, fixados em formol (10%), em seguida, colocados em álcool 70%, desidratados em álcool crescente, diafanizados em xilol e incluídos em parafina<sup>26</sup>. Os

cortes foram realizados utilizando micrótomo, e corados com hematoxilina-eosina. As imagens dos cortes histológicos foram capturadas com câmera acoplada ao microscópio óptico e transferidas para um analisador de imagem, marca Carl Zeiss. Posteriormente foram mensuradas as seguintes variáveis: Altura de vilo e largura de vilos (LV), profundidade de cripta, largura de cripta (LC) e espessura da parede intestinal. Para mensuração, foram utilizados 10 vilos e 10 criptas por lâmina (repetição). Adicionalmente também foi calculada a área absorptiva (Equação 1), quantidade de vezes que a superfície da amostra intestinal é aumentada devido às vilosidades em relação a uma superfície lisa (área de absorção), utilizando a seguinte equação <sup>27</sup>.

$$\text{Área absorptiva} = \frac{\left( (LV \times AV) + \left( \frac{(LV + LC)^2}{2} \right) - \frac{LV^2}{2} \right)}{\frac{(LV + LC)^2}{2}} \quad (\text{Equação 1})$$

Os dados foram submetidos análise de variância (ANOVA) e quando necessário as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software estatístico R.

### 3. RESULTADOS

No período de 1 a 7 dias de idade, houve interação ( $P < 0,05$ ) tipo de ingrediente e processamento térmico da ração pré-inicial para peso final, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar (Tabela 2).

Quando a ração foi extrusada, o melhor resultado de peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar foi observado em pintos alimentados com ração à base de sorgo. Já para as rações peletizadas, o maior peso final e melhor conversão alimentar foram obtidos em pintos alimentados com ração à base de milho. Portanto, a ração pré-inicial utilizando o sorgo apresentou melhor desempenho quando foi submetida ao processamento térmico de extrusão, sendo que para as dietas com milho, a peletização foi o melhor processamento.

Tabela 2- Desempenho de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, no período de 1 a 7 dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Peso vivo(g)	Milho	101,33Bb	131,50Aa	116,41	5,44	0,011	0,001	<0,001
	Sorgo	128,69Aa	119,03Bb	123,86				
	Média	115,01	125,26					
Ganho de Peso (g)	Milho	63,27Bb	93,44Aa	78,36	7,97	0,011	0,001	<0,001
	Sorgo	90,60Aa	80,93Bb	85,76				
	Média	76,94	87,19					
Consumo de ração (g/ave/período)	Milho	112,10B	124,13	118,12	7,41	0,030	0,678	0,033
	Sorgo	132,71A	124,35	128,53				
	Média	122,40	124,24					
Conversão Alimentar (g/g)	Milho	1,786Aa	1,352Bb	1,570	4,21	0,112	<0,001	<0,001
	Sorgo	1,445Bb	1,586Aa	1,515				
	Média	1,615	1,470					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);

Resultados semelhantes para o desempenho foram observados no período de 1 a 14 dias de idade (Tabela 3).

Tabela 3- Desempenho de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, no período de 1 a 14 dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Peso vivo(g)	Milho	239,07Bb	276,80Aa	257,94	4,95	0,025	0,030	<0,001
	Sorgo	277,32Aa	267,14Aa	272,23				
	Média	258,20	271,97					
Ganho de peso (g)	Milho	201,01Bb	238,75Aa	219,88	5,78	0,025	0,029	<0,001
	Sorgo	239,22Aa	229,05Aa	234,13				
	Média	220,12	233,90					
Consumo de ração (g/ave/período)	Milho	357,46Bb	407,80Aa	382,63	7,05	0,066	0,530	0,004
	Sorgo	424,46Aa	390,27Aa	407,37				
	Média	390,96	399,04					
Conversão alimentar (g:g)	Milho	1,640	1,473	1,556	6,78	0,395	0,043	0,230
	Sorgo	1,621	1,575	1,600				
	Média	1,630a	1,524b					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05);

Quando as rações foram extrusadas, pintos alimentados com ração composta por sorgo apresentaram maior peso vivo e ganho de peso em relação aos pintos alimentados com ração

contendo milho ( $P < 0,05$ ). Porém, quando foram peletizadas, ambas as rações compostas com milho ou sorgo foram semelhantes para essas variáveis ( $P > 0,05$ ).

Para a conversão alimentar houve efeito somente do processamento térmico da ração ( $P < 0,05$ ), sendo que pintos que receberam ração peletizada apresentaram uma redução de 6,75% na conversão alimentar em relação aos pintos alimentados com ração extrusada, independentemente se as rações foram compostas com milho ou sorgo.

Na avaliação da ração pré-inicial na fase de 1 a 21 dias de idade (Tabela 4), pode-se observar interação ( $P < 0,05$ ) do tipo de ingrediente da ração e processamento térmico para as variáveis de peso vivo e ganho de peso. Assim, os resultados positivos observados nas fases anteriores (1 a 7 e 1 a 14) permaneceram até 21 dias, ou seja, os pintos que consumiram a ração extrusada composta com o sorgo apresentaram maior ganho e peso final em relação aos alimentados com ração extrusada contendo milho.

Tabela 4- Desempenho de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, no período de 1 a 21 dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Peso Vivo (g)	Milho	698,58Ba	755,44Aa	727,01	6,59	0,013	0,531	0,042
	Sorgo	797,78Aa	766,76Aa	782,27				
	Média	748,18	761,10					
Ganho de Peso (g)	Milho	660,52Ba	717,39Aa	688,95	6,94	0,013	0,531	0,042
	Sorgo	759,69Aa	728,66Aa	744,17				
	Média	710,11	723,02					
Consumo de ração (g/ave/período)	Milho	829,07Bb	924,84Aa	876,95	5,37	0,330	0,655	<0,001
	Sorgo	936,28Aa	859,55Bb	897,91				
	Média	882,68	892,19					
Conversão Alimentar (g:g)	Milho	1,233	1,182	1,207A	3,60	0,024	0,037	0,668
	Sorgo	1,178	1,144	1,161B				
	Média	1,205a	1,161b					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Com relação à conversão alimentar, não houve interação ( $P > 0,0\%$ ), no entanto, houve efeito independente dos fatores ( $P < 0,05$ ), sendo que pintos alimentados com ração contendo sorgo apresentaram melhor conversão alimentar em relação os que consumiram ração composta por milho. Os pintos que consumiram ração pré-inicial peletizada obtiveram melhor conversão alimentar em relação aos que consumiram a ração extrusada, aos 21 dias de idade.

Em relação ao peso relativo dos órgãos (Tabela 5), houve interação ( $P < 0,05$ ) do tipo de ingredientes e do processamento térmico da ração somente para peso relativo do intestino grosso.

O desdobramento da interação mostrou que, os pintos alimentados com ração peletizada, utilizando sorgo, apresentaram maior peso relativo de intestino grosso. Em relação ao tipo de processamento térmico das rações com sorgo, o peso relativo do intestino grosso foi menor nos pintos que consumiram ração pré-inicial extrusada.

Tabela 5- Peso relativo dos órgãos do sistema digestório (%) de pintos de corte alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada a base de milho ou sorgo, aos sete dias de idade

Variável (%)	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Moela	Milho	3,52	3,36	3,44	6,75	0,951	0,376	0,485
	Sorgo	3,46	3,44	3,44				
	Média	3,48	3,40					
Pâncreas	Milho	0,46	0,53	0,49B	10,40	0,013	0,170	0,123
	Sorgo	0,56	0,56	0,56A				
	Média	0,51	0,54					
Fígado	Milho	4,26	4,52	4,40	8,10	0,456	0,697	0,057
	Sorgo	4,46	4,10	4,27				
	Média	4,36	4,30					
Proventrículo	Milho	0,98	1,16	1,07	8,76	0,404	0,001	0,475
	Sorgo	1,04	1,17	1,10				
	Média	1,01b	1,16 a					
Duodeno	Milho	2,47	2,74	2,60	7,94	0,378	0,032	0,550
	Sorgo	2,44	2,60	2,52				
	Média	2,46b	2,67a					
Jejuno	Milho	2,93	3,71	3,32B	6,98	0,001	<0,001	0,480
	Sorgo	3,40	4,03	3,72A				
	Média	3,17b	3,87a					
Íleo	Milho	2,11	2,70	2,40B	8,79	<0,001	<0,001	0,931
	Sorgo	2,62	3,22	2,92A				
	Média	2,36b	2,96a					
Intestino Grosso	Milho	1,32Aa	1,34Ba	1,33	12,09	0,002	0,023	0,037
	Sorgo	1,42Ab	1,79Aa	1,60				
	Média	1,37	1,56					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Houve efeito dos fatores de forma independente ( $P < 0,05$ ) para o peso relativo dos órgãos, no qual, os pintos que consumiram ração peletizada apresentaram maior peso relativo

do proventrículo, duodeno, jejuno e íleo quando comparados aos que se alimentaram de ração extrusada. Quanto aos ingredientes, a utilização do sorgo na ração pré-inicial resultou em maior peso relativo de pâncreas, jejuno e íleo, aos sete dias de idade.

