



KAREN GUTTENKUNST LISENKO

**VALOR NUTRICIONAL DE FARINHAS DE INSETOS PARA
CÃES E GATOS**

LAVRAS - MG

2017

KAREN GUTTENKUNST LISENKO

VALOR NUTRICIONAL DE FARINHAS DE INSETOS PARA CÃES E GATOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Não Ruminantes, para a obtenção de título de Doutor.

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Orientador

Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

Coorientadora

LAVRAS – MG

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Lisenko, Karen Guttenkunst.

Valor nutricional de farinhas de insetos para cães e gatos / Karen Guttenkunst Lisenko. - 2017.

123 p. : il.

Orientador: Márcio Gilberto Zangeronimo.

Coorientadora: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Animais de estimação. 2. Sustentabilidade. 3. Proteína. I. Zangeronimo, Márcio Gilberto o. II. Saad, Flávia Maria de Oliveira Borges. III. Título.

KAREN GUTTENKUNST LISENKO

VALOR NUTRICIONAL DE FARINHAS DE INSETOS PARA CÃES E GATOS

NUTRITIONAL VALUE OF INSECT MEALS FOR DOGS AND CATS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Não Ruminantes, para a obtenção de título de Doutor.

APROVADA em 29 de setembro de 2017.

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo	UFLA
Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad	UFLA
Prof. Dr. Carlos Eduardo do Prado Saad	UFLA
Prof. Dr. Walter Motta Ferreira	UFMG
Profa. Dra. Maria Regina Cattai de Godoy	Universidade de Illinois

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

LAVRAS – MG

2017

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por zelar-me diariamente, trazendo-me calma e tranquilidade, em todos os momentos, durante o período de doutorado. Ao meu anjo da guarda por me acompanhar em cada passo.

Aos meus pais, Adelaide e Artur, por todo o incentivo, compreensão em todas as situações e esforços ao tornar meu sonho sempre possível. Seria difícil chegar até aqui sem seu apoio no meu dia a dia.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Pós-graduação em Zootecnia e ao Departamento de Zootecnia pela realização do curso.

À professora Flávia Saad pela orientação, amizade, ensinamentos e confiança, durante todo o período do curso, sendo sempre uma grande incentivadora para realizações dos meus sonhos.

À professora Maria Regina Cattai de Godoy da Universidade de Illinois – EUA, por todo o ensinamento, carinho, compreensão e amizade, a partir do momento que nos conhecemos, tanto nos estudos e análises deste projeto, quanto na vida.

Ao professor Carlos Eduardo do Prado Saad pela amizade, auxílio e conversas sempre que precisei.

Ao professor Márcio Gilberto Zangerônimo pela orientação.

Aos professores Diego Vicente da Costa, Walter Motta Ferreira e Tarcísio de Moraes Gonçalves pelo auxílio no projeto e na conclusão deste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia pelos ensinamentos passados durante todo o período do curso de doutorado.

Aos meus colegas e amigos da Pós-graduação, Maiara, Thaianne, Lívia, Tafánie e Luiz, por toda a ajuda, paciência e amizade e por estarem sempre disponíveis, para estar ao meu lado, em todos os momentos desta jornada.

Aos meus amigos, Jelienny, Tatiana, Ana Claudia, Fábio, Juliana e Thatijanne, pela amizade, ajuda e inúmeros conselhos dia e noite, hoje e sempre.

Aos amigos que conheci nos Estados Unidos, que me auxiliaram e sempre estarão presentes no meu coração, Lauren, Zac, Katie, Analia, Amanda, Hans, Chandal Lin, Annie, Faye Ho, Ploy e Matteo.

Aos meus colegas e amigos do Núcleo de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (NENAC) pela ajuda, noites acordadas para coletas e companheirismo sempre.

Aos bichanos, ao permitirem que este estudo fosse realizado, os felinos: Bartolomeu, Bella, Mariana, Ed, Prisca e Puppy; e os cães: Bernardinho, Bob, Manchinha, Nina, Toddy e Yves.

Aos meus sogros por toda a ajuda, apoio e orações durante todo o período dos meus estudos e sempre na minha vida.

Ao meu namorado Daniel, por todo o apoio, conselhos, ajuda e momentos de paz e alegria, sendo sempre meu porto seguro, tornando tudo mais simples.

À minha gatinha Natasha, por existir e estar ao meu lado em todos os momentos.

E a todos os antigos e novos amigos pelo carinho sempre.

O meu MUITO OBRIGADA!

“A persistência é o menor caminho para o êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar três fontes de farinhas de insetos, com dois níveis de inclusão, quanto à sua digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e quitina, produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR), produção de fenol e indol, pH e microbiota fecal, para cães e gatos. Os experimentos foram realizados no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia do Departamento de Zootecnia da UFLA, por um período de seis meses (agosto-dezembro-2016). Foram utilizados seis gatos adultos sem raça definida, machos e fêmeas, com peso de $3,72 \pm 0,86$ kg e seis cães adultos da raça Beagle, machos e fêmeas, com peso de $17,67 \pm 2,64$ kg em dois experimentos simultâneos. Foram testados dois níveis (7,5 e 15%) de três farinhas de insetos (barata de Madagascar, barata cinéria e tenébrio gigante), em delineamento de quadrado latino, oferecidas a seis animais (cães ou gatos) durante seis períodos experimentais, com duração de 15 dias cada. Anteriormente à realização da avaliação das dietas teste, uma dieta sem inclusão da farinha teste (dieta controle) foi oferecida aos mesmos seis animais, durante 15 dias, com o propósito de obter valores a serem posteriormente utilizados para cálculos dos valores de energia metabolizável das farinhas de insetos, conforme equações preconizadas por Matterson et al (1965). Nos 10 primeiros dias realizou-se a adaptação dos animais ao alimento, posteriormente, nos dias 10, 11 e 12 foram coletadas fezes para a digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), quitina (Q) e extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA). Já nos dias 13, 14 e 15, foram realizadas coletas das fezes para análise de pH fecal, produção de AGCC e AGCR, fenol/indol e microbioma intestinal. As variáveis foram analisadas pelo procedimento GLM (SAS Inst., NC) e o modelo estatístico incluiu análise de variância global com todos os tratamentos, a fim de se obter quadrado médio e realizar teste de Dunnett a 5%, comparando-se cada tratamento-testemunha a cada um dos demais tratamentos. Em gatos não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para os CDA de MS, MO, PB, EEHA e EMA_{MS} , porém ocorreram diferenças ($P < 0,05$) para o CDAQ. Posteriormente, calculou-se a concentração de AGCC e pH nas fezes dos gatos. Ocorreram diferenças ($P < 0,05$) na concentração fecal de valerato e 4-metilfenol. Já, em cães, não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para a digestibilidade aparente dos nutrientes, entretanto ocorreram diferenças ($P < 0,05$) para as variáveis de propionato, valerato e fenol. Para pH fecal e demais variáveis, não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) em ambas as espécies. Não foram observadas mudanças na microbiota intestinal de cães e gatos alimentados com as diferentes dietas contendo farinha de inseto ou a dieta controle. Como conclusão, dados da microbiota fecal, em combinação com os resultados de produtos fermentativos fecais e parâmetros sanguíneos (índice de saúde sistêmica) de cães e gatos, alimentados com dietas à base de farinha de insetos ou dieta controle, fornecem evidências de que essas fontes proteicas e níveis de inclusão testados são adequados e podem ser seguramente incluídos até o nível de 15%, em alimentos para cães e gatos adultos.

Palavras-chave: Animais de estimação. Barata Cinéria. Barata de Madagascar. Sustentabilidade. Proteína. Tenébrio Gigante.

GENERAL ABSTRACT

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Farinha de inseto na alimentação animal.....	12
2.2 Importância da proteína na alimentação de cães e gatos	15
2.3 Fatores que influenciam a qualidade da proteína dietética em cães e gatos.....	17
2.4 Saúde intestinal.....	20
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	35
ARTIGO 1 - INCLUSÃO DE FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA GATOS E SEUS EFEITOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS	35
ARTIGO 2 - INCLUSÃO DE FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA CÃES E SEUS EFEITOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS	75
ANEXO A - ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS ESTUDADOS	113

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

As tendências para 2050 preveem maior demanda de fontes de proteína para animais de estimação e para humanos, em razão do seu aumento populacional. Essa maior demanda por ingredientes proteicos possivelmente irá gerar uma competição entre a alimentação humana e a alimentação de animais de estimação, o que estimula a busca e a pesquisa por novas de fontes alternativas e sustentáveis de proteína.

A sustentabilidade nutricional é a capacidade de um sistema alimentar em proporcionar uma nutrição segura e adequada para manter a população, sem comprometer as gerações futuras, quanto às suas necessidades nutricionais. Cada vez mais empresas exigem certificados, não somente de qualidade, como também de conformidade ambiental, e essa responsabilidade estende-se por toda a cadeia produtiva. Uma das metodologias utilizadas para tal certificação é a pegada de carbono; uma avaliação de impactos ambientais, traduzida sob a forma de um indicador de emissão de gases com efeito estufa e um indicador potencial de aquecimento global.

No futuro, a indústria de alimentos para animais de estimação precisará abordar algumas questões-chave em relação à sustentabilidade, tais como emissão de gases, competição de alimentos e preservação ambiental. Sendo assim, recomendações favoráveis ao meio ambiente e, ainda, propostas de dietas que estimulem a saúde de cães e gatos, são necessárias. Grãos de cereais, utilizados em grande quantidade em alimentos extrusados, necessitam de fertilizantes, maquinários, silos e equipamentos que gerem alta pegada de carbono, assim como geram pegadas de carbono elevadas a produção de farinha de carne e ossos com o seu processamento. Já com a utilização de farinha de insetos, a pegada de carbono pode diminuir, uma vez que insetos apresentam uma alta produção de biomassa proteica em um curto período de tempo e podem ser produzidos em substratos não consumíveis por animais e seres humanos, como resíduos de plantações, bagaços e fibras, entre outros subprodutos.

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2013), os insetos representam uma potencial fonte de proteína, visto que muitas espécies podem ser cultivadas de forma eficiente com resíduos orgânicos, crescem e se reproduzem facilmente e, ainda, possuem alta eficiência na conversão alimentar. Dessa forma, as farinhas

de insetos na alimentação animal tornam-se uma alternativa potencialmente sustentável, que possivelmente poderão substituir os ingredientes proteicos da atualidade.

Segundo o National Research Council (NRC, 2006), as necessidades proteicas mínimas na dieta de cães e gatos adultos, são, respectivamente, 8% e 16%. Como referência, uma farinha de peixe pode atingir até 73% de teor de proteína, enquanto um farelo de soja contém até 50% de proteína, demonstrando que insetos, que contém entre 50% a 77% de proteína corporal dependendo da espécie, podem suprir as necessidades proteicas de cães e gatos de maneira eficiente e viável. Estudos recentes utilizando farinhas de insetos como gafanhotos, grilos, baratas, entre outras, puderam comprovar a sua eficiência na digestibilidade e crescimento em peixes (ALEGBELEYE et al., 2012), porém, em outras espécies, ainda é escassa a pesquisa destas farinhas como fonte proteica.

Os avanços na nutrição de animais de estimação frequentemente seguem àqueles verificados na alimentação humana. Assim, conceitos de nutrição não se restringem apenas a aspectos relacionados com adequação ou ausência de deficiências nutricionais, mas enfatiza a utilização de alimentos que promovam o bem-estar, melhora na saúde e longevidade. Em vista disto existe uma necessidade de pesquisas científicas para investigar novas opções de ingredientes proteicos na nutrição de animais de estimação como fontes biodisponíveis de proteína e aminoácidos e, mais ainda, que sejam utilizados de forma segura e contribuam na digestibilidade e na saúde intestinal dos mesmos.

As farinhas de insetos são promissoras na inclusão em dietas de peixes e humanos, porém pouco se sabe a respeito dos seus efeitos na alimentação de cães e gatos. Sendo assim, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a digestibilidade dos nutrientes e características intestinais de três diferentes fontes de farinha de insetos, em dois níveis, incorporadas em dietas extrusadas para cães e gatos adultos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Farinhas de insetos na alimentação animal

A necessidade de fontes alternativas de proteínas em substituição às atuais fontes proteicas utilizadas, tais como farinha de carne, farinha de vísceras, entre outras, faz-se urgente, pois para atender ao mercado crescente na produção de alimentos para *pets*, grandes impactos ambientais têm sido causados, como, por exemplo, a emissão de gases. Para a utilização adequada de ingredientes alternativos é necessário avaliar a qualidade, disponibilidade, presença de fatores antinutricionais ou tóxicos e a composição nutricional desses ingredientes em potencial (VASCONCELLOS, 2010).

Sendo os insetos uma potencial fonte proteica para a nutrição de animais de modo geral, incentivar o estímulo de sua produção pode atenuar os danos ao meio ambiente, já que vários grupos de insetos podem ser criados em abundância em ambientes controlados. De acordo com a FAO (2013), dentre as espécies de inseto promissoras para produção industrial de ração, destacam-se as larvas de mosca comum (*Musca domestica*), bicho-da-seda (*Bombyx mori*), tenébrios (*Zophobas morio*), gafanhotos (*Tropidacris dux*) e termitas (*Isoptera*). De uma maneira geral, os insetos podem ser considerados uma boa fonte de proteína, vitaminas e energia (RAMOS-ELORDUY et al., 1997). Esses autores analisaram várias espécies de insetos para alimentação humana e concluíram que, em geral, os teores de proteína dos insetos variam de 40% a 70%, sendo uma proteína com boa biodisponibilidade e rica em aminoácidos (SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014), com conteúdo proteico semelhante ao da carne bovina utilizada na formulação de rações. A maioria dos insetos converte com eficiência a proteína proveniente das plantas que consome, em proteínas para a composição dos seus tecidos (HOUSE, 1962). DeFoliart (1992) estimou a conversão alimentar em grilos e concluiu que a mesma é cinco vezes mais eficiente que conversão alienar de bovinos.

Os primeiros estudos nutricionais avaliando a inclusão de insetos foram realizados em peixes, na região da Ásia e África (BANJO; LAWAL; SONGONUGA, 2006; KITSIA, 1989), onde farinhas de peixe disponíveis são, muitas vezes, de má qualidade e com teor proteico inferior aos de insetos (HEUZÉ; TRAN, 2013). Durante a última década, o interesse pela utilização dos insetos na aquicultura tem aumentado, por seu custo competitivo e sustentabilidade, em relação à farinha e ao óleo de peixe (ESPE et al., 2006; GATLIN et al., 2007; HARDY, 2002). O uso de insetos como fonte proteica também é vantajoso quando

comparado à soja e outras plantas ricas em proteínas e lipídeos, pois as mesmas contêm fatores antinutricionais que podem levar a processos inflamatórios no trato gastrointestinal (COLLINS, 2014; MERRIFIELD et al., 2011; TACON, 1993).

O interesse do uso de insetos na alimentação animal não é limitada apenas aos continentes asiático e africano. Produtores de insetos de alguns países europeus estão se organizando em associações de criadores, por exemplo, a VENIK - Associação de Criadores de Insetos da Holanda, a fim de aumentar o interesse no uso de insetos nas dietas animais. Com o contínuo aumento nos preços da farinha de peixe, chegando ao custo de US\$ 2,40/tonelada (FAO, 2013), o preço das farinhas de insetos oriundas de produção em grande escala, pode se tornar competitivo muito rapidamente (DREW et al., 2014). A produção de insetos, quando comparada a plantações de cereais para formulação de rações, tem uma produção 50% superior à produção de cereais por hectare, ou seja, um hectare de cereal produz menos de uma tonelada de proteína; já, em um hectare de criação de insetos, pode-se produzir cento e cinquenta toneladas de proteína (DOSSEY; MORALES-RAMOS; ROJAS, 2016).

Pesquisas realizadas por Van Huis (2013) estimam que os insetos são ricos em aminoácidos, lipídeos, vitaminas e minerais, além de proporcionarem uma pequena pegada ecológica, uma vez que sua criação não requer terras aráveis e apresenta baixa necessidade de energia e água (OONINCX; BOER, 2012). Outra vantagem para o uso de insetos na fabricação de rações é a sua atividade antifúngica, com uma maior quantidade de peptídeos antibacterianos, como *Lepidoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Coleoptera*, *Trichoptera*, *Hemiptera* e *Odonata* (RAVI; JEYASHREE; DEVI, 2011), que podem aumentar a vida de prateleira das rações (ZHAO; LU; TANG, 2010).

Adicionalmente, é importante destacar que farinhas de origem vegetal, mesmo apresentando altos níveis protéicos, geralmente não possuem certos nutrientes que uma farinha de origem animal possui, como, por exemplo, a taurina, um aminoácido necessário e benéfico para a nutrição de animais de estimação, particularmente felinos (AKSNES et al., 2008; KOUSOULAKI et al., 2009; PINTO et al., 2013). Por outro lado, muitos insetos como gafanhotos, moscas domésticas, bicho-da-seda e baratas, contêm consideráveis níveis de taurina (até 26 $\mu\text{mol/g}$ de inseto) (CLARK; BALL, 1952; WHITTON et al., 1995).

Com relação aos macro elementos minerais, como potássio, cálcio, ferro, magnésio, zinco e selênio, destaca-se que todos estão presentes em insetos (DEFOLIART, 1992; FINKE, 2013). No entanto, os níveis de Ca e P são geralmente inferiores aos de farinha de peixe

(MAKKAR et al., 2014) e esse perfil pode variar de acordo com a dieta consumida pelo inseto (RAMOS-ELORDUY et al., 2002).

