

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**IMPLICAÇÕES DO PORTE DE CÃES NAS NECESSIDADES
DE PROCESSAMENTO E COZIMENTO DO AMIDO DE
RAÇÕES**

Mariana Gilbert Pescuma

Médica Veterinária

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**IMPLICAÇÕES DO PORTE DE CÃES NAS NECESSIDADES
DE PROCESSAMENTO E COZIMENTO DO AMIDO DE
RAÇÕES**

Mariana Gilbert Pescuma

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Coorientadora: Profa. Dra. Bruna Agy Loureiro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

2023

P473i Pescuma, Mariana Gilbert
Implicações do porte de cães nas necessidades de processamento e cozimento do amido de rações / Mariana Gilbert Pescuma. -- Jaboticabal, 2023
47 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi
Coorientadora: Bruna Agy Loureiro

1. processo de extrusão. 2. digestão. 3. gelatinização. 4. carboidrato. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: IMPLICAÇÕES DO PORTE DE CÃES NAS NECESSIDADES DE PROCESSAMENTO E COZIMENTO DO AMIDO DE RAÇÕES

AUTORA: MARIANA GILBERT PESCUMA

ORIENTADOR: AULUS CAVALIERI CARCIOFI

COORIENTADORA: BRUNA AGY LOUREIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Zootecnia, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente

gov.br

RICARDO SOUZA VASCONCELLOS

Data: 08/08/2023 13:34:51-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. RICARDO SOUZA VASCONCELLOS (Participação Virtual)
Universidade Estadual de Maringá / UEM - Maringá/PR

Documento assinado digitalmente

gov.br

FABIO ALVES TEIXEIRA

Data: 08/08/2023 03:31:59-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 02 de março de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mariana Gilbert Pescuma – Nascida em 25 de abril de 1995 na cidade de Ribeirão Preto – SP. Em fevereiro de 2014 ingressou no curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal. Durante a graduação foi bolsista da FAPESP de iniciação científica sob orientação do Professor Dr. Aulus Cavalieri Carciofi. Desenvolveu seu Trabalho de Conclusão de Curso no ano de 2018 sob orientação da Professora Dra. Annelise Carla Camplesi. Graduou-se em fevereiro de 2019 e ingressou em 2020 no curso de Mestrado em Zootecnia sob orientação do Professor Dr. Aulus Cavalieri Carciofi e coorientação da Professora Dra. Bruna Agy Loureiro, durante esse período foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

DEDICO

À minha mãe, Maria José Gilbert, por todo amor e incentivo.
O caminho foi muito menos árduo com você ao meu lado, sempre tentando iluminar meus passos, e, quando preciso, me ajudando sem medir esforços.
Obrigada por tudo e por tanto!

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por me permitir existir e realizar tantos sonhos durante esta existência.

À minha família, principalmente meus pais, Maria José e Guelfo, e meu irmão Gabriel, por toda preocupação, carinho e conselhos.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, mesmo que fisicamente distantes.

Ao meu parceiro Alexandre, por fazer o possível para estar presente em todas as etapas deste projeto, às vezes até abdicando temporariamente dos próprios objetivos para que pudesse me ajudar a conquistar os meus.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, por toda paciência desde os tempos de graduação. Serei eternamente grata pela oportunidade, confiança e ensinamentos!

À minha coorientadora, Profa. Dra. Bruna Agy, pela gigantesca ajuda no desenvolvimento deste estudo e pela disponibilidade em me coorientar durante todo esse tempo.

Aos funcionários Elaine, Kelly e Diego, por todo cuidado com os animais e com nosso laboratório e à Claudinha, por todo auxílio e paciência durante as análises. Minha caminhada foi mais fácil com a presença de vocês.

À todos os integrantes da equipe Labnutri com quem tive a oportunidade de conviver, por todo empenho em transmitir muito mais do que apenas conhecimento científico. A ajuda de vocês e claro, as tardes de bolo e fofoca, foram fundamentais para que eu pudesse concluir esta etapa. Obrigada por toda colaboração com meu crescimento pessoal e profissional.

À minha estagiária de iniciação científica, Thais Ximenes, sempre tão cheia de luz, esforçada e proativa. Foi um privilégio aprender tanto com você.

À todos os estagiários maravilhosos que passaram pelo Labnutri neste período, vocês foram essenciais para realização deste projeto. Serei eternamente grata por toda contribuição.

Aos proprietários do Canil Von Haus S Silva (Mogi mirim/SP), Michele e Leopoldo, e à Joseana do Canil Estima Cão (Ibiúna/SP). Obrigada por aceitarem fazer parte deste estudo e me receberem de portas abertas.

Aos funcionários da Fábrica de Rações, Lucas e Edson, por toda ajuda durante a produção dos alimentos e à Manzoni pela doação e manutenção da extrusora (modelo Mex-250).

À BRF Pet, pelo interesse em apoiar financeiramente este estudo, tornando-o possível ser realizado.

As empresas BRF Pet, BRF Ingredients e ADIMAX Pet pelo suporte financeiro ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada”, FCAV/UNESP Jaboticabal.

Aos meus amores de quatro patas: Max, Sushi, Princess, Maia, Benji, Bento, Céu, Luna e também aos meus anjinhos que foram morar no céu nos últimos anos – Diego, Anny, Princesa e Brad. Obrigada por me tornarem um ser humano melhor e fazerem com que eu tivesse forças para continuar a sorrir mesmo nos dias nublados.

E por fim, mas de forma alguma menos importante, a todos os cães que participaram deste estudo e aos animais do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos da FCAV/UNESP, por todo amor e carinho recebidos em forma de lambidas e pãezinhos amassados.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Página
CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais	ii
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABELAS	ix
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Digestibilidade dos alimentos em diferentes portes de cães	3
Processamento por extrusão	6
Gelatinização do amido em alimentos extrusados para cães	8
MATERIAIS E MÉTODOS	11
RESULTADOS	25
DISCUSSÃO	36
CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Implicação do porte de cães nas necessidades de processamento e cozimento do amido de rações", protocolo nº 3527/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 16 de dezembro de 2021.

Vigência do Projeto	20/12/2021 a 20/11/2022
Espécie / Linhagem	Cães / Beagle
Nº de animais	18
Peso / Idade	10-12 Kg / 2-7 anos
Sexo	10 fêmeas / 08 machos
Origem	Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos (FCAV-Unesp Jaboticabal)

Espécie / Linhagem	Cães / Spitz
Nº de animais	07
Peso / Idade	02-06 Kg / 2-4 anos
Sexo	05 fêmeas / 02 machos
Origem	Fazenda Santo Antônio da Alegria (RR Canil – Ribeirão Bonito/SP)



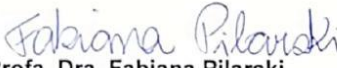
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



Espécie / Linhagem	Cães / Pinscher
Nº de animais	04
Peso / Idade	1,3-2 Kg / 2-3 anos
Sexo	03 fêmeas / 01 macho
Origem	Fazenda Santo Antônio da Alegria (RR Canil – Ribeirão Bonito/SP)

Espécie / Linhagem	Cães / Dogue alemão
Nº de animais	03
Peso / Idade	60 Kg / 1,5-4 anos
Sexo	01 fêmea / 02 machos
Origem	Fazenda Santo Antônio da Alegria (RR Canil – Ribeirão Bonito/SP)

Jaboticabal, 16 de dezembro de 2021.


Profa. Dra. Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Jaboticabal, 03 de Outubro de 2022.

Profª Drª FABIANA PILARSKI
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
FCAV – UNESP
Nesta

Prezada Senhora:

Pelo presente, encaminhamos este ofício para solicitar a inclusão de novos animais ao projeto intitulado "IMPLICAÇÕES DO PORTE DE CÃES NAS NECESSIDADES DE PROCESSAMENTO E COZIMENTO DO AMIDO DE RAÇÕES", protocolo nº 3527/21, tendo como orientador o Prof. Dr. Aulus Carciofi, docente do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, da FCAV – Câmpus de Jaboticabal – UNESP. Essa alteração faz-se necessária porque o canil localizado em Ribeirão Bonito/SP em que inicialmente ocorreria o projeto foi vendido.

A inclusão trata-se de 5 cães da raça rottweiler (2 machos e 3 fêmeas; peso entre 40 e 60kg; idade entre 3 e 8 anos) e 20 cães da raça shitzu (5 machos e 15 fêmeas; peso entre 2,5 e 6,2kg; idade entre 1 e 7 anos). O canil de rottweilers fica localizado na cidade de Mogi Mirim/SP e o canil de shitzus encontra-se na cidade de Ibiúna/SP, ambos os proprietários demonstraram interesse voluntário em participar do estudo.

O delineamento experimental e os procedimentos realizados serão exatamente os mesmos descritos no projeto já enviado à CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS e consiste apenas em coleta de fezes após evacuação voluntária dos animais.

Sem mais para o momento.

Atenciosamente,


Assinatura do docente responsável



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

DECLARAÇÃO

Declaramos que o trabalho de pesquisa intitulado "Implicações do porte de cães nas necessidades de processamento e cozimento do amido de rações", sob responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi e Certificado da CEUA protocolo nº 3527/21, aprovado na reunião ordinária do dia 16 de dezembro de 2021, foi reavaliado e aprovado para inclusão de dois canis oficialmente especificados.

Jaboticabal, 19 de outubro de 2022.

Pro^{fa} Dr^a Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

IMPLICAÇÕES DO PORTE DE CÃES NAS NECESSIDADES DE PROCESSAMENTO E COZIMENTO DO AMIDO DE RAÇÕES

RESUMO – Cães de grande porte tendem a produzir fezes úmidas e volumosas e essa característica parece estar relacionada com maior fermentação de matéria orgânica no intestino. Assim, a hipótese deste estudo foi de que alimentos para cães de raças grandes precisam de maior gelatinização do amido (GA) para reduzir o fluxo de matéria orgânica que chega ao cólon. Esta pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito do porte e raça de cães nas necessidades de processamento e cozimento do amido. Foi formulado um alimento completo e balanceado para cães adultos em manutenção, que foi replicada em três dietas experimentais, sendo duas extrusadas e uma peletizada, com teores decrescentes de gelatinização do amido: GA90 (91,82% de GA), GA50 (50,72% de GA) e GA30 (27,37% de GA). Foram utilizados 15 cães da raça Rottweiler (peso corporal médio de 49,4±6,12 kg), 18 cães da raça Beagle (peso corporal médio de 12,13±1,75 kg) e 20 cães da raça Shih Tzu (peso corporal médio de 4,62±1,15 kg). Os tratamentos foram obtidos a partir de um esquema fatorial 3x3, com três portes e três dietas, totalizando nove tratamentos experimentais. O alimento foi fornecido aos animais por um período de 23 dias, sendo: 1º ao 10º dia para adaptação às dietas; 11º ao 15º dia para coleta de fezes para digestibilidade, produção e qualidade fecal; 16º ao 18º dia para coleta de fezes frescas para determinação de produtos de fermentação; 19º ao 23º dia para avaliação do tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal através de marcadores radiopacos. As fezes foram adequadas para Beagles e Shih Tzus nas três rações. Matéria seca e pH fecal foram maiores em GA90 do que GA50 e GA30 e matéria seca menor em Rottweilers. Não houve efeito de ração no tempo de trânsito, sendo este menor para Rottweilers. A digestibilidade dos nutrientes reduziu com a menor GA, sendo maior para Beagles e menor e semelhante para Shih Tzus e Rottweilers, com exceção da proteína bruta que foi menor em Rottweilers. A absorção aparente de sódio, cloro e potássio foi maior para Beagles e para a GA90. Houve interação dieta*raça para acetato, propionato, AGCC e AGV totais. A concentração fecal de butirato foi maior nas duas dietas menos processadas e não teve efeito de raça. Os AGV totais na dieta GA90 foram maiores para Rottweiler, enquanto na GA50 e GA30 foram maiores e semelhantes para Rottweilers e Shih Tzus. Grau de moagem, aplicação de energia mecânica específica e teor de GA não influenciaram a qualidade fecal de Beagles e Shih Tzus. Menor absorção de eletrólitos, maior fermentação no cólon e menor digestibilidade da proteína bruta parecem estar relacionados à má qualidade fecal em Rottweilers.

Palavras-chave: processo de extrusão, digestão, gelatinização, carboidrato.

IMPLICATIONS OF DOG BREED SIZE ON THE NECESSITY OF STARCH GELATINIZATION AND FEED PROCESSING

ABSTRACT - Large dog breeds are more commonly implicated to produce not adequately shaped stools, a characteristic that appears to be related to increased fermentation of organic matter in the colon. Thus, the hypothesis of this study was that foods for large dogs breed require higher starch gelatinization (SG) to reduce the flow of organic matter reaching the colon. This research aimed to evaluate the effect of dog size and breed on starch processing and cooking requirements. A complete and balanced adult maintenance dog food was formulated, which was replicated in three experimental diets, two extruded and one pelletized, with decreasing levels of starch gelatinization: SG90 (91.82% SG), SG50 (50.72% SG), and SG30 (27.37% SG). Fifteen Rottweiler dogs (body weight 49.4 ± 6.12 kg), 18 Beagle dogs (body weight 12.13 ± 1.75 kg), and 20 Shih Tzu dogs (body weight 4.62 ± 1.15 kg) were used. The treatments were derived from a 3x3 factorial arrangement, with three sizes and three diets, totaling nine experimental treatments. The food was provided to the animals for a period of 23 days: 10d for diet adaptation; 5d for faeces collection to ATTD, production, and fecal quality; 3d for fresh fecal collection to measure fermentation products; and 5d to evaluate gastrointestinal transit time using radiopaque markers. Stools were suitable for Beagles and Shih Tzus in all three diets. Dry matter and fecal pH were higher in SG90 than SG50 and SG30, and dry matter was lower in Rottweilers. There was no effect of diet on transit time, which was shorter for Rottweilers. Nutrient digestibility decreased with lower SG, being higher for Beagles and lower and similar for Shih Tzus and Rottweilers, except for crude protein, which was lower in Rottweilers. Apparent absorption of sodium, chlorine, and potassium was higher for Beagles and SG90. There was a diet*breed interaction for acetate, propionate, total SCFA, and total VFA. Fecal butyrate concentration was higher in the two less processed diets and had no breed effect. Total VFA in the SG90 diet was higher for Rottweilers, while in SG50 and SG30, it was higher and similar for Rottweilers and Shih Tzus. Grinding degree, specific mechanical energy application, and SG level did not influence fecal quality in Beagles and Shih Tzus. Lower electrolyte absorption, increased colonic fermentation, and lower crude protein digestibility appear to be related to poor fecal quality in Rottweilers.