Houve interação ( $P < 0,05$ ) do tipo de ingrediente e processamento térmico da ração para atividade específica da amilase pancreática, aos sete dias de idade (Tabela 6). Pintos que consumiram ração extrusada, composta por milho apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) atividade específica da amilase pancreática, aumento de 99,37% em relação à ração peletizada com milho. No entanto, não foi observado efeito dos tratamentos ( $P > 0,05$ ) para atividade específica da lipase pancreática.

**Tabela 6-** Atividade enzimática específica (U/mg proteína/min) da amilase e lipase pancreática de pintos de corte, alimentados com rações pré-iniciais peletizada ou extrusada, a base de milho, aos 7 dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Amilase (U/mg de proteína)	Milho	50,94Aa	25,55b	41,81	15,01	<0,001	0,019	<0,001
	Sorgo	31,04B	32,68	28,29				
	Média	38,25	31,86					
Lipase (U/mg de proteína)	Milho	0,801	0,616	0,709	22,58	0,097	0,287	0,170
	Sorgo	0,568	0,592	0,580				
	Média	0,685	0,604					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ );

Na Tabela 7 estão apresentadas as medidas histomorfométricas do duodeno de pintos de corte, aos sete dias de idade. Pode-se observar que houve interação ( $P < 0,05$ ) do tipo de ingrediente e do processamento térmico para altura de vilos, profundidade de cripta, espessura da parede muscular e área absorptiva. Quando a ração foi extrusada, maior altura de vilos foi observada em pintos alimentados com ração à base de sorgo. Já para as rações peletizadas, a maior altura de vilos foi obtida em pintos alimentados com ração à base de milho. Ração peletizada a base de milho também proporcionou maior profundidade de criptas e maior espessura da parede muscular. Já em relação a área absorptiva, o menor valor foi observado nos pintos que consumiram ração com milho, extrusada

Tabela 7- Medidas histomorfométricas do duodeno de pintos, alimentados com rações pré-iniciais, peletizada ou extrusada, a base de milho ou sorgo, aos sete dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Altura de vilos(µm)	Milho	757,11Bb	939,04Aa	848,08	8,67	0,573	0,310	0,001
	Sorgo	880,79Aa	774,14Bb	827,46				
	Média	818,95	856,59					
Largura de vilos(µm)	Milho	131,66	134,17	132,91	18,82	0,268	0,416	0,549
	Sorgo	111,84	111,84	119,98				
	Média	121,75	131,15					
Perímetro de vilos(µm)	Milho	1713,27	1797,66	1755,46	14,79	0,827	0,968	0,468
	Sorgo	1775,94	1681,82	1728,88				
	Média	1744,61	1739,74					
Profundidade de cripta(µm)	Milho	92,85b	146,96Aa	119,90	22,75	0,445	0,433	0,006
	Sorgo	125,64	93,13B	109,40				
	Média	109,24	120,05					
Parede Muscular (µm)	Milho	64,61b	102,18Aa	83,40	14,52	0,025	0,006	0,003
	Sorgo	70,56	68,49B	69,53				
	Média	67,59	85,34					
Relação Vilos/Cripta	Milho	4,94	6,73	5,83B	20,00	0,254	0,006	0,688
	Sorgo	6,25	8,57	7,41A				
	Média	5,59b	7,65a					
Área absorviva	Milho	10,66Bb	14,37a	12,52	13,19	0,278	0,148	0,007
	Sorgo	14,05A	12,79	13,42				
	Média	12,36	13,58					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para a relação vilos:cripta do duodeno houve efeito dos fatores de forma independente (P<0,05). Os maiores valores foram observados nos pintos que consumiram rações a base de sorgo e para o processamento térmico, para os pintos que se alimentaram com rações peletizadas.

Na tabela 8, estão apresentadas as medidas histomorfométricas do jejuno. Foi observado interação (P<0,05) tipo de ingrediente e processamento térmico da ração para altura de vilos, perímetro de vilos e profundidade de cripta (Tabela 8). Para o sorgo, o processo de extrusão proporcionou maiores altura e perímetro de vilos, e maior profundidade de cripta aos sete dias de idade.

Tabela 8- Medidas histomorfométricas do jejuno de pintos de corte, alimentados com rações pré- iniciais, com milho ou sorgo, processadas termicamente, aos sete dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Altura de vilo (µm)	Milho	664,19B	694,73	679,46	9,72	0,223	0,128	0,022
	Sorgo	787,34Aa	653,24b	720,29				
	Média	725,76	673,99					
Largura de vilo (µm)	Milho	106,01	138,60	122,31	18,32	0,087	0,020	0,650
	Sorgo	91,48	114,39	102,94				
	Média	98,75b	126,50a					
Perímetro de vilo(µm)	Milho	1440,86Ba	1462,10Aa	1451,48	9,97	0,507	0,049	0,027
	Sorgo	1652,50Aa	1342,48Ab	1497,49				
	Média	1546,68	1402,29					
Profundidade de cripta (µm)	Milho	114,16	107,34	116,07	9,66	0,635	0,119	0,037
	Sorgo	130,37a	117,96b	118,86				
	Média	122,27	112,65					
Parede muscular (µm)	Milho	66,92	67,16	67,04	11,11	0,241	0,307	0,333
	Sorgo	67,81	76,01	71,91				
	Média	67,36	71,58					
Relação Vilo/Cripta	Milho	5,26	5,62	5,44	18,63	0,668	0,598	0,804
	Sorgo	5,57	5,70	5,64				
	Média	5,41	5,66					
Área absortiva	Milho	11,65	11,06	11,36	19,19	0,601	0,411	0,803
	Sorgo	12,45	11,34	11,89				
	Média	12,05	11,20					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coeficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linha e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para largura de vilos, houve efeito do tipo de ingrediente (P<0,05), no qual pintos que consumiram ração peletizada apresentaram maiores resultados em comparação aos que consumiram ração extrusada.

Para as medidas histomorfométricas do íleo (Tabela 9), não houve interação (P>0,05), contudo, houve efeito do tipo de processamento térmico (P<0,05), no qual, o consumo de ração peletizada resultou em maior largura de vilos no íleo dos pintos aos sete dias de idade.

Tabela 9- Medidas histomorfológicas do fêlo de pintos de corte, alimentados com rações pré- iniciais, com milho ou sorgo, processadas termicamente aos sete dias de idade

Variável	Ing	Processamento térmico		Média	CV (%)	Valor de P		
		EXT	PEL			Ing	Proc	Ing*proc
Altura de vilo (µm)	Milho	455,37	517,71	486,54	10,82	0,900	0,899	0,492
	Sorgo	475,26	503,95	489,60				
	Média	465,31	510,83					
Largura de vilo(µm)	Milho	83,95	110,47	97,21	10,00	0,254	<0,001	0,850
	Sorgo	88,77	117,16	102,96				
	Média	86,36b	113,82a					
Perímetro de vilo(µm)	Milho	1009,34	1075,48	1042,41	10,57	0,826	0,233	0,903
	Sorgo	1004,50	1058,66	1031,58				
	Média	1006,92	1067,07					
Profundidade de cripta (µm)	Milho	119,16	125,18	122,17	7,06	0,082	0,984	0,178
	Sorgo	132,92	127,06	129,99				
	Média	126,04	126,12					
Parede muscular (µm)	Milho	87,82	94,00	90,90	11,34	0,124	0,746	0,329
	Sorgo	85,00	81,90	83,42				
	Média	86,40	87,92					
Relação Vilo/Cripta	Milho	4,30	4,47	4,38	30,02	0,286	0,649	0,900
	Sorgo	3,66	3,96	3,81				
	Média	3,98	4,21					
Área absorviva	Milho	10,20	8,96	9,58	15,22	0,086	0,602	0,141
	Sorgo	8,19	8,79	8,49				
	Média	9,19	8,88					

EXT- Extrusada; PEL-Peletizada; CV=Coefficiente de variação; Ing-Ingrediente; Proc=Processamentos térmico; Médias com mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

#### 4. DISCUSSÃO

Quando a ração pré-inicial foi à base de sorgo, a extrusão proporcionou melhor desempenho, já a ração à base de milho o melhor resultado foi quando utilizou-se a peletização. O melhor resultado no desempenho dos pintos alimentados com ração extrusada com sorgo pode ser atribuído à temperatura do processo de extrusão. Provavelmente, a temperatura mais elevada no processamento da extrusão, de 150°C, pode ter melhorado a metabolizabilidade dos nutrientes do sorgo. De acordo com Selle et al.<sup>9</sup>, as kafirinas, proteínas de reserva do sorgo, reveste o amido e impede a ação das enzimas, no entanto, quando exposto ao processo de extrusão (altas temperaturas e umidade), ocorre o rompimento da organização proteica, o entumescimento dos grânulos de amido o que resulta na sua gelatinização, facilitando o acesso da amilase ao substrato.