Quanto à quitina, supõe-se que animais monogástricos não possam digerir esse nutriente, pela ausência e/ou baixa eficiência da quitinase (RUST, 2002). Estudos utilizando farinha de insetos em dietas para peixes, demonstraram redução no crescimento dos animais e na digestibilidade de proteínas e lipídeos; resultados possivelmente associados à presença de quitina (ALEGBELEYE et al., 2012; KÖPRÜCÜ; ÖZDEMİR, 2005; LINDSAY et al., 1984). Os autores citam que essa relação ainda não foi comprovada e, com isso, outros estudos precisam ser realizados para analisar os efeitos da quitina sobre a digestibilidade dos nutrientes.

Os insetos podem variar quanto ao teor de gordura e energia; os lipídeos variam em torno de 7 a 77 g/100g de matéria seca (MS) e a energia pode variar de 293 kcal a 762 kcal/100g MS (RAMOS-ELORDUY et al., 1997). De acordo com DeFoliart (1992), alguns insetos podem apresentar maiores teores de ácidos graxos essenciais (ácido linoleico e/ou linolênico), em comparação com a carne bovina.

Um estudo realizado por Bosch, Vervoort e Hendriks (2016) determinou a digestibilidade de farinhas de insetos *in vitro* utilizando inóculo fecal canino. Neste estudo a farinha de pupas de mosca soldado (*Hermetia illucens*) apresentou uma menor digestibilidade da matéria orgânica (96,6%) em comparação às farinhas de larva de tenébrio molitor (98,7%) e de grilo (96,3%). Já a farinha de grilo apresentou maior digestibilidade de proteína bruta (93%) em comparação às demais farinhas testadas, como a farinha de pupas de mosca soldado e farinha de larva de tenébrio molitor (82% e 88%, respectivamente). Os autores citam também que existe uma escassez de dados sobre a digestibilidade de espécies de insetos na literatura, o que torna importante mais pesquisas na área, especialmente em nutrição de animais de estimação.

Os insetos da família Isoptera (térmitas e macrotermes) são ricos em proteínas (37 a 49%) e lipídeos (30%), porém pobres em minerais (SOGBESAN; UGWUMBA, 2008). Os autores verificaram que a utilização de térmita, na dieta de bagres promoveu uma melhor palatabilidade, uma vez que uma inclusão de 15% na dieta produziu maior desempenho, o que foi ocasionado, supostamente, pelo maior consumo desta farinha. Os tenébrios são outra potencial fonte de farinha de insetos, entretanto somente suas larvas são utilizadas para este fim, já que os insetos adultos apresentam elevada quantidade de quinonas, compostos orgânicos que podem apresentar efeitos tóxicos e deletérios ao organismo, envolvendo processos inflamatórios e danos genéticos (VALDERRAMA et al., 2008). Contudo, os

tenébrios, durante a fase larval, apresentam alta qualidade de proteína e lipídeos e, também, baixo conteúdo de matéria mineral (MAKKAR et al., 2014). Pesquisas realizadas por Gasco et al. (2014) em truta arco-íris, com inclusão de 50% de farinha de larva de tenébrio, indicam que esta farinha não afetou o crescimento dos peixes, quando comparada à de peixe na dieta, demonstrando que sua substituição pode ser eficaz na aquicultura.

Estudos realizados por Alegbeleye et al. (2012) determinaram que o crescimento em peixe-gato aumentou com a inclusão de 13% de farinha de gafanhoto na dieta, fato que pode ser atribuído ao perfil de ácidos graxos da farinha, que é semelhante às necessidades da espécie de peixe estudada. Ramos-Elorduy et al. (1997) assinalaram a digestibilidade de espécies de insetos comestíveis em humanos e obtiveram resultados de digestibilidade variáveis entre 77,9% a 98,9% para a matéria orgânica e de 45% a 66,9% para a proteína. Peixes carnívoros (truta arco-íris) e codornas japonesas, alimentados com rações contendo farinha de grilo em substituição de até 50% da farinha de peixe nas dietas, apresentaram melhor desempenho para crescimento e maior produção de ovos, respectivamente (VAN HUIS, 2013). Em síntese, o estudo da inclusão de farinhas de insetos na nutrição animal ainda é incipiente e poucos dados estão disponíveis na literatura. A grande variedade de insetos potencialmente promissores para a criação sustentável, além da diminuição da disponibilidade de farinhas de origem animal e vegetal em um futuro próximo, gera uma grande demanda por pesquisas nessa área.

2.2 Importância da proteína na alimentação de cães e gatos

Cães e gatos pertencem à ordem Carnívora, entretanto existem diferenças fundamentais entre eles quanto aos hábitos alimentares, morfologia do trato digestório e necessidades nutricionais. Os gatos domésticos (*Felis catus*) desenvolveram, evolutivamente, adaptações anatômicas e fisiológicas, metabólicas e comportamentais únicas, coerentes com a alta ingestão proteica (estritamente carnívora) (KIRK; DEBRAEKELEER; ARMSTRONG, 2000). O gato possui exigências nutricionais de um carnívoro, que são supridas por uma dieta rica em proteína animal (HORA; HAGIWARA, 2010), já, os cães, podem ser considerados onívoros por sua capacidade digestiva e hábitos alimentares flexíveis quanto à dieta (MORRIS, 2001). Dessa forma, torna-se fundamental o conhecimento do valor nutricional dos ingredientes para traçar formulações de dietas balanceadas para ambas as espécies, porém de formas distintas.

As exigências de proteína de cães e gatos são, normalmente, avaliadas em estudos do balanço nitrogenado, com base na diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio pelo organismo (KENDALL; BLAZA; HOLME, 1982). Embora esse método seja amplamente aceito para avaliação nutricional e para determinação das exigências proteicas, ele não determina o quanto é utilizado na síntese proteica, na oxidação e em outras funções (HUMBERT et al., 2001). A determinação das necessidades de aminoácidos para cães e gatos é uma tarefa difícil em virtude do grande número de fatores que podem influenciar a necessidade desse nutriente em um animal (CASE et al., 2010).

A proteína é um nutriente básico aos animais por várias razões: fonte de aminoácidos essenciais, aporte de nitrogênio para a síntese de aminoácidos não essenciais e outros produtos que contenham nitrogênio (purinas e pirimidinas). Cães e gatos são exigentes quanto à qualidade e quantidade das proteínas utilizadas nas dietas e, para que esses animais tenham eficiência na utilização da proteína do alimento, alguns fatores são fundamentais, tais como o teor de proteína, a biodisponibilidade e a composição e perfil de aminoácidos (CASE et al., 2010). Proteínas presentes nas dietas desempenham importantes funções como, por exemplo, disponibilizar aminoácidos essenciais que serão utilizados na síntese de proteína para o crescimento e reparação dos tecidos (CASE et al., 2010). A capacidade de cães e gatos em utilizar essa proteína da dieta como fonte de aminoácidos e nitrogênio é afetada tanto pela digestibilidade de nitrogênio, conteúdo de aminoácidos e valor biológico (CASE et al., 2010).

A função primária da proteína para cães e gatos é estrutural, isto é, deposição tecidual. Elas são fundamentais para o desenvolvimento dos filhotes, reprodução, lactação e qualidade dos músculos e pelos em animais adultos e participam na formação de vários compostos importantes no metabolismo normal dos animais (BORGES; FERREIRA, 2004). Estudos realizados por Laflamme e Hannah (2013) mostraram que gatos alimentados com dietas pobres em proteína têm um balanço de nitrogênio negativo e, com isso, apresentam uma perda de tecido muscular, aumentando o risco de transtornos renais e alta incidência de óbitos .

Felinos apresentam maior exigência de proteína dos que os cães, possivelmente pela alta exigência de nitrogênio para manutenção de seu metabolismo (MACDONALD; ROGERS; MORRIS, 1984). Aproximadamente 60% das necessidades proteicas dos gatos em crescimento são utilizadas para manutenção e somente 40% para o crescimento (ROGERS; MORRIS, 1980), diferente de cães que exigem em torno de 33% das necessidades proteicas para manutenção metabólica e 67% para o crescimento (NRC, 2006). Além disso, as altas necessidades proteicas em gatos são devido ao fato de suas enzimas hepáticas (responsáveis pelo catabolismo do nitrogênio) não se adaptarem às mudanças de ingestão de proteína. Em

resumo, a única alternativa metabólica para assegurar uma conservação adequada dos depósitos proteicos do organismo de felinos depende do consumo constante de uma dieta com níveis ideais de proteína (LAFLAMME; HANNAH, 2013). Por outro lado, um aumento excessivo de proteína na dieta provoca maior gasto energético para a eliminação desse excesso proteico, desviando a energia necessária para a síntese.

Já, em cães, a controvérsia nas necessidades proteicas está na capacidade em metabolizar o excesso de proteína presente na dieta. Slauson e Lewis (1979) sugerem que excesso crônico de proteína dietética pode causar glomerulosclerose e um envelhecimento prematuro da função renal em cães adultos saudáveis, pela sobrecarga dos rins em eliminar nitrogênio, enquanto Bovée e Kronfeld (1981) citam que aumento no aporte proteico proporciona maior resistência à infecção experimental.

Quanto aos alimentos proteicos utilizados na formulação de rações para animais de estimação, tanto de origem animal ou vegetal, observa-se uma alta variabilidade na composição nutricional, digestibilidade, perfil aminoacídico e valor biológico (CHURCH; POND, 1977). Em conjunto, o aumento na demanda por ingredientes proteicos disponíveis, tanto para alimentação humana como para *pet food*, propicia o estudo de farinhas de insetos como uma nova e alternativa fonte proteica para nutrição de cães e gatos (RAMOS-ELORDUY et al., 2002).

2.3 Fatores que influenciam a qualidade da proteína dietética em cães e gatos

“Valor biológico” pode ser definido como a proporção de proteína de um alimento ou ingrediente que é absorvida e utilizada pelo organismo em relação à quantidade proteica total ingerida. Isto porque as necessidades dietéticas de proteína são determinadas pela habilidade desta em satisfazer as exigências metabólicas em aminoácidos e nitrogênio. Quanto mais estreita for a relação entre o perfil de aminoácidos suplementados pelo alimento e as necessidades do animal (perfil corporal) maior será o valor biológico do alimento e menor será a porcentagem de proteína requerida na dieta. A eficiência nutricional de uma proteína é resultante de dois processos: a utilização digestiva e a utilização metabólica. O organismo utiliza em graus diversos a proteína que ingere, assimilando o que lhe é conveniente e rejeitando o resto. O valor biológico de uma proteína expressa sua taxa de utilização anabólica e traduz sua cobertura às necessidades protéicas, isto é, quanto o valor biológico de uma proteína é elevado, menos proteína se gasta para cobrir as necessidades protéicas do cão adulto e a protogênese do cão jovem em crescimento (BORGES & FERREIRA, 2004).

De maneira geral, as proteínas animais possuem maior valor biológico que as proteínas vegetais por atender melhor às exigências de cães e gatos, devido a seu perfil de aminoácidos ser mais próximo dos perfis aminoacídicos estabelecidos para estes animais. De acordo com Carciofi (2002), os ingredientes proteicos oneram o custo das formulações das rações, especialmente quando se consideram aspectos de digestibilidade e equilíbrio de aminoácidos dos ingredientes, pois, além do aspecto quantitativo, deve-se levar em conta a qualidade das proteínas.

Comparando-se os ingredientes proteicos de origem animal e vegetal, subprodutos desidratados de origem de abatedouros, apesar de amplamente utilizados em formulações para gatos e cães, apresentam em sua composição, quantidades significativas de materiais de baixa biodisponibilidade, como, por exemplo, tecido conectivo, gerando uma grande variabilidade na composição e digestibilidade dessas matérias-primas. Já as fontes proteicas vegetais, por outro lado, apresentam composição mais uniforme, com menor variação entre partidas e fornecedores (CARCIOFI et al., 2009). A composição química dos ingredientes proteico, também pode ser modificada de acordo com a sua origem (animal ou vegetal), e esses fatores alteram a digestibilidade do alimento fornecido (BEDNAR et al., 2000; CARCIOFI et al., 2009). Além do mais, fatores de processamento também podem alterar a digestibilidade da proteína (CONWAY, 1994). Assim, grandes diferenças encontradas nos resultados obtidos em experimentos de digestibilidade proteica de farinhas de origem animal em cães e gatos, sejam, em parte, justificadas por larga variação em composição, além de variações no processamento desses ingredientes. A farinha de carne e ossos, por exemplo, pode apresentar diferentes inclusões de carne, ossos, couro e pelos; já a farinha de vísceras de frango pode apresentar diferentes proporções de cabeça, pescoço, pés e dorso (CARCIOFI, 2002), o que altera significativamente a biodisponibilidade e qualidade destes ingredientes.

Além do citado, estudos demonstram o efeito negativo da temperatura elevada, durante o processamento de proteína animal, sobre a digestibilidade de aminoácidos para animais de produção, tornando-os indisponíveis (JOHNS; LOW; JAMES, 1986; WANG; PARSONS, 1998). Do mesmo modo, Johnson et al. (1998) verificaram menor coeficiente de digestibilidade de aminoácidos totais em dietas para cães contendo farinha de carne e ossos, processada a 143°C, em relação àquela processada a 129°C. Este achado foi justificado por uma possível reação de Maillard (reação entre açúcar redutor e aminoácidos) mais exacerbada nos processamentos com temperaturas mais elevadas, o que ocasionou uma diminuição da biodisponibilidade dos aminoácidos.

Hendriks et al. (1999), avaliando o efeito do tratamento térmico em alimentos úmidos para felinos com, aproximadamente, 60% de derivados cárneos, por meio da determinação dos coeficientes de digestibilidade de aminoácidos, constataram que quanto maior o tempo no qual os alimentos foram submetidos a 121°C, menor foi a digestibilidade dos aminoácidos. Além do mais, os diferentes aminoácidos foram afetados também de forma diferente ao tempo de exposição às altas temperaturas, sendo que o ácido aspártico foi o aminoácido mais afetado, com digestibilidade reduzida de 78,3% para 40,2% após 24 minutos a 121°C.

A quantidade total de proteína adicionada na dieta para satisfazer as necessidades nutricionais do animal é inversamente relacionada ao conteúdo, qualidade proteica e biodisponibilidade de aminoácidos; ou seja, à medida que aumenta-se a biodisponibilidade e a qualidade das proteínas, diminui-se a quantidade de proteínas a ser incluída na dieta.

Até o momento, poucas informações estão disponíveis na literatura sobre a digestibilidade de diferentes farinhas de insetos na nutrição animal. A maioria dos estudos encontrados são em aves poedeiras ou em peixes. Hwangbo et al. (2009) avaliaram uma dieta composta por 300g/kg de larvas de mosca doméstica por um período de sete dias, em frangos de corte com quatro semanas de idade, e observaram que o coeficiente de digestibilidade de proteína bruta da dieta foi elevado (98%). Pretorius (2011) relatou que a farinha de pupa de moscas foi mais digestível que a farinha de larvas deste mesmo inseto para frangos de corte, já que foram encontrados os valores de 79% e 69% de digestibilidade da proteína bruta, na farinha de pupas e larvas, respectivamente. Newton et al. (2005), em estudo realizado com suínos, concluíram que a digestibilidade de dietas contendo farinha de mosca soldado negro foi maior que das dietas à base de farelo de soja, resultados possivelmente determinado pelo alto valor biológico das primeiras. Em outro estudo realizado por Schiavone et al. (2014) encontrou-se que, em galinhas poedeiras, a substituição da dieta comum com 25% da proteína por farinha de tenébrio molitor era adequada, tendo em vista que a qualidade da proteína da farinha de tenébrio foi semelhante à de farinha de soja, exceto pelo menor teor de metionina presente na farinha de tenébrio, que ficou aquém das necessidades de aves poedeiras. Por outro lado, sabe-se que a deficiência de aminoácidos específicos pode ser corrigida na dieta dos insetos que serão utilizados como farinhas na alimentação animal (MAKKAR et al., 2014), o que contornaria, em parte, este problema.

De modo geral, existem várias vantagens relacionadas à produção de insetos como ingredientes para nutrição de animais de estimação, a saber: 1. maleabilidade no controle da composição nutricional dos insetos, uma vez que os mesmos podem ser criados utilizando-se uma variedade ampla de alimentos e ingredientes; 2. os alimentos e substratos utilizados na

criação de insetos são, geralmente, subprodutos de baixo valor nutricional e custo, favorecendo um sistema de produção sustentável e sem competição direta à nutrição humana;

3. insetos podem ser criados em pequenas áreas, em alta densidade e com curto ciclo de produção, comparados a fontes dietéticas proteicas tradicionalmente usadas na nutrição animal.

2.4 Saúde intestinal

O conceito de saúde intestinal bastante complexo; de acordo com Conway (1994), esse conceito inclui ao menos três componentes principais: a dieta, a mucosa intestinal e a microbiota intestinal. A morfologia da mucosa intestinal muda principalmente de acordo com a dieta, e essas mudanças podem modificar a fisiologia do intestino, influenciando a absorção intestinal e metabolização dos nutrientes, bem como sua capacidade de proteger o organismo do hospedeiro, a partir de mecanismos imunológicos específicos.