Keywords: extrusion process, digestion, gelatinization, carbohydrate.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação de ingredientes e composição química analisada das três dietas empregadas no estudo.	14
Tabela 2. Distribuição do tamanho de partículas e diâmetro geométrico médio (DGM) das misturas obtidas com diferentes graus de moagem.	16
Tabela 3. Parâmetros de extrusão e peletização dos tratamentos experimentais com diferentes teores de gelatinização do amido.	19
Tabela 4. Macroestrutura dos “kibbles” e gelatinização do amido dos tratamentos experimentais com diferentes de cozimentos do amido.	26
Tabela 5. Produção e parâmetros fecais e tempo de retenção gastrointestinal (TRGI) de cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler alimentados com uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.	27
Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) dos nutrientes e da energia em cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler de uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.	31
Tabela 7. Coeficientes de absorção aparente (%) dos eletrólitos sódio, cloro e potássio em cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler alimentados com uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.	33
Tabela 8. Concentração dos produtos de fermentação (mMol/kg de fezes na MS) nas fezes de cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler alimentados com uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.	34

INTRODUÇÃO

Estima-se que aproximadamente 400 raças compõem a espécie canina, com grande variação de peso e tamanho corporal (Grandjean, 2010). Essa variabilidade, inevitavelmente, vem acompanhada de alterações morfofisiológicas que provocam mudanças importantes em alguns sistemas, como no gastrointestinal. Assim, raças de grande porte são conhecidas por apresentar maior frequência de fezes mais úmidas e amolecidas que cães de porte médio ou pequenos (Weber, 2011; Weber, 2004; Meyer, 1999), podendo dar impressão aos proprietários de que o alimento consumido seja de pior qualidade. Além disso, algumas raças maiores parecem ter predisposição à elevada sensibilidade gastrointestinal (Pastor Alemão e Setter Irlandês) e à ocorrência de afecções gastrointestinais, como dilatação vólvulo-gástrico, enteropatia crônica (Pastor Alemão, Shar Pei, Rottweiler) e megacólon (Pastor Alemão) (Kozu et al., 2022; Gonçalves & Silva, 2022; Santos & Auler, 2022; Silva, 2022a; Silva, 2022b).

No entanto, esta maior sensibilidade às características da dieta com tendência à apresentarem fezes mais amolecidas pode estar relacionada a particularidades na fisiologia digestiva dos cães de grande porte (Weber, 2017). Deschamps et al. (2022) consideram evidente o efeito do peso corporal dos cães no funcionamento do trato gastrointestinal, principalmente no que tange ao cólon. Nesta revisão, os autores verificaram que o comprimento, área e volume do cólon, a permeabilidade intestinal, o tempo de trânsito, a capacidade de degradação das fibras, a concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta e o teor de umidade nas fezes aumentam com o aumento do tamanho corporal do cão. Por outro lado, a concentração fecal de ácidos biliares e a abundância relativa de *Proteobacteria* é maior em cães com menor tamanho corporal.

O desenvolvimento de alimentos para cães de diferentes portes deve considerar, assim, todos estes diferentes aspectos do complexo processo que representa a digestão e absorção de nutrientes, acomodando as características e predisposições de raças. Deste modo, estudar as particularidades entre portes ou raças na digestibilidade dos nutrientes e atividade fermentativa no trato gastrointestinal é relevante, tanto do ponto de vista científico quanto comercial, para

a indústria “pet food”. São necessários estudos especificamente em relação aos critérios de produção de alimentos extrusados, destacando-se as implicações do tamanho de partículas da matéria-prima, da aplicação de energia térmica específica e energia mecânica específica e do cozimento do amido sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, a fermentação microbiana no cólon, as características das fezes e a absorção aparente de eletrólitos que resultam da ingestão de alimentos extrusados.

A gelatinização do amido (GA) parece ser aspecto importante na digestibilidade ileal e total dos alimentos (Bazolli, 2007). O grau de gelatinização do amido, por sua vez, depende do tamanho de partícula da matéria prima obtido na moagem (Bazolli et al., 2015) e dos parâmetros de extrusão, como o tempo de retenção no equipamento, umidade e aplicação de energia térmica e mecânica (Riaz, 2007; Pacheco, et al., 2018; Baller, et al., 2021). Todos estes processos de transformação industrial requerem gasto de energia, aumentam o desgaste dos equipamentos e elevam o custo de produção. Assim, para adequar o planejamento e possibilitar decisões embasadas, é importante conhecer a influência do cozimento (gelatinização do amido) no aproveitamento do alimento pelos animais. Estas informações permitirão encontrar um balanço entre os efeitos desejáveis e indesejáveis e planejar a moagem e a aplicação necessárias de energia térmica e mecânica durante o processo, de acordo com o objetivo do alimento, mas evitando-se gastos desnecessários que elevem os custos de produção e mesmo o impacto ecológico do sistema produtivo.

Com base em estudo anterior de nosso grupo de pesquisa, gelatinização do amido entre 83% e 87% parece ser suficiente para maximizar a digestibilidade aparente dos nutrientes em cães da raça beagle (Loureiro et al., 2023 – submetido à publicação). No entanto, outros fatores importantes e que demonstraram estar associados ao grau de cozimento do alimento, como o potencial prebiótico das dietas (geração de amido resistente no processo), respostas pós-prandiais de glicose e insulina e características fecais dos animais não foram consideradas nesta faixa de gelatinização do amido sugerida. Foi demonstrado por publicação de nosso grupo de pesquisa que o cozimento controlado do amido pode resultar no aumento do teor de amido resistente das rações, um prebiótico com potencial de promover saúde intestinal (Peixoto et al., 2017). Também foi demonstrado que esta mesma abordagem durante o processamento, a limitação do cozimento e moagem com maior

granulometria, pode não só favorecer a produção de butirato no cólon como reduzir a resposta glicêmica e insulinêmica pós prandial de cães Beagles idosos, critério relevante com potencial implicação à saúde (Ribeiro et al., 2019).

No entanto, limitação importante a ser considerada é que estas avaliações se restringiram aos cães da raça Beagle, considerada de porte médio. Deste modo, os resultados verificados podem não se estender a animais de raças com maior sensibilidade digestiva. Como cães de raças grandes são mais susceptíveis a fermentação intestinal exacerbada e produção de fezes amolecidas, enquanto cães de porte pequeno tendem a produzir fezes mais secas e consistentes (Hernot 2004; Weber, 2002a; Weber, 2002b; Meyer 1999; Zentek, 1995), é possível que suas respostas fisiológicas sejam diferentes ao cozimento do alimento e tamanho de partículas das matérias-primas. Assim, os resultados favoráveis verificados nos cães Beagle, conforme as publicações anteriormente citadas, podem não se repetir em outras raças, nas quais um cozimento do amido reduzido pode implicar em formação de fezes amolecidas. Sendo assim, é necessária a realização de estudos adicionais para se compreender melhor o efeito do processamento do alimento na digestibilidade, tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal, fermentação de matéria orgânica no intestino e qualidade das fezes de cães de pequeno, médio e grande porte.

REVISÃO DE LITERATURA

Digestibilidade dos alimentos em diferentes portes de cães

Cães de raças grandes e pequenas apresentam peculiaridades relacionadas ao seu trato gastrointestinal que fazem com que estes animais produzam fezes com características divergentes, como má formação de fezes em cães de grande porte e fezes ressecadas e constipação em cães de pequeno porte (Weber et al., 2017). A produção de fezes volumosas e amolecidas pelos cães de raças grandes e gigantes tem relevância porque pode ser percebido pelos proprietários como decorrente do consumo de alimento de má qualidade. Essa característica pode ser consequência de

maior fermentação da matéria orgânica no cólon destes indivíduos, como resultado de particularidades anatômicas e fisiológicas. Além disso, as excreções fecais de sódio (Na), cloro (Cl) e potássio (K) podem ser maiores em cães de grande porte (Hernot, 2009; Rolfe, 2002), o que pode ser resultado de maior retenção de solutos no cólon, devido à maior osmolaridade conferida por maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta e outros produtos de fermentação. Outra hipótese é que o aumento dessa excreção fecal seja de fato resultante de menor absorção dos eletrólitos que, retidos no bolo fecal, aumentam sua osmolaridade e teor de água.

Cães de porte grande apresentam menor massa relativa do trato gastrointestinal (2,8% do peso corporal) comparado aos cães de pequeno porte (7% do peso corporal) (Meyer et al., 1993). No entanto, apesar destas diferenças, estudo demonstrou que cães de porte grande (representados pelas raças Schnauzer Gigante e Dogue Alemão) apresentam maior capacidade digestiva global, com maior digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e energia bruta que cães de pequeno porte (Poodle Miniatura e Schnauzer Standard) (Weber et al., 2003a). Possivelmente, este fato pode ser justificado por maior capacidade de digestão e absorção no trato gastrointestinal ou mesmo por efeitos secundários ao tempo de trânsito colônico prolongado (Hernot, 2005b; Hernot, 2006) e consequente aumento da atividade fermentativa no cólon da matéria orgânica não digerida pelos cães de grande porte, com maior desaparecimento dos nutrientes (Silvio et al., 2000; Weber et al., 2003a). Desta forma, a maior umidade e baixa qualidade fecal verificada em cães de grande porte parece não estar relacionada à baixa utilização dos nutrientes.

Menor tempo de trânsito gastrointestinal é um fator que está relacionado com pior consistência fecal em seres humanos e cães (Guilford & Strombeck, 1996; Rolfe et al., 2002). Quando as raças de cães de porte grande e pequeno foram avaliadas (Weber et al., 2003b), não foram encontradas diferenças no tempo para 50% de esvaziamento gástrico, tempo de trânsito no intestino delgado e tempo de trânsito orocecal.

O tempo de trânsito reduzido no cólon poderia afetar a qualidade das fezes pois um tempo insuficiente poderia prejudicar a adequada absorção de fluidos e eletrólitos (Guilford & Strombeck, 1996), sendo esta uma explicação aventada para a má formação de fezes observada em cães de grande porte. No entanto, contrariando esta

hipótese, o tempo de trânsito total (ou tempo de retenção da dieta no trato gastrointestinal) apresentou correlação positiva com o tamanho corporal dos cães (Hernot et al., 2005b) e o tempo de trânsito no cólon foi significativamente mais longo nos cães de raças grandes, representando 70% do tempo de retenção do alimento no trato digestivo, enquanto em cães pequenos este tempo representou apenas 39% (Hernot et al., 2005b; Hernot et al., 2006). Desta forma, ainda permanece controversa a influência do tempo de permanência da digesta no cólon como fator limitante para a absorção de água e justificativa para a consistência ruim de fezes em cães de grande porte. Se confirmado, porém, um maior tempo de permanência poderia estar associado a maior tempo para ação dos microrganismos do cólon e fermentação de matéria orgânica nos cães de grande porte, com maior produção de partículas osmoticamente ativas (Macfarlane & Cummings, 1991; Macfarlane, 2003).

A capacidade fermentativa no trato digestório de cães de grande e pequeno porte foi indiretamente avaliada pela quantificação dos produtos de fermentação em fezes frescas (Weber et al., 2004) e digestibilidade aparente da fibra dietética total (Weber et al., 2003a). Em comparação com cães de pequeno porte, cães de grande porte produziram fezes com maiores concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido láctico, além de digestibilidade aparente da fibra dietética total superior, indicando maior atividade fermentativa no cólon destes animais. Uma grande quantidade de ácidos orgânicos produzidos pode vir a exceder a capacidade absorptiva da mucosa do cólon e provocar acúmulo no lúmen. Estes componentes apresentam elevado poder osmótico, o que pode elevar a secreção de água para o lúmen intestinal, promovendo fezes amolecidas (Macfarlane & Cummings, 1991). Adicionalmente, a maior capacidade fermentativa no cólon de cães de grande porte corrobora aos achados do estudo no qual cães da raça Dogue Alemão apresentaram maior área de superfície e volume do cólon, cerca de 8 e 23 vezes maior que cães Poodle Miniatura (Hernot, 2005a). Em avaliação indireta da capacidade de absorção de eletrólitos, cães de raça grande apresentaram menor absorção aparente de sódio e potássio sugerindo menor absorção geral destes elementos, o que pode se somar às diferenças na atividade fermentativa microbiana e explicar a maior eliminação de água pelas fezes e material fecal mais úmido e volumoso (Weber et al., 2004).

Resumindo os achados de literatura, parece que cães de raças grandes apresentam tempo de trânsito colônico prolongado conferindo maior capacidade

fermentativa, o que associado à menor absorção de eletrólitos os predispõem à má formação de fezes. Cães de raças pequenas, pela maior capacidade de absorção de eletrólitos e água e reduzida capacidade de fermentação intestinal, sofrem com problemas como constipação e apresentam fezes endurecidas e ressecadas, também consideradas inadequadas (Weber et al., 2017). Desta forma, mais investigações são importantes para entender se as características relacionadas ao porte dos animais precisam ser levadas em consideração durante a formulação (adição de fibras) e processamento de dietas (moagem e gelatinização do amido), a fim de se maximizar não somente a qualidade das fezes, mas, mais importante, a saúde destes animais.