É possível que o processo de peletização não tenha sido suficiente para melhorar a metabolizabilidade da ração a base de sorgo. Esse resultado pode estar relacionado com a menor temperatura do processamento de peletização (56°C), que provavelmente não foi suficiente para provocar a gelatinização do amido. De acordo com Taylor e Dewar<sup>28</sup>, a temperatura mínima de gelatinizado o amido do sorgo é de 68°C.

Para a ração composta por milho, à extrusão resultou em pior desempenho, dos pintos em todas as fases de criação, quando comparada com a ração peletizada. Freitas et al.<sup>29</sup> também observaram efeito negativo do processamento térmico para ração a base de milho. Eles estudaram o uso do milho processado termicamente pelo sistema de cozimento a vapor temperatura de 107°C, em ração pré-inicial para frangos de corte e verificaram que, a ração com milho cozido resultou em pior desempenho.

O resultado do presente estudo sugere que o processamento de extrusão para o milho prejudicou a metabolizabilidade dos nutrientes da ração, pois a temperatura no processamento da extrusão foi mais elevada (150°C) em relação ao processo de peletização (56°C), e esse fato pode ter aumentado à quantidade de amido resistente a digestão.

O amido resistente, gerado a partir do processamento térmico é chamado de amido retrogradado, ou seja, o amido que após ser gelatinizado, se reassocia gerando uma estrutura resistente a hidrólise enzimática<sup>30</sup>. Alguns estudos relataram que, o milho quando é submetido a altas temperaturas, há um aumento na concentração de amido resistente a digestão enzimática. Kaczmarek et al.<sup>31</sup>, estudaram o efeito da temperatura de secagem no grão de milho (de 60°C a 140°C) sobre o desempenho de frango de corte e observaram que com o aumento da temperatura houve aumento na concentração de amido resistente e redução no peso vivo e pior conversão alimentar na fase inicial. O aumento no amido resistente em ração a base de milho para pintos de corte também foi relatado por Abdollahi et al.<sup>32</sup> que observaram que o aumento na temperatura de condicionamento de 60°C para 90°C resultou em acréscimo na concentração de amido resistente de (2,25 g/100 g de amido total) para (3,59 g/100 g de amido total).

Em relação ao peso relativo dos órgãos do sistema digestório, a utilização do sorgo na ração pré-inicial resultou em maior peso relativo do pâncreas, do jejuno e do íleo aos sete dias de idade. Esses resultados indicam que o sorgo pode estimular o desenvolvimento do trato gastrintestinal dos pintos de corte. Resultados semelhantes foram encontrados por Manyelo et al.<sup>33</sup>, quando investigaram a substituição do milho por sorgo em dietas de frangos e observaram maior peso relativo de intestino delgado nas rações à base sorgo em comparação a

ração com milho, na fase inicial, de 1 a 21 dias de idade. Torres et al.<sup>10</sup> também verificaram que a substituição total do milho pelo sorgo resultou em maior peso relativo do intestino delgado na fase pré-inicial. Segundo Pasquali et al.<sup>14</sup>, rações com sorgo permanecem por mais tempo no intestino em comparação a rações a base de milho. Assim, é possível que a presença de alimento por mais tempo no intestino, tenha estimulado o desenvolvimento do trato gastrointestinal.

Os pintos que consumiram ração pré-inicial extrusada, apresentaram menor desenvolvimento do proventrículo e do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) aos sete dias de idade, quando comparados com os que se alimentaram de ração peletizada. Esse resultado pode estar relacionado ao processamento de extrusão. De acordo com Borojjeni et al.<sup>15</sup> e Creswell e Bedford<sup>34</sup>, tratamentos térmicos de rações com temperaturas acima de 85°C devem ser monitoradas quanto ao seu tempo de processamento, devido a perdas de nutrientes termolábeis, como as vitaminas, a formação de complexos de amido/proteína (reação de Maillard) e a formação de amido resistente. O processo de extrusão utilizado neste trabalho atingiu 150°C, temperatura muito superior a necessária para a gelatinização do amido do milho (61-68°C) e do sorgo (68-75°C). Provavelmente, a alta temperatura no processamento da extrusão da ração influenciou os resultados da metabolizabilidade dos nutrientes. Esse fato pode ser confirmado com os resultados da conversão, aos 14 e 21 dias de idade (Tabela 3 e 4). Pintos que consumiram ração peletizada utilizaram melhor os nutrientes da ração e apresentaram melhor conversão alimentar.

A maior atividade específica da amilase pancreática foi observada nos pintos que consumiram ração extrusada elaborada com milho, aumento de 99,37% em relação à ração com milho, peletizada. De acordo com Sklan e Noy<sup>35</sup>, o aumento na atividade específica da amilase é um indicativo de aumento na metabolizabilidade de amido dietético, o que resulta em maior ganho no desempenho do frango. No entanto, neste estudo o aumento na atividade específica da amilase coincidiu com a pior conversão alimentar (Tabela 2).

O aumento da concentração do amido resistente no intestino delgado em pintos alimentados com ração extrusada a base de milho (150°C), pode ter sido o fator que provovou o aumento na atividade específica da amilase. De acordo com Champ e Faisant<sup>36</sup>, o amido resistente, assim como os polissacarídeos não-amiláceos não são digeridos pela amilase pancreática no intestino delgado. Macri et al.<sup>37</sup> verificaram que na presença de substâncias de difícil digestão enzimática no intestino delgado do frango de corte é capaz de compensar a menor metabolizabilidade através do aumento na produção e secreção da enzima amilase.

Kalantar et al.<sup>38</sup> relataram que a maior atividade da  $\alpha$ -amilase pancreática também pode ser considerada de maneira prejudicial, já que o aumento na atividade enzimática pode ser uma forma de compensar a grande quantidade de substâncias de difícil digestão, como polissacarídeos não-digestíveis, presentes nas rações.

Em relação às variáveis histomorfométricas do intestino delgado, a extrusão favoreceu as rações a base de sorgo, enquanto para rações a base de milho, os melhores resultados foram observados para a ração peletizada, comportamento semelhante aos observados nos dados de desempenho.

A maior altura de vilos do duodeno e altura e perímetro de vilos do jejuno ocorreram em pintos alimentados com ração pré-inicial extrusada elaborada com sorgo, quando comparado com os resultados da ração extrusada composta por milho. O mesmo ocorreu para os pintos alimentados com ração peletizada elaborada com milho, que apresentaram maior altura de vilos, profundidade de cripta e parede muscular e área absorptiva do duodeno.

De acordo com Kokić et al.<sup>19</sup> a extrusão resulta em maior metabolizabilidade do amido e da proteína, promovido pela maior temperatura (até 200°C), umidade e pressão em relação a peletização. Black et al.<sup>39</sup> verificaram que a extrusão do sorgo aumentou a metabolizabilidade *in vitro* do amido quase três vezes (0,330 a 0,915), o que foi atribuído à destruição de a estrutura da matriz amido:proteína de amido pelo processo de extrusão. Dessa forma, de acordo com Incharoen et al.<sup>40</sup>, quanto maior a concentração de nutrientes digeridos no lúmen do intestino delgado, maior o desenvolvimento das vilosidades.

O menor desenvolvimento dos vilos da ração extrusada a base de milho também estão coerentes com pior resultados de desempenho e atividade enzimática, que, que pode estar relacionado com a formação de amido resistente. É possível que a formação de amido resistente tenha resultado em menor metabolizabilidade da ração e comprometido a integridade da mucosa intestinal. Segundo Jha et al.<sup>41</sup>, a presença do amido resistente está relacionado ao aumento da viscosidade da digesta, que provoca apoptose de células nos vilos no intestino delgado, além disso pode funcionar como barreira e impedir que os nutrientes cheguem aos enterócitos para ser absorvido.

Segundo Maiorka<sup>42</sup>, em adição o aumento na viscosidade da digesta, o amido resistente, assim como a fibra, pode aumentar a quantidade de substrato para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e produção de toxinas, e provocar lesões no epitélio, e quando ocorre lesões, há redução na metabolizabilidade e na absorção dos nutrientes, além do custo energético para renovação da mucosa.

Houve influencia dos tratamentos na espessura da parede muscular da mucosa. A maior espessura de parede muscular duodenal foi observada em pintos que consumiram ração peletizada com milho. De acordo com Junqueira e Carneiro<sup>43</sup>, a parede é responsável pelos movimentos peristálticos e contração do intestino. Segundo Aleixo et al.<sup>44</sup>, a maior espessura da parede muscular, aumenta os movimentos peristálticos intestinal e conseqüentemente a mistura da digesta, necessária para facilitar a digestão e absorção de nutrientes.

A maior relação vilosidade:cripta no duodeno foi observada nos pintos que consumiram ração com sorgo e com a ração peletizada de forma independente. De acordo com Montagne, Pluske e Hampson<sup>45</sup>, o aumento na relação vilosidade:cripta, representa uma maior capacidade de digestão e absorção dos nutrientes.