Os intestinos de cães e gatos apresentam um padrão de colonização microbiano semelhantes aos de outros mamíferos; ao nascimento o tubo digestível é estéril, sendo rapidamente colonizado por bactérias presentes no ambiente e, principalmente, obtidas pelo contato materno. O processo de colonização ocorre com mudanças sucessivas na composição das populações, de acordo com a idade, estado de saúde, dieta e ambiente (FAHEY; BARRY; SWANSON, 2008). A microbiota intestinal autóctone cumpre um papel importante na metabolização dos nutrientes e representa uma barreira de defesa natural contra os patógenos invasores, controle das concentrações de oxigênio, pH e produção de substâncias antimicrobianas (NRC, 2006).

A microbiota intestinal é um importante modulador do sistema imune em mamíferos (SUCHODOLSKI, 2011). As alterações que ocorrem na saúde intestinal do animal podem ter uma consequência negativa ou positiva, de acordo com as situações a que o animal é submetido, como a diferentes alimentos, por exemplo. Carboidratos fermentáveis podem ser considerados parte importante da “nutrição” do intestino, representados por alguns tipos de fibra dietética, amido resistente, polissacarídeos não amiláceos (mananoligossacarídeos), frutoligossacarídeos e açúcares não absorvidos. Esses nutrientes alcançam o cólon e tornam-se disponíveis para a fermentação bacteriana, fornecendo matéria orgânica adequada para o intestino grosso (DROCHNER; MEYER, 1991). A fermentação bacteriana desses compostos resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido lático, com consequente redução do pH, o que pode modificar a composição da atividade metabólica da microbiota

intestinal (CAMPBELL; FAHEY, 1997). Os AGCC, principalmente o butirato, são fontes de energia importantes para os colonócitos (NRC, 2006), que auxiliam na absorção de íons e atuam no fluxo sanguíneo intestinal e peristaltismo.

Por outro lado, a fermentação microbiana de aminoácidos não digeridos resulta na produção de diversos compostos de putrefação, como amônia, levando a uma desaminação de aminoácidos, fenóis, indóis (produtos de descarboxilação de aminas aromáticas), ácidos graxos de cadeia ramificada e várias aminas biogênicas, como putrecina, cadaverina, histamina, entre outros. Os catabólitos de origem proteica não só resultam em mau odor das fezes, como também podem ser tóxicos em altas concentrações (KUZMUK et al., 2005).

Pesquisas realizadas em humanos e ratos relatam que existe uma associação entre a microbiota intestinal e doenças como diabetes e obesidade; indivíduos obesos apresentavam uma maior proporção de *Firmicutes* e indivíduos magros, uma menor proporção de *Bacteroidetes* (DURAN-PINEDO; FRIAS-LOPEZ, 2015; HARTSTRA et al., 2015; HE; SHAN; SONG, 2015). Com base nisso, nos últimos seis anos, uma grande parte da pesquisa na nutrição de animais de estimação concentrou-se na compreensão do papel da dieta na composição da microbiota fecal (DENG; SWANSON, 2015). Foram observadas por Perez-Camargo (2004) e Teshima et al. (2010), em gatos idosos, alterações na função do trato gastrointestinal diretamente relacionadas à diminuição da digestibilidade de proteína, gordura, amido e energia.

As principais fontes de nutrientes para a mucosa intestinal são os compostos presentes no lúmen, pois estes advêm de ingredientes da dieta, perdas endógenas ou são absorvidos e liberados no organismo pela microbiota intestinal (TESHIMA et al., 2010). Como exemplo, os AGCC produzidos pela microbiota (ácido acético, propiônico e butírico) são prontamente absorvidos pelos enterócitos e entram na corrente sanguínea, sendo o ácido butírico a principal fonte de energia para os colonócitos e importante regulador do crescimento e diferenciação celular (NRC, 2006). Adicionalmente, em estudo realizado por Šket et al. (2017), verificou-se o rastreamento metagenômico em cães e gatos e observou-se que esses animais possuem uma rota metabólica diferente associada à produção de butirato. O butirato se destaca por ter sido apontado como o AGCC responsável por mudanças fisiológicas como capacidade de reverter alterações neoplásicas, efeitos nutritivos exercidos no epitélio do cólon e indução de apoptose em células danificadas.

Ao longo dos anos, estudos foram publicados caracterizando a filogenia da microbiota do trato gastrointestinal e fecal em humanos e animais. Belenguer et al. (2006) observaram, em culturas de *Bifidobacterium adolescentis* em humanos, uma produção de butirato pelo

metabolismo cruzado com cepas de *Eubacterium hallii*, em que o ácido láctico formado pela *Bifidobacterium* foi convertido em acetil-CoA, via para síntese do ácido acético, o qual, por sua vez, é precursor do ácido butírico. Estudos realizados por Zentek et al. (2003) comprovaram os efeitos dos carboidratos fermentáveis e a ingestão de proteínas sobre a microbiota intestinal, resultando em crescimento de bactérias indesejáveis como *Clostridium perfringens* e uma tendência a reduzir as contagens de bifidobactérias. Os autores atribuem esse efeito à utilização de proteínas de baixo valor biológico na dieta, diminuindo a digestibilidade dos aminoácidos por hidrólise enzimática no trato digestório proximal e resultando em possível fermentação proteica no cólon.

Os recentes avanços na tecnologia do sequenciamento de DNA e aplicação de tecnologias “omic” nos sistemas biológicos permitem melhor caracterização filogenética do microbioma intestinal (HOODA et al., 2012) em cães e gatos. Atestam-se, atualmente, as principais funções da microbiota intestinal em cães e gatos, descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Funções da microbiota intestinal de cães e gatos.

Atividade Microbiana	Produto	Bactérias
Descarboxilação e desaminação de aminoácidos	Amônia	<i>Clostridium</i> spp., <i>Peptostreptococcus</i> spp., <i>Peptococcus</i> spp.
Desconjugação e desidroxilação de ácidos biliares	Ácidos biliares secundários (colato/desoxicolato)	<i>Clostridium hiranonis</i> , <i>Lactobacillus</i> spp.,
Síntese de vitaminas	Vitamina K2, B12, biotina e ácido fólico	<i>Enterococcus</i> spp., <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Sphingomonas</i> spp., <i>Lactobacillus</i> spp.
Fermentação dos carboidratos	Ácido láctico, propiônico, acético e butírico	<i>Clostridium cluster XIVa</i> , <i>Prevotella</i> spp., <i>Faecalibacterium</i> spp., <i>Bifidobacterium</i> spp.
Fermentação de aminoácidos	Hidrogênio, metano, aminas, fenóis, indóis, amônia, ácidos orgânicos e sulfito de hidrogênio	Bactérias redutoras de sulfato, <i>Desulfovibrio</i> spp., <i>Clostridium</i> spp., <i>Peptostreptococcus</i> spp.
Degradação de oxalato	Metanoato e CO ₂	<i>Oxalobacter formigenes</i>
Degradação de inulina e amido	Ácido láctico	<i>Bifidobacterium</i> spp.
Metabolismo de H ₂ , álcoois e ácido acético	Metano e CO ₂	Metanobactérias

Fonte: Da autora (2017)

A população microbiana do trato gastrintestinal de cães e gatos é caracterizada por uma alta densidade populacional, existindo entre elas grande complexidade de interações dentro do seu ecossistema, atualmente, considerado um sistema de renovação rápida que desempenha um papel vital nas funções nutricionais, fisiológicas e imunológicas nos animais (MACKIE; WHITE; ISAACSON, 1997). Ao comparar a microbiota intestinal entre cães e gatos, Handl et al. (2011) observaram que ambos possuem maior prevalência do filo *Firmicutes* (*Clostridium* spp. e *Lactobacillus* spp.; 95,3% nos cães e 92,1% nos gatos). Porém, em cães, o segundo filo predominante foi o *Bacteroidetes* (2,3%), enquanto em gatos foram as *Actinobacterias* (7,3%). Essa composição da microbiota intestinal pode ser influenciada por fatores exógenos, como a dieta e até mesmo fatores individuais, como genética do animal e imunidade (BARRY et al., 2010; MIDDELBOSS et al., 2010; SIMPSON et al., 2002).

Foram observadas diferenças na população microbiana do trato intestinal de gatos, quando testadas diferentes concentrações de carboidratos (BERMINGHAM et al., 2011),

proteínas (HOODA et al., 2012; LUBBS et al., 2009; VESTER et al., 2009) e fontes de fibras (BARRY et al., 2010; MIDDELBOS et al., 2010) na dieta. Bermingham et al. (2011) avaliaram a população microbiana fecal de gatos alimentados com dieta seca ou úmida e observaram que uma alteração em curto prazo na dieta pode modificar a população bacteriana nas fezes. Gatos alimentados com a dieta seca (contendo maior quantidade de carboidrato – 33% de proteína bruta e 46% de carboidrato na matéria seca) apresentaram maior abundância de Actinobacteria e menor abundância de Fusobacteria e Proteobacteria, quando comparados aos animais que receberam dieta úmida (42% de proteína bruta e 5% de carboidrato na matéria seca).

Em estudo realizado por Hooda et al. (2012), os autores utilizaram 16S rRNA pyrosequencing-454 para avaliar os efeitos da proporção de proteína:carboidrato da dieta sobre a microbiota intestinal em gatos filhotes (8 a 16 semanas de idade). Foi observada maior abundância de Actinobacteria e menor quantidade de Fusobacteria nos animais alimentados com dieta moderada em proteína e carboidrato, quando comparados aos animais que receberam a dieta com alta proteína e pobre em carboidratos. Middelbos et al. (2010) investigaram os efeitos da inclusão de 7,5% de polpa de beterraba na população microbiana intestinal em cães, utilizando 16S rRNA gene amplicon-based 454-pyrosequencing, observando que a inclusão de fibra diminuiu a proporção de Fusobacteria e aumentou a de Firmicutes, quando comparada a 0% de inclusão da fonte de fibra. Barry et al. (2010) analisaram os efeitos de dietas para gatos saudáveis, contendo 4% de fruto-oligossacarídeos (FOS), 4% de pectina e 4% de celulose. A dieta contendo FOS aumentou a quantidade de Actinobacteria e a dieta contendo pectina aumentou a quantidade de Firmicutes e contagem de bactérias totais.

O surgimento de distúrbios metabólicos intestinais em humanos gerou um interesse maior nos estudos sobre a microbiota intestinal. Alterações fisiológicas e metabólicas do trato gastrointestinal foram associados, não apenas ao câncer de cólon (FLINT et al., 2007) e à doença intestinal inflamatória (FRISWELL; CAMPBELL; RHODES, 2010), mas também a doenças metabólicas complexas, como a obesidade (LEY et al., 2005; TURNBAUGH et al., 2008). Do mesmo modo, em cães, a microbiota intestinal tem sido associada à doença intestinal inflamatória (SUCHODOLSKI et al., 2010) e à diarreia crônica (BELL et al., 2008; JIA et al., 2009), havendo necessidade de pesquisas na saúde intestinal sempre que um novo ingrediente passa a ser utilizado na nutrição desses animais.

Além disso, o estudo mais detalhado do microbioma do sistema digestório de animais de estimação facilita o entendimento da função desse ecossistema, para manutenção e manejo

da saúde de cães e gatos, mas também para o desenvolvimento de estratégias de prevenção a doenças crônicas ou nutrição terapêutica desses animais. Sendo assim, a avaliação da microbiota fecal, diretamente ligada à utilização de farinha de insetos em cães e gatos, é fundamental, uma vez que a nutrição *pet* objetiva não apenas o fornecimento de uma dieta completa e balanceada, assim como uma nutrição que propicie a saúde e bem-estar desses animais.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude da necessidade de estudos para fontes de proteína inovadoras e/ou alternativas, da importância proteica para cães e gatos e a da grande visibilidade atual para a saúde intestinal dos mesmos, pesquisas devem ser conduzidas para viabilizar a utilização de diferentes fontes de proteína na alimentação destes animais, bem como os efeitos desses novos ingredientes, tanto na digestibilidade dos nutrientes, quanto na saúde intestinal de animais de estimação.

REFERÊNCIAS

- AKSNES, A. et al. The effect of dietary hydroxyproline supplementation on salmon (*Salmo salar* L.) fed high plant protein diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 275, n. 1/4, p. 242-249, Mar. 2008.
- ALEGBELEYE, W. O. et al. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 412-420, Feb. 2012.
- BANJO, A.; LAWAL, O.; SONGONUGA, E. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 5, n. 3, p. 298-301, Feb. 2006.
- BARRY, K. et al. Dietary cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 9, p. 2978-2987, Sept. 2010.
- BEDNAR, G. et al. Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristics of ileally cannulated dogs. **Archives of Animal Nutrition**, Abingdon, v. 53, n. 2, p. 127-140, 2000.
- BELONGUER, A. et al. Two routes of metabolic cross-feeding between *Bifidobacterium adolescentis* and butyrate-producing anaerobes from the human gut. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 72, n. 5, p. 3593-3599, May 2006.
- BELL, J. A. et al. Ecological characterization of the colonic microbiota of normal and diarrheic dogs. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, Cairo, v. 2008, p. 1-17, Nov. 2008.
- BERMINGHAM, E. N. et al. Five-week dietary exposure to dry diets alters the faecal bacterial populations in the domestic cat (*Felis catus*). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 106, p. 49-52, Oct. 2011. Supplement.
- BORGES, F. M. O.; FERREIRA, W. M. **Princípios nutritivos e exigências nutricionais de cães e gatos: parte I** Energia, proteína, carboidratos e lipídeos. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2004. 108 p.
- BOSCH, G.; VERVOORT, J.; HENDRIKS, W. In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 221, p. 174-184, Nov. 2016.
- BOVÉE, K.; KRONFELD, D. Reduction of renal hemodynamics in uremic dogs fed reduced protein diets. **The Journal of the American Animal Hospital Association**, South Bend, n. 17, p. 277-285, 1981.
- CAMPBELL, J. M.; FAHEY, G. C. Psyllium and methylcellulose fermentation properties in relation to insoluble and soluble fiber standards. **Nutrition Research**, New York, v. 17, n. 4, p. 619-629, Apr. 1997.

- CARCIOFI, A. C. et al. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Ondina, v. 10, n. 2, p. 489-500, 2009.
- CARCIOFI, A. Proteína na alimentação de cães e gato. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2., 2002, Campinas. Anais... Campinas: [s.n.], 2002. p. 31-44.
- CASE, L. P. et al. **Canine and feline Nutrition-E-Book**: a resource for companion animal professionals. 3. ed. Amsterdam: Mosby Elsevier, 2010. 577 p.
- CHURCH, D. C.; POND, W. G. **Basic animal nutrition and feeding**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 459 p.
- CLARK, E. W.; BALL, G. H. The free amino acids in the whole bodies of culicid mosquitoes. **Experimental Parasitology**, Orlando, v. 1, n. 4, p. 339-346, Nov. 1952.
- COLLINS, S. **Antinutritional factors in modeling plant-based rainbow trout diets**. 2014. 215 p. Thesis (Doctorate of Philosophy) - University of Saskatchewan, Saskatoon, 2014.
- CONWAY, P. Function and regulation of the gastrointestinal microbiota of the pig. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY ON PIGS, 6, 1994, Bad Doberan. **Proceedings...** Bad Doberan: [s.n.], 1994. p. 231-231.
- DEFOLIART, G. R. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. **Crop Protection**, Guildford, v. 11, n. 5, p. 395-399, Oct. 1992.
- DENG, P.; SWANSON, K. Companion animals symposium: future aspects and perceptions of companion animal nutrition and sustainability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 3, p. 823-834, Mar. 2015.
- DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. **Insects as sustainable food ingredients**: production, processing and food applications. Oxford: Academic Press, 2016. 402 p.
- DREW, D. et al. Agriprotein: building the world's largest insect rearing protein farm: a history vision. In: CONFERENCE PROCEEDINGS OF INSECTS TO FEED THE WORLD, 2014, David Drew. **Proceedings...** David Drew: [s.n.], p. 60.
- DROCHNER, W.; MEYER, H. Digestion of organic matter in the large intestine of ruminants, horses, pigs and dogs. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition** Germany, v. 65, p. 18-40, 1991.
- DURAN-PINEDO, A. E.; FRIAS-LOPEZ, J. Beyond microbial community composition: functional activities of the oral microbiome in health and disease. **Microbes and Infection**, Paris, v. 17, n. 7, p. 505-516, July 2015.
- ESPE, M. et al. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? **Aquaculture**, Amsterdam, v. 255, n. 1/4, p. 255-262, May 2006.

- FAHEY, G. C. J.; BARRY, K. A.; SWANSON, K. S. Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 28, p. 425-445, 2008.
- FINKE, M. D. Complete nutrient content of four species of feeder insects. **Zoo Biology**, New York, v. 32, n. 1, p. 27-36, Jan./Feb. 2013.
- FLINT, H. J. et al. Interactions and competition within the microbial community of the human colon: links between diet and health. **Environmental Microbiology**, Oxford, v. 9, n. 5, p. 1101-1111, May 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The state of food insecurity in the world: the multiple dimensions of food security**. Rome: FAO, 2013. 56 p.
- FRISWELL, M.; CAMPBELL, B.; RHODES, J. The role of bacteria in the pathogenesis of inflammatory bowel disease. **Gut and Liver**, Seoul, v. 4, n. 3, p. 295-306, Sept. 2010.
- GASCO, L. et al. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: CONFERENCE "INSECTS TO FEED THE WORLD", 1., 2014, The Netherlands. **Proceedings...** The Netherlands: [s.n.], 2014. p. 14-17.
- GATLIN, D. M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n. 6, p. 551-579, Apr. 2007.
- HANDL, S. et al. Massive parallel 16S rRNA gene pyrosequencing reveals highly diverse fecal bacterial and fungal communities in healthy dogs and cats. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 301-310, May 2011.
- HARDY, R. W. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: WEBSTER, C. D.; LIM, C. (Ed.). **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 184-202.
- HARTSTRA, A. V. et al. Insights into the role of the microbiome in obesity and type 2 diabetes. **Diabetes Care**, Alexandria, v. 38, n. 1, p. 159-165, Jan. 2015.
- HE, C.; SHAN, Y.; SONG, W. Targeting gut microbiota as a possible therapy for diabetes. **Nutrition Research**, New York, v. 35, n. 5, p. 361-367, May 2015.
- HENDRIKS, W. et al. Heat processing changes the protein quality of canned cat foods as measured with a rat bioassay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 669-676, Mar. 1999.
- HEUZÉ, V.; TRAN, G. Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets. **Feedipedia**, [S.l.], 2013. Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/198>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- HOODA, S. et al. Current state of knowledge: the canine gastrointestinal microbiome. **Animal Health Research Reviews**, Wallingford, v. 13, n. 1, p. 78-88, June 2012.