Processamento por extrusão

Extrusão é um processo no qual a mistura de ingredientes é cozida, sanitizada, texturizada e formatada na presença de umidade, pressão, temperatura e fricção mecânica, em curto espaço de tempo (Riaz, 2007; Tran, Hendriks, Van der Poel, 2008). Atualmente, a maioria dos alimentos comerciais para cães é produzida pelo processo de extrusão termoplástica (Spears & Fahey, 2004; Moscicki, 2011). O processo de extrusão é energeticamente eficiente, reduzindo a contagem microbiana, inativando fatores anti-nutricionais termosensíveis, formatando e texturizando o alimento em um curto período e sob baixa umidade relativa (Cheftel, 1986; Riaz, 2000).

O processamento inicia-se com a redução de partículas das matérias-primas, de modo a estas apresentarem tamanho geométrico adequado para o posterior processo de extrusão (Bazolli et al., 2015). A redução de partículas é promovida em moinhos de martelos, e determinará em grande parte o cozimento final do amido da ração (Bazolli et al., 2015). O processo de extrusão propriamente dito inclui as etapas de pré-condicionamento, extrusão propriamente dita, corte, secagem e recobrimento. Cada uma desempenha função específica tanto no cozimento quanto na formação e aparência do produto final. No pré-condicionador adiciona-se energia térmica à mistura de ingredientes moídos, pela injeção de vapor direto e água, obtendo-se massa uniforme, mediante a ação de um sistema de barras cilíndricas com pás dispostas radialmente, girando a velocidade variável (Pacheco et al., 2018). A adição de energia térmica tem como objetivo aumentar a umidade e temperatura da massa,

iniciando o cozimento do amido e favorecendo a hidratação interna dos grânulos, plasticização, estabilidade da extrusora e a qualidade do produto final (Pacheco et al., 2018). Além disso, a adição de energia térmica na forma de vapor é vantajosa em termos econômicos, por ser mais barata e simples e resultar em menos desgaste do equipamento e menor consumo de energia elétrica, mediante aplicação de energia mecânica (Riaz, 2000; Baller et al., 2021).

Em seguida, a massa em processamento é conduzida para o canhão da extrusora, um tubo com sistema de rosca sem fim, que gira a velocidade ajustável em seu interior. No canhão da extrusora a massa recebe energia mecânica, adicionada pela rotação do parafuso da extrusora, que promove cisalhamento da massa contra seu revestimento e a comprime contra a matriz, na extremidade do cilindro, criando pressão, fricção e temperatura. As pressões e temperaturas no final do canhão podem atingir, respectivamente, mais de 60 bars e 160°C, embora seja usual trabalhar com pressões de 10 a 30 bars e temperaturas de 120 a 140°C. Toda essa energia e compressão em um fluxo laminar modificam os amidos e as proteínas. A energia aplicada permite o cozimento completo do amido em poucos segundos e a baixa umidade, entre 20% e 35%, o que é bastante vantajoso em relação ao cozimento em pressão atmosférica, que necessita mais de 10 minutos e duas partes de água para uma de amido, para que este gelatinize completamente (Gibson & Alavi, 2013).

Gelatinização do amido em alimentos extrusados para cães

O endosperma dos cereais é formado em sua maior parte por amido, organizado em grânulos semicristalinos (Svihus, 2005). O amido facilita o processo de extrusão e na presença de água, calor, cisalhamento e pressão ele gelatiniza, derrete e perde sua estrutura cristalina (Zeng et al., 1997). Durante o processo, o amido aumenta a viscosidade e a resistência da massa ao fluxo dentro do canhão da extrusora, permitindo a transferência de energia mecânica gerada pela circunvolução da rosca para a massa em processamento, promovendo com isto cozimento adequado, otimização da expansão do “kibble”, formação de estruturas celulares e crocância (Crane et al., 2000; Riaz, 2007).

O amido gelatinizado é solúvel em água e mais suscetível à degradação enzimática que o amido não cozido (Dona et al., 2010). Em dietas adequadamente

processadas, cães podem digerir mais de 98% do amido dos cereais (Carciofi et al., 2008; Ribeiro et al., 2019). No entanto, pouca informação existe sobre quanto o amido deve ser gelatinizado para adequada digestibilidade deste nutriente, e sobre o grau de cozimento para correta formação de fezes e fermentação intestinal em cães de variados portes. O que se assume é que, de maneira geral, extensa gelatinização do amido durante a extrusão melhora a digestibilidade e promove a obtenção de fezes mais bem formadas.

O melhor processamento dos alimentos para adequado cozimento e aproveitamento pelos animais parece estar condicionado à fonte de amido utilizada. Estudo demonstrou que os cereais necessitam de diferentes graus de moagem (tamanho de partícula da matéria prima) e gelatinização do amido para serem adequadamente digeridos em cães Beagles (Bazolli et al., 2015). No estudo verificou-se que 75% de gelatinização do amido em dietas à base de milho e quirera de arroz foi suficiente para adequada digestibilidade aparente dos nutrientes e formação de fezes, mas que para o sorgo a gelatinização do amido próxima de 85% e reduzido tamanho de partícula da matéria prima foram necessários.

Na sequência e na tentativa de se compreender melhor o efeito do processamento no aproveitamento do alimento por cães da raça Beagle, nosso grupo de pesquisa delineou estudo com o objetivo de produzir alimentos com diferentes porcentagens de gelatinização do amido. Foram empregados quatro alimentos que possuíam a mesma formulação de ingredientes, à base de milho como fonte de amido, mas que receberam diferentes processamentos (moagem da matéria prima e aplicação de energia) (Loureiro et al., 2023 – submetido à publicação): 99% de GA (matéria prima moída com peneira de 0,5 mm e extrusada com alta aplicação de energia térmica e mecânica), 76% de GA (matéria prima moída com peneira de 1,8 mm e extrusada com moderada aplicação de energia térmica e baixa aplicação de energia mecânica), 63% GA (matéria prima moída com peneira de 2,0 mm e extrusada com baixa aplicação de energia térmica e mecânica), 26% GA (matéria prima moída com peneira de 1,8mm e peletizada). Apesar da notável diferença de processamento e porcentagem de GA das dietas, os cães apresentaram bom aproveitamento dos nutrientes de todos os alimentos, com aumento significativo apenas na digestibilidade aparente da proteína bruta, que variou de 83,7% a 86,7% e do amido, que variou de 99,7% a 99,8% com o aumento da gelatinização do amido das rações.

Verificou-se neste estudo, também, aumento significativo da fermentação no intestino quando o cozimento do alimento foi reduzido, com elevação das concentrações fecais de acetato, butirato e lactato, compostos potencialmente relacionados à saúde intestinal. Apesar do aumento no teor de umidade fecal, a qualidade das fezes de cães Beagle permaneceu inalterada e foi considerada adequada em todos os tratamentos. Este aspecto, em estudos futuros ou desenvolvimento de produtos, pode ser explorado como intervenção nutricional para promoção de saúde intestinal e solução para animais que sofrem de constipação e fezes ressecadas. No entanto, permaneceu em aberto a questão da possível influência do porte de cães nestes resultados, sendo possível que para animais de grande porte o consumo de alimento com baixa gelatinização do amido possa vir a resultar na produção de fezes amolecidas e comprometimento da digestibilidade dos nutrientes.

HIPÓTESE E OBJETIVOS

Considerando-se o exposto, são hipóteses desta dissertação de mestrado que cães de grande porte produzirão fezes amolecidas e nestes haverá maior atividade fermentativa no cólon, demonstrada pela maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta e lactato nas fezes. As fezes dos cães de grande porte apresentarão, ainda, maior concentração de Na, Cl e K com menor absorção aparente destes eletrólitos. O aumento da gelatinização do amido das rações resultará em aumento da digestibilidade aparente de alguns nutrientes e na redução da concentração de produtos de fermentação nas fezes. Para cães de grande porte, o consumo de alimentos com baixa gelatinização do amido resultará na produção de fezes mal formadas, úmidas e amolecidas, o que não ocorrerá com os cães de porte médio e pequeno.

Para testar estas hipóteses, este estudo teve por objetivos avaliar o efeito do consumo de uma mesma formulação à base de sorgo, processada de modo a se obter diferentes graus de cozimento do amido, sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia, formação de produtos de fermentação, tempo de trânsito gastrointestinal, qualidade das fezes e absorção aparente de Na, Cl e K em cães de porte grande, médio e pequeno.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e delineamento experimental

Os 53 animais utilizados no experimento foram provenientes de três locais, um canil particular de raça de grande porte (Rottweiler), um canil particular de raça de pequeno porte (Shih Tzu), localizados respectivamente em Mogi Mirim/SP e Ibiúna/SP, e do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flavio Prada” da FCAV/Unesp, Jaboticabal (porte médio, Beagle). Os ensaios ocorreram seguindo os mesmos protocolos e foram todos conduzidos pela mesma pesquisadora (M.G.P.). Antes do início dos estudos foi obtida autorização do Comitê de Ética no Uso de Animais da FCAV/UNESP (nº 3527/21). Foi obtido consentimento informado e declaração de adesão voluntária dos proprietários dos canis para participação no estudo. Todos os cães eram vacinados (vacina múltipla e antirrábica) e ao exame físico não havia alterações. Adicionalmente, os cães dos canis externos foram todos vermifugados antes do início dos testes. Com os Beagles isso não se fez necessário, já que o plantel passa por protocolo conhecido de vermifugação periodicamente.

Foram utilizados quinze cães adultos da raça Rottweiler, com idade média de $4,4 \pm 1,85$ anos, peso corporal médio de $49,4 \pm 6,12$ kg, escore de condição corporal (ECC) médio de $4,8 \pm 0,75$ (Laflamme et al., 1997), não castrados, sendo 6 machos e 9 fêmeas; dezoito cães da raça Beagle, com idade média de $4,28 \pm 2,42$ anos, peso corporal médio $12,13 \pm 1,75$ kg, ECC médio de $4,67 \pm 0,59$, castrados, sendo 9 machos e 9 fêmeas; vinte cães da raça Shih Tzu, com idade média de $2,85 \pm 2,12$ anos, peso corporal médio de $4,62 \pm 1,15$ kg, ECC médio de $5 \pm 0,60$, não castrados, sendo 5 machos e 15 fêmeas.

Os tratamentos foram obtidos a partir de um esquema fatorial 3x3 incluindo três portes de cães (pequeno, médio e grande) e três dietas (denominadas ao longo do estudo como GA90%, GA50% e GA30%), totalizando 9 tratamentos experimentais (combinação de dieta e raça). O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado, tendo o ensaio experimental para avaliação das rações duração de 23 dias, organizados da seguinte maneira: 1º ao 10º dia para adaptação às dietas; 11º ao 15º dia para coleta de fezes para determinação da digestibilidade, produção e

qualidade das fezes; 16^o ao 18^o dia para coleta de fezes frescas (imediatamente após eliminadas) para determinação de produtos de fermentação; 19^o ao 23^o dia para avaliação do tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal por meio de marcadores.

Durante o período de adaptação os animais permaneceram em baias com solário que possibilitaram alimentação individualizada, com controle da ingestão alimentar. Durante os períodos de coleta de fezes, os animais permaneceram restritos às baias individuais, permitindo a quantificação da ingestão alimentar e coleta segura de fezes não contaminadas. Para maior segurança e precisão do estudo, os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram avaliados pelo método do indicador óxido crômico, que independe de coleta total de fezes para sua precisão (Carciofi, et al., 2007). A quantidade de alimento oferecida aos animais foi individualmente calculada de acordo com o teor de energia do alimento, estimado com base em sua composição química, e a necessidade energética de cães de canil (130kcal/kg^{0,75}/dia), de acordo com as recomendações do Nutrient Requirements of Dogs and Cats (NRC, 2006). Os cães foram pesados semanalmente e a quantidade de alimento foi ajustada para manter constante o peso corporal ao longo do estudo. A quantidade total diária foi dividida em duas refeições iguais, fornecidas às 9h e às 16h. Água foi fornecida à vontade.

Dietas Experimentais

O estudo incluiu três dietas experimentais, duas processadas por extrusão e uma por peletização. Foi formulada uma dieta para cães em manutenção, seguindo as recomendações nutricionais da FEDIAF (2020). Óxido crômico (Cr₂O₃) foi adicionado à formulação como indicador externo de digestibilidade (Tabela 1). A partir desta única fórmula de ingredientes, três dietas experimentais foram produzidas variando o grau de moagem dos ingredientes e conseqüentemente o tamanho geométrico médio das partículas de matéria prima, os parâmetros de extrusão empregados e uma dieta foi peletizada. Os parâmetros de processamento foram estabelecidos com base nos dados detalhados em publicações anteriores do grupo de pesquisa (Peixoto et al., 2017; Ribeiro et al., 2019). Por meio destes diferentes

processos de fabricação tiveram por objetivo se obter diferentes porcentagens de GA, sendo os tratamentos denominados:

- GA90 – alimento extrusado com elevada aplicação de energia e moagem fina dos ingredientes, para se alcançar > 90% de GA;
- GA50 – alimento extrusado com moderada aplicação de energia e moagem grossa dos ingredientes, para se alcançar ao redor de 50% de GA.
- GA30 – alimento peletizado e moagem grossa dos ingredientes, para se alcançar GA limitada a 30%.

Tabela 1. Formulação de ingredientes e composição química analisada das três dietas empregadas no estudo.