De forma geral os pintos que consumiram ração peletizada apresentaram maiores pesos relativos do intestino delgado, bem como aumento nas medidas histomorfométricas, o que pode ter proporcionado a melhor conversão alimentar observada no período de 1 a 14 e 1 a 21 dias de idade.

Do mesmo modo, pintos que consumiram ração composta por sorgo obtiveram maior pesos relativos do jejuno e do íleo e a relação vilosidade:cripta do duodeno que proporcionou melhor conversão aos 21 dias de idade. Ao contrário dos resultados encontrados nesta pesquisa, Fagundes et al.<sup>46</sup> não verificaram diferença na relação vilosidade:cripta em pintos alimentados com ração a base de sorgo em substituição ao milho, na fase pré-inicial. Torres et al.<sup>10</sup> também não encontraram diferença na altura da vilosidade e a profundidade da cripta em de pintos alimentados com ração a base de sorgo.

## **5. CONCLUSÃO**

Para ração a base de sorgo, a extrusão a 150°C resulta em melhor desempenho e desenvolvimento dos vilos na fase pré-inicial quando comparada a peletização a 56°C. Já em rações a base de milho, o melhor desempenho e crescimento dos vilos foi obtido quando a ração foi peletizada. O fornecimento de ração pré-inicial extrusada, com milho aumenta a atividade específica da amilase pancreática em pintos na fase pré-inicial.

## **6. REFERENCIAS**

1. Garcia RG, Mendes AA, Almeida Paz ICL, Komiyama CM, Caldara FR, Nääs IA, Mariano WS. Implications of the use of sorghum in broiler production. *Brazilian Journal of Poultry Sci.* 2013;15(3): 257-262.

2. Leite PRSC, Leandro NSM, Stringhini JH, Café MB, Gomes NA, Jardim filho RM. Desempenho de frangos de corte e metabolizabilidade de rações com sorgo ou milheto e complexo enzimático. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2011;46(3): 280-286.
3. Fernandes EA, Pereira WJS, Hackenhaar L, Rodrigues RM, Terra R, The use of whole grain sorghum in broiler feeds, *Brazilian Journal of Poultry Sci.* 2013;15(3): 217- 22.
4. Carvalho, LSS, Fagundes NS, Litz FH, Saar AGL, Fernandes EA. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. *Enciclopédia Biosfera. Cent. Cient. Conhec.*2015;11(21): 1757-1765.
5. Assuena V, da Silva Filardi R, Junqueira OM, Casartelli EM, de Laurentiz AC, Duarte KF. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. *Ciênc. anim. bras.* 2008;9(1): 93-99.
6. EMBRAPA. Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho. Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul : safras 2017/2018 e 2018/2019 / LXII Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho; XLV Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Sorgo, Sertão, RS, 17 a 19 de julho de 2017. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 209p.
7. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Brito C O. (2017). *Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais* Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR(488 p.).
8. Nunes RV, Rostagno HS, Gomes PC, Nunes CGV, Pozza PC, Araujo M. D. (2008). Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. *R. Bras. Zootec.*2008; 37(1): 89-94.
9. Selle PH, Moss AF, Truong HH. Khoddami A, Cadogan DJ, Godwin ID, Liu, S Y. Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Anim Nutr.* 2018;4(1):17–30.
10. Torres KAA, Pizauro Jr JM, Soares CP, Silva TGA, Nogueira WCL, Campos DM. B, Macari M. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. 2013. *Poult. Sci.* 92 :1564–1571.
11. Wong JH, Marx DB Wilson JD, Buchanan BB, Lemaux PG, Pedersen JF. Principal component analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain. *Plant Science.*2010;179: 598–611.
12. Uni Z, Ferket RP. methods for early nutrition and their potential. *Poult. Sci.*2004; 60(1): 101-111.
13. Vieira SL, Pophal S. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciênc. Avíc.* 2000; 2(3):189-199.

14. Pasquali GAM, Fascina VB, Silva ADL, Aoyagi MM, Muro EM, Serpa PG, Sartori JR.. Maize replacement with sorghum and a combination of protease, xylanase, and phytase on performance, nutrient utilization, litter moisture, and digestive organ size in broiler chicken. *Can. J. of Anim. Sci.*, 2016;97(2), 328-337.
15. Borojoni FG, Svihus B, von Reichenbach HG, Zentek J. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 2016;220: 187-215.
16. Klein AA. Peletização de Rações: Aspectos Técnicos, Custos e Benefícios e Inovações Tecnológicas. *Boletim técnico. Engormix.* 2009. Disponível em: <https://pt.engormix.com/balanceados/artigos/peletizacao-racoes-aspectos-tecnicos-t36785.htm>. Acesso em 24 de outubro de 2019.
17. Teixeira Netto T, Massuquetto A, Krabbe EL, Surek D, Oliveira SG, Maiorka A. Effect of Conditioning Temperature on Pellet Quality, Diet Digestibility, and Broiler Performance. *J. Appl. Poult. Res.* 2019;28(4)1–11.
18. Selle PH, Liu SY, Cai J, Cowieson AJ. Steam-pelleting and feed form of broiler diets based on three coarsely ground sorghums influences growth performance, nutrient utilisation, starch and nitrogen digestibility. 2012. *Anim. Prod. Sci.* 52(9): 842-852.
19. Kokić BM, Lević J.D., Chrenková M, Formelová Z, Poláčiková M, Rajský M, Jovanović, RD. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. *Food and Feed Res.* 2013;40(2):93-99.
20. Al-Rabadi GJ, Torley PJ, Williams BA, Bryden WL, Gidley MJ. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. 2011. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 168(3-4):267-279.
21. Truong HH, Liu SY, Selle PH. Starch utilisation in chicken-meat production: the foremost influential factors. *Anim. Prod. Sci.* 2016;56(5):797-814.
22. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT. Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigência nutricional. Viçosa: UFV, 2011, 187p.
23. Zanotto DL, Bellaver C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1996:1-5, (Comunicado Técnico, 215).
24. Bradford MMA. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analyt. Biochem.* 1976, 72: 248-254.
25. Gonzalez FHD, da Silva SC. Introdução à bioquímica clínica veterinária Editora da UFRGS, 2017. 538 p.

26. Luna LG. Manual of histology staining methods of the Armed Forces Institute Of Pathology.3.ed. New York: McGraw Hill, 1968. 258p.
27. Kisielinski K, Willis S, Prescher A, Klosterhalfen B, Schumpelick V. A simple new method to calculate small intestine absorptive surface in the rat. *Clinic. and Exp. Med.*2002;2(3):131-135.
28. Taylor JR, Dewar J. Developments in sorghum food technologies. *Adv. Food Nutr. Res.*2001. 43, 217–264.
29. Freitas ER, Sakomura NK, Neme R, Barbosa NAA. Valor nutricional do milho termicamente processado, usado na ração pré-inicial para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 2005;57(4):510-517.
30. Wang S, Li C, Copeland L, Niu Q, Wang S. Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.*2015;14(5):568-585.
31. Kaczmarek SA, Cowieson AJ, Józefiak D, Rutkowski A. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. *Anim.l Prod.Sci.*. 2014; 54(7): 956-965.
32. Abdollahi MR, Ravindran V, Wester TJ, Ravindran G, Thomas DV. 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. *Anim.Feed Sci. Technol.* 2010. 162.3-4: 106-115.
33. Manyelo TG, Ng'ambi JW, Norris D, Mabelebele M. Substitution of Zea mays by Sorghum bicolor on Performance and Gut Histo-Morphology of Ross 308 Broiler Chickens Aged 1–42 d. *J. Appl. Poult. Res.*2019;28(3):647-657.
34. Creswell D, Bedford M. High pelleting temperatures reduce broiler performance. *Proceedings of the Australian Poult. Sci. Symposium.* 2006. 18: 1–6.
35. Sklan D, Noy, Y. Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. *Poult. Sci.* 2000;79:1306-1310.
36. Champ M, Faisant N. Resistant starch: analytical and physiological aspects. *Bol SBCTA.*1996;30(1):37- 43.
37. Macri A, Parlamenti R, Silano V, Valfre F. Adaptation of the domestic chicken, *Gallus domesticus*, to continuous feeding of albumin amylase inhibitors from wheat flour as gastro-resident microgranules. *Poultry. Science.* 1977;56: 434–441.
38. Kalantar M, Khajali F, Yaghobfar A. Effect of cereal type and enzyme addition on performance, pancreatic enzyme activity, intestinal microflora and gut morphology of broilers. *Poult. Sci. Journal.* 2016;4(1): 63-71.