- HORA, A. S. D.; HAGIWARA, M. K. A importância dos aminoácidos na nutrição dos gatos domésticos. **Clínica Veterinária**, São Paulo, v. 15, n. 84, p. 30-42, 2010.
- HOUSE, H. Insect nutrition. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 31, n. 1, p. 653-672, 1962.
- HUMBERT, B. et al. Effects of dietary protein restriction and amino acids deficiency on protein metabolism in dogs. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition Germany**, v. 85, n. 7/8, p. 255-262, Aug. 2001.
- HWANGBO, J. et al. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. **Journal of Environmental Biology**, Muzaffarnagar, v. 30, n. 4, p. 609-614, July 2009.
- JIA, J. et al. Investigation of the faecal microbiota associated with canine chronic diarrhoea. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 304-312, Feb. 2009.
- JOHNS, D.; LOW, C.; JAMES, K. Comparison of amino acid digestibility using the ileal digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 27, n. 4, p. 679-685, 1986.
- JOHNSON, M. et al. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1112-1122, Apr. 1998.
- KENDALL, P. T.; BLAZA, S. E.; HOLME, D. W. Assessment of endogenous nitrogen output in adult dogs of contrasting size using a protein-free diet. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 112, n. 7, p. 1281-1286, July 1982.
- KIRK, C. A.; DEBRAEKELEER, J.; ARMSTRONG, P. J. Normal cats. In: Hand, M. S. (Ed.). **Small animal clinical nutrition**. 4. ed. New York: Mark Morris Institute, 2000. p. 291-347.
- KITSA, K. Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai-Occidental. **Zaire-Afrique**, Kinshasa, v. 29, n. 239, p. 511-519, 1989.
- KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 250, n. 1/2, p. 308-316, Nov. 2005.
- KOUSOULAKI, K. et al. The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 289, n. 1/2, p. 74-83, Apr. 2009.
- KUZMUK, K. N. et al. Diet and age affect intestinal morphology and large bowel fermentative end-product concentrations in senior and young adult dogs. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 135, n. 8, p. 1940-1945, Aug. 2005.

LAFLAMME, D. P.; HANNAH, S. S. Discrepancy between use of lean body mass or nitrogen balance to determine protein requirements for adult cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, London, v. 15, n. 8, p. 691-697, Aug. 2013.

LEY, R. E. et al. Obesity alters gut microbial ecology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 102, n. 31, p. 11070-11075, Aug. 2005.

LINDSAY, G. J. et al. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 37, n. 4, p. 315-334, Apr. 1984.

LUBBS, D. et al. Dietary protein concentration affects intestinal microbiota of adult cats: a study using DGGE and qPCR to evaluate differences in microbial populations in the feline gastrointestinal tract. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 93, n. 1, p. 113-121, Feb. 2009.

MACDONALD, M.; ROGERS, Q.; MORRIS, J. Nutrition of the domestic cat, a mammalian carnivore. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 4, p. 521-562, 1984.

MACKIE, R.; WHITE, B.; ISAACSON, R. **Gastrointestinal microbiology: gastrointestinal microbes and host interactions**. New York: Chapman & Hall, 1997. 680 p.

MAKKAR, H. P. S. et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 1-33, Nov. 2014.

MERRIFIELD, D. L. et al. Dietary effect of soybean (*Glycine max*) products on gut histology and microbiota of fish. In: El-Shemy, H. **Soybean and nutrition**. New York: InTech, 2011. p. 231-250.

MIDDELBOS, I. S. et al. Phylogenetic characterization of fecal microbial communities of dogs fed diets with or without supplemental dietary fiber using 454 pyrosequencing. **PLoS One**, San Francisco, v. 5, n. 3, p. e9768, Mar. 2010.

MORRIS, J. Unique nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, California, v. 13, p. 187-194, 2001.

NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academies Press, 2006. 424 p.

NEWTON, G. et al. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. In: SYMPOSIUM ON THE STATE OF THE SCIENCE OF ANIMAL MANURE AND WASTE MANAGEMENT, 2005. **Proceedings...** Washington: [s.n.], 2005. p. 5-7.

OONINCX, D. G.; BOER, I. J. de. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 12, p. e51145, 2012.

PEREZ-CAMARGO, G. Cat nutrition: what is new in the old? **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian**, Yardley, v. 26, n. 2, p. 5-10, 2004.

PINTO, W. et al. Taurine and fish development: insights for the aquaculture industry. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 776, p. 329-334, 2013.

PRETORIUS, Q. **The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production**. 2011. 107 p. Thesis (Master of Science in Agriculture) - Stellenbosch University, Stellenbosch, 2011.

RAMOS-ELORDUY, J. et al. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 10, n. 2, p. 142-157, June 1997.

_____. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 1, p. 214-220, Feb. 2002.

RAVI, C.; JEYASHREE, A.; DEVI, K. R. Antimicrobial peptides from insects: an overview. **Research in Biotechnology**, Vellore, v. 2, n. 5, p. 1-17, 2011.

ROGERS, Q.; MORRIS, J. Why does the cat require a high protein diet? In: ANDERSON, R. S. **Nutrition of the dog and cat**. Oxford; New York: Pergamon Press, 1980. p. 45-66.

RUST, M. B. Nutritional physiology. **Fish Nutrition**, Oxford, v. 3, p. 368-452, 2002.

SÁNCHEZ-MUROS, M.-J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 65, p. 16-27, Feb. 2014.

SCHIAVONE, A. et al. Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. In: CONFERENCE INSECTS TO FEED THE WORLD, ABSTRACT BOOK, 2014, The Netherlands. **Proceedings...** The Netherlands: [s.n.], 2014. p. 84.

SIMPSON, J. et al. Characterization of fecal bacterial populations in canines: effects of age, breed and dietary fiber. **Microbial Ecology**, New York, v. 44, n. 2, p. 186-197, Aug. 2002.

ŠKET, R. et al. Hypoxia and inactivity related physiological changes (constipation, inflammation) are not reflected at the level of gut metabolites and butyrate producing microbial community: the PlanHab study. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 8, p. 250, May 2017.

SLAUSON, D.; LEWIS, R. Comparative pathology of glomerulonephritis in animals. **Veterinary Pathology**, Thousand Oaks, v. 16, n. 2, p. 135-164, Mar. 1979.

SOGBESAN, A.; UGWUMBA, A. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Trabazon, v. 8, n. 1, p. 149-157, 2008.

SUCHODOLSKI, J. S. et al. Molecular analysis of the bacterial microbiota in duodenal biopsies from dogs with idiopathic inflammatory bowel disease. **Veterinary Microbiology**, Amsterdam, v. 142, n. 3/4, p. 394-400, May 2010.

TACON, A. G. J. **Feed ingredients for warmwater fish, fish meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO, 1993. 64 p.

TESHIMA, E. et al. Nutrient digestibility, but not mineral absorption, is age-dependent in cats. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, Germany, v. 94, n. 6, p. e251-258, Dec. 2010.

TURNBAUGH, P. J. et al. Diet-induced obesity is linked to marked but reversible alterations in the mouse distal gut microbiome. **Cell Host & Microbe**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 213-223, Apr. 2008.

VALDERRAMA, J. A. et al. Studies on quinones. Part 44: novel angucyclinone N-heterocyclic analogues endowed with antitumoral activity. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, Oxford, v. 16, n. 24, p. 10172-10181, Dec. 2008.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 58, p. 563-583, Jan. 2013.

VASCONCELLOS, R. Uso de coprodutos na alimentação de cães e gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 2.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 9., 2010, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2010. p. 79.

VESTER, B. M. et al. In utero and postnatal exposure to a high-protein or high-carbohydrate diet leads to differences in adipose tissue mRNA expression and blood metabolites in kittens. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 102, n. 8, p. 1136-1144, Oct. 2009.

WANG, X.; PARSONS, C. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 6, p. 834-841, June 1998.

WHITTON, P. S. et al. Biosynthesis of taurine in tissues of the locust (*Schistocerca americana gregaria*) and the effect of physiological and toxicological stresses on biosynthetic rate of this amino acid. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 83-87, 1995.

ZENTEK, J. et al. Dietary effects on bifidobacteria and *Clostridium perfringens* in the canine intestinal tract. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, Germany, v. 87, n. 11/12, p. 397-407, Dec. 2003.

ZHAO, W.; LU, L.; TANG, Y. Research and application progress of insect antimicrobial peptides on food industry. **International Journal of Food Engineering**, Ghaziabad, v. 6, n. 6, Dec. 2010. Disponível em: < <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400157219>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**ARTIGO 1 – FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA GATOS E SEUS
EFEITOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PARÂMETROS
FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS**

Artigo formatado de acordo com as normas do *Journal of Animal Science*.

1 **FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA GATOS E SEUS EFEITOS SOBRE A**
2 **DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E**
3 **CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS**

4
5
6 **K. G. Lisenko***, **F. M. O. Saad***, **M. R. D. Oliveira***, **T.V. Silva***, **D. V. Costa***, **D. S.**
7 **Dias***, **M. R. Damasceno***, **L. D. Oliveira***, **S. R. S. Júnior***, **M. G. Zangeronimo***, **M. R.**
8 **C. Godoy†²**

9
10 *Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

11 † Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana, 61801, USA

12
13 *Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil*

14
15 ² Autor correspondente:

16 Prof. Dra. Maria Regina Cattai de Godoy

17 Animal Science Laboratory – University of Illinois at Urbana-Champaign

18 1207 W. Gregory Dr., Urbana IL, 61801

19 e-mail: mgodoy2@illinois.edu

20 Fax: +1 217-300-0226

21
22
23 **RESUMO:** No futuro, a indústria de alimentos para animais de estimação deverá,
24 obrigatoriamente, abordar algumas questões quanto à sustentabilidade, ao estudo de
25 recomendações favoráveis ao meio ambiente e a propostas de dietas que estimulem a saúde de
26 cães e gatos. Os insetos possuem hábitos alimentares diferenciados e podem ser criados com
27 subprodutos e resíduos, muitos dos quais causam, atualmente, problemas ambientais, gerando
28 custo econômicos consideráveis para o descarte correto. Objetivou-se avaliar três fontes de
29 farinhas de insetos, com dois níveis de inclusão, quanto à sua digestibilidade aparente da
30 matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e quitina, produção de ácidos
31 graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR), produção de fenol e indol, pH e
32 microbiota fecal, para gatos. O experimento foi realizado no Centro de Estudos em Nutrição
33 de Animais de Companhia do Departamento de Zootecnia da UFLA, por um período de seis
34 meses (agosto-dezembro-2016). Foram utilizados seis gatos adultos sem raça definida,
35 machos e fêmeas, com peso de $3,72 \pm 0,86$ kg para testar dois níveis (7,5 e 15%) de três
36 farinhas de insetos (barata de madagascar, barata cinéria e tenébrio gigante), em delineamento
37 de quadrado latino, oferecidas a seis animais durante seis períodos experimentais, com

38 duração de 15 dias cada. Anteriormente à realização da avaliação das dietas teste, uma dieta
39 sem inclusão da farinha teste (dieta controle) foi oferecida aos mesmos seis animais, durante
40 15 dias, com o propósito de obter valores a serem posteriormente utilizados para cálculos
41 dos valores de energia metabolizável da farinhas de insetos, conforme equações preconizadas
42 por Matterson et al (1965) Nos 10 primeiros dias realizou-se a adaptação dos animais ao
43 alimento e, posteriormente, nos dias 10, 11 e 12 foram coletadas fezes para a digestibilidade
44 da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), quitina (Q) e extrato etéreo
45 em hidrólise ácida (EEHA). Já nos dias 13, 14 e 15, foram realizadas coletas das fezes para
46 análise de pH fecal, produção de AGCC e AGCR, fenol/indol e microbioma intestinal. As
47 variáveis foram analisados pelo procedimento GLM (SAS Inst., NC) e o modelo estatístico
48 incluiu análise de variância global com todos os tratamentos, a fim de se obter quadrado
49 médio e realizar teste de Dunnett a 5%, comparando-se cada tratamento-testemunha a cada um
50 dos demais tratamentos. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para os CDA de MS, MO,
51 PB, EEHA e EMA_{MS} , porém ocorreram diferenças ($P<0,05$) para o CDAQ. Posteriormente,
52 calculou-se a concentração de AGCC e pH nas fezes dos gatos. Ocorreram diferenças
53 ($P<0,05$) na concentração fecal de valerato e 4-metilfenol. Para pH fecal e demais variáveis,
54 não foram encontradas diferenças ($P>0,05$), bem como não foram observadas mudanças na
55 microbiota intestinal dos gatos alimentados com as diferentes dietas contendo farinha de
56 inseto ou a dieta controle. Como conclusão, os dados da microbiota fecal, em combinação
57 com os resultados de produtos fermentativos fecais e parâmetros sanguíneos (índice de saúde
58 sistêmica) de gatos alimentados com dietas à base de farinha de insetos ou dieta controle,
59 forneceram evidências de que essas fontes proteicas e níveis de inclusão testados são
60 adequados e podem ser seguramente incluídos até o nível de 15%, em alimentos para gatos
61 adultos.

62
63

64 **Palavras-chave:** animais de estimação, farinha de inseto, fermentação intestinal, microbiota,
65 sustentabilidade, proteína.

66
67

68 INTRODUÇÃO

69 O contínuo aumento da população humana e de animais de estimação gera uma maior
70 demanda e competição por ingredientes proteicos para nutrição humana e animal (Boland et
71 al., 2013). Dessa forma, existe uma necessidade atual iminente, em encontrar fontes
72 alternativas, principalmente proteicas, a fim de garantir que, no futuro, a produção de
73 alimentos seja suficiente para atender a demanda populacional. Nesse sentido, os insetos
74 apresentam grande potencial, uma vez que possuem hábitos alimentares diferenciados,
75 podendo ser alimentados por diferentes substratos, muitas vezes, subprodutos em um sistema

76 econômico e sustentável. Entretanto, apesar da atual preocupação em identificar ingredientes
77 alternativos, muito pouco tem sido pesquisado sobre as oportunidades da utilização de insetos
78 como fonte de proteína para nutrição pet (Bosch et al., 2014).

79 De acordo com a FAO (2013), dentre as espécies de inseto promissoras para produção
80 industrial de ração animal, destacam-se as larvas de mosca comum, bicho-da-seda, tenébrios,
81 gafanhotos, térmitas e baratas. Na nutrição de cães e gatos, pouco se sabe a respeito da
82 inclusão dessa farinha nas dietas. Neste caso, para que seja viável a utilização desses
83 ingredientes em dietas comerciais, é primordial que se tenha informação detalhada da
84 composição química, digestibilidade de nutrientes, segurança alimentar e seus efeitos
85 funcionais fisiológicos e/ou metabólicos, a exemplo de efeitos na saúde intestinal de cães e
86 gatos, um dos objetos de estudo da presente investigação. Sendo assim, este trabalho foi
87 realizado com o objetivo de avaliar três tipos de farinha de insetos (Barata de Madagascar,
88 Barata Cinéria e Tenébrio Gigante) com níveis de inclusão de 7,5% e 15% em uma ração
89 controle, para avaliar a digestibilidade dos nutrientes, digestibilidade das farinhas,
90 concentração fecal de fenol, indol e ácidos graxos de cadeia curta, como também parâmetros
91 sanguíneos e microbiota fecal de cães e gatos.

92

93

94

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e instalações

96

97

98

99

100

A pesquisa foi conduzida no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC) do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, região Sul do Estado de Minas Gerais, entre agosto e dezembro de 2016. Todo o protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras (protocolo nº 072/16).

101

102

103

104

105

Os animais permaneceram em recintos individuais de arame galvanizado com 50 x 70 x 60 cm (largura x profundidade x altura , respectivamente), com comedouros e bebedouros em quantidade adequada, area de descanso suspensa além de bandejas sanitarias duplas para a separação das fezes e urina.

106

Animais, tratamentos e delineamento experimental

107

108

109

110

Foram utilizados seis gatos adultos, sem raça definida, machos e fêmeas, com peso de $3,72 \pm 0,86$ kg e idade aproximada de 5 anos. Os animais foram desverminados e avaliados clinicamente antes do início do experimento, pesados e aleatoriamente distribuídos nos recintos predeterminados para o experimento.