Ingredientes	Inclusão (%)		
Sorgo grão	49,40		
Farinha de vísceras de frango	33,90		
Polpa de beterraba	2,00		
Suplemento mineral vitamínico ^a	0,50		
Cloreto de potássio	0,40		
Sal refinado	0,25		
Óxido crômico (Cr ₂ O ₃) ^b	0,20		
Cloreto de colina	0,16		
Antifúngico ^c	0,10		
Antioxidante ^d	0,04		
DL-metionina	0,05		
Adição por cobertura			
Óleo de vísceras de aves	10,00		
Palatabilizante líquido ^e	2,00		
Palatabilizante em pó ^e	1,00		
Composição química analisada das dietas, na matéria natural			
	GA90	GA50	GA30
Umidade (%)	5,80	5,36	8,33
Proteína bruta (%)	28,84	28,98	28,12
Extrato etéreo ácido (%)	17,99	18,43	16,82
Amido (%)	33,22	28,50	29,03
Fibra dietética total (%)	13,09	12,58	12,07
Matéria mineral (%)	5,20	5,15	4,68
Energia bruta (kcal/kg)	4939,5	4943,0	4660,5
Potássio (%)	0,74	0,76	0,74
Cloro (%)	0,47	0,41	0,41
Sódio (%)	0,20	0,19	0,19
Índice de GA (%)	91,82	50,72	27,37
Teor de amido resistente (%)	0,25	1,35	1,73

^a Adição per Kg de produto: Ferro, 100 mg; Cobre, 9.25 mg; Manganês, 6.25 mg; Zinco, 150 mg; Iodo, 1.87 mg; Selênio, 0.13 mg; Vitamin A, 18.750 UI; Vitamin D, 1.500 UI; Vitamin E, 225 mg; Vitamin K, 0.15 mg; Tiamina, 5 mg; Riboflavina, 16 mg; Ácido Pantotênico, 35.75 mg; Niacina, 62.5 mg; Piridoxina, 7.5 mg; Cobalamina, 45 mcg; Ácido fólico, 0.75 mg.

^b Óxido de cromo (III) 50 microns powder, ≥98%, Sigma-Aldrich do Brasil Ltda.

^c Mould Zap: Amonio dipropionato, ácido acético, ácido sórbico e ácido benzóico. Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

^d Banox: hidroxianisol butilado, hidroxianisol hidroxitolueno, propil galato e carbonato de cálcio. Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

^e SPF do Brasil, Descalvado, Brasil.

As dietas foram produzidas na fábrica de rações da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Um único lote de matérias primas foi empregado para os três tipos de processamento. Os ingredientes foram misturados em misturador horizontal de pás e na seqüência foram moídos em moinho de martelo de alta rotação (Sistema Tigre de Mistura e Moagem, São Paulo/SP, Brasil), equipado com peneira com furos de 0,5 mm ou 2,0 mm de diâmetro, a depender do tratamento experimental. Após moagem, os diâmetros geométricos médios (DGM) das misturas foram analisados de acordo com os procedimentos descritos por Zanotto e Bellaver (1996), modificado quanto ao tamanho das peneiras, que foram de 0,84 mm, 0,71 mm, 0,60 mm, 0,50 mm, 0,42 mm, 0,35 mm, 0,297 mm, 0,25 mm, 0,21 mm, 0,177 mm, 0,125 mm, 0,074 mm e fundo. Os valores finais de DGM foram calculados com o programa GranuCalc (Embrapa, Concórdia, Brasil) e estão expressos na Tabela 2.

Os tratamentos extrusados foram processados em extrusora de rosca simples, com capacidade de produção de 250 kg por hora (MEX 250, Manzoni, Campinas, Brasil). Durante a extrusão as variáveis adição de água, taxa de alimentação, adição de vapor e configuração da área de vazão da matriz variaram de modo a se obter as diferentes porcentagens de gelatinização do amido.

Tabela 2. Distribuição do tamanho de partículas e diâmetro geométrico médio (DGM) das misturas obtidas com diferentes graus de moagem.

Item	Orifício da peneira do moinho	
	0,5 mm	2,0 mm
Abertura das peneiras (μm)	% de partículas retidas	
840	0	0
710	0	1
600	0	5
500	0	8
420	1	11
350	30	16
297	36	23
250	3	14
210	3	10
177	11	7
125	12	5
74	4	0
Fundo	0	0
DGM (μm)	275	326
Desvio padrão geométrico	1,47	1,46

Para a primeira dieta (GA90%) empregou-se a mistura de ingredientes com $275 \pm 1,47 \mu\text{m}$, moída na peneira de 0,5 mm. A extrusora foi configurada para um furo circular de 7 mm em sua matriz, com área aberta da matriz de $38,5 \text{ mm}^2$. A rosca extrusora apresentava 5 seções: primeira – parafuso simples sem anel de restrição; segunda – parafuso simples com anel de restrição pequeno; terceira – parafuso duplo com anel de restrição pequeno; quarta – parafuso duplo com anel de restrição médio; quinta – parafuso duplo cônico interrompido. A rotação da rosca extrusora foi mantida em 580 rpm. Esta configuração foi estabelecida para que ocorresse suficiente transferência de energia mecânica específica (EME) para cozimento do amido. Energia térmica específica (ETE) foi adicionada pela infusão direta de vapor no pré-condicionador, com tempo aproximado de retenção de 2,5 minuto e temperatura média da ração à saída do pré-condicionador de aproximadamente $88,67 \pm 5,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Na dieta GA50% empregou-se a mistura de ingredientes com $326\pm 1,46$ μm , moída na peneira de 2,0 mm. Foi alterada a configuração da extrusora de modo a limitar a aplicação de EME: primeira – parafuso simples sem anel de restrição; segunda – parafuso simples com anel de restrição pequeno; terceira – parafuso duplo com anel de restrição pequeno; quarta – parafuso duplo com anel de restrição médio; quinta – parafuso duplo cônico contínuo. A rotação da rosca extrusora foi mantida em 580 rpm. A matriz extrusora apresentou um furo circular de 10 mm, com área aberta da matriz de $78,5$ mm^2 . A aplicação de ETE também foi reduzida com menor infusão de vapor direto no pré-condicionador e temperatura média da ração à saída do pré-condicionador de aproximadamente $59,67\pm 1,8$ $^{\circ}\text{C}$.

A dieta GA30% foi produzida por peletização, a partir da mistura de ingredientes com $326\pm 1,46$ μm , moída na peneira de 2,0 mm. Foi empregada peletizadora com capacidade de 300kg/h (FERRAZ, Ribeirão Preto, Brasil). O pré-condicionador da peletizadora foi aquecido por vapor direto a aproximadamente $94,0\pm 3,1$ $^{\circ}\text{C}$, sendo empregada matriz de peletização com baixa tensão de cisalhamento.

Nos tratamentos extrusados, após a estabilização aguardou-se 30 minutos de processo estável e os seguintes parâmetros foram coletados a cada 20 minutos: temperatura ambiente; temperatura da ração moída; temperatura da água de processo; temperatura da massa na saída do condicionador; temperatura da camisa da extrusora em quatro pontos; temperatura e pressão internas do produto na saída da rosca extrusora; velocidade de rotação da rosca extrusora; velocidade de rotação da rosca de alimentação; velocidade de rotação das pás do condicionador; adição de água e de vapor no condicionador; velocidade de rotação das facas de corte; amperagem do motor da extrusora; produtividade horária de ração. No tratamento peletizado, após estabilização, os seguintes parâmetros foram colhidos a cada 20 minutos: temperatura ambiente; temperatura da ração moída; temperatura da água de processo; temperatura da massa na saída do condicionador; adição de água e de vapor no condicionador; amperagem do motor da peletizadora; produtividade horária de ração.

Ainda, nos dois sistemas de produção, a cada tempo de observação foram colhidas amostras de produto nas saídas do pré-condicionador, saída da extrusora ou peletizadora e saída do secador, sendo determinados nas mesmas a temperatura, os teores de umidade e o índice de gelatinização do amido. As amostras foram

congeladas a -20°C para posterior análises. A densidade aparente dos extrusados ou produto peletizado foram determinadas medindo-se o peso correspondente a 1 litro (g/L). Após extrusão ou peletização as dietas passaram por secagem durante 20 minutos em secador de ar forçado contínuo à temperatura 105°C , visando umidade final ao redor de 7%. As dietas foram então recobertas com óleo de vísceras de frango e palatabilizantes líquido e em pó, conforme especificado na formulação.

Com os dados obtidos foi calculada a implementação de EME para cada uma das dietas, de acordo com Riaz (2007), utilizando a seguinte equação:

$$\text{EME (KWh/t)} = (\sqrt{3} * \text{Voltagem} * (\text{At} - \text{Av}) * (\text{cos}\phi)) / \text{M}$$

Em que: Voltagem do motor = 220 V; At = amperagem do motor em trabalho (A); Av = amperagem do motor vazio (A); $\text{cos}\phi$ = fator de potência do motor (0,8); M = Produtividade da extrusora ou peletizadora (kg/h).

Os dados de processamento estão sumarizados na Tabela 3. Para fins de comparação entre eles, de cada processamento, quanto este atingiu estabilidade aguardou-se 20 a 30 minutos e foram colhidas 6 amostras de ração ou anotados os parâmetros de processamento, sendo estes considerados as unidades experimentais (repetições), com ao menos 4 por tratamento.

Tabela 3. Parâmetros de extrusão e peletização dos tratamentos experimentais com diferentes teores de gelatinização do amido.

Item	Dietas ¹			EPM ²	P valor
	GA90	GA50	GA30		
<i>Pré-Condicionador</i>					
Temperatura da massa (°C)	88,67 ^a	59,67 ^b	94,0 ^a	1.5080	<0,001
Umidade da massa (%)	26,13 ^a	27,82 ^a	14,52 ^b	0.9796	<0,001
Gelatinização do amido (%)	48,69 ^a	27,67 ^b	23,52 ^b	2.0867	<0,001
<i>Extrusão/Peletização</i>					
Amperagem (A)	38,78 ^a	37,20 ^b	20,70 ^c	0.0084	<0,001
Pressão (bars)	18,93 ^b	20,91 ^a	nd ³	0.5144	<0,001
Temperatura da massa (°C)	115,5 ^a	93,17 ^b	nd	1.7337	<0,001
Umidade da massa (%)	24,71 ^b	27,54 ^a	11,96 ^c	0.6765	<0,001
Fluxo de massa (kg/h) ⁴	193,35	192,78	253,87	14.2854	0,0028
Área de vazão (mm ² /ton/hora)	199,05 ^b	409,72 ^a	nd	0.8733	<0,001
<i>Balanço de energia (kWh/ton)</i>					
Energia mecânica específica	11,48 ^a	9,0 ^b	2,03 ^c	0.3364	<0,001

¹ Dietas: GA90 – moagem fina das matérias primas e elevada aplicação de energia na extrusão para maximizar gelatinização do amido; GA50 – moagem grossa das matérias primas e moderada aplicação de energia na extrusão para moderada gelatinização do amido; GA30 – moagem grossa das matérias primas e peletização para limitar a gelatinização do amido.

² EPM: erro padrão da média. n = 6 para parâmetros do condicionador, extrusão e peletização.

³ nd - informação não disponível.

⁴ Variável analisada com teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

^{a, b, c} médias na linha sem uma letra em comum são diferentes (P<0,05).

Características dos “kibbles” e peletizado

Para cada tratamento, o comprimento, diâmetro e massa de 20 *kibbles* ou peletes foram medidos e utilizados para se obter a taxa de expansão radial (ER), comprimento específico (Cesp) e a densidade específica (Dk), como descrito por Karkle et al. (2012):

$$ER = \frac{d^2}{d_m^2}$$

$$C_{esp} \left(\frac{mm}{g} \right) = \frac{c}{m}$$

$$Dk \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{4m}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot c}$$

Em que: ER- expansão radial; d- diâmetro dos “kibbles”, em mm; d_m- diâmetro da abertura da matriz da extrusora, em mm; Cesp – comprimento específico; comprimento dos “kibbles”, em mm; m- massa dos “kibbles”, em gramas; Dk- densidade específica dos “kibbles”.

A dureza dos “kibbles” e peletes foi determinada pelo teste de resistência à quebra em texturômetro (TA-XT2 SMS, Stable Micro Systems, Godalming, UK), com a força de modo de operação/compressão, retorno para começar a opção, a velocidade pré-teste de 2 mm/s, velocidade durante o teste de 0,5 mm/s e velocidade antes de ensaio de 10 mm/s. Foram analisados 20 “kibbles” ou peletes de cada tratamento, utilizando a sonda com conjunto de lâminas HDP/BSK com a faca com uma distância de corte de 10 mm.

Protocolos Experimentais

Os ensaios para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes e energia metabolizável, tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal e coleta de fezes para avaliação da fermentação microbiana no intestino foram realizados nos canis das raças Rottweiler e Shih Tzu e no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos da FCAV/Unesp, Jaboticabal.

Ensaio de digestibilidade dos nutrientes e absorção aparente de Na, K e Cl

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, energia metabolizável e absorção aparente de Na, K e Cl das rações foram determinados pelo método do indicador óxido crômico (Carciofi et al., 2007). Os cães permaneceram alojados nas baias individuais para coleta segura de fezes não contaminadas. Os animais foram alimentados às 9:00h e 16:00h, sendo os comedouros removidos das baias 30 minutos após oferecimento do alimento, pesadas as sobras e quantificado o consumo. Fezes foram recolhidas diariamente, por 5 dias consecutivos (120 horas), sendo pesadas e congeladas (- 20°C) para posterior análise.