39. Black JL, Tredrea AM, Nielsen SG, Bird SH, Kaiser AG, Van Barneveld RJ, Hughes RJ, Flinn PC. Prospects of improving the feed quality of sorghum. In: Borrell AK, Henzel RG, Jordan DJ. (Eds.), Proceedings, 5th Australian Sorghum Conference. Gold Coast, Qld. 2006.
40. Incharoen T, Yamauchi KE, Erikawa T, Gotoh H. (). Histology of intestinal villi and epithelial cells in chickens fed low-crude protein or low-crude fat diets. *Ital. J. Anim. Sci.* 2010;9(4):82.
41. Jha R, Fohse JM, Tiwari UP, Li L, Willing BP. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals. *Front. Vet. Sci.* 2019; 6:48.
42. Maiorka A. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. In V Simposio Brasil Sul de Avicultura. 2004. Universidade Federal Do Parana, Brasil.
43. Junqueira LC. Carneiro J. *Histologia básica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
44. Aleixo VM, Pressinoti LN, Campos DV, Menezes-Aleixo RDC, Ferraz RH. Histologia, histoquímica e histometria do intestino de jacaré-do-Pantanal criado em cativeiro. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 2011. 31(12), 1120-1128.
45. Montagne L, Pluskeb JR, Hampson DJ. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2003;108(1):95-117.
46. Fagundes NS, Pereira R, Bortoluzzi C, Rafael JM, Nappy GS, Barbosa JGM, Menten JFM. Replacing corn with sorghum in the diet alters intestinal microbiota without altering chicken performance. *J. anim. Phys. Anim. Nutr.* 2017;101(5):371-382.

**CAPITULO 4- DESEMPENHO, MORFOMETRIA INTESTINAL E METABOLIZABILIDADE DOS NUTRIENTES EM PINTOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÃO PROCESSADA TERMICAMENTE**

**RESUMO**

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o processamento térmico de rações pré-iniciais sobre o desempenho, morfometria dos órgãos do sistema digestório e metabolizabilidade dos nutrientes das rações de pintos de corte. Foram utilizados 180 pintos de corte, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, seis repetições de 15 aves cada. Os tratamentos consistiram em ração peletizada e ração extrusada. As rações experimentais foram à base de milho e farelo de soja. O ensaio de metabolizabilidade foi realizado de quatro a sete dias de idade, enquanto o desempenho e morfometria dos órgãos do sistema digestório foram avaliados aos sete e 21 dias de idade. Os dados foram submetidos à análise de variância. Aos sete dias de idade, os pintos que consumiram ração extrusada apresentaram menor consumo de ração, menor desenvolvimento dos órgãos do trato digestório, pior metabolizabilidade do nitrogênio, matéria seca, além de menor energia metabolizável em relação a ração peletizada. Do mesmo modo, aos 21 dias de idade, os pintos que consumiram ração pré-inicial extrusada apresentaram pior desempenho em relação a ração peletizada. Conclui-se que a ração extrusada, a base de milho e farelo de soja, na fase pré-inicial resulta em pior desempenho, desenvolvimento dos órgãos digestório e metabolizabilidade dos nutrientes.

Palavras-chave: biometria, metabolizabilidade, extrusão, frangos, peletização,

**CHAPTER 4- PERFORMANCE, INTESTINAL MORPHOMETRY AND METABOLIZABILITY OF NUTRIENTS IN THERMAL PROCESSED FEED BROILERS CHICKEN**

**ABSTRACT**

This study was carried out with the objective of evaluating the thermal processing of pre-initial diets on the performance, morphometry of the organs of the digestive system and metabolizability of nutrients in the diets of broiler chicks. 180 broilers chicks were used, distributed in a completely randomized design, with two treatments, six replications of 15 birds each. The treatments consisted of pelleted feed and extruded feed. The experimental diets were based on corn and soybean meal. The metabolizability test was performed from four to seven days of age, while the performance and morphometry of the organs of the digestive system were evaluated at seven and 21 days of age. The data were subjected to analysis of variance. At seven days of age, chicks that consumed extruded feed had lower feed intake, less development of digestive tract organs, worse nitrogen metabolizability, dry matter, in addition to less metabolizable energy compared to pelleted feed. Likewise, at 21 days of age, chicks that consumed extruded pre-starter feed showed worse performance compared to pelleted feed. It is concluded that the extruded feed, based on corn and soybean meal, in the pre-initial phase results in worse performance, development of digestive organs and metabolizability of nutrients.

**Keywords:** biometrics, chickens, digestibility, extrusion, pelletization,

## 1. INTRODUÇÃO

A fase pré-inicial representa aproximadamente 20% da vida produtiva do frango de corte <sup>1</sup> e esse período requer atenção especial, pois o desempenho do pinto na fase pré-inicial influencia diretamente no desempenho final do lote. Segundo Leeson e Summers <sup>2</sup>, a cada grama de peso vivo adicional alcançado aos sete dias de idade, representa, pelo menos, cinco gramas de peso extra no peso ao abate. Nessa fase também acontece o desenvolvimento físico e funcional do sistema digestório, para aumentar a capacidade de digestão e absorção dos nutrientes <sup>3</sup>. De acordo com Dos Santos et al. <sup>4</sup>, pintos de corte apresentam aumento de até 300% no peso relativo intestinal, nos primeiros quatro dias de idade. Segundo Freitas et al. <sup>3</sup>, o maior desenvolvimento intestinal está relacionada com a maior área absorptiva, que resulta em maior desempenho de frangos de corte.

Pesquisas tem demonstrado que o desenvolvimento das funções secretoras e absorptivas no aparelho digestório depende da presença de alimentos no lúmen intestinal. Para Ebling et al. <sup>5</sup>, rações pré-iniciais devem ser de melhor qualidade para compensar a menor capacidade de digestão dessa fase e estimular o desenvolvimento do trato digestório. De acordo com Boemo et al. <sup>6</sup>, o fornecimento de ração pré-inicial processadas termicamente pode compensar a menor capacidade digestiva dos pintos, visto a melhor metabolizabilidade proporcionada pelo processamento térmico, em relação à ração convencional, farelada.

A peletização é um tratamento térmico que utilizado a ação combinada de temperatura, pressão, umidade e compressão mecânica para modificar a ração no aspecto físico, químico e microbiológico<sup>7</sup>. Na peletização a melhora na metabolizabilidade dos nutrientes, especialmente dos carboidratos, ocorre pela pré-gelatinização do amido, deixando-o mais susceptível a digestão das enzimas <sup>7</sup>.

Cerrate et al. <sup>8</sup> verificaram que o uso de ração peletizada na primeira semana de vida dos pintos resultou em maior desempenho. Freitas et al. <sup>3</sup> relataram que as rações peletizadas possibilitam maior metabolizabilidade do nitrogênio e do extrato etéreo, resultando em melhor desempenho na fase pré-inicial. Já Zimonja, e Svihus <sup>9</sup>, avaliaram o efeito da peletização e extrusão em rações pré-iniciais com trigo ou aveia e verificaram maior metabolizabilidade do amido nas rações extrusadas em comparação a ração peletizada.

Para Svihus et al. <sup>10</sup>, a extrusão resulta em maior metabolizabilidade dos nutrientes da ração e maior desempenho em frangos de corte, em relação a ração peletizada, De acordo com Kokić et al. <sup>11</sup>, a extrusão provoca modificações mais intensas sobre os carboidratos e proteínas, pois o tratamento envolve alta pressão e temperatura (até 200°C). Os mesmos

autores, ao avaliar a influência de diferentes tratamentos térmicos sobre a gelatinização do amido do milho, verificaram que a extrusão gelatinizou 100% do amido do milho, enquanto peletização gelatinizou apenas 25,47%.

Informações sobre utilização de rações extrusadas para pintos de corte ainda são limitadas, havendo dúvidas se o processamento de extrusão aumenta a metabolizabilidade dos nutrientes da ração e melhora os resultados de desempenho zootécnico. Portanto, objetivou-se com esse estudo, avaliar o efeito do processamento térmico (extrusão e peletização) da ração pré-inicial de pintos de corte sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, desempenho e morfometria dos órgãos do sistema digestório.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso dos Animais da Universidade Federal de Goiás sob o parecer Nº. 039/16, e foi realizada no aviário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia.

Foram utilizados 180 pintos de corte, machos, da linhagem comercial cobb 500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, seis repetições de 15 aves cada. Os tratamentos utilizados foram: ração pré-inicial peletizada e ração pré-inicial extrusada.

As rações experimentais, pré-inicial (1-7 dias) peletizada e extrusada, foram formuladas a base de milho e farelo de soja, seguindo as recomendações de exigências nutricionais e composição de alimentos de Rostagno et al.<sup>12</sup> (Tabela 1).

O processo de peletização da ração foi realizado a seco, sem adição de água, utilizando uma peletizadora Krabbe, modelo GK-PPS006100, à temperatura de 75 °C, utilizando matriz com furo de 2,5 mm. Para o processamento de extrusão, a ração foi submetida à temperatura de 150°C e 20% de umidade e matriz com furos de 3,0 mm, utilizando uma extrusora modelo EX30, com capacidade de processar 40 kg/h. Após peletizada ou extrusada, as rações foram secas em estufa de circulação forçada a 55°C, por 12 horas.