111

112

113

114

115

116

117

118

O delineamento experimental foi em quadrado latino (6 animais x 6 tratamentos x 6 períodos experimentais) em esquema fatorial 3 x 2 (três tipos de farinha - tenébrio gigante, barata de Madagascar e barata cinéria e dois níveis de inclusão 7,5% e 15%), com seis repetições. O nível de inclusão foi em substituição à uma dieta referência convencional, sem acréscimo de farinha de insetos, previamente avaliada para permitir o cálculo de digestibilidade das farinhas de insetos, segundo metodologia de substituição proposta por Matterson et al (1965). Essa dieta foi composta por dois produtos comerciais previamente misturados, a saber: ração seca extrussada comercial + patê, na proporção de 80% de ração

119 seca e 20% do patê. A composição da dieta nestas proporções foi idealizada para garantir uma
120 alta palatabilidade e uma boa homogeneização quando as farinhas de insetos fossem
121 incorporadas para a elaboração das dietas teste uma vez que, se fosse utilizada somente a
122 ração seca, não seria possível tal homogeneidade. Os níveis de garantia e composição básica
123 desses produtos, segundo indicações dos rótulos, estão descritos na Tabela 1, enquanto a
124 composição bromatológica, segundo análises laboratoriais das farinhas de insetos, estão
125 descritas na Tabela 2.

126 A quantidade de alimento oferecida foi determinada de modo a atender as exigências
127 nutricionais diárias de gatos adultos em manutenção, de acordo com as recomendações do
128 National Research Council (NRC, 2006),, sendo calculada pela fórmula: $110 \text{ kcal} \times \text{PV}^{0,67}$. Os
129 animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8 h e às 17 horas.

130

131 *Procedimento experimental e coleta de amostras*

132 O experimento foi realizado durante 6 períodos consecutivos de 15 dias cada sendo
133 10 dias iniciais para adaptação às dietas experimentais e 5 finais para coleta total de fezes e
134 urina. Nos dias 10, 11 e 12, foram coletadas fezes para determinar coeficientes de
135 digestibilidade aparente dos nutrientes (energia, matéria seca, matéria orgânica, proteína
136 bruta, quitina e extrato etéreo). As fezes foram coletadas 2 vezes ao dia, antes da alimentação.
137 As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados, pesadas e
138 armazenadas em freezer a -20°C , até o final do período de coleta. A consistência fecal foi
139 avaliada por meio de score com graduação de 1 a 5, sendo classificados, segundo Carciofi et
140 al. (2009) como: 1 – fezes pastosas; 2 – fezes macias e malformadas; 3 – fezes macias,
141 formadas e úmidas; 4 – fezes consistentes e 5 – fezes bem formadas, duras e secas. Já nos dias
142 13, 14 e 15, uma amostra fresca de fezes de cada gato foi coletada em um intervalo máximo
143 de 15 minutos entre defecação e coleta, para determinação do pH fecal, matéria seca (MS),

144 concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (acetato, propionato e butirato),
145 valerato e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) (isovalerato e isobutirato) indol, fenol
146 e microbiota fecal. O pH fecal foi determinado em peagâmetro digital de bancada da marca
147 QUIMIS, modelo Q400A (Diadema, São Paulo, Brasil). A MS foi determinada em forno a
148 105°C até obtenção de um peso constante. Alíquotas fecais (2g), para determinação de indol e
149 fenol, foram congeladas em -20°C, e uma alíquota fecal de 5g foi misturada em solução de 2N
150 HCl, em uma razão de 1:1, para determinação de AGCC e AGCR. Além disso, alíquotas de
151 fezes foram congeladas imediatamente em nitrogênio líquido e mantidas a -80°C, para
152 determinação microbiana fecal.

153 A coleta de urina foi realizada concomitantemente à coleta de fezes dos dias 13, 14 e
154 15, utilizando-se, para tal, bandejas coletoras adaptadas nas gaiolas. Para preservar a urina
155 contra ação microbiana, foi adicionado 0,1g de timol às bandejas, durante os períodos de
156 coleta de amostra. O pH urinário foi mensurado às 8 horas, usando o mesmo peagâmetro
157 digital descrito para determinação do pH fecal. A densidade urinária foi determinada por
158 refratômetro portátil, marca Instrutherm, modelo RTP – 20ATC (São Paulo, São Paulo,
159 Brasil). Após três dias de coleta, valores médios do pH e densidade urinários foram
160 calculados para posterior análise estatística dos dados.

161 No 15º dia de cada período experimental, às 8 h, uma amostra de sangue (5 mL) de
162 cada gato foi coletada, via punção venosa cefálica. As amostras de sangue foram enviadas a
163 um laboratório de análises clínicas comercial, situado na cidade de Lavras-MG, para
164 avaliação de ureia, creatinina e hemograma completo.

165

166 *Análises químicas e determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente*

167 As análises bromatológicas dos alimentos e das fezes foram realizadas no Laboratório
168 de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. As análises de matéria seca (MS) (método 934.01),

169 proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método de hidrólise ácida), matéria
 170 mineral (MM) (método 942.05), descritas pela Association of Official Analytical Chemists
 171 (AOAC, 1995) e quitina de acordo com Hornung e Stevenson (1971) e Ma e Zuazaga (1942).

172 O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS foi calculado pela fórmula:

$$173 \text{ CDAMS (\%)} = [(a-b)/a] \times 100$$

174 Em que:

175 a = consumo de alimento na matéria seca

176 b = excreção de fezes na matéria seca

177 O CDA dos demais nutrientes foi calculado pela fórmula:

$$178 \text{ CDA nutriente (\%)} = [(a \times b - c \times d)] / (a \times b) \times 100$$

179 Em que:

180 a = consumo de alimento na matéria seca

181 b = porcentagem do nutriente no alimento

182 c = excreção de fezes na matéria seca

183 d = porcentagem do nutriente nas fezes

184 Com base nos resultados das análises laboratoriais das farinhas de insetos, da ração
 185 referência e das fezes, foram determinados os valores de coeficiente de digestibilidade
 186 aparente (CDA) das farinhas, por meio das equações propostas por Matterson et al. (1965).

$$187 \text{ CDA (kcal/kg)} = \text{CDA db} + \frac{\text{CDA dt} - \text{CDA db}}{P}$$

188 Em que:

189 CDA db = CDA da dieta basal (0%; % na MS)

190 CDA dt = CDA das dietas teste (7.5% ou 15% na MS)

191 P = porcentagem de substituição do alimento teste.

192 As análises de produtos fermentativos (AGCC, AGCR, indol e fenol) e microbiota
 193 fecal foram realizadas na Universidade de Illinois, Urbana-Champaign – EUA. Concentrações

194 de fenol e indol fecal foram determinadas utilizando cromatografia gasosa, de acordo com os
195 métodos de Flickinger et al. (2003), enquanto as concentrações de AGCC e AGCR nas
196 amostras de fezes foram determinadas por cromatografia em fase gasosa, de acordo com
197 Erwin et al. (1961), utilizando cromatógrafo Hewlett-Packard 5890A (Palo Alto, Califórnia,
198 Estados Unidos da América) série II e uma coluna de vidro (180 cm x 4 mm id) contendo
199 10% SP-1200/1% de H₃PO₄ na diretiva 80/100 + malha Chromosorb WAW (Supelco Inc.,
200 Bellefonte, PA). O nitrogênio foi o transportador com um quociente de vazão de 75 mL/min.
201 Temperaturas utilizadas no forno, detector e injetor foram 125, 175 e 180°C, respectivamente.

202

203 ***Microbiota fecal: extração de DNA, amplificação, sequenciamento e bioinformática***

204 A extração do DNA fecal foi feita utilizando o kit comercial Mo-Bio PowerSoil (MO
205 BIO Laboratories, Inc. Carlsbad, Califórnia, Estados Unidos da América). A concentração de
206 DNA foi determinada pelo fluômetro Qubit® 2.0 (Life technologies, Grand Island, Nova
207 York, Estados Unidos da América). Os iniciadores moleculares progressivos (primer-sense/
208 forward - 515F; 5'-GTGCCAGCMGCCGCGGTAA-3') e reverso (primer anti-sense/ reverse
209 - 806R; 5'-GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3') que visam a um fragmento de 291 pb da
210 região V4 foram utilizados, para amplificação (IDT Corp., Coralville, Iowa, Estados Unidos
211 da América) (Caporaso et al., 2012) do gene rRNA 16S, usando a técnica Fluidigm Access
212 Array (Fluidigm Corporation, South San Francisco, Califórnia, Estados Unidos da América)
213 em combinação com Roche High Fidelity Fast Start Kit (Roche, Indianapolis, Indiana,
214 Estados Unidos da América). A qualidade dos amplicons foi avaliada usando um analisador
215 de fragmentos (Advanced Analytics, Ames, Iowa, Estados Unidos da América) para
216 confirmar as regiões e os tamanhos dos amplicons. Quantidades equimolares dos amplicons
217 de cada amostra foram misturadas e os tamanhos dos amplicons foram selecionados em um E-
218 gel de agarose a 2% (Life technologies, Grand Island, Nova York, Estados Unidos da

219 América) sendo extraídos com o kit de purificação de gel Qiagen (Qiagen, Valencia,
220 Califórnia, Estados Unidos da América). O sequenciamento, utilizando plataforma Illumina,
221 foi realizado em um sequenciador MiSeq, usando reagentes v3 (Illumina Inc., San Diego,
222 Califórnia, Estados Unidos da América) no Centro de Biotecnologia da Universidade de
223 Illinois. As tags Fluidigm foram removidas usando FASTX-Toolkit (versão 0.0.14), e QIIME
224 1.9.1 software foi usado para processar os dados de sequência resultantes (Caporaso et al.,
225 2010). Sequências de alta qualidade (valor de qualidade ≥ 20) foram demultiplexadas. As
226 sequências foram então agrupadas em unidades taxonômicas operacionais (OTU), usando a
227 seleção OTU de referência aberta contra o banco de Greengenes com um nível de
228 similaridade de 97%. Singletons (OTUs que foram observados menos de 2 vezes) e OTUs que
229 representavam menos de 0,01% foram descartados. Um total de 1.353.878 sequências foram
230 obtidas, média de 32.235 e intervalo = 19.737-57.888 sequências por amostra. Rarefacção foi
231 feita para análise de diversidade alpha e beta, mantendo 19,730 sequências por amostra. A
232 análise das coordenadas principais (PCoA) foi realizada, usando distâncias métricas de fração
233 únicas ponderadas e não ponderadas (UniFrac) (Ley et al., 2005).

234

235 *Análises estatísticas*

236 As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o PROC GLM do pacote
237 estatístico SAS 9.3. Efetuou-se uma análise de variância global com todos os tratamentos a
238 fim de se obter o quadrado médio do resíduo para testar o fatorial e realizar o teste de Dunnet
239 a 5%, comparando-se cada tratamento-testemunha a cada um dos demais tratamentos. O teste
240 de Tukey foi utilizado para comparar os tratamentos no esquema fatorial.

241

242

242 **RESULTADOS**

243 Os coeficientes de digestibilidade aparente dos macronutrientes foram pouco afetados
244 pela inclusão das farinhas de insetos, tendo em vista que coeficientes para MS, MO, PB, EE e

245 EM não diferiram ($P>0,05$) entre eles e em relação à dieta controle (Tabela 5). Por outro
246 lado, diferenças ($P<0,05$), para o CDAQ nas dietas teste, quando comparado ao controle,
247 como também quando comparado entre as dietas com inclusão de farinha de inseto, foram
248 encontradas. O escore e pH fecal não foram alterados ($P>0,05$) pela inclusão de farinhas de
249 insetos nas dietas.

250 Em relação às características urinárias, a dieta com da farinha de barata de
251 Madagascar, ao nível de 15%, levou os gatos alimentados com a mesma a apresentarem um
252 pH da urina maior, quando comparado ao PH urinário daqueles alimentados com à dieta
253 controle. Já para a análise de densidade urinária, não foi observada diferença ($P>0,05$) entre
254 gatos alimentados com as dietas contendo farinhas de insetos e com a dieta controle. Já para
255 os parâmetros sanguíneos (ureia, creatinina e hemograma) dos animais experimentais, não
256 foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$), para aqueles cujas dietas continham
257 diferentes farinhas de insetos e níveis de inclusão em relação ao grupo controle (Tabela 5).

258 Aplicada as equações propostas por Matterson et al. (1965) para a estimativa da
259 digestibilidade das farinhas de insetos, encontrou-se de não haver diferenças ($P>0,05$) para
260 CDAMS, CDAMO, CDAPB e CDAEEHA das 3 farinhas nos dois níveis de inclusão. Porém,
261 para o coeficiente de digestibilidade aparente da quitina (CDAQ), observou-se um efeito
262 significativo ($P<0,05$) tanto da fonte proteica e nível de inclusão, embora a interação desses
263 dois fatores não tenha atingido significância estatística ($P>0,05$) (Tabela 6). As dietas
264 contendo farinha de barata de Madagascar apresentaram um CDAQ mais elevado, quando
265 comparado às dietas contendo farinhas de barata cinéria ou de tenébrio gigante.

266 Quanto às concentrações fecais de AGCC, AGCR, fenol e indol, não foram
267 observadas diferenças ($P>0,05$) entre as diferentes dietas contendo farinha de insetos ou
268 quando estas foram comparadas à dieta controle (Tabela 7).

269 As microbiotas fecais, analisada por sequenciamento do gene 16S rRNA, dos gatos
270 alimentados com diferentes tipos e níveis de inclusão de farinha de insetos ou dieta controle,
271 não apresentaram diferenças ($P>0.05$) na diversidade alpha e beta. Esses dados sugerem que a
272 inclusão de farinha de inseto até o nível de 15% de inclusão não promoveu efeitos
273 significativos na comunidade microbiana (Figuras 1A, 1B e 1C) a qual não diferiu em termos
274 de abundância e presença de diferentes taxas (Figuras 2A e 2B).

275 Os filos predominantes encontrados, presentes em todos os gatos, foram *Firmicutes*
276 (57-67%), *Bacteroidetes* (11-29%), *Actinobacteria* (22-9%), *Proteobacteria* (5-1%) e
277 *Fusobacteria* (0-1%) (Figura 3). Gatos alimentados com a dieta controle apresentaram maior
278 porcentagem de sequências do filo *Actinobacteria* e menor para os filos *Bacteroidetes* e
279 *Proteobacteria*, em relação aos gatos alimentados com dietas contendo farinha de insetos. As
280 principais classes de bactérias fecais foram *Actinobacteria* e *Coriobacteria*, *Bacteroidia*,
281 *Clostridia* e *Erysipelotrichi*, e beta-, delta- e gammaproteobacteria, essas pertencentes,
282 respectivamente, aos filos *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* e *Proteobacteria* (Figura
283 4). A maior porcentagem de sequências do filo *Actinobacteria* nas amostras fecais de gatos
284 alimentados com a dieta controle, era oriunda das famílias *Bifidobacteriaceae* (6,4%) e
285 *Coriobacteriaceae* (15,3%). Gatos alimentados com dietas contendo farinhas de inseto
286 apresentaram menor porcentagem de sequências das famílias *Lactobacillaceae* e
287 *Veillonellaceae* (filo *Firmicutes*) e maior para *Alcaligenaceae* e *Succinivibrionaceae* (filo
288 *Proteobacteria*), *Prevotellaceae* (filo *Bacteroidetes*) e *Lachnospiraceae* (filo *Firmicutes*).

289

290

DISCUSSÃO

291

292

293

No presente estudo foram avaliados aspectos de qualidade nutricional de farinhas de barata cinéria (BC), de barata de Madagascar (BM) e de tenébrio gigante (TG), com diferentes níveis de inclusão (7.5 e 15%), em dietas para gatos adultos, a saber: pH fecal,

294 parâmetros sanguíneos, pH/densidade da urina, produção de ácidos graxos de cadeia curta
295 (AGCC) e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), fenol/indol, microbiota fecal e
296 digestibilidade dos nutrientes. A comparação das diferentes farinhas de insetos com uma dieta
297 controle permitiu verificar a adequação nutricional dessas novas fontes proteicas e
298 concentrações utilizadas na nutrição de animais de estimação.

299 De modo geral, a inclusão de farinha de insetos na alimentação de gatos adultos
300 resultou em achados comparáveis àqueles encontrados com os gatos alimentados com a dieta
301 controle. Coeficientes de digestibilidade aparente para MS, MO, PB, EE e EMA_{MS}
302 semelhantes aos observados neste estudo, foram reportados por St-Hilaire et al. (2007), onde
303 peixes carnívoros alimentados com farinha de mosca de soldado negro apresentaram alta taxa
304 de digestibilidade para matéria seca, proteína e lipídeos. Sánchez-Muros et al.
305 (2014) relataram que a digestibilidade aparente de proteína avaliada em peixes, dentre as
306 espécies de insetos utilizadas na alimentação (tenébrios, térmitas e grilos), podem variar de
307 45% a 66,9%, porém esses valores são inferiores aos relatados neste experimento, o que pode
308 ser atribuído a vários fatores, entre eles ao tipo de alimentação a que os insetos foram
309 submetidos durante ao período de sua produção, diferentes tipo de processamento e diferenças
310 nutricionais entre diferentes espécies de insetos. Hwangbo et al. (2009) identificaram um
311 coeficiente de digestibilidade aparente de proteína de 98,5% para farinha de larvas de mosca
312 doméstica em frangos de corte; valor considerado elevado, mas justificável pelo perfil de
313 aminoácidos adequado e alto conteúdo proteico (63,99% da matéria seca) desse ingrediente.