Ao final do período de coleta de fezes, estas foram descongeladas e homogeneizadas, compondo uma amostra por animal. As amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h. As amostras de fezes e rações foram moídas em moinho tipo faca (MOD 340, ART LAB, São Paulo), com peneira de 1mm e analisadas de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (2010) para matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo em hidrólise ácida, fibra bruta e fibra dietética total. A quantidade de amido das rações e fezes foi determinada de acordo com Miller (1959) e Hendrix (1993). Os teores dos minerais Na e K das dietas e fezes foram mensurados após preparação dos extratos por digestão úmida em solução nitroperclórica. O extrato para análise de Cl foi obtido pela digestão das amostras por via seca. Obtidos os extratos estes foram analisados em espectrofotômetro de absorção atômica (modelo GBC-932 AA, Scientific Equipment PTY LTD, Melbourne-Austrália) segundo metodologia da AOAC (2010). O conteúdo de energia bruta das dietas e fezes foi determinado por calorimetria em bomba calorimétrica (1281, PARR Instruments, EUA). Para a determinação do óxido crômico foi utilizado o método colorimétrico de Fenton e Fenton (1979). Todas as análises foram conduzidas em duplicata e repetidas se verificado coeficiente de variação maior que 5%.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDAN) e da matéria seca (CDAMS) foram calculados pelo método dos indicadores, com as equações a seguir:

$$CDAN(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ indicador alimento}}{\% \text{ indicador fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutrientes fezes}}{\% \text{ nutrientes alimento}} \right)$$

$$CDAMS(\%) = 100 - \left(1 - \frac{\% \text{ indicador alimento}}{\% \text{ indicador fezes}} \right)$$

Para avaliação da qualidade das fezes também foram determinadas a umidade fecal, produção de fezes em matéria natural (g MN fezes/dia) e em matéria seca (g MS fezes/dia). A qualidade das fezes dos cães também foi avaliada, empregando escores com notas de 0 a 5 (Carciofi et al., 2008), sendo: 0 - fezes líquidas; 1 - fezes pastosas e sem forma; 2 - fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de coleta; 3 - fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 - fezes bem formadas e consistentes, que não marcam o piso; 5 - fezes bem formadas, mas duras e ressecadas. Considera-se normal fezes com escore entre 3 e 4.

Avaliação do pH e produtos de fermentação nas fezes

Amostras de fezes frescas (coletadas e processadas até no máximo 15 minutos após defecação) foram coletadas durante 3 dias consecutivos para determinação do pH e produtos de fermentação. O pH foi determinado utilizando 2 gramas de material fecal diluídos em 6 ml de água miliq (1:3 w/w) e o pH medido com pHmetro de precisão 0,01 pH (Digicrom Analítica Ltda, modelo DM20). O procedimento foi realizado em cada um dos três dias de coleta e a média destes valores empregada no estudo. Para a quantificação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), 10 gramas de fezes foram homogeneizadas e misturadas com 30 ml de ácido fórmico 4,2 N (1:3 w/w). O procedimento foi repetido a cada um dos três dias de coleta.

As concentrações dos AGCC e AGCR foram determinadas por cromatografia gasosa (GC-2014, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) de acordo com Erwin et al. (1961). Para a determinação de ácido láctico foram utilizados cerca de 3 gramas de fezes, imediatamente homogeneizadas e misturadas a 9 mililitros de água destilada (w/v). O ácido láctico foi analisado de acordo com Pryce (1969) pelo método espectrofotométrico com leitura a 565nm (500 a 570nm). Para mensuração da concentração de amônia nas fezes foi utilizada metodologia adaptada de Vieira (1980). Foram utilizados os extratos preparados para dosagem de AGCC, separadas alíquotas de 2 mL diluídas em 13 mL de água destilada (2:13 v/v) e foram submetidas

à destilação em destilador de nitrogênio (Tecnal TE - 036/1, Tecnal, Piracicaba, Brasil).

Determinação do tempo de retenção das dietas no trato gastrointestinal

A avaliação do tempo de retenção dos alimentos no trato gastrointestinal dos cães foi realizada segundo a metodologia descrita por Burrows et al. (1982). Durante o período de 5 dias os cães ficaram restritos aos canis individuais para que fosse feita a coleta de fezes e registrados os momentos das defecações. No 19^o, 20^o e 21^o dias do período experimental os animais continuaram a receber as respectivas dietas, porém, durante esses três dias, imediatamente após ser observada a primeira ingestão na refeição da manhã, foram administradas cápsulas de gelatina cada uma contendo 12 marcadores de policloreto de vinila impregnados (SITZMARKS, Konsyl Pharmaceuticals Inc., Fort Worth, Texas USA) para os cães de pequeno porte e 24 marcadores para os cães de médio e grande porte. O diâmetro de cada marcador é de aproximadamente 4,5mm. A cada dia a forma dos marcadores foi modificada, permitindo assim a realização desta avaliação em triplicata. Os momentos de fornecimento das cápsulas com os marcadores foram registrados e os animais observados a cada 20 minutos durante as 24h do dia, para verificar a presença de fezes. Todas as fezes produzidas pelos cães foram quantitativamente recolhidas e o momento de coleta, ou o tempo exato da excreção, quando observado, foi registrado. Nos casos em que o momento exato da defecação não pode ser verificado, foi estimado o tempo médio, correspondente ao intervalo exato entre o período de dois momentos de observação. As fezes coletadas foram lavadas em água corrente sobre uma peneira e os marcadores isolados para contagem. Este procedimento foi repetido para todas as fezes, até que todos os marcadores fossem recuperados. O tempo de retenção do alimento foi computado como sendo o intervalo (em horas) entre o momento de ingestão do alimento com a cápsula até o momento da defecação contendo o último marcador recuperado. Este foi determinado 3 vezes consecutivas, referentes aos 3 formatos de marcadores administrados. O tempo de retenção médio do alimento (TRM) foi estabelecido pela média aritmética das três tomadas realizadas.

Também foi calculada a taxa de recuperação dos marcadores nas fezes, pela seguinte equação:

Taxa de Recuperação (%) = Número de marcadores recuperados nas fezes x 100 / número total de marcadores ingeridos.

Foi estabelecida taxa de recuperação mínima de 90% para a validação dos resultados.

Análise estatística

O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos organizados em esquema fatorial 3 x 3, sendo 3 portes de cães (pequeno, médio e grande) e 3 dietas experimentais (variando o nível de gelatinização do amido), totalizando 9 tratamentos. Foram empregados 53 cães no estudo, com no mínimo 6 repetições por tratamento para os cães de pequeno e médio porte e 5 para os cães de grande porte (interação porte de cão x raça). Foram verificadas as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias, sendo então os dados submetidos à análise de variância, considerando os efeitos de raça, dieta e suas interações. As variáveis não-paramétricas foram analisadas pela análise de variância de Kruskal-Wallis. As análises foram conduzidas utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA). Valores de $P < 0,05$ foram considerados significativos.

RESULTADOS

Após a moagem, a distribuição de partículas da matéria prima foi diferente entre as rações (Tabela 2). Partículas maiores que $420\mu\text{m}$ representaram apenas 1% na mistura da ração GA90%, enquanto somaram 25% nas rações GA50% e GA30%. Cerca de 99% das partículas da mistura da ração GA90% tiveram DGM igual ou inferior a $350\mu\text{m}$, enquanto nas demais rações esta fração de partículas representou apenas 75% do total.

A análise da macroestrutura e cozimento do amido nos tratamentos experimentais (Tabela 4) mostra aumento progressivo da densidade aparente, com expressiva redução da expansão dos “kibbles” comparando-se os tratamentos GA90% e GA50% ($P < 0,001$). Houve também importante diferença na GA, bastante elevada em GA90% e baixa em GA50%, como programado em função dos objetivos do experimento. A fração de amido resistente também se elevou, com valor mais de 5 vezes maior ao se comparar GA50% com GA90% ($P < 0,001$). No tratamento peletizado a GA foi ainda mais baixa ($P < 0,001$) e a fração de amido resistente, apesar de maior, foi próxima à do tratamento GA50% ($P < 0,001$). Houve diferença na aplicação de energia mecânica, sendo a área de vazão reduzida em praticamente duas vezes comparando GA50% e GA90% ($P < 0,001$).

Tabela 4. Macroestrutura dos “kibbles” e gelatinização do amido dos tratamentos experimentais com diferentes de cozimentos do amido.

Item	Dietas ¹			EPM ²	P valor
	GA90	GA50	GA30		
Densidade aparente (g/L)	328,8 ^c	525,5 ^b	758,0 ^a	3.4814	<0,001
Densidade da peça (g/cm ³)	0,44 ^c	0,73 ^b	1,25 ^a	0.0074	<0,001
Dureza (N)	4,40 ^b	6,16 ^a	3,06 ^c	0.3817	<0,001
Taxa de expansão ³	2,50	2,21	0,42	0.0446	<0,001
Comprimento específico (cm/g)	1,93 ^b	1,30 ^c	4,00 ^a	0.0148	<0,001
Amido resistente (%)	0,25 ^c	1,35 ^b	1,73 ^a	0.0099	<0,001

¹ Dietas: GA90 – moagem fina das matérias primas e elevada aplicação de energia na extrusão para maximizar gelatinização do amido; GA50 – moagem grossa das matérias primas e moderada aplicação de energia na extrusão para moderada gelatinização do amido; GA30 – moagem grossa das matérias primas e peletização para limitar a gelatinização do amido.

² EPM: erro padrão da média. Para parâmetros de macroestrutura n = 20 “kibbles” ou peletes por tratamento. Para amido resistente n = 4 repetições por processamento.

³ Variável analisada com teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

^{a, b, c} médias na linha sem uma letra em comum são diferentes (P<0,05).

Durante os ensaios com animais as três dietas, inclusive o alimento peletizado, foram adequadamente consumidas por todos os cães das três raças estudadas. Não houve episódios de diarreia, vômitos e recusa das rações, ou reações adversas aos alimentos menos processados. Não houve também alterações detectadas na atitude e disposição dos animais, nem no ECC (dados não apresentados) mediante o consumo dos tratamentos.

Cães alimentados com a GA90%, independente da raça, produziram menos fezes na matéria natural e matéria seca (p<0,001; Tabela 5). Houve diferença (p=0,0257) entre os escores atribuídos às fezes dos animais em tratamentos distintos. Essa diferença aconteceu entre os tratamentos GA90% e GA30%; a dieta GA50% não diferiu das demais (Tabela 5). Em relação à raça, houve diferença (p<0,001) entre os escores atribuídos às fezes dos Rottweilers com as outras duas raças, porém não houve diferença entre os escores fecais de Beagles e Shih Tzus. Observando a média das três dietas, o escore das fezes variou entre 3 e 4, permanecendo dentro da faixa ideal no sistema empregado. Quando analisamos as raças, Shih Tzus e Beagles mantiveram-se dentro do ideal, enquanto a média dos Rottweilers ficou abaixo de 3.

Tabela 5. Produção e parâmetros fecais e tempo de retenção gastrointestinal (TRGI) de cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler alimentados com uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.

Item	Raça	Dietas ¹			Média	P valor		
		GA90	GA50	GA30		Dieta	Raça	Dieta*Raça
Produção de fezes na matéria natural (g /kg de peso metabólico/dia)	Shih Tzu	10,08±1,17	18,91±1,08	15,98±1,08	14,99±0,64 ^A	<0,001	0.0578	0.1564
	Beagle	11,07±1,17	13,98±1,17	13,80±1,17	12,95±0,67 ^A			
	Rottweiler	12,13±1,28	16,91±1,28	15,98±1,28	15,01±0,74 ^A			
	Média	11,09±0,70 ^b	16,60±0,68 ^a	15,26±0,68 ^a				
Produção de fezes na matéria seca (g /kg de peso metabólico/dia)	Shih Tzu	3,35±0,34	5,61±0,32	5,09±0,32	4,68±0,19 ^A	<0,001	0.0835	0.2520
	Beagle	3,59±0,34	4,45±0,34	4,28±0,34	4,11±0,20 ^A			
	Rottweiler	3,59±0,37	4,64±0,37	4,34±0,37	4,19±0,22 ^A			
	Média	3,51±0,20 ^b	4,90±0,20 ^a	4,57±0,20 ^a				
Escore fecal	Shih Tzu	3,69±0,31	3,69±0,29	3,57±0,31	3,65±0,29 ^A	0,0257	<0,001	-
	Beagle	3,93±0,10	3,91±0,13	3,78±0,13	3,87±0,13 ^A			
	Rottweiler	3,47±0,62	2,7±0,39	2,17±0,31	2,78±0,77 ^B			
	Média	3,71±0,41 ^a	3,49±0,58 ^{ab}	3,25±0,79 ^b				
pH	Shih Tzu	6,45±0,19	6,15±0,3	6,00±0,24	6,17±0,3 ^A	<0,001	0,327	0,465
	Beagle	6,5±0,49	5,98±0,24	6,07±0,11	6,19±0,39 ^A			
	Rottweiler	6,51±0,38	5,75±0,35	5,89±0,26	6,05±0,46 ^A			
	Média	6,49±0,36 ^a	5,98±0,33 ^b	5,99±0,21 ^b				
Matéria seca (%)	Shih Tzu	33,41±0,87	29,72±0,81	31,96±0,81	31,70±0,48 ^A	0,010	<0,001	0,261
	Beagle	32,37±0,87	31,94±0,87	31,40±0,87	31,90±0,50 ^A			
	Rottweiler	29,93±0,96	27,41±0,96	27,11±0,96	28,15±0,55 ^B			
	Média	31,90±0,52 ^a	29,69±0,51 ^b	30,15±0,51 ^b				
TRGI (horas)	Shih Tzu	48,89±7,88	51,78±8,66	44,61±10,06	48,71±8,57 ^A	0,342	0,011	0,956

Beagle	44,57±3,30	49,35±5,01	46,38±8,85	46,77±6,15 ^{AB}
Rottweiler	40,12±7,09	45,03±7,69	39,87±1,70	41,67±6,18 ^B
Média	44,79±6,96 ^a	48,76±7,21 ^a	43,73±7,69 ^a	

¹ Dietas: GA90 – moagem fina das matérias primas e elevada aplicação de energia na extrusão para maximizar gelatinização do amido; GA50 – moagem grossa das matérias primas e moderada aplicação de energia na extrusão para moderada gelatinização do amido; GA30 – moagem grossa das matérias primas e peletização para limitar a gelatinização do amido.

a, b, c – Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

A, B, C – Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

A variável pH fecal sofreu influência da dieta ($p < 0,001$), mas não de raça (Tabela 5). Apesar de visualizarmos uma tendência da raça de grande porte apresentar menores valores de pH, podendo ser justificada por uma maior capacidade fermentativa, essa diferença não foi significativa ($p = 0,327$).