O comprimento e diâmetro dos peletes das rações experimentais foram mensurados com o auxílio de um paquímetro digital, utilizando uma amostra de 20 peletes por ração. Os peletes das rações possuíam os respectivos comprimento e diâmetro: ração peletizada (5,63 mm; 2,07mm) e ração extrusada (4,93mm; 2,88mm). O diâmetro geométrico médio-DGM das partículas<sup>12</sup> foi de 1,800 mm e 1,574 mm para a ração peletizada e extrusada, respectivamente.

As rações experimentais foram fornecidas apenas na fase pré-inicial, de um a sete dias de idade. No período de 8 a 21 dias de idade, todas as aves receberam uma ração inicial, farelada, a base de milho e farelo de soja (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição das rações para frangos de corte na fase pré-inicial e inicial

INGREDIENTE	Pré-inicial	Inicial
Milho, grão	51,47	56,40
Soja, farelo	40,30	36,77
Calcário calcítico	0,87	0,89
Fosfato bicálcico	1,94	1,79
L-Lisina	0,21	0,17
DL-Metionina	0,34	0,17
L-Treonina	0,09	0,01
Óleo de soja	3,20	2,84
Bicarbonato de Na	0,19	0,16
Sal comum	0,38	0,38
Premix Mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,40	0,40
Inerte	0,60	0,00
Total	100,00	100,00
COMPOSIÇÃO CALCULADA		
EM (kcal/kg)	2.957	3.000
PB(%)	22,73	21,33
Cálcio(%)	0,92	0,89
Fósforo disponível (%)	0,47	0,44
Lisina digestível (%)	1,34	1,14
Metionina digestível (%)	0,63	0,46
Met+cistina digestível (%)	0,93	0,74
Treonina digestível (%)	0,87	0,74
Triptofano digestível (%)	0,26	0,24
Arginina digestível (%)	1,45	1,35
Fibra bruta	3,02	2,92
Potássio(%)	0,88	0,83
Sódio (%)	0,22	0,21
Cloro(%)	0,28	0,28
Ác. Linoleico(%)	3,03	2,89

<sup>1</sup>Suplemento mineral e vitamínico- PX inicial frango inicial (FVI) VM24D- níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 800.000 UI, Vitamina E 5.000 U.I, Vitamina K3 450 mg, Vitamina B1 500 mg, Vitamina B2 1.500 mg, ácido pantotênico (mg) 3.500 mg, Vitamina B6 (min) 700 mg, Vitamina B12(min) 2.500mg, Niacina (min) 9.000 mg, Ácido fólico (min) 250mg, biotina (min) 15 mg, colina (min) 80 g, ferro(min) 10 g, Cobre (min) 2.500 mg, Manganês (min) 20 g, Zinco (min) 18g, Iodo (min) 250 mg, Selênio (min) 75 mg, virginiamicina 4.125 mg, nicarbazina 10g, mg, duramicina amônio 937,5 mg.

Os pintos foram alojados em baterias metálicas, divididas em gaiolas com dimensões de 0,30 x 0,74 x 0,79m, equipadas com comedouros e bebedouros do tipo linear. Os pintos receberam água e ração à vontade. O controle de temperatura no galpão experimental foi realizado através de campanulas a gás e manejo das cortinas. A temperatura e umidade foram aferidas por meio de dois termohigrômetros situados nas extremidades do galpão, sendo a temperatura e umidade relativa do ar de  $32,0 \pm 2,05$  e 56% na primeira semana,  $29,0 \pm 1,85$  e 54% na segunda semana e  $27,5 \pm 2,6$  e 61% na terceira semana de vida.

As variáveis estudadas foram: desempenho, morfometria dos órgãos digestivos e metabolizabilidade dos nutrientes da ração. O desempenho foi avaliado no período de 1 a 7, 1 a 14 e 1 a 21 dias de idade, sendo determinado o peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. O peso vivo foi obtido dividindo-se o peso total das aves da gaiola, pela quantidade de aves na parcela. Já o ganho de peso foi obtido pela diferença entre o peso final e o peso inicial das aves e dividido pelo número médio de aves da parcela. O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade de ração oferecida no início e as sobras ao final de cada fase. A conversão alimentar foi obtida pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso de cada parcela. A mortalidade das aves foi registrada diariamente para correções no consumo de ração e conversão alimentar.

As medidas morfométricas dos órgãos do sistema digestório foi realizada aos sete e 21 dias de idade. Dois pintos por parcela foram sacrificados por deslocamento cervical para realização da morfometria dos órgãos digestivos (proventrículo, moela, pâncreas e fígado com a vesícula biliar, intestino delgado e intestino grosso). Os órgãos foram pesados em balança analítica, de precisão 0,0001g. Os valores obtidos foram expressos em peso relativo, utilizando a fórmula: peso relativo do órgão (%) = (peso do órgão / peso vivo sem o saco vitelino) x 100.

O ensaio de metabólico foi realizado no período de quatro a sete dias de idade, pelo método da colheita total de excretas, de acordo com Sakomura e Rostagno<sup>14</sup>. As excretas foram recolhidas duas vezes ao dia (8h e 17h), acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer. Durante o período de coleta, foram mensuradas, a quantidade de ração consumida e a quantidade total das excretas produzidas.

Para as análises bromatológicas, as excretas foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas e seca em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 65°C, por 72 horas. Foi determinado, das excretas e das rações, a matéria seca, nitrogênio, seguindo metodologia descrita por Silva e Queiroz<sup>15</sup> e energia bruta, determinada por meio da bomba

calorimétrica Ika, modelo C-200. F. Os coeficientes de metabolização dos nutrientes foram calculados por meio de equações propostas por Sakomura e Rostagno (2007).

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) foram calculados utilizando as equações de Matterson et al. <sup>16</sup>.

$$\text{EMA (kcal/kg MS)} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMAn (kcal/kg MS)} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 \times \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados com auxílio do software estatístico R.

### 3. RESULTADOS

No período de um a sete dias de idade foi observado diferença ( $P < 0,05$ ) entre a ração peletizada e ração extrusada apenas no consumo de ração (Tabela 2). Pintos alimentados com ração extrusada apresentaram menor consumo de ração na fase pré-inicial.

Tabela 2- Desempenho de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada, de um a sete dias de idade

Processamento	Peso inicial(g)	Peso Final(g)	Ganho de peso(g)	Consumo de ração g/ave/período	Conversão alimentar (g:g)
Peletizada	40,38	177,84	137,25	144,26a	1,03
Extrusada	41,08	171,16	130,08	136,56b	1,05
Valor de P	0,114	0,098	0,078	0,040	0,356
CV(%)	1,78	3,63	4,77	4,09	2,29

CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%

No período de 1 a 14 dias de idade, o processamento térmico da ração pré-inicial influenciou ( $P < 0,05$ ) no peso vivo, ganho de peso, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar (Tabela 3). Os pintos que consumiram ração pré-inicial extrusada apresentaram os piores resultados de peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar em comparação a ração peletizada.

Tabela 3- Desempenho zootécnico de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada de 1 a 14 dias de idade

Processamento	Peso Vivo(g)	Ganho de peso(g)	Consumo de ração g/ave/periodo	Conversão Alimentar(g:g)
Peletizada	496,06a	455,68a	550,38a	1,19b
Extrusada	452,45b	411,38b	514,34b	1,26a
Valor de P	0,003	0,002	0,035	0,002
CV(%)	4,50	4,86	5,09	1,66

CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%.

Aos 21 dias de idade foi verificado que o processamento térmico da ração pré-inicial influenciou ( $P < 0,05$ ) o peso vivo, ganho de peso, ganho de peso médio diário, consumo de ração e conversão alimentar dos pintos (Tabela 4).

Tabela 4- Desempenho de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada, de um a 21 dias de idade

Processamento	Peso Vivo(g)	Ganho de peso(g)	Consumo de ração g/ave/periodo	Conversão Alimentar(g:g)
Peletizada	971,80a	931,41a	1208,17a	1,29b
Extrusada	897,80b	843,16b	1146,10b	1,35a
Valor de P	0,001	<0,001	0,003	0,004
CV(%)	3,15	2,83	1,68	2,14

CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%

Pode-se observar que pintos que consumiram ração extrusada durante a fase pré-inicial apresentaram menor peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e pior conversão alimentar aos 21 dias de idade em comparação aos pintos que consumiram ração pré-inicial peletizada.

Em relação ao peso relativo dos órgãos digestivos aos sete dias de idade (Tabela 5) foi verificado diferença entre o processamento térmico para peso relativo dos órgãos.