314 A quantidade de quitina presente nas farinhas utilizadas nesse experimento condizem
315 com os achados do estudo de Finke (2013), que estimou uma quantidade média de 5,41% de
316 quitina em matéria seca em farinhas de insetos, como o tenébrio. Porém, no presente estudo, a
317 sua digestibilidade, em gatos, foi alterada conforme a inclusão da farinha de inseto, tanto nas
318 dietas contendo farinhas de insetos quanto em comparação ao grupo controle. Rust (2002)

319 realizou um estudo em peixes e concluiu que, apesar da suposição de que animais
320 monogástricos não conseguem digerir a quitina, a substituição de 36% de farinha de peixe por
321 farinha de tenébrio molitor aumentou a digestibilidade de proteína e não alterou,
322 significativamente, a digestibilidade de lipídeos em peixes, indicando uma atividade de
323 quitinase no trato digestivo de muitas espécies de peixes marinhos, o que não era conhecido
324 até recentemente (Kawashima et al., 2016). No entanto deve-se levar em consideração que a
325 quantidade real de quitina em insetos pode diferir conforme a quantidade de nitrogênio no
326 inseto testado sendo esta quantidade diretamente influenciado pela dieta a qual esses insetos
327 são submetidos ao longo do seu período de produção (Makkar et al., 2014).

328 A diferença observada quanto ao pH urinário dos gatos alimentados com a dieta com
329 15% de farinha de barata de Madagascar, em comparação ao pH daqueles alimentados com a
330 dieta controle pode ser explicada pelo fato do pH urinário de felinos ser diretamente afetado
331 pela composição do alimento fornecido e volume da alimentação, entre outros aspectos
332 (Buffington e Chew, 1999). Por outro lado, embora esta diferença ($p < 0,05$) tenha ocorrido no
333 tratamento com 15% de farinha de barata de Madagascar, o mesmo não se repetiu com os
334 demais tratamentos, quando comparados ao grupo controle. Sendo assim, as demais farinhas
335 de insetos não atuaram na acidificação da urina e esses resultados podem estar relacionados
336 com a porcentagem de farinha de inseto fornecida aos animais. De acordo com os resultados
337 apresentados no estudo realizado por Funaba et al. (2001) não foram observadas diferenças
338 significativas entre o pH urinário em gatos alimentados com farinhas de peixe e glúten de
339 milho (valores de pH 6,11 e 6,14, respectivamente). Os autores destacam que as fontes
340 proteicas não interferem no efeito de acidificação da urina, corroborando com Skoch et al.
341 (1991) que encontraram valores de pH semelhantes (entre 6,3 e 6,4) para fontes proteicas de
342 farinha de carne e ossos e farinha de glúten de milho. Nesse caso, o mesmo poderia ser
343 inferido para farinhas de insetos.

344 Quanto ao escore fecal dos animais, todos mantiveram-se dentro dos padrões
345 estabelecidos para animais alimentados com dietas secas. Alimentos de alta digestibilidade,
346 após a sua ingestão e digestão, resultam em fezes sólidas e bem formadas (Case et al., 2010).
347 Apesar da inclusão das farinhas ter afetado diretamente a digestibilidade da quitina, esta não
348 se refletiu na alteração de escore ou qualidade das fezes e manteve-se dentro dos valores 3 e
349 4.

350 Os parâmetros sanguíneos mantiveram-se dentro do valor de referência para gatos
351 saudáveis adultos e não foram observadas diferenças significativas entre as dietas contendo
352 farinha de insetos e o grupo controle. Melo et al. (2006) destacaram que a porcentagem de
353 proteína na dieta altera algumas variáveis hematológicas, como proteínas e eritograma, sem
354 prejudicar o sistema de defesa orgânico, porém isso não foi observado com as diferentes
355 dietas do experimento.

356 Os produtos finais da fermentação bacteriana da proteína no trato digestório são
357 excretados pelas fezes, responsáveis pelos odores característicos das mesmas e podem ser
358 divididos em cinco categorias: fenóis, indóis, ácidos graxos de cadeia ramificada, aminas e
359 enxofre. As concentrações desses compostos putrefativos podem ser afetadas pelos níveis e
360 quantidade de proteína da dieta e pela quantidade de aminoácidos produzidos no metabolismo
361 (Kuzmuk et al., 2005). Neste estudo não foram encontradas diferenças significativas para a
362 produção de fenol e indol, o que é desejável, já que se assinala que fenóis e indóis possuem
363 potencial para interagir com outros compostos putrefativos no intestino, potencializando suas
364 ações carcinogênicas por atuarem como cocarcinógenos (Cummings e Macfarlane, 1991).
365 Logo, o aumento de sua concentração não é desejável.

366 No presente estudo, a substituição por farinhas de insetos não afetou a produção de
367 AGCC. A taxa de fermentação e produção de AGCC depende da quantidade de substratos
368 advindos da dieta e que se tornam disponíveis, para as bactérias no trato gastrointestinal, do

369 local onde ocorrerá a fermentação, do número de cepas bacterianas fermentativas e da espécie
370 animal em questão (Kuzmuk et al., 2005). Segundo Louis et al. (2007), diversas espécies
371 bacterianas no intestino possuem a capacidade de produzir acetato, butirato e propionato a
372 partir do lactato.

373 Neste estudo, a microbiota intestinal de gatos não foi alterada pelas fontes de farinha
374 de insetos ou dieta controle, fato evidenciado pela ausência de uma aglomeração clara da
375 microbiota fecal nos gráficos de PCoA e de curvas de rarefacção, indicando não haver
376 diferença em termos de riqueza de espécies, nem alteração da presença (ou ausência) e
377 proporção das comunidades microbianas presentes no intestino de gatos alimentados com as
378 diferentes dietas nesse experimento.

379 A microbiota intestinal tem sido associada a várias funções metabólicas, como
380 também parece estar envolvida na manutenção da saúde do trato gastrointestinal e sistêmica
381 do hospedeiro. Embora já se verifique que a comunidade microbiana varie em diferentes
382 partes do organismo, como também ao longo do trato gastrointestinal (Ritchie et al., 2008;
383 Flint et al., 2012), as funções básicas são conservadas independente do nicho microbiano,
384 sugerindo a existência de um coro de microrganismos que são responsáveis pela manutenção
385 de um sistema favorável e simbiótico. O distúrbio desse coro microbiano pode levar a um
386 processo de disbiose e possível desenvolvimento de distúrbios fisiológicos e processos
387 patológicos no hospedeiro. Estudos anteriores identificaram *Firmicutes*, *Bacteroidetes*,
388 *Proteobacteria*, *Fusobacteria* e *Actinobacteria* como os filos predominantes no trato
389 gastrointestinal de gatos saudáveis (Deng e Swanson, 2015). Resultados da microbiota fecal
390 deste estudo corroboram com os relatos desses autores. Existe uma quantidade limitada de
391 estudos na área microbioma em animais de estimação, contudo assevera-se que intervenções
392 dietéticas podem modular a microbiota intestinal em cães e gatos. A maior parte desses
393 estudos utilizaram diferentes fontes de fibra dietética ou prebióticos (Barry et al., 2012;

394 Beloshapka et al., 2013; Panasevich et al., 2015) e, de modo geral, observou-se um aumento
395 na abundância de *Actinobacteria*, *Slackia* spp. e *Collinsella* spp., sugerindo efeito benéfico à
396 saúde gastrointestinal. Outros investigaram a utilização de dietas com altas e moderadas
397 concentrações de proteína na dieta de filhotes de gatos (Hooda et al., 2013; Deusch et al.,
398 2014), mas, de acordo com Deusch et al. (2014), uma dieta de alta proteína (> 50% MS)
399 resultou em uma maior diversidade e especialização da microbiota fecal. Entretanto menor
400 proporção relativa dos gêneros *Megasphaera*, *Bifidobacterium*, *Acidaminococcus*,
401 *Eubacterium*, *Desulfovibrio* e *Fusobacterium* foi observada, o que, em parte, suporta os
402 achados do presente estudo, uma vez que as dietas continham farinha de insetos das famílias
403 *Bifidobacteriaceae* e *Vellonellaceae* (incluindo o gênero *Megasphaera*). Neste estudo,
404 também foi observada uma menor proporção de sequências correspondentes à família
405 *Lactobacillaceae* e um aumento em *Prevotellaceae*.

406

407

CONCLUSÃO

408 Conclui-se que os achados de digestibilidade e da microbiota fecal dos gatos
409 alimentados com dietas à base de farinha de insetos, em combinação com os resultados de
410 produtos fermentativos fecais e parâmetros sanguíneos (índice de saúde sistêmica)
411 evidenciam que essas fontes proteicas e níveis de inclusão testados são adequados e podem
412 ser incluídos em até 15%, em alimentos para gatos adultos.

413

414 Agradecimentos

415 Agradecimentos à empresa VidaProteína pelo fornecimento das farinhas de insetos
416 utilizadas no presente estudo. Ao laboratório Animal Science da Universidade de Illinois
417 pelas análises realizadas. Ao CAPES pelo financiamento deste estudo. E aos autores que
418 contribuíram para a redação deste artigo.

419

420

LITERATURA CITADA

- 421 Aksnes, A., H. Mundheim, J. Toppe, and S. Albrektsen. 2008. The effect of dietary
422 hydroxyproline supplementation on salmon (*Salmo salar* L.) fed high plant protein diets.
423 *Aquaculture* 275(1/4):242-249.
- 424
- 425 Alegbeleye, W. O., S. O. Obasa, O. O. Olude, K. Otubu, and W. Jimoh. 2012. Preliminary
426 evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.)
427 for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquac. Res.*
428 43(3):412-420.
- 429
- 430 AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. AOAC International, Arlington.
- 431
- 432 Banjo, A., O. Lawal, and E. Songonuga. 2006. The nutritional value of fourteen species of
433 edible insects in southwestern Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* 5(3):298-301.
- 434
- 435 Barry, K. A., I. S. Middelbos, B. M. V. Boler, S. E. Dowd, J. S. Suchodolski, B. Henrissat, P.
436 M. Coutinho, B. A. White, G. C. Fahey Júnior, and K. S. Swanson. 2012. Effects of
437 dietary fiber on the feline gastrointestinal metagenome. *J. Proteome Res.* 11(12):5924-
438 5933.
- 439
- 440 Barry, K., B. Wojcicki, I. Middelbos, B. Vester, K. Swanson, and G. Fahey. 2010. Dietary
441 cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and
442 microbial populations in adult cats. *J. Anim. Sci.* 88(9):2978-2987.
- 443
- 444 Bednar, G., S. Murray, A. Patil, E. Flickinger, N. Merchen, and G. Fahey Júnior. 2000.
445 Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal
446 characteristics of ileally cannulated dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 53(2):127-140.
- 447
- 448 Belenguer, A., S. H. Duncan, A. G. Calder, G. Holtrop, P. Louis, G. E. Lobley, and H. J.
449 Flint. 2006. Two routes of metabolic cross-feeding between *Bifidobacterium*
450 *adolescentis* and butyrate-producing anaerobes from the human gut. *Appl. Environ.*
451 *Microbiol.* 72(5):3593-3599.
- 452
- 453 Bell, J. A., J. J. Kopper, J. A. Turnbull, N. I. Barbu, A. J. Murphy, and L. S. Mansfield. 2008.
454 Ecological characterization of the colonic microbiota of normal and diarrheic dogs.
455 *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.* 2008:1-17.
- 456
- 457 Beloshapka, A. N., S. E. Dowd, J. S. Suchodolski, J. M. Steiner, L. Duclos, and K. S.
458 Swanson. 2013. Fecal microbial communities of healthy adult dogs fed raw meat-based
459 diets with or without inulin or yeast cell wall extracts as assessed by 454
460 pyrosequencing. *FEMS Microbiol. Ecol.* 84(3):532-541.
- 461
- 462 Boland, M. J., A. N. Rae, J. M. Vereijken, M. P. Meuwissen, A. R. Fischer, M. A. Van
463 Boekel, S. M. Rutherford, H. Gruppen, P. J. Moughan, and W. H. Hendriks. 2013. The
464 future supply of animal-derived protein for human consumption. *Trends Food Sci.*
465 *Technol.* 29(1):62-73.
- 466

- 467 Borges, F. M. O., and W. M. Ferreira. 2004. Princípios nutritivos e exigências nutricionais de
468 cães e gatos: parte I Energia, proteína, carboidratos e lipídeos. UFLA, Lavras, MG.
469
- 470 Bosch, G., J. Vervoort, and W. Hendriks. 2016. In vitro digestibility and fermentability of
471 selected insects for dog foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 221:174-184.
472
- 473 Bosch, G., S. Zhang, D. G. Oonincx, and W. H. Hendriks. 2014. Protein quality of insects as
474 potential ingredients for dog and cat foods. *J. Nutr. Sci.* 3:e29.
475
- 476 Bovée, K., and D. Kronfeld. 1981. Reduction of renal hemodynamics in uremic dogs fed
477 reduced protein diets. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 17:277-285.
478
- 479 Buffington, C. T., and D. J. Chew. 1999. Calcium oxalate urolithiasis in cats. *J. Endourol.*
480 13(9):659-663.
481
- 482 Campbell, J. M., and G. C. Fahey. 1997. Psyllium and methylcellulose fermentation
483 properties in relation to insoluble and soluble fiber standards. *Nutr. Res.* 17(4): 619-629.
484
- 485 Caporaso, J. G., C. L. Lauber, W. A. Walters, D. Berg-Lyons, J. Huntley, N. Fierer, S. M.
486 Owens, J. Betley, L. Fraser, and M. Bauer. 2012. Ultra-high-throughput microbial
487 community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *ISME J.* 6(8)1621-
488 1624.
489
- 490 Caporaso, J. G., J. Kuczynski, J. Stombaugh, K. Bittinger, F. D. Bushman, E. K. Costello, N.
491 Fierer, A. G. Peña, J. K. Goodrich, and J. I. Gordon. 2010. QIIME allows analysis of
492 high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods* 7(5)335-336.
493
- 494 Carciofi, A. C. 2002. Proteína na alimentação de cães e gatos. In: *Anais 2º Simp. Nutr. Anim.*
495 *Estim., Campinas.* p. 31-44.
496
- 497 Carciofi, A. C., E. Teshima, R. S. Bazolli, M. A. Brunetto, R. S. Vasconcellos, L. D. de
498 Oliveira, and G. T. Pereira. 2009. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais
499 de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. *RBSPA* 10(2):489-500.
500
- 501 Case, L. P., L. Daristotle, M. G. Hayek, and M. F. Raasch. 2010. *Canine and feline Nutrition-*
502 *E-Book: a resource for companion animal professionals.* 3th ed. Mosby Elsevier,
503 Amsteram.
504
- 505 Church, D. C., and W. G. Pond. 1977. *Basic animal nutrition and feeding.* John Wiley &
506 Sons, New York.
507
- 508 Clark, E. W., and G. H. Ball. 1952. The free amino acids in the whole bodies of culicid
509 mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 1(4):339-346.
510
- 511 Collins, S. 2014. *Antinutritional factors in modeling plant-based rainbow trout diets.* Thesis.
512 University of Saskatchewan, Saskatoon.
513
- 514 Conway, P. 1994. Function and regulation of the gastrointestinal microbiota of the pig. In:
515 *Proc. 6th Internat. Symp. Digestive Physiol. Pigs, Bad Doberan.* p. 231-240.
516

- 517 Cummings, J., and G. Macfarlane. 1991. The control and consequences of bacterial
518 fermentation in the human colon. *J. Appl. Microbiol.* 70(6):443-459.
519
- 520 DeFoliart, G. R. 1992. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and
521 economic aspects. *Crop Prot.* 11(5):395-399.
522
- 523 Deng, P., and K. Swanson. 2015. Companion animals symposium: future aspects and
524 perceptions of companion animal nutrition and sustainability. *J. Anim. Sci.* 93(3):823-
525 834.
526
- 527 Deusch, O., C. O'Flynn, A. Colyer, P. Morris, D. Allaway, P. G. Jones, and K. S. Swanson.
528 2014. Deep Illumina-based shotgun sequencing reveals dietary effects on the structure
529 and function of the fecal microbiome of growing kittens. *PLoS One* 9(7):e101021.
530
- 531 Dierenfeld, E., and J. King. 2008. Digestibility and mineral availability of Phoenix worms,
532 *Hermetia illucens*, ingested by mountain chicken frogs, *Leptodactylus fallax*. *J.*
533 *Herpetol. Med. Surg.* 18(3-4):100-105.
534
- 535 Dossey, A. T., J. A. Morales-Ramos, and M. G. Rojas. 2016. Insects as sustainable food
536 ingredients: production, processing and food applications. Academic Press, Oxford.
537
- 538 Drew, D., J. Drew, J. Kotze, E. Pieterse, C. Richards, R. Rudolphe, and P. Watson. 2014.
539 Agriprotein: building the world's largest insect rearing protein farm: a history vision. In:
540 *Conf. Proc. Ins. Feed. World*, David Drew. p. 60.
541
- 542 Drochner, W., and H. Meyer. 1991. Digestion of organic matter in the large intestine of
543 ruminants, horses, pigs and dogs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65:18-40.
544
- 545 Duran-Pinedo, A. E., and J. Frias-Lopez. 2015. Beyond microbial community composition:
546 functional activities of the oral microbiome in health and disease. *Microbes Infect.*
547 17(7):505-516.
548
- 549 Erwin, E., G. Marco, and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen
550 fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44(9):1768-1771.
551
- 552 Espe, M., A. Lemme, A. Petri, and A. El-Mowafi. 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*)
553 grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture* 255(1/4):255-262.
554
- 555 Fahey, G. C. J., K. A. Barry, and K. S. Swanson. 2008. Age-related changes in nutrient
556 utilization by companion animals. *Annu. Rev. Nutr.* 28:425-445.
557
- 558 FAO. 2013. The state of food insecurity in the world: the multiple dimensions of food
559 security. FAO, Rome.
560
- 560 Finke, M. D. 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biol.*
561 32(1):27-36.
562
- 563 Flickinger, E., E. Schreijfen, A. Patil, H. Hussein, C. Grieshop, N. Merchen, and G. Fahey.
564 2003. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected
565 by fructan supplementation of dog diets. *J. Anim. Sci.* 81(8):2008-2018.
566