Os resultados do tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal não apresentaram interação Dieta x Raça, mas houve diferença quando analisamos a média de cada uma das três raças (Tabela 5). O tempo de retenção gastrointestinal da raça Shih Tzu ($48,71 \pm 8,57$ h) diferiu ($p = 0,011$) da raça Rottweiler ($41,67 \pm 6,18$ h); a raça Beagle ($46,77 \pm 6,15$ h) não apresentou diferença quando comparada às demais.

A umidade das fezes sofreu influência de raça ($p < 0,001$) e foi maior nos Rottweilers; entre Shih Tzus e Beagles não houve diferença. Os dados também tiveram efeito de dieta ($p = 0,0101$) e a GA90% gerou fezes que diferiram das outras com matéria seca (MS) fecal de $31,90 \pm 0,52\%$.

A redução do nível de processamento das dietas ocasionou diminuição na digestibilidade da matéria seca (MS; $p < 0,001$), matéria orgânica (MO; $p < 0,001$), proteína bruta (PB; $p < 0,001$), extrato etéreo (EE; $p < 0,001$), amido ($p = 0,0060$), e energia bruta (EB; $p < 0,001$). O efeito de raça também esteve presente nestes coeficientes, apesar de não haver interação Dieta x Raça – exceto para EE –, sendo os Beagles responsáveis por maiores coeficientes de digestibilidade para MS, MO, PB e Beagles e Rottweilers para amido e EB (Tabela 6).

Os três eletrólitos estudados apresentaram efeitos individuais de dieta e raça (Tabela 7), mas apenas o cloro apresentou interação. Nas dietas GA90% e GA50%, os Beagles apresentaram maior digestibilidade de cloro e diferiram das demais raças. Enquanto na dieta peletizada (GA30%) os Shih Tzus apresentaram porcentagem de digestibilidade igual a $97,9 \pm 0,2\%$, diferindo dos Beagles ($97,2 \pm 0,3\%$) e Rottweilers ($96,7 \pm 0,3\%$). No caso do potássio, apenas a dieta GA90% diferiu das demais, com CDA de $95,70 \pm 0,2\%$, enquanto GA50% e GA30% ficaram em $94,30 \pm 0,2\%$ e $94,35 \pm 0,2\%$, respectivamente. Em relação às raças, apenas Rottweilers diferiram das demais, com CDA de $93,6 \pm 0,2\%$, enquanto Beagles e Shih Tzus apresentaram $95,6 \pm 0,2\%$ e $95,2 \pm 0,2\%$, respectivamente. Houve relação positiva entre redução do processamento e absorção aparente de sódio; com relação ao efeito de raça, Beagles apresentaram maior coeficiente ($91,5 \pm 1,1\%$) que Shih Tzus ($87,7 \pm 1\%$) e Rottweilers ($86,2 \pm 1,3\%$).

Quanto aos produtos de fermentação (Tabela 8), houve interação para acetato, propionato, AGCC e AGV totais. As concentrações de butirato foram maiores nas duas dietas menos processadas ($p < 0,001$), mas não apresentou efeito de raça. A produção de AGV totais, no caso dos Shih Tzus, aumentou com a redução do processamento das dietas; Beagles alimentados com GA50% e GA30% apresentaram menores concentrações de AGV que Rottweilers e Shih Tzus. O lactato não sofreu efeito de dieta, mas foi encontrado em maior quantidade nas fezes dos Beagles ($p = 0,002$).

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) dos nutrientes e da energia em cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler de uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.

Item	Raça	Dieta ¹			Média	P valor		
		GA 90	GA 50	GA 30		Dieta	Raça	Dieta*Raça
Matéria seca	Shih Tzu	81,33±0,46	79,53±0,42	77,65±0,39	79,51±0,24 ^B	<0,001	0,010	0,212
	Beagle	83,03±0,42	80,99±0,42	77,74±0,42	80,59±0,24 ^A			
	Rottweiler	82,42±0,46	80,24±0,46	76,93±0,51	79,86±0,28 ^{AB}			
	Média	82,26±0,26 ^a	80,26±0,25 ^b	77,44±0,26 ^c				
Matéria orgânica	Shih Tzu	85,59±0,41	83,67±0,38	82,70±0,35	83,99±0,22 ^B	<0,001	0,003	0,106
	Beagle	87,21±0,38	85,12±0,38	83,02±0,38	85,12±0,22 ^A			
	Rottweiler	86,59±0,41	84,84±0,41	81,88±0,46	84,44±0,25 ^B			
	Média	86,46±0,23 ^a	84,54±0,22 ^b	82,53±0,23 ^c				
Proteína bruta	Shih Tzu	81,38±1,08	77,54±0,98	73,59±0,91	77,51±0,57 ^B	<0,001	0,001	0,195
	Beagle	84,89±0,98	79,47±0,98	73,14±0,98	79,17±0,57 ^A			
	Rottweiler	81,65±1,08	76,19±1,08	69,23±1,08	75,69±0,62 ^C			
	Média	82,64±0,60 ^a	77,74±0,59 ^b	71,99±0,57 ^c				
Extrato etéreo	Shih Tzu	91,63±0,5 ^{Ba}	90,42±0,5 ^{Bab}	89,51±0,5 ^{Ab}	90,52±0,3	<0,001	0,0066	0,0497
	Beagle	93,73±0,5 ^{Aa}	92,48±0,5 ^{Aa}	89,41±0,5 ^{Ab}	91,87±0,3			
	Rottweiler	93,57±0,6 ^{Aa}	92,00±0,6 ^{Aa}	88,64±0,6 ^{Ab}	91,41±0,3			
	Média	92,98±0,3	91,64±0,3	89,19±0,3				
Amido	Shih Tzu	99,96±0,02	99,89±0,02	99,91±0,03	99,93±0,01 ^B	0,0060	0,0049	0,2065
	Beagle	99,98±0,004	99,94±0,01	99,98±0,01	99,97±0,01 ^A			
	Rottweiler	99,98±0,01	99,96±0,01	99,93±0,03	99,96±0,01 ^{AB}			
	Média	99,98±0,01 ^a	99,94±0,01 ^b	99,95±0,01 ^b				

Energia bruta	Shih Tzu	84,73±0,46	82,35±0,42	80,60±0,39	82,56±0,24 ^B	<0,001	0,023	0,115
	Beagle	86,28±0,42	83,88±0,42	80,45±0,42	83,54±0,24 ^A			
	Rottweiler	85,97±0,46	83,54±0,46	79,92±0,51	83,14±0,28 ^{AB}			
	Média	85,66±0,26 ^a	83,26±0,25 ^b	80,32±0,26 ^c				
Energia metabolizável (kcal/g na MS)	Shih Tzu	4,44±0,02	4,30±0,02	4,10±0,02	4,28±0,01 ^B	<0,001	0,0208	0,0981
	Beagle	4,52±0,02	4,38±0,02	4,09±0,02	4,33±0,01 ^A			
	Rottweiler	4,51±0,02	4,36±0,02	4,06±0,03	4,31±0,01 ^{AB}			
	Média	4,49±0,01 ^a	4,35±0,01 ^b	4,08±0,01 ^c				

¹ Dietas: GA90 – moagem fina das matérias primas e elevada aplicação de energia na extrusão para maximizar gelatinização do amido; GA50 – moagem grossa das matérias primas e moderada aplicação de energia na extrusão para moderada gelatinização do amido; GA30 – moagem grossa das matérias primas e peletização para limitar a gelatinização do amido.

a, b, c – Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

A, B, C – Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

Tabela 7. Coeficientes de absorção aparente (%) dos eletrólitos sódio, cloro e potássio em cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler alimentados com uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.

Item	Raça	Dietas ¹			Média	P valor		
		GA 90	GA 50	GA 30		Dieta	Raça	Dieta*Raça
Sódio	Shih Tzu	90,1±1,9	85,1±1,8	87,9±1,8	87,7±1,0 ^B	0,0022	0,0065	0,4396
	Beagle	95,5±1,9	91,4±1,9	87,7±1,9	91,5±1,1 ^A			
	Rottweiler	90,4±2,1	84,1±2,1	84,3±2,3	86,2±1,3 ^B			
	Média	92,0±1,1 ^a	86,9±1,1 ^b	86,6±1,2 ^b				
Cloro	Shih Tzu	98,7±0,3 ^{Ba}	97,7±0,3 ^{Bb}	97,9±0,2 ^{Ab}	98,1±0,2	<0,001	<0,001	0,006
	Beagle	99,2±0,3 ^{Aa}	98,7±0,3 ^{Aa}	97,2±0,3 ^{ABb}	98,4±0,2			
	Rottweiler	98,1±0,3 ^{Ba}	96,3±0,3 ^{Cb}	96,7±0,3 ^{Bb}	97,0±0,2			
	Média	98,7±0,2	97,6±0,2	97,2±0,2				
Potássio	Shih Tzu	96,1±0,4	94,6±0,3	94,9±0,3	95,2±0,2 ^A	<0,001	<0,001	0,495
	Beagle	96,6±0,3	95,4±0,3	94,7±0,3	95,6±0,2 ^A			
	Rottweiler	94,5±0,4	92,9±0,4	93,5±0,4	93,6±0,2 ^B			
	Média	95,7±0,2 ^a	94,3±0,2 ^b	94,4±0,2 ^b				

¹ Dietas: GA90 – moagem fina das matérias primas e elevada aplicação de energia na extrusão para maximizar gelatinização do amido; GA50 – moagem grossa das matérias primas e moderada aplicação de energia na extrusão para moderada gelatinização do amido; GA30 – moagem grossa das matérias primas e peletização para limitar a gelatinização do amido.

^{a, b, c} – Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

^{A, B, C} – Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

Tabela 8. Concentração dos produtos de fermentação (mMol/kg de fezes na MS) nas fezes de cães das raças Shih Tzu, Beagle e Rottweiler alimentados com uma mesma formulação processada para se obter diferentes graus de cozimento do amido.

Item	Raça	Dietas ¹			Média	P valor		
		GA 90	GA 50	GA 30		Dieta	Raça	Dieta*Raça
Acetato	Shih Tzu	238,0±23,1 ^{Bb}	312,7±21,1 ^{Aa}	346,5±19,5 ^{Aa}	299,1±12,3	0,2050	<0,001	0,0306
	Beagle	248,2±21,1 ^{Ba}	227,3±21,1 ^{Ba}	209,2±23,1 ^{Ba}	228,2±12,6			
	Rottweiler	324,8±23,1 ^{Aa}	334,5±23,1 ^{Aa}	352,8±23,1 ^{Aa}	337,4±13,4			
	Média	270,3±13,0	291,5±12,6	302,83±12,7				
Propionato	Shih Tzu	114,6±15,6 ^{Ac}	156,5±13,2 ^{ABb}	201,4±13,2 ^{Aa}	157,5±8,1	<0,001	<0,001	0,0332
	Beagle	112,3±14,2 ^{Aa}	135,3±14,2 ^{Ba}	108,2±15,6 ^{Ba}	118,6±8,5			
	Rottweiler	148,5±15,6 ^{Ab}	191,6±15,6 ^{Aab}	214,5±15,6 ^{Aa}	184,9±9,0			
	Média	121,1±8,7	161,1±8,3	174,7±8,6				
Butirato	Shih Tzu	35,9±8,7	66,3±8,0	80,1±8,0	60,7±4,8 ^A	0,0059	0,0923	0,1423
	Beagle	36,8±8,0	53,3±8,0	56,4±8,7	48,9±4,8 ^A			
	Rottweiler	59,2±8,7	72,5±8,7	58,1±8,7	63,3±5,0 ^A			
	Média	44,0±4,9 ^b	64,0±4,8 ^a	64,9±4,9 ^a				
AGCC total	Shih Tzu	388,5±38,8 ^{Bc}	531,7±35,4 ^{Ab}	643,2±32,8 ^{Aa}	521,2±20,6	0,0032	<0,001	0,0116
	Beagle	397,3±35,4 ^{Ba}	415,9±35,4 ^{Ba}	373,8±38,8 ^{Ba}	395,7±21,1			
	Rottweiler	532,4±38,8 ^{Aa}	598,5±38,8 ^{Aa}	625,4±38,8 ^{Aa}	585,5±22,4			
	Média	439,4±21,8	515,4±21,1	547,5±21,3				
Isobutirato	Shih Tzu	9,19±1,3	10,21±1,3	12,69±1,1	10,69±0,7 ^A	0,4753	0,3537	0,1293
	Beagle	11,22±1,2	8,71±1,2	8,05±1,3	9,33±0,7 ^A			
	Rottweiler	10,59±1,3	8,35±1,3	9,38±1,3	9,44±0,8 ^A			
	Média	10,33±0,8 ^a	9,09±0,8 ^a	10,04±0,7 ^a				
Isovalerato	Shih Tzu	15,98±2,6	20,20±2,2	23,14±2,2	19,77±1,4 ^A	0,6072	0,1965	0,3557
	Beagle	18,16±2,4	15,97±2,4	15,90±2,6	16,68±1,4 ^A			
	Rottweiler	17,53±2,6	14,80±2,6	17,49±2,6	16,61±1,5 ^A			
	Média	17,22±1,5 ^a	16,99±1,4 ^a	18,85±1,4 ^a				
Valerato	Shih Tzu	23,93±1,9	26,21±1,6	26,35±1,6	25,50±1,0 ^A	0,2841	0,5475	0,3924