Tabela 5- Peso relativo dos órgãos digestivos de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial peletizada ou extrusada aos sete dias de idade

Processamento	Peso dos órgãos (%)							
	Moe	Pan	Fig	Prov	duo	Jej	íleo	Ig
Peletizada	6,74a	0,42	3,91	1,27 <sup>a</sup>	2,40a	4,11a	3,25a	1,22
Extrusada	3,00b	0,40	4,25	0,98b	2,01b	3,07b	1,93b	1,04
Valor de P	<0,0001	0,350	0,780	0,006	0,002	0,007	0,001	0,132
CV(%)	9,07	10,45	6,96	10,90	7,38	11,63	15,77	12,70

Moe-moela, Pan- pâncreas, Fig-Fígado, Prov- proventrículo, Duo-duodeno, Jej-jejuno, íleo-íleo, Ig-intestino grosso; CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%

Os pintos alimentados com ração extrusada obtiveram menor desenvolvimento da moela, proventrículo, duodeno, jejuno e íleo ( $P < 0,05$ ) em comparação a ração peletizada.

Aos 21 dias de idade, foi verificado efeito do processamento térmico da ração pré-inicial somente para peso relativo da moela (Tabela 6). Os pintos que consumiram ração peletizada apresentaram maior peso relativo de moela quando comparada a ração extrusada.

Tabela 6- Peso relativo dos órgãos digestivos de pintos de corte alimentados com ração pré-inicial de peletizada ou extrusada aos 21 dias de idade

Processamento	Peso relativo dos órgãos (%)							
	Moe	Pan	Fig	Prov	Duo	Jej	Íleo	Ig
Peletizada	3,95a	0,31	2,46	0,72	1,08	2,06	2,36	1,11
Extrusada	3,37b	0,34	2,25	0,67	1,12	2,32	2,59	1,20
Valor de P	0,030	0,139	0,137	0,417	0,598	0,981	0,241	0,230
CV (%)	9,85	9,84	9,52	12,46	10,14	12,10	10,54	8,59

Moe-moela, Pan- pâncreas, Fig-Fígado, Prov- proventrículo, Duo-duodeno, Jej-jejuno, íleo-íleo, Ig-intestino grosso; CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%

Avaliando-se os dados de metabolizabilidade dos nutrientes (Tabela 7), verificou-se que houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre a ração peletizada e extrusada, no qual a ração pré-inicial extrusada apresentou menores coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, do nitrogênio e proteína bruta no período de quatro a sete dias de idade.

Tabela 7. Valores de Balanço de nitrogênio (BN), coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) e nitrogênio total (CMN) de ração pré-inicial peletizada ou extrusada para pintos de corte no período de 4 a 7 dias de idade

Processamento	BN(g)	CMMS(%)	CMN(%)
Peletizada	75,02	82,20a	82,13a
Extrusada	70,06	79,00b	77,39b
Valor de P	0,205	0,025	0,005
CV(%)	9,13	2,78	3,15

CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%

Na Tabela 8, foi verificada diferença nos valores de energia metabolizável ( $P < 0,05$ ) entre as rações pré-inicial peletizada e extrusada. A ração pré-inicial peletizada apresentou os maiores valores de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida (EMAn) na matéria seca (EMA MS) e na matéria natural (EMAn MN), no período de quatro a sete dias de idade.

Tabela 8- Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) expressos na matéria seca e na matéria natural de ração pré-iniciais peletizada ou extrusada para pintos, no período de quatro a sete dias de idade

Processamento	EMA (kcal/kg MS)	EMAn (kcal/kg MS)	EMA (kcal/kg MN)	EMAn (kcal/kg MN)
Peletizada	3.670,11a	3.400,92a	3.415,29a	3.164,78 <sup>a</sup>
Extrusada	3.120,15b	2.852,46b	2.894,70b	2.646,35b
Valor de P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV(%)	3,30	3,35	3,30	3,34

CV= Coeficiente de variação; de probabilidade. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste F a 5%

#### 4. DISCUSSÃO

O processamento térmico extrusão da ração pré-inicial, a base de milho e farelo de soja, prejudicou o desempenho de pintos de corte, nas fases pré-inicial e inicial de criação. Os dados do desempenho corroboram com os encontrados no Capítulo 3, no qual verificou-se que pintos alimentados com ração extrusada a base de milho apresentaram piores resultados em relação a ração peletizada.

O processo de peletização das rações no presente estudo foi realizado com temperatura de 75°C, enquanto a extrusão foi realizada a 150°C. Segundo Creswell e Bedford<sup>17</sup> e Borojeni et al.<sup>18</sup>, quando rações são processadas a temperaturas acima de 85°C pode ocorrer perdas de nutrientes termolábeis, como as vitaminas, a formação de complexos de amido e proteína (reação de Maillard) e na formação de amido retrogradado.

O amido retrogradado é o amido gelatinizado, que após o resfriamento, as cadeias de amilose e amilopectina se reestruturaram, formando ligações de difícil digestão enzimática e por essa razão, também é chamado de amido resistente<sup>19</sup>. Dessa forma, é possível que em razão da extrusão, tenha havido a formação do amido resistente, prejudicando o desempenho dos pintos. Outros estudos também mostraram efeito negativo da alta temperatura do processamento térmico no desempenho de pintos de corte. Freitas et al.<sup>20</sup> estudaram o milho processado termicamente pelo cozimento a vapor à temperatura de 107°C e verificaram pior desempenho em pintos de corte alimentados com o milho processado, na fase pré-inicial. Do mesmo modo, Kaczmarek et al.<sup>21</sup> avaliaram o efeito de diferentes temperaturas de secagem no grão de milho (de 60°C a 140°C) no desempenho de frango de corte e com concluíram que o aumento da temperatura da secagem do milho provocou redução no peso vivo e piora na conversão alimentar, na fase inicial.

A ração extrusada também resultou em menor peso da moela, proventrículo, duodeno, jejuno e íleo dos pintos aos sete dias de vida, em comparação a ração peletizada. É possível que o menor desenvolvimento dos órgãos do trato digestório tenha ocorrido devido a menor disponibilidade de nutrientes. Além disso, segundo Maiorka <sup>22</sup>, o amido resistente, assim como a fibra, pode aumentar a quantidade de substrato para o desenvolvimento de microrganismos patogênicos e produção de toxinas, e provocar lesões no epitélio. No entanto, Freitas et al. <sup>3</sup> não verificaram efeito do processamento térmico da ração (farelada, peletizada) sobre o desenvolvimento do trato digestório de pintos de corte, na primeira semana de vida.

Em relação à metabolizabilidade dos nutrientes, a ração extrusada resultou em pior metabolizabilidade da matéria seca, nitrogênio e proteína bruta, bem como menor energia metabolizável em relação a ração peletizada, na fase pré-inicial. Esses resultados corroboram com o pior desempenho e menor desenvolvimento dos órgãos verificados em pintos alimentados com a ração extrusada.

É possível que a menor metabolizabilidade da proteína na ração extrusada esteja relacionada a reação de Maillard. Segundo Shibao e Bastos <sup>23</sup>, a reação de Maillard é um processo decorrente da reação entre o grupo amina dos aminoácidos e o grupo carbonila de um açúcar redutor (glicose, maltose e lactose), que ocorre em temperaturas acima de 40°C. O produto final da reação é um pigmento conhecido como melanoidina, resultando no escurecimento do alimento <sup>24</sup>. Para Shibao e Bastos <sup>23</sup>, a reação de maillard aumenta à medida que aumenta a temperatura, sendo que o principal efeito biológico é redução da metabolizabilidade das proteínas.

Carvalho et al. <sup>25</sup> estudaram o coeficiente de metabolizabilidade de aminoácidos de galos cecectomizados alimentados com milho submetido a diferentes temperaturas de secagem (80, 100 e 120°C) e verificaram que o aumento da temperatura de secagem ocasionou redução linear da metabolizabilidade dos aminoácidos. Os autores relacionaram esses resultados com a ocorrência da reação de Maillard, provocada pela temperatura mais elevada.

Em relação à energia metabolizável da ração, Lima et al. <sup>26</sup> também verificaram efeito negativo do processamento térmico com altas temperatura da ração sobre EMAn, na fase inicial de frangos. Avaliaram diferentes temperaturas (80, 100, 120 e 140°C) de expansão em ração, a base de milho e farelo de soja, na fase inicial e verificaram redução linear na energia metabolizável da ração com o aumento da temperatura do processamento. O aumento da

temperatura de 80°C para 140°C resultou em perda de 187 kcal. No presente estudo a perda de energia na ração extrusada em relação a ração peletizada foi de 548 kcal na EMAn.

Para Lima et al.<sup>26</sup>, a alta temperatura de processamento provoca modificação na estrutura do amido (amido resistente) e reduz a solubilidade da proteína. Do mesmo modo, Borojeni et al.<sup>18</sup> relataram que alta temperatura utilizada no processo de extrusão pode modificar a estrutura do amido, tornando-o resistente a digestão enzimática, além de causar perda de aminoácidos e vitaminas.