- 567 Flint, H. J., K. P. Scott, P. Louis, and S. H. Duncan. 2012. The role of the gut microbiota in
568 nutrition and health. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 9(10):577-589.
569
- 570 Flint, H. J., S. H. Duncan, K. P. Scott, and P. Louis. 2007. Interactions and competition within
571 the microbial community of the human colon: links between diet and health. *Environ.*
572 *Microbiol.* 9(5):1101-1111.
573
- 574 Friswell, M., B. Campbell, and J. Rhodes. 2010. The role of bacteria in the pathogenesis of
575 inflammatory bowel disease. *Gut Liver* 4(3):295-306.
576
- 577 Funaba, M., T. Tanaka, M. Kaneko, T. Iriki, Y. Hatano, and M. Abe. 2001. Fish meal vs. corn
578 gluten meal as a protein source for dry cat food. *J. Vet. Med. Sci.* 63(12):1355-1357.
579
- 580 Gasco, L., M. Belforti, L. Rotolo, C. Lussiana, G. Parisi, G. Terova, A. Roncarati, and F. Gai.
581 2014. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for
582 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: *Internat. Conf. Insec. Feed World, The*
583 *Netherlands.* p. 14-17.
584
- 585 Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E.
586 Herman, G. Hu, Å. Krogdahl, and R. Nelson. 2007. Expanding the utilization of
587 sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquac. Res.* 38(6):551-579.
588
- 589 Handl, S., S. E. Dowd, J. F. Garcia-Mazcorro, J. M. Steiner, and J. S. Suchodolski. 2011.
590 Massive parallel 16S rRNA gene pyrosequencing reveals highly diverse fecal bacterial
591 and fungal communities in healthy dogs and cats. *FEMS Microbiol. Ecol.* 76(2):301-
592 310.
593
- 594 Hardy, R. W. 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: C. D. Webster, and C. Lim,
595 editores, *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture.* CABI Publishing,
596 New York. p. 184-202.
597
- 598 Hartstra, A. V., K. E. Bouter, F. Bäckhed, and M. Nieuwdorp. 2015. Insights into the role of
599 the microbiome in obesity and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 38(1):159-165.
600
- 601 He, C., Y. Shan, and W. Song. 2015. Targeting gut microbiota as a possible therapy for
602 diabetes. *Nutr. Res.* 35(5):361-367.
603
- 604 Hendriks, W., M. Emmens, B. Trass, and J. Pluske. 1999. Heat processing changes the protein
605 quality of canned cat foods as measured with a rat bioassay. *J. Anim. Sci.* 77(3):669-
606 676.
- 607 Hervera, M., M. Baucells, F. Blanch, and C. Castrillo. 2007. Prediction of digestible energy
608 content of extruded dog food by in vitro analyses. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*
609 91(5/6):205-209.
610
- 611 Heuzé, V., and G. Tran. 2013. Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets. *Feedipedia.*
612 Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/198>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
613
- 614 Hooda, S., B. M. V. Boler, K. R. Kerr, S. E. Dowd, and K. S. Swanson. 2013. The gut
615 microbiome of kittens is affected by dietary protein: carbohydrate ratio and associated
616 with blood metabolite and hormone concentrations. *Br. J. Nutr.* 109 (9):1637-1646.

- 617
618 Hooda, S., Y. Minamoto, J. S. Suchodolski, and K. S. Swanson. 2012. Current state of
619 knowledge: the canine gastrointestinal microbiome. *Anim. Health Res. Rev.* 13(1):78-
620 88.
- 621
622 Hora, A. S. da, and M. K. Hagiwara. 2010. A importância dos aminoácidos na nutrição dos
623 gatos domésticos. *Clín. Vet.* 15(84):30-42.
- 624
625 Hornung, D. E., and J. R. Stevenson. 1971. Changes in the rate of chitin synthesis during the
626 crayfish molting cycle. *Comp. Biochem. Physiol. B* 40(2):341-346.
- 627
628 House, H. 1962. Insect nutrition. *Ann. Rev. Biochem.* 31(1):653-672.
- 629
630 Humbert, B., P. Bleis, L. Martin, H. Dumon, D. Darmaun, and P. Nguyen. 2001. Effects of
631 dietary protein restriction and amino acids deficiency on protein metabolism in dogs. *J.*
632 *Anim. Physiol. Anim.* 85(7/8):255-262.
- 633
634 Hwangbo, J., E. C. Hong, A. Jang, H. K. Kang, J. S. Oh, B. W. Kim, and B. S. Park. 2009.
635 Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler
636 chickens. *J. Environ. Biol.* 30(4):609-614.
- 637
638 Jia, J., N. Frantz, C. Khoo, G. Glenn, R. A. Rastall, and A. L. McCartney. 2009. Investigation
639 of the faecal microbiota associated with canine chronic diarrhoea. *FEMS Microbiol.*
640 *Ecol.* 71(2):304-312.
- 641
642 Johns, D., C. Low, and K. James. 1986. Comparison of amino acid digestibility using the ileal
643 digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. *Br. Poult. Sci.*
644 27(4):679-685.
- 645
646 Johnson, M., C. Parsons, G. Fahey, N. Merchen, and C. Aldrich. 1998. Effects of species raw
647 material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of
648 animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *J. Anim.*
649 *Sci.* 76(4):1112-1122.
- 650
651 Kawashima, S., H. Ikehata, C. Tada, T. Ogino, H. Kakizaki, M. Ikeda, H. Fukushima, and M.
652 Matsumiya. 2016. Stomach chitinase from japanese sardine *Sardinops melanostictus*:
653 purification, characterization, and molecular cloning of chitinase isozymes with a long
654 linker. *Mar. Drugs* 14(1):22.
- 655
656 Kendall, P. T., S. E. Blaza, and D. W. Holme. 1982. Assessment of endogenous nitrogen
657 output in adult dogs of contrasting size using a protein-free diet. *J. Nutr.* 112(7):1281-
658 1286.
- 659
660 Kirk, C. A., J. Debraekeleer, and P. J. Armstrong. 2000. Normal cats. In: M. S. Hand, C. D.
661 Thatcher, R. L. Remillard, P. Roudebush, and B. J. Novotny, editores, *Small Animal*
662 *clinical nutrition*. 4th ed. Mark Morris Institute, New York. p. 291-347.
- 663
664 Kitsa, K. 1989. Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire
665 au Kasai-Occidental. *Zaire Afr.* 29(239):511-519.
- 666

- 667 Köprücü, K., and Y. Özdemir. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for
668 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250(1/2):308-316.
669
- 670 Kousoulaki, K., S. Albrektsen, E. Langmyhr, H. J. Olsen, P. Campbell, and A. Aksnes. 2009.
671 The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic
672 salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. *Aquaculture* 289(1/2):74-83.
673
- 674 Kramer, K. J., T. L. Hopkins, and J. Schaefer. 1995. Applications of solids NMR to the
675 analysis of insect sclerotized structures. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 25(10):1067-1080.
676
- 677 Kuzmuk, K. N., K. S. Swanson, K. A. Tappenden, L. B. Schook, and G. C. Fahey. 2005. Diet
678 and age affect intestinal morphology and large bowel fermentative end-product
679 concentrations in senior and young adult dogs. *J. Nutr.* 135(8): 1940-1945.
680
- 681 Laflamme, D. P., and S. S. Hannah. 2013. Discrepancy between use of lean body mass or
682 nitrogen balance to determine protein requirements for adult cats. *J. Feline Med. Surg.*
683 15(8):691-697.
684
- 685 Ley, R. E., F. Bäckhed, P. Turnbaugh, C. A. Lozupone, R. D. Knight, and J. I. Gordon. 2005.
686 Obesity alters gut microbial ecology. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 102(31):11070-
687 11075.
688
- 689 Lindsay, G. J. H., M. J. Walton, J. W. Adron, T. C. Fletcher, C. Y. Cho, and C. B. Cowey.
690 1984. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and
691 its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. *Aquaculture* 37(4):315-
692 334.
693
- 694 Louis, P., K. P. Scott, S. H. Duncan, and H. J. Flint. 2007. Understanding the effects of diet
695 on bacterial metabolism in the large intestine. *J. Appl. Microbiol.* 102(5):1197-1208.
696
- 697 MacDonald, M., Q. Rogers, and J. Morris. 1984. Nutrition of the domestic cat, a mammalian
698 carnivore. *Annu. Rev. Nutr.* 4(1):521-562.
699
- 700 MacFarlane, G., G. Gibson, E. Beatty, and J. Cummings. 1992. Estimation of short-chain fatty
701 acid production from protein by human intestinal bacteria based on branched-chain fatty
702 acid measurements. *FEMS Microbiol. Lett.* 101(2):81-88.
703
- 704 Mackie, R., B. White, and R. E. Isaacson. 1997. *Gastrointestinal microbiology:
705 gastrointestinal microbes and host interactions.* Chapman & Hall, New York.
706 ,
- 707 MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W.; SINGSEN, E.P. *The metabolizable energy of feed
708 ingredients for chickens.* Storrs, Connecticut, The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station,
709 1965, 11p.(Research Report, 7).
710
- 711 Makkar, H. P. S., G. Tran, V. Heuzé, and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as
712 animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197:1-33.
713
- 714 Ma, T. S., and G. Zuazaga. 1942. Micro-Kjeldahl determination of nitrogen. A new indicator
715 and an improved rapid method. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 14(3):280-282.

- 716
717 Matterson, L. D., L. Potter, M. Stutz, and E. Singsen. 1965. The metabolizable energy of feed
718 ingredients for chickens. *Agricult. Exper. Station Res. Rep.* (7):3-11.
719
- 720 Melo, J. F. B., M. Tavares-Dias, L. M. Lundestedt, and G. Moraes. 2006. Efeito do conteúdo
721 de proteína na dieta sobre os parâmetros hematológicos e metabólicos do bagre sul
722 americano *Rhamdia quelen*. *Rev. Ciênc. Agroamb.* 1(1):43-51.
723
- 724 Merrifield, D. L., R. E. Olsen, R. Myklebust, and E. Ringø. 2011. Dietary effect of soybean
725 (Glycine max) products on gut histology and microbiota of fish, Soybean and nutrition.
726 In: H. El-Shemy. *Soybean and nutrition*. InTech, New York, p. 231-250.
727
- 728 Middelbos, I. S., B. M. V. Boler, A. Qu, B. A. White, K. S. Swanson, and G. C. Fahey Júnior.
729 2010. Phylogenetic characterization of fecal microbial communities of dogs fed diets
730 with or without supplemental dietary fiber using 454 pyrosequencing. *PLoS One*
731 5(3):e9768.
732
- 733 Morris, J. 2001. Unique nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary
734 adaptations. *Recent Adv. Anim. Nutrit. Australia* 13:187-194.
735
- 736 Nandeesh, M., B. Gangadhara, and J. Manissery. 1999. Silkworm pupa oil and sardine oil as
737 an additional energy source in the diet of common carp, *Cyprinus carpio*. *Asian Fisher.*
738 *Sci.* 12(3):207-215.
739
- 740 Newton, G., D. Sheppard, D. Watson, G. Burtle, C. Dove, J. Tomberlin, and E. Thelen. 2005.
741 The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/ resource recovery
742 tool. In: *Proc. Symp. State Sci. Anim. Man. Waste Manag., Washington.* p. 5-7.
743
- 744 NRC. 2006. Nutrient requirements of dogs and cats. National Academies Press, Washington,
745 DC.
746
- 747 Oonincx, D. G., and I. J. de Boer. 2012. Environmental impact of the production of
748 mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PLoS One*
749 7(12):e51145.
750
- 751 Panasevich, M. R., K. R. Kerr, R. N. Dilger, G. C. Fahey, L. Guérin-Deremaux, G. L. Lynch,
752 D. Wils, J. S. Suchodolski, J. M. Steer, and S. E. Dowd. 2015. Modulation of the faecal
753 microbiome of healthy adult dogs by inclusion of potato fibre in the diet. *Br. J. Nutr.*
754 113(1):125-133.
755
- 756 Perez-Camargo, G. 2004. Cat nutrition: what is new in the old? *Compend. Contin. Educ.*
757 *Pract. Vet.* 26(2):5-10.
758
- 759 Pinto, W., I. Rønnestad, M. T. Dinis, and C. Aragão. 2013. Taurine and fish development:
760 insights for the aquaculture industry. *Adv. Exp. Med. Biol.* 776:329-334.
761
- 762 Pretorius, Q. 2011. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as
763 protein source for broiler production. Thesis. Stellenbosch University, Stellenbosch.
764

- 765 Ramos-Elorduy, J., E. A. González, A. R. Hernández, and J. M. Pino. 2002. Use of *Tenebrio*
766 *molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler
767 chickens. *J. Econ. Entomol.* 95(1):214-220.
768
- 769 Ramos-Elorduy, J., J. M. P. Moreno, E. E. Prado, M. A. Perez, J. L. Otero, and O. L. de
770 Guevara. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *J.*
771 *Food Compos. Anal.* 10(2):142-157.
772
- 773 Ravi, C., A. Jeyashree, and K. R. Devi. 2011. Antimicrobial peptides from insects: an
774 overview. *Res. Biotechnol.* 2(5):1-17.
775
- 776 Ritchie, L. E., J. M. Steiner, and J. S. Suchodolski. 2008. Assessment of microbial diversity
777 along the feline intestinal tract using 16S rRNA gene analysis. *FEMS Microbiol. Ecol.*
778 66(3):590-598.
779
- 780 Rogers, Q., and J. Morris. 1978. Why does the cat require a high protein diet? In: R. S.
781 Anderson, editor, *Nutrition of the dog and cat*. Pergamon Press, Oxford. p. 45-66.
782
- 783 Roland, N., L. Nugon-Baudon, C. Andrieux, and O. Szytit. 1995. Comparative study of the
784 fermentative characteristics of inulin and different types of fibre in rats inoculated with
785 a human whole faecal flora. *Br. J. Nutr.* 74(2):239-249.
786
- 787 Rust, M. B. 2002. Nutritional physiology. *Fish Nutrit.* 3:368-452.
788
- 789 Sánchez-Muros, M. J., F. G. Barroso, and F. Manzano-Agugliaro. 2014. Insect meal as
790 renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Cleaner Prod.* 65:16-27.
791
- 792 Schiavone, A., M. de Marco, L. Rotolo, M. Belforti, S. M. Mirò, J. M. Sanchez, F. H.
793 Ruiperez, C. Bianchi, L. Sterpone, and V. Malfatto. 2014. Nutrient digestibility of
794 *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. In: *Proc. Confer.*
795 *Insec. .Feed . World, Abstract Book, The Netherlands.* p. 84.
796
- 797 Simpson, J., B. Martineau, W. Jones, J. Ballam, and R. Mackie. 2002. Characterization of
798 fecal bacterial populations in canines: effects of age, breed and dietary fiber. *Microb.*
799 *Ecol.* 44(2):186-197.
800
- 801 Šket, R., N. Treichel, T. Debevec, O. Eiken, I. Mekjavic, M. Schloter, M. Vital, J. Chandler,
802 J. M. Tiedje, B. Murovec, Z. Prevorsek, and B. Stres. 2017. Hypoxia and inactivity
803 related physiological changes (constipation, inflammation) are not reflected at the level
804 of gut metabolites and butyrate producing microbial community: the PlanHab study.
805 *Front. Physiol.* 8:250.
806
- 807 Skoch, E., E. Chandler, G. Douglas, and D. Richardson. 1991. Influence of diet on urine pH
808 and the feline urological syndrome. *J. Small Anim. Pract.* 32(8):413-419.
809
- 810 Slauson, D., and R. Lewis. 1979. Comparative pathology of glomerulonephritis in animals.
811 *Vet. Pathol.* 16(2):135-164.
812