	Beagle	27,20±1,7	26,56±1,7	23,92±1,9	25,89±1,0 ^A			
	Rottweiler	25,58±1,9	25,80±1,9	21,53±1,9	24,30±1,1 ^A			
	Média	25,57±1,1 ^a	26,19±1,0 ^a	23,93±1,0 ^a				
AGCR total	Shih Tzu	44,61±4,9	52,44±4,2	62,18±4,2	53,08±2,6 ^A			
	Beagle	50,84±4,5	45,91±4,5	47,88±4,9	48,21±2,7 ^A	0,3175	0,2441	0,2330
	Rottweiler	48,30±4,9	44,55±4,9	48,40±4,9	47,08±2,8 ^A			
	Média	47,92±2,8 ^a	47,63±2,6 ^a	52,82±2,7 ^a				
AGV totais	Shih Tzu	433,1±41,8 ^{Bc}	581,7±38,2 ^{Ab}	705,4±35,3 ^{Aa}	573,4±22,3			
	Beagle	448,1±38,2 ^{Ba}	461,8±38,2 ^{Ba}	421,7±41,8 ^{Ba}	443,9±22,8	0,0048	<0,001	0,0119
	Rottweiler	580,7±41,8 ^{Aa}	643,1±41,8 ^{Aa}	673,8±41,8 ^{Aa}	632,5±24,2			
	Média	487,3±23,5	562,2±22,8	600,3±23,0				
Lactato	Shih Tzu	6,74±2,62	14,43±22,81	5,14±4,17	8,98±3,24 ^B			
	Beagle	9,19±1,92	36,34±23,43	27,11±19,43	24,04±4,91 ^A	0,283	0,002	0,447
	Rottweiler	8,71±1,33	15,02±11,37	12,41±21,20	12,05±4,04 ^B			
	Média	8,28±1,57 ^a	21,90±5,64 ^a	13,74±3,77 ^a				
Amônia	Shih Tzu	320,3±26,9	386,0±22,7	336,4±22,7	347,6±14,0 ^A			
	Beagle	401,9±26,9	404,2±24,5	362,7±26,9	389,6±15,1 ^A			
	Rottweiler	364,5±26,9	345,1±26,9	362,1±30,0	357,2±16,1 ^A	0,4909	0,1210	0,4249
	Média	362,2±15,5 ^a	378,4±14,3 ^a	353,7±15,4 ^a				

¹ Dietas: GA90 – moagem fina das matérias primas e elevada aplicação de energia na extrusão para maximizar gelatinização do amido; GA50 – moagem grossa das matérias primas e moderada aplicação de energia na extrusão para moderada gelatinização do amido; GA30 – moagem grossa das matérias primas e peletização para limitar a gelatinização do amido.

a, b, c – Médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

A, B, C – Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si; comparação válida para uma mesma variável (P<0,05).

DISCUSSÃO

A relação entre tamanho de partículas da matéria prima e a digestibilidade dos nutrientes é bastante explorada na nutrição de animais de produção (Wondra et al., 1995; Amerah et al., 2007). Menos se sabe para cães, mas sua relação parece depender do tipo de cereal empregado como fonte de amido e suas características de digestibilidade intrínsecas. Em estudo prévio, apesar da digestibilidade de rações extrusadas à base de quirera de arroz não ter se alterado em função da granulometria da matéria prima, o sorgo demonstrou relação linear negativa, quanto maior o tamanho de partículas da matéria prima e menor foi a digestibilidade em cães (Bazolli et al., 2015). Deste modo as frações de maior granulometria empregadas nos tratamentos GA50% e GA30% justificam a redução observada na digestibilidade dos nutrientes destes tratamentos em relação do GA90%, conforme será explorado mais adiante.

A mudança de macroestrutura é resultado da associação entre maior granulometria e menor aplicação de energia mecânica durante o processamento (Monti et al., 2016). Apesar da escassez de informações sobre as implicações da granulometria de matérias primas na GA durante o processo de extrusão, relação linear negativa entre o tamanho de partículas e a GA foi estabelecido em estudo que incluiu quirera de arroz, milho e sorgo (Bazolli et al., 2015). Controle da GA e aumento da fração de amido resistente foi demonstrada também em estudos com formulação à base de milho para cães, submetida a moagem mais grosseira com limitação na aplicação de energia térmica e mecânica (Peixoto et al., 2017; Ribeiro et al., 2019). O baixo índice de GA no tratamento peletizado demonstra que este processamento não é capaz de promover o cozimento e texturização da massa, necessários à adequada produção de alimentos para cães.

As aplicações de energia térmica e mecânica e o tempo de retenção da massa no equipamento são determinantes nos sistemas de extrusão para que ocorram as transformações físico-químicas nos ingredientes (Baller et al., 2021). Em combinação com suficiente redução no tamanho de partículas da matéria prima, a presença de água, energia térmica advinda do vapor e transferência de força de cisalhamento determinarão a transferência de energia total, que pode ser modulada para os objetivos que se deseja para o alimento (Riaz, 2007). A transferência de energia térmica durante a extrusão do tratamento GA50% foi modulada pela menor temperatura da massa no pré-condicionador, enquanto a aplicação de energia mecânica foi reduzida como consequência do aumento da área de vasão da matriz, e modificações na configuração da rosca extrusora, que

apresentou rosca cônica interrompida na quinta seção da rosca em GA90%, o que gera mais cisalhamento em comparação com a rosca cônica contínua empregada em GA50%. Estas características na configuração do equipamento em conjunto com a granulometria da matéria prima explicam, assim, a diferença observada na transferência de energia mecânica. A redução na aplicação de energia limitou o processo de gelatinização do amido (Pacheco et al., 2018). Quando o amido se gelatiniza, este perde sua ordenação e estrutura granular, transforma-se num fluido viscoso e solúvel em água, mais suscetível à degradação enzimática (DONA et al., 2010). Ao sair da extrusora, em contato com o ar, parte da água se vaporiza, deformando a massa de amido gelatinizado e criando estrutura celular que resulta nas características de macroestrutura densidade, crocância e dureza (Baller et al., 2018). Apesar de poucos estudos disponíveis, admite-se que estas características de macroestrutura são importantes para a palatabilidade dos alimentos, mas esta não foi comparada no presente estudo, representando uma limitação.

Antes do estudo esperava-se encontrar alguma dificuldade maior dos cães da raça Shih Tzu consumirem os tratamentos GA50% e GA30%, devido ao baixo cozimento, menor expansão e maior dureza do “kibbles” e pelete. Isto, pois informações empíricas e de relacionamento com proprietários desta e de outras raças de pequeno porte sugerem comportamento mais seletivo e exigente quanto aos aspectos sensoriais de seus alimentos. Os autores não localizaram publicações a respeito para embasar esta discussão, mas notou-se claramente ao longo do estudo que o manejo a que os cães são submetidos foi fator preponderante no comportamento alimentar. Apesar da cinética de consumo não ter sido estudada, o que pode ser considerada uma limitação do presente estudo, independentemente da raça ao longo dos 23 dias de fornecimento das rações, observou-se consumo integral e em poucos minutos do alimento fornecido.

Com relação a resposta dos animais ao consumo das dietas experimentais, sabendo que cães de raças grandes são mais susceptíveis a fermentação intestinal exacerbada e fezes amolecidas, os Rottweilers responderam negativamente ao baixo cozimento, com implicações na qualidade fecal, avaliada pelo escore fecal, apresentando resultados satisfatórios apenas na dieta com maior gelatinização do amido (GA90%). Os cães das raças Shih Tzu e Beagle toleraram melhor os alimentos menos processados, com a qualidade fecal mantendo-se adequada quando alimentados com as dietas GA50% e GA30%. O aumento da produção fecal nas dietas com menor processamento pode ser explicado pela redução dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes. Goudez et al. (2011) avaliaram o impacto da suplementação com diferentes níveis de amido resistente no escore fecal de cães com diferentes raças e tamanhos, verificando também

manutenção da qualidade fecal em animais menores e piora das fezes em cães de raças maiores. Reforçando a característica de que, quando alimentados com a mesma dieta, cães de grande porte tendem a produzir fezes mais amolecidas que cães de raças pequenas (Weber, 2011; Hernot, 2005b; Hernot, 2006; Weber, 2004; Meyer, 1999).

Os valores de MS acompanharam os resultados de escore fecal, demonstrando que a maior umidade fecal apresentada pela raça grande e pelas dietas menos processadas foi suficiente para alterar a qualidade das fezes. As dietas menos processadas (GA50% e GA30%) foram responsáveis por um pH fecal mais ácido, possivelmente pela maior fermentação intestinal, mas o efeito de raça não foi significativo. Bazolli et al. (2015) não observou menor pH fecal com o aumento do DGM nas dietas a base de sorgo. Weber et al. (2017) e Oswald et al. (2015) relatam pH colônico e fecal mais ácido em cães de raças grandes quando comparado à cães menores, alimentados com a mesma dieta.

Com relação ao tempo de retenção gastrointestinal, a ausência de efeito da dieta ($p=0,3427$) pode sugerir que, apesar dos diferentes níveis de cozimento do amido, a redução do processamento não foi suficiente para provocar alterações relevantes na fisiologia e na dinâmica digestiva destes alimentos. Estudos anteriores (Hernot, 2005a; Hernot, 2006) encontraram correlação positiva entre tamanho corporal e tempo de trânsito, indo na contramão dos resultados do presente estudo. Porém, sabe-se que um tempo de trânsito mais curto é um fator que está relacionado com pior consistência fecal em cães e seres humanos (Guilford & Strombeck, 1996; Rolfe et al., 2002), podendo afetar a qualidade das fezes devido à diminuição do tempo de absorção de fluidos e eletrólitos (Guilford e Strombeck, 1996), sendo esta uma explicação possível para a má formação de fezes observada nos cães de grande porte.

O maior DGM e menor aplicação de EME dos tratamentos menos processados resultaram em redução da digestibilidade dos nutrientes, quando comparados à dieta GA90%. Bazolli et al. (2015) verificaram que, para alimentos à base de sorgo, cerca de 85% de GA foi necessária para que houvesse adequada digestibilidade dos nutrientes e que houve redução linear da digestibilidade dos nutrientes em função do aumento do DGM. Roberti-Filho (2013) verificou que, com o aumento do DGM, houve redução linear do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, exceto para amido e gordura. O coeficiente de digestibilidade da PB foi o que mais caiu, reduzindo em mais de 10% quando comparamos a GA90% com a dieta peletizada, dado este que não tinha sido observado nessas proporções em trabalho anterior do nosso grupo de pesquisa (Oliveira, 2016), mas que pode estar relacionado à fatores como microbiota e maior fermentação intestinal. Ribeiro et

al. (2019) também observaram, em cães idosos, queda da digestibilidade da proteína em dieta com maior nível de amido resistente.

Estudos anteriores observaram que as excreções fecais de sódio, cloro e potássio podem ser maiores em cães de grande porte (Hernot, 2009; Weber, 2004; Rolfe, 2002), podendo ser resultado de maior retenção de solutos no cólon, devido à maior osmolaridade conferida pelas maiores concentrações de AGCC encontrados em Rottweilers e Shih Tzus. Uma hipótese é que o aumento da excreção fecal destes eletrólitos eleva consequentemente o teor de água e, no caso dos Rottweilers, isso poderia predispor à má formação de fezes.

A redução do processamento não afetou as concentrações de lactato e amônia, mas influenciou a quantidade de butirato encontrada nas fezes, que é um AGCC particularmente considerado benéfico para a saúde intestinal. A parte do amido que não é digerida no intestino delgado, passa a ser fermentada no intestino grosso, podendo explicar a redução do pH fecal e o aumento de butirato com a diminuição da GA. Para AGV totais, houve interação dieta*raça e para Beagles e Rottweilers, o efeito de dieta não foi significativo, enquanto para Shih Tzus houve maior produção de AGV na dieta peletizada, intermediário para GA50% e menor para GA90%. Rottweilers produziram mais AGV no tratamento GA90%, mas nas duas dietas menos processadas não houve diferença entre as concentrações fecais de AGV de Rottweilers e Shih Tzus, sendo menor para Beagles em ambos os tratamentos. Os achados de AGCC na dieta GA90% vão de encontro com o relatado por Deschamps et al. (2022) e Weber et al. (2004), porém nos tratamentos menos processados os Shih Tzus apresentaram valores semelhantes aos Rottweilers, contrariando a suposição de que as concentrações fecais de AGCC aumentam com o aumento do tamanho corporal do cão.

CONCLUSÃO

Grau de moagem da matéria prima, aplicação de energia mecânica específica e teor de gelatinização do amido foram relevantes para a formação de fezes em Rottweilers, mas não demonstraram influência importante na qualidade fecal de Beagles e Shih Tzus. Adequada gelatinização do amido foi necessária para a digestibilidade dos nutrientes de ração à base de sorgo. Menor absorção de eletrólitos, maior fermentação no cólon e menor digestibilidade da proteína bruta parecem estar relacionados à má qualidade fecal em Rottweilers.