Rações extrusadas para frangos, na fase pré-inicial, processadas nas condições de temperatura 150 °C, umidade de 20%, não apresentaram bons resultados de desempenho, prejudicaram o desenvolvimento dos órgãos do sistema digestório e e reduziram a metabolizabilidade dos nutrientes da ração, em relação ao processamento térmico de peletização realizado a temperatura 75C, à seco.

## 5. CONCLUSÃO

A ração extrusada, a bases de milho e farelo de soja, para pintos de corte na fase pré-inicial, resultou em menor metabolizabilidade dos nutrientes, menor desenvolvimento dos órgãos do sistema digestório e desempenho. A peletização é o processamento térmico mais indicado para ração pré-inicial a base de milho e farelo de soja.

## 6. REFERÊNCIAS

1. Lamot DM, Van De Linde IB, Molenaar R, Van Der PoL CW, Wijtten PJA, Kemp B, Van Den Brand H.. Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. *Poult. Sci.*2014; 93:2604–2614.
2. Leeson S,. Summers JD. *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd ed. Publ. Univ. Books, Guelph, Ontario, Canada. 2005.
3. Freitas, ER, Sakomura NK, Dahlke, F, Santos, FR., Barbosa, NAA. 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. *R. Bras. Zootec.* 2008;37(1):73-78.
4. Dos santos TT, Dassi SC, Franco CR, Costa CR, Lee SA, DA Silva AVF. Influence of fibre and betaine on development of the gastrointestinal tract of broilers between hatch and 14 d of age. *Animal Nutrition*. 2019;5(2), 163-173.
5. Ebling PD, Kessler AM, Villanueva AP, Pontalti GC, Farina G, Ribeiro AML. Rice and soy protein isolate in pre-starter diets for broilers. *Poult. Sci.* 2015 94(11): 2744-2752.

6. Boemo LS, da Rosa DP, Rosa AP, Orso C, Scher A, Gehrke SB, Mariani AB. Processos térmicos em dietas para frangos de corte na fase pré-inicial. *Rev. bras. saúde prod. anim.*. 2016, 17(2): 195-201.
7. Selle PH, Moss AF, Truong HH, Khoddami A, Cadogan DJ, Godwin ID, Liu, S Y. Outlook: Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. *Anim Nutr.* 2018;4(1):17–30.
8. Cerrate S, Wang Z, Coto C, Yan F, Waldroup PW. Effect of pellet diameter in broiler starter diets on subsequent performance. *Journal of Applied Poultry Research.* 2009. 18(3), 590-597.
9. Zimonja O, Svihus B. Effects of processing of wheat or oats starch on physical pellet quality and nutritional value for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 2009. 149(3-4), 287-297.
10. Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005;122:303–320.
11. Kokić BM, Lević JD, Chrenková M, Formelová Z, Poláčiková M, Rajský M, Jovanović, RD. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. *Food and Feed Res.* 2013;40(2):93-99.
12. Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT. Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigência nutricional. Viçosa: UFV, 2011, 187p.
13. Zanotto DL, Bellaver C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, 1996.:1-5, (Comunicado Técnico, 215).
14. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep; 2007. 283 p.
15. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3ª ed. Viçosa: UFV; 2002. 165p.
16. Matterson LD, Potter LM, Stutz MW, Singsen E.P. The metabolizable energy of feeds ingredients for chickens. Research Report, Storrs, Connecticut, The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11.
17. Creswell D, Bedford M. High pelleting temperatures reduce broiler performance. *Proceedings of the Australian Poult. Sci. Symposium.* 2006. 18: 1–6.

18. Boroojeni FG, Svihus B, von Reichenbach HG, Zentek J. The effects of hydrothermal processing on feed hygiene, nutrient availability, intestinal microbiota and morphology in poultry—A review. *Anim. Feed Sci. and Techn.* 2016;220: 187-215.
19. Wang S, Li C, Copeland L, Niu Q, Wang S. Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2015;14(5):568-585.
20. Freitas ER, Sakomura NK, Neme R, Barbosa NAA. Valor nutricional do milho termicamente processado, usado na ração pré-inicial para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 2005;57(4):510-517.
21. Kaczmarek SA, Cowieson AJ, Józefiak D, Rutkowski A. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.* 2014; 54(7): 956-965.
22. Maiorka A. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. In V Simposio Brasil Sul de Avicultura. 2004. Universidade Federal Do Parana, Brasil.
23. Shibao J, Bastos D HM. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. *Rev. de Nutr.* 2011; 24(6): 895-904.
24. Francisquini JDA, Martins E, Silva PHF, Schuck P, Perrone ÍT, Carvalho AF. Reação de maillard: uma revisão. *Rev. Instit. de Latic. Când. Tost.* 2017; 72(1): 48-57.
25. Carvalho DCO, Teixeira ALF, Vargas Junior JG, Toledo RS, Oliveira JE, Souza RM. Coeficiente de metabolizabilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. *R. Bras. Zootec.* 2009.38(5), 850-856.
26. Lima MF, Couto HP, Real GSCP, Soares RTRN, Gomes AVC, Curvello FA. Valores energéticos de rações expandidas em diferentes temperaturas para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2016. 68(3), 725-732.

## CAPITULO 5-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando à logística do incubatório para realizar processos como, sexagem, vacinação, expedição e transporte entre o incubatório e a granja, os pintos de corte geralmente ficam sem acesso ao alimento durante todo esse período. As consequências do jejum na fase pós-eclosão pode ser severo, causando perda de peso, comprometimento do desenvolvimento fisiológico do pinto, dentre outros efeitos negativos e portanto, prejudicando a qualidade do pinto ao alojamento. Assim, fornecer ração imediatamente após a eclosão, na caixa de transporte, é uma alternativa para amenizar os prejuízos causados pelo jejum e melhorar a qualidade do pinto que será alojado.

Da mesma forma, a fase pré-inicial é uma fase crítica para os pintos, devido às mudanças fisiológicas que acontecem nessa fase e a influência do peso alcançado aos sete dias de vida sobre o peso ao abate. Dessa forma, se faz necessário o fornecimento de rações que contribuam com o desenvolvimento inicial do pinto de corte, e aumente a eficiência de digestão dos nutrientes da ração, proporcionando melhora no desempenho.

Nas condições em que foi realizada essa pesquisa foi observado que, o processamento de extrusão não é indicado quando a ração pós-eclosão ou pré-inicial for à base de milho. Todavia, quando a ração for à base de sorgo, o processamento de extrusão proporciona melhores resultados quando comparado a peletização.

Ração, produzida com milho, extrusada, quando fornecida por 24 horas na caixa de transporte dos pintos, piora a disponibilidade de glicose 24 horas pós-prandial e provoca pior conversão alimentar aos sete dias de idade em relação. Da mesma forma, quando oferecida durante a fase pré-inicial, a ração extrusada a base de milho, provoca pior metabolizabilidade dos nutrientes, piora o desempenho, e compromete a integridade da mucosa duodenal.

O fornecimento de ração com sorgo, extrusada, na caixa de transporte dos pintos de corte disponibiliza mais glicose do que quando é realizado a peletização. Esse resultado é importante do ponto de vista prático, pois embora o consumo de ração durante 24 horas pós-eclosão seja mínimo (cerca de 3gramas/pinto), os pintos passam a ter outra fonte de energia, a glicose de origem da ração, ao invés da glicose gerada a partir das proteínas do saco da gema. Os benefícios da extrusão para ração com sorgo, são ainda mais evidente durante a fase pré-inicial, pois estimula o desenvolvimento dos vilos, os órgãos do sistema digestório e o desempenho, sendo que o maior desempenho permanece até aos 21 dias, demonstrando que o

investimento no processamento da ração pré-inicial é compensatório do ponto de vista de desempenho zootécnico do pinto.

A ração com sorgo estimula a rápida retração do saco vitelino dos pintos e o crescimento dos órgãos do sistema digestório. Do ponto de vista prático, a absorção mais rápida dos nutrientes do saco vitelino, melhor pode melhorar a imunidade passiva, tornando o mais resistente aos desafios sanitários no ambiente da granja. Além disso, a rápida absorção dos nutrientes do saco da gema e o estímulo físico da ração pode contribuir para desenvolvimento intestinal do pinto.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, surgiram outros questionamentos sobre os temas em estudo, fazendo-se necessário realizar outras pesquisas para agregar informações aos temas, nutrição pós-eclosão, ração pré-inicial e processamento térmico de ração com milho ou sorgo, como:

Elucidar o mecanismo de pelo qual a ração com milho, quando extrusada provoca o aumento na atividade específica da amilase pancreática.

Do ponto de vista financeiro, seria importante realizar investigações da viabilidade do processamento de peletização e extrusão para ração pós-eclosão e pré-inicial para pintos de corte.

Investigar quais as modificações químicas que ocorrem na ração com milho ou sorgo, quando extrusada.

Avaliar o fornecimento da ração pós-eclosão para pintos, considerando diferentes densidades de pintos nas caixas de transporte, considerando que o aumento na densidade dos pintos nas caixas de transporte pode impedir o consumo de ração durante o transporte até a granja.