Agradecimentos

Agradecimentos à BRF Pet, pelo apoio financeiro ao estudo. Às empresas BRF Pet, BRF Ingredients e ADIMAX Pet pelo suporte financeiro ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada”, FCAV/UNESP Jaboticabal.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. 2007. Feed particle size: Implication on the digestion and performance of poultry. **Worlds Poul. Sci. J.** 63:439–455.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official and tentative methods of analysis. Washington, DC, USA: AOAC International, 16.ed., 2010.

BALLER, M. A., PACHECO, P. D. G., VITTA-TAKAHASHI, A., PUTAROV, T. C., VASCONCELLOS, R. S., & CARCIOFI, A. C. (2021). Effects of thermal energy on extrusion characteristics, digestibility and palatability of a dry pet food for cats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 105, 76-90.

BALLER, M. A., PACHECO, P. D., PERES, F. M., MONTI, M., & CARCIOFI, A. C. 2018. The effects of in-barrel moisture on extrusion parameters, kibble macrostructure, starch gelatinization, and palatability of a cat food. **Animal feed science and technology**, v. 246, p. 82-90.

BAZOLLI, R. S. **Influência do grau de moagem de ingredientes amiláceos utilizados em rações extrusadas sobre os aspectos digestivos e respostas metabólicas em cães**. 2007. 71f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

BAZOLLI, R. S., VASCONCELLOS, R. S., DE-OLIVEIRA, L. D., SÁ, F. C., PEREIRA, G. T., CARCIOFI, A. C., 2015. Effect of the particle size of maize, rice, and sorghum in extruded diets for dogs on starch gelatinization, digestibility, and the fecal concentration of fermentation products. **American Society of Animal Science**; 93:1-11.

BJÖRCK, I.; ASP, N.G. The effects of extrusion cooking on nutritional value, a literature review. **Journal of Food Engineering**, p. 281-308, 1983.

CARCIOFI, A. C., VASCONCELLOS, R. S., DE OLIVEIRA, L. D., BRUNETTO, M. A., VALÉRIO, A. G., BAZOLLI, R. S., ... PRADA, F. (2007). Chromic oxide as a digestibility marker for dogs—A comparison of methods of analysis. **Animal Feed Science and Technology**, 134(3-4), 273–282. doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.12.005

CARCIOFI, A. C., TAKAKURA, F. S., DE-OLIVEIRA, L. D., TESHIMA, E., JEREMIAS, J. T., BRUNETTO, M. A., & PRADA, F. (2008). Effects of six carbohydrate sources on dog diet

digestibility and post-prandial glucose and insulin response. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 92(3), 326-336.

CHEFTEL J.C.1986. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemical**. 20, 263-283.

CRANE, S.W.; GRIFFIN, R.W.; MESSENT, P.R. Introduction to commercial pet foods. In: HAND. M. et al. **Small animal clinical nutrition**. 4 ed. Kansas: Mark Morris Institute. 2000, p. 111-126.

DESCHAMPS, C., HUMBERT, D., ZENTEK, J., DENIS, S., PRIYMENKO, N., APPER, E., & BLANQUET-DIOT, S. (2022). From Chihuahua to Saint-Bernard: how did digestion and microbiota evolve with dog sizes. **International Journal of Biological Sciences**, 18(13), 5086.

DONA, A. C.; PAGES, G.; GILBERT, R. G.; KUCHEL, P. W. Digestion of starch: In vivo and In vitro kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v.83, p.1775-1786, 2010.

FEDIAF (2018). NUTRITIONAL GUIDELINES FOR COMPLETE AND COMPLEMENTARY PET FOOD FOR CATS AND DOGS. <http://www.fediaf.org/selfregulation/>

FENTON, T.W.; FENTON, M. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. **Can. J. Anim. Sci.**, v.59, p.631-634, 1979.

GIBSON, M.; ALAVI, S., 2013. Pet Food Processing-Understanding Transformations in Starch during Extrusion and Baking. **Cereal Food World**. 58, 232-236.

GIBSON, M.; LOUREIRO, B. A. ; PUTAROV, T. C.; VILLAVERDE, C ; Alavi, S.; CARCIOFI, A. C. . Influence of dietary fiber on macrostructure and processing traits of extruded dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 93-102, 2016.

GRANDJEAN, D., HAYMANN, F. **Encyclopédie du chien Royal Canin**. 2010.

GONÇALVES, L. P. S.; SILVA, R. D. Doenças do intestino Delgado – Diarreias agudas. In: JERICÓ, M. M.; NETO, J. P.; KOGIKA, M. M. **Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos**. 1. ed. [Reimpr.], Rio de Janeiro: Roca, 2022, p. 976-979, 1 v.

GUILFORD, W. G.; STROMBECK, D. R., 1996: Classification, Pathophysiology and symptomatic treatment of diarrheal diseases. In: W. G. Guilford, D. R. Strombeck (eds), **Strombeck's Small Animal Gastroenterology**, 3rd edn. Saunders Company, Philadelphia, pp. 351–366.

HERNOT, D. C.; WEBER, M. P.; BOURGE, V. C.; MARTIN, L. J.; DUMON, H.; NGUYEN, P., 2004: Relationship between electrolyte apparent absorption and fecal quality in adult dogs differing in body size. **American Society for Nutritional Sciences. J. Nutr.** 134: 2031S–2034S.

HERNOT, D. C., 2005a: **Influence de la taille sur les fonctions du gros intestine et les caracteristiques fecales chez le chien adulte**. Nutrition Universite de Nantes, These doctorat Physiologie et biologie des organismes.

HERNOT, D. C.; BOURGE, V. C.; MARTIN, L. J.; DUMON, H.; NGUYEN, P., 2005b: Relationship between total transit time and faecal quality in adult dogs differing in body size. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 89, 189–193.

HERNOT, D. C.; DUMON, H. J.; BOURGE, V. C.; MARTIN, L. J.; NGUYEN, P., 2006: Evaluation of association between body size and large intestinal transit time in healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research** 67, 342–347.

HERNOT, D. C.; NERY, J.; BOURGE, V. C.; MARTIN, L. J.; DUMON, H.; NGUYEN, P., 2009: Colonic permeability is higher in great Dane compared to smaller breed dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 93, 703–709.

KOZU, F. O. et al. Doenças do esôfago. In: JERICÓ, M. M.; NETO, J. P.; KOGIKA, M. M. **Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos**. 1. ed. [Reimpr.], Rio de Janeiro: Roca, 2022, p. 964-966, 1v.

LANKHORST, C.; TRAN, Q.D.; HAVENAAR, R.; HENDRIKS, W.H.; VAN DER POEL, A.F.B. The effect of extrusion on the nutritional value of canine diets as assessed by in vitro indicators. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p.285-297, 2007.

LOUREIRO, B. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; PEIXOTO, M. C.; RIBEIRO, E. M.; BAILON, S. S. CASTRILLO, C.; CARCIOFI, A. C. Starch gelatinization, nutrient digestibility and fecal fermentation products in Beagle dogs. Artigo submetido: **Animal Feed Science and Technology**, 2021.

MACFARLANE, G. T.; CUMMINGS, J. H., 1991: The colonic flora, fermentation, and large bowel digestive function. In: S. F. Phillips, J. H. Pemberton, R. G. Shorter (eds), **The Large intestine: Physiology, Pathophysiology, and Disease**. Raven Press, New York, pp. 51–92.

MACFARLANE, S.; MACFARLANE, G. T., 2003: Regulation of short-chain fatty acid production. **Proceedings of the Nutrition Society** 62, 67–72.

MEYER, H.; KIENZLE, E.; ZENTEK, J., 1993: Body size and relative weights of gastrointestinal tract and liver in dogs. **Journal of Veterinary Nutrition** 2, 31–35.

MEYER, H., ZENTEK, J., HABERNOLL, H., MASKELL, I. 1999: Digestibility and compatibility of mixed diets and fecal consistency in different breeds of dog. *Zentralbl Veterinarmed.* 46: 155-165.

MOSCICKI, L. 2011. Pet Food and Aquafeed. In: MOSCICKI, L. **Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability**. Weinheim: WileyVCH, , pp.139-q149.

NRC - NUTRIENT REQUIREMENTS OF DOGS AND CATS. National Research Council. The National Academy Press: Washington, D.C. 2006.

OLIVEIRA, M. C. C. **Selênio e mucosa intestinal e cozimento do amido, digestibilidade dos nutrientes e produtos de fermentação nas fezes de cães**. 2016. 83f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.

OSWALD, H.; SHARKEY, M.; PADE, D.; MARTINEZ, M. N. Canine gastrointestinal physiology: Breeds variations that can influence drug absorption. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**. 2015; 97: 192– 203.

PACHECO, P. D. G., PUTAROV, T. C., BALLER, M. A., PERES, F. M., LOUREIRO, B. A., & CARCIOFI, A. C. (2018). Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, 243, 52–63. doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.07.003

PEIXOTO, M. C.; RIBEIRO, É. M.; MARIA, A. P. J. ; LOUREIRO, B. A. ; DI SANTO, L. G. ; PUTAROV, T. C. ; YOSHITOSHI, F. N. ; PEREIRA, G. T. ; SÁ, L. R. M. ; CARCIOFI, A. C. . Effect of resistant starch on the intestinal health of old dogs: fermentation products and histological features of the intestinal mucosa. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 00, p. 00, 2017.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. **J. AOAC Int.**, v.75, p.360-367, 1992.

RIBEIRO, E. M.; PEIXOTO, M. C.; PUTAROV, T. C.; MONTI, M.; PACHECO, P. D. G.; LOUREIRO, B.A.; PEREIRA, G. T.; CARCIOFI, A. C.. The effects of age and dietary resistant starch on digestibility, fermentation end products in faeces and postprandial

glucose and insulin responses of dogs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 73, p. 485-504, 2019.

RIAZ, M.N., 2007. **Extruders and Expanders in Pet Food, Aquatic and Livestock Feeds**. Agrimedia, Clenze, pp.400.

RIAZ, M.N., 2000. Extruders in food applications, In: Riaz, M.N. **Introduction to extruders and their principles**. CRC Press, pp. 1-23.

ROBERTI-FILHO, F. O. **Influência da granulometria da matéria prima e da configuração de extrusora no conteúdo de amido resistente, digestibilidade, fermentação intestinal e respostas metabólicas de cães**. 2013. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

ROLFE, V. E.; ADAMS, C. A.; BUTTERWICK, R. F.; BATT, R. M., 2002: Relationships between fecal consistency and colonic microstructure and absorptive function in dogs with and without nonspecific dietary sensitivity. **American Journal of Veterinary Research** 63, 617–622.

SANTOS, M. C. F. P.; AULER, F. A. B. Doenças gástricas. In: JERICÓ, M. M.; NETO, J. P.; KOGIKA, M. M. **Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos**. 1. ed. [Reimpr.], Rio de Janeiro: Roca, 2022, p. 967-975, 1 v.

SILVA, R. D. Doenças do intestino Delgado – Diarreias crônicas. In: JERICÓ, M. M.; NETO, J. P.; KOGIKA, M. M. **Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos**. 1. ed. [Reimpr.], Rio de Janeiro: Roca, 2022a, p. 980-984, 1 v.

SILVA, R. D. Doenças do cólon. In: JERICÓ, M. M.; NETO, J. P.; KOGIKA, M. M. **Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos**. 1. ed. [Reimpr.], Rio de Janeiro: Roca, 2022b, p. 985-989, 1 v.

SILVIO, J.; HARMON, D. L.; GROSS, K. L.; MCLEOD, K. R., 2000: Influence of fiber fermentability on nutrient digestion in the dog. **Nutrition** 16, 289–295.

SPEARS, J. K.; FAHEY, G. C. Jr. Resistant starch as related to companion animal nutrition. **J AOAC Int**. 2004 May-Jun;87(3):787-91. PMID: 15287680.

STROUCKEN, W.P.J.; Extruding vs pelleting of a feed mixture lowers apparent nitrogen digestibility in dogs. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 71, p.520-522, 1996.

TRAN, Q.D., HENDRIKS, W.H., VAN DER POEL, A.F.B., 2008. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. **J. Sci. Food Agric.** 88, 1487–1493.

WEBER, M. P., STAMBOULI, F., MARTIN, L. J., DUMON, H. J., BIOURGE, V. C. & NGUYEN, P. G., 2002a: Influence of age and body size on gastrointestinal transit time of radioopaque markers in healthy dogs. **Am. J. Vet. Res.** 63: 677–682.

WEBER, M. P., MARTIN, L. J., DUMON, H. J., BIOURGE, V. C. & NGUYEN, P., 2002b: Influence of age and body size on intestinal permeability and absorption in healthy dogs. **Am. J. Vet. Res.** 63: 1323–1328.

WEBER, M.; MARTIN, L.; BIOURGE, V.; NGUYEN, P.; DUMON, H., 2003a: Influence of age and body size on the digestibility of a dry expanded diet in dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 87, 1–11.

WEBER, M.; MARTIN, L.; BIOURGE, V.; NGUYEN, P.; DUMON, H., 2003b: Influence of age and body size on orocecal transit time as assessed by use of the sulfalazine method in healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, 64, 1105–1109.

WEBER, M. P.; HERNOT, D.; NGUYEN, P. G.; BIOURGE, V.; DUMON, H., 2004: Effect of size on electrolyte apparent absorption rates and fermentative activity in dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 88, 356–365.

WEBER, M. P.; BIOURGEL, V. C.; NGUYEN, P. G., 2017: Digestive sensitivity varies according to size of dogs: a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 101, 1– 9.

WONDRA, K. J.; HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C.; HINES, R. H.; STARK, C. R. 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 73:757–763.

ZENG, M.; MORRIS, C.F.; BATEY, I.L.; WRIGLEY, C.W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, v. 74, p. 63-71, 1997.

ZENTEK, J.; MEYER, H., 1995: Normal handling of diets: are all dogs created equal? **J. Small Anim. Pract.** 36: 354–359.