- 813 Sogbesan, A., and A. Ugwumba. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes*
814 *subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus*
815 *longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 8(1):149-157.
816
- 817 St-Hilaire, S., K. Cranfill, M. A. McGuire, E. E. Mosley, J. K. Tomberlin, L. Newton, W.
818 Sealey, C. Sheppard, and S. Irving. 2007. Fish offal recycling by the black soldier fly
819 produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *J. World Aquac. Soc.* 38(2):309-313.
820
- 821 Suchodolski, J. S., P. G. Xenoulis, C. G. Paddock, J. M. Steiner, and A. E. Jergens. 2010.
822 Molecular analysis of the bacterial microbiota in duodenal biopsies from dogs with
823 idiopathic inflammatory bowel disease. *Vet. microbiol.* 142(3/4):394-400.
824
- 825 Tacon, A. G. 1993. Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed
826 feedstuffs. FAO, Rome.
827
- 828 Tanaka, Y., S. Tanioka, M. Tanaka, T. Tanigawa, Y. Kitamura, S. Minami, Y. Okamoto, M.
829 Miyashita, and M. Nanno. 1997. Effects of chitin and chitosan particles on BALB/c
830 mice by oral and parenteral administration. *Biomater.* 18(8):591-595.
831
- 832 Teshima, E., M. Brunetto, R. Vasconcellos, K. Gonçalves, L. de Oliveira, A. Valério, and A.
833 Carciofi. 2010. Nutrient digestibility, but not mineral absorption, is age-dependent in
834 cats. *J. Anim. Physiol. Anim.* 94(6):e252-258.
835
- 836 Turnbaugh, P. J., F. Bäckhed, L. Fulton, and J. I. Gordon. 2008. Diet-induced obesity is
837 linked to marked but reversible alterations in the mouse distal gut microbiome. *Cell*
838 *Host Microbe* 3(4):213-223.
839
- 840 Twomey, L., J. Pluske, J. Rowe, M. Choct, W. Brown, and D. Pethick. 2003. The effects of
841 added fructooligosaccharide (Raftilose® P95) and inulinase on faecal quality and
842 digestibility in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108(1):83-93.
843
- 844 Valderrama, J. A., P. Colonelli, D. Vásquez, M. F. González, J. A. Rodríguez, and C.
845 Theoduloz. 2008. Studies on quinones. Part 44: Novel angucyclinone N-heterocyclic
846 analogues endowed with antitumoral activity. *Bioorg. Med. Chem.* 16(24):10172-
847 10181.
848
- 849 Van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev.*
850 *Entomol.* 58:563-583.
851
- 852 Veldkamp, T., G. Van Duinkerken, A. Van Huis, C. Lakemond, E. Ottevanger, G. Bosch, and
853 T. Van Boekel. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a
854 feasibility study. *Report 638*:1-48.
855
- 856 Walker, A. W., S. H. Duncan, H. J. Harmsen, G. Holtrop, G. W. Welling, and H. J. Flint.
857 2008. The species composition of the human intestinal microbiota differs between
858 particle: associated and liquid phase communities. *Environ. Microbiol.* 10(12):3275-
859 3283.
860

- 861 Wang, X., and C. Parsons. 1998. Effect of raw material source, processing systems, and
862 processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poult. Sci.*
863 77(6):834-841.
864
- 865 Whitton, P. S., R. A. Nicholson, M. F. Bell, and R. H. Strang. 1995. Biosynthesis of taurine in
866 tissues of the locust (*Schistocerca americana gregaria*) and the effect of physiological
867 and toxicological stresses on biosynthetic rate of this amino acid. *Insect Biochem. Mol.*
868 *Biol.* 25(1):83-87.
869
- 870 Williams, B. A., M. W. Verstegen, and S. Tamminga. 2001. Fermentation in the large
871 intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutr. Res.*
872 *Rev.* 14(2):207-228.
873
- 874 Yokoyama, M., C. Tabori, E. Miller, and M. Hogberg. 1982. The effects of antibiotics in the
875 weanling pig diet on growth and the excretion of volatile phenolic and aromatic
876 bacterial metabolites. *Am. J. Clin. Nutr.* 35(6):1417-1424.
877
- 878 Zentek, J., B. Marquart, T. Pietrzak, O. Balleve, and F. Rochat. 2003. Dietary effects on
879 bifidobacteria and *Clostridium perfringens* in the canine intestinal tract. *J. Anim.*
880 *Physiol. Anim.* 87(11/12):397-407.
881
- 882 Zhao, W., L. Lu, and Y. Tang. 2010. Research and application progress of insect
883 antimicrobial peptides on food industry. *Int. J. Eng. Res. Appl.* 6(6). doi: 10.2202/1556-
884 3758.1943.
885
- 886 Zuidhof, M., C. Molnar, F. Morley, T. Wray, F. Robinson, B. Khan, L. Al-Ani, and L.
887 Goonewardene. 2003. Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed
888 supplement for turkey poults. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105(1):225-230.
889
- 890

891

892 ***Tabelas e Figuras***

893 Tabela 1 – Níveis de garantia e composição básica do alimento seco (Produto Comercial A) e

894 alimento úmido (Produto Comercial B) utilizados no experimento segundo o fabricante.

Item	Níveis de Garantia	
	Produto Comercial A ¹	Produto Comercial A ²
Umidade (máx)	100 g/kg	820 g/kg
Proteína Bruta (mín)	310 g/kg	85 g/kg
Extrato Etéreo (mín)	120 g/kg	45 g/kg
Matéria Fibrosa (máx)	30 g/kg	10 g/kg
Matéria Mineral (máx)	75 g/kg	25 g/kg
Cálcio (máx)	11 g/kg	0,002 g/kg
Cálcio (mín)	0,007 g/kg	0,004 g/kg
Fósforo (máx)	11 g/kg	0,002 g/kg
Fósforo (mín)	0,006 g/kg	-
Potássio (mín)	0,005 g/kg	-
Magnésio (máx)	0,001 g/kg	-
Taurina (mín)	0,001 g/kg	0,0006 g/kg
DL-Metionina (mín)	0,007 g/kg	-
L-Lisina (mín)	12 g/kg	-
Sódio (mín)	0,0025 g/kg	-
Zinco Quelatado (mín)	50 mg/kg	10 mg/kg
Hexametáfosfato de Sódio (mín)	0,003g/kg	-
Omega 6 (Ác. Linoleico) (mín)	20 g/kg	0,004 g/kg
Omega 3 (EPA+DHA) (mín)	0,002 mg/kg	0,001 g/kg
Saponinas (mín)	10 mg/kg	-
Bacillus subtilis (mín)	8x10 ⁸ UFC/kg	-
pH urinário	6,2 – 6,8	-
Mananogossacarídeos (MOS) (mín)	-	0,0006 g/kg
Energia Metabolizável	3950 kcal/kg	850 kcal/kg

895 ¹ Composição Básica: Mescla de carnes frescas (carne de frango, bovina e de peixe)(mín.5%), farinha
896 de salmão, farinha de vísceras de aves, hidrolisado de fígado de frango e suíno, arroz quebrado, glúten
897 de milho 60, milho integral moído, óleo de peixe, levedura de cerveja, gordura animal estabilizada,
898 proteína isolada de suíno, polpa de beterraba, cloreto de sódio (sal comum), taurina, extrato de yucca,
899 probiótico, hexametáfosfato de sódio, cloreto de potássio, DL-metionina, L-lisina, cloreto de colina,
900 aditivo acidificante, antioxidantes (BHT/BHA), vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, D3, E, K3, niacina,
901 ácido pantotênico, ácido fólico e biotina) e minerais (zinco aminoácido-quelato, iodato de cálcio,
902 selenito de sódio, sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de zinco e sulfato ferroso).

903 ² Composição Básica: Sardinha, atum, carne de frango, miúdos de aves, taurina,
904 mananogossacarídeos (MOS), plasma sanguíneo, cloreto de sódio (sal comum), goma carragena,
905 goma guar, fosfato de sódio, gordura animal esterilizada, vitaminas (A, D, E, B1, B2, B6, B2, colina,
906 niacina, ácido fólico, biotina, ác. Pantotênico), minerais (cloreto de potássio, sulfato de cobre, sulfato
907 de zinco, zinco aminoácido quelato, selenito de sódio, iodato de cálcio) e água.

908

909

910 Tabela 2 – Composição bromatológica das farinhas de insetos incluídas nas dietas
 911 experimentais para gatos adultos¹.

Item	Farinhas		
	Barata Cinéria	Barata de Madagascar	Tenébrio Gigante
Energia (kcal/kg)	5581	5362	6779
MS (%)	93,96	94,60	94,57
EE(%)	22,68	12,97	33,05
PB (%)	64,78	78,87	49,20
MM (%)	3,68	3,89	2,77
Quitina (%)	8,68	10,31	8,01

912 ¹Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

913 MS = Matéria Seca; EE = Extrato Etéreo; PB = Proteína Bruta; MM = Matéria Mineral.

914

915 Tabela 3 – Composição nutricional das dietas experimentais para gatos adultos¹.

Item	Tratamentos						
	Controle	7,5%TG	15%TG	7,5%B C	15%BC	75%BM	15%BM
Energia (kcal/kg)	4741	4773	4937	4742	4717	4758	4860
MS (%)	77,89	79,40	80,18	77,93	78,38	78,43	78,95
EE(%)	13,68	14,66	16,58	12,55	13,59	14,62	16,75
PB (%)	34,13	29,35	38,11	33,53	41,88	37,66	35,21
MM (%)	8,14	5,40	5,23	5,80	5,86	5,70	5,41
Quitina (%)	1,23	2,89	1,68	4,41	5,01	3,36	5,05

916

¹Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

917

MS = Matéria Seca; EE = Extrato Etéreo; PB = Proteína Bruta; MM = Matéria Mineral

918

TG = Tenébrio Gigante; BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar

Tabela 4 - Energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EE) e quitina (Q) das dietas e características urinárias e fecais e parâmetros sanguíneos dos gatos recebendo diferentes farinhas de insetos em diferentes níveis (7.5 e 15% de inclusão) e grupo controle.

Variáveis	Fontes de Proteína ¹									CV	Valor de P			
	BC		BM			TG			Controle		Farinha	Nível	Farinha*Nível	
	7,5%	15,0%	Média	7,5%	15,0%	Média	7,5%	15,0%						Média
MS (%)	84.10	83.86	83.98	83.72	82.41	83.06	84.77	85.01	84.89	85.12	5.82	0.402	0.691	0.836
MO (%)	41.22*	34.69*	37.95	36.88*	36.46*	36.67	36.91*	35.37*	36.14	14.53	47.21	0.938	0.513	0.825
PB (%)	89.12	87.30	88.21	87.41	87.53	87.47	87.22	88.85	88.03	87.53	4.70	0.774	0.978	0.299
EEHA (%)	90.21	92.96	91.59	88.16	90.20	89.11	90.67	92.61	91.64	92.31	4.40	0.106	0.041	0.940
Q (%)	30.89a	25.92b*	28.41B	32.06a	32.03a	32.05A	31.54a	26.71b	29.12B	30.11	11.33	0.002	0.000	0.021
EMAMS (kcal/kg)	3789	3872	3831AB	3768	3620	3694B	3912	3898	3905A	3837	5.76	0.007	0.593	0.176
Densidade da Urina	1024	1021	1022AB	1023	1027	1025A	1020	1021	1020 B	1024	0.69	0.043	0.668	0.096
pH da Urina	6.75ab	6.61b	6.68	6.61b	7.01a	6.81	6.71ab	6.74ab	6.72	6.78	4.38	0.294	0.156	0.008
pH Fecal	6.10	6.01	6.05	6.10	6.15	6.12	6.12	6.22	6.17	6.20	7.09	0.778	0.874	0.853
Escore fecal	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	4.00	3.66	3.83	3.83	12.77	1.000	0.372	0.449
Consumo de Água	129.66	134.17	131.91	129.66	107.17	118.41	139.50	124.17	131.83	130.00	41.99	0.370	0.220	0.443
<i>Parâmetros Sanguíneos</i>														
Ureia (mg/dL)	56.50	59.33	57.91	54.16	49.83	52.00	58.83	54.33	56.58	48.50	43.08	0.412	0.597	0.662
Creatinina (mg/dL)	1.10	1.08	1.09	1.16	1.01	1.09	1.16	1.01	1.09	1.03	31.18	1.000	0.205	0.741
Hemácias (mm ³)	8.64	8.69	8.66	8.83	9.63	9.23	8.78	9.21	8.99	9.54	17.75	0.166	0.085	0.434
Leucócitos (mm ³)	13.24	13.52	13.38	14.50	15.40	14.97	13.50	14.78	14.14	13.22	28.48	0.549	0.500	0.941
Linfócitos (mm ³)	24.33	28.33	26.33	24.33	22.16	23.25	25.17	25.50	25.33	23.00	43.35	0.578	0.768	0.587
Plaquetas (mil/mm ³)	471.00	549.83	510.41	544.50	511.83	528.16	501.33	465.83	483.58	462.83	31.22	0.646	0.928	0.406

¹Dietas formuladas contendo diferentes fontes de farinha de insetos e diferentes concentrações. BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar; TG = Tenébrio Gigante.

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, sendo que letras maiúsculas são para interação farinha x nível e letras minúsculas somente o tipo de farinha testado.

*P<0.05 para teste de Dunnett.

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEE) das farinhas e energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) em gatos recebendo diferentes farinhas de insetos em diferentes níveis.

Item	Fonte de Proteína ¹						SEM	Valores Estatísticos		
	BC 7.5%	BC 15%	BM 7.5%	BM 15%	TG 7.5%	TG 15%		FP	IN	FP*IN
<i>Consumo (g/dia)</i>	4.44	8.14	4.32	8.26	4.13	8.09	0.7827	0.9672	<0.001	0.9831
<i>Coeficientes de Digestibilidade (%)</i>										
MS	84.99	85.04	84.94	84.94	85.08	85.12	1.8845	0.9964	0.9834	0.9999
MO	85.71	85.60	85.57	85.52	85.09	85.69	1.5884	0.9858	0.9117	0.9699
PB	87.14	86.86	86.91	86.88	86.88	86.97	1.4786	0.9972	0.9527	0.9924
EE	92.03	92.36	91.76	92.17	92.09	92.33	1.1800	0.9732	0.7378	0.9972
Q	25.06 ^b	25.93 ^b	32.06 ^a	32.04 ^a	31.20 ^b	26.67 ^b	1.2111	0.0020	0.0147	0.0538
EMAMS (kcal/kg)	3960.83	3912.67	4012.83	3957.17	3883.17	3908.50	85.11	0.5827	0.7092	0.8714

¹Dietas formuladas contendo diferentes fontes de farinha de insetos e diferentes concentrações. BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar; TG = Tenébrio Gigante.

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si para fonte de proteína utilizada.

FP = Fonte de Proteína; IN = Inclusão; FP*IN = interação entre fonte de proteína e inclusão.

Tabela 6 - Concentração fecal de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e cadeia ramificada (AGCR), fenol e indol em gatos alimentados diferentes farinhas de insetos em diferentes níveis e grupo controle.

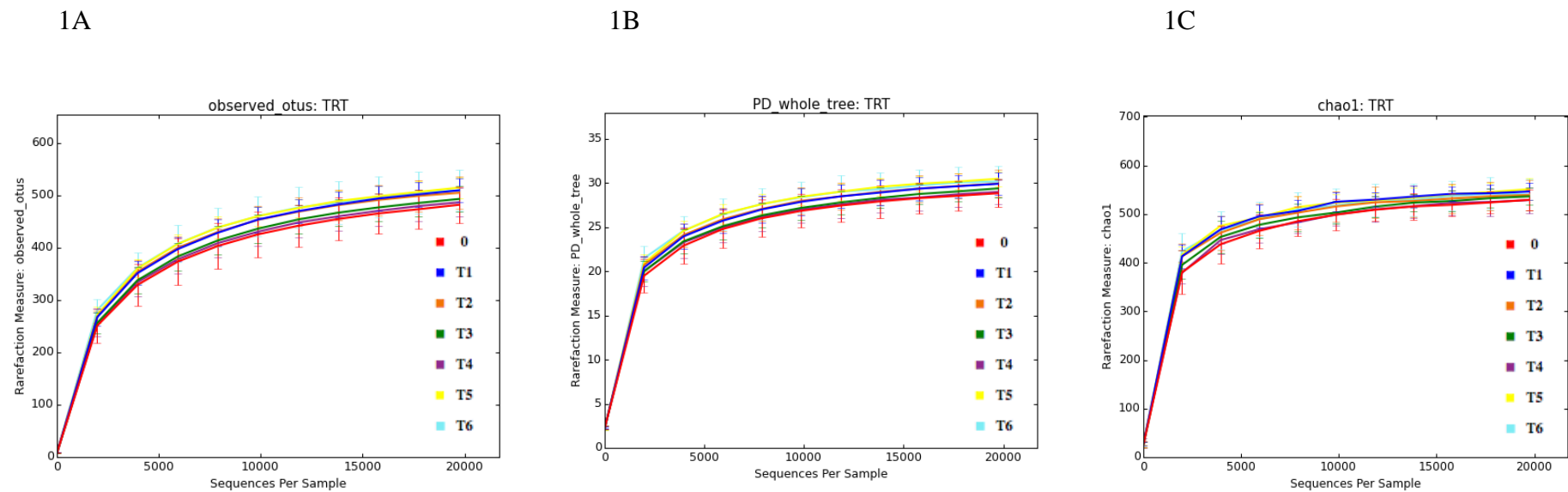
Variáveis	Fontes de Proteína ¹									Controle	CV	Valor de P		
	BC			BM			TG					Farinha	Nível	Farinha*Nível
	1	2	Média	1	2	Média	1	2	Média					
Acetato (ug/g)	137.08	150.62	143.85	114.49	147.16	130.83	140.89	119.70	130.30	134.92	25.724	0.429	0.387	0.085
Propionato (ug/g)	45.91	48.86*	47.38	40.83	49.82*	45.32	47.14	40.02	43.58	31.30	31.003	0.690	0.657	0.204
Isobutirato (ug/g)	3.35	3.44	3.39	2.57*	2.90	2.74	3.30	2.38*	2.84	4.50	48.862	0.205	0.601	0.245
Butirato (ug/g)	26.79	26.31	26.55A	22.13	28.97	25.55B	24.58	21.3	22.94	28.19	46.916	0.628	0.746	0.407
Isovalerato (ug/g)	5.91	6.34	6.12	4.79	4.58	4.69	6.18	4.52	5.35AB	7.22	44.420	0.048	0.291	0.162
Valerato (ug/g)	12.08	11.18	11.63	9.18	9.82	9.50	12.53	9.22	10.87	12.44	44.602	0.354	0.331	0.410
4-Metilfenol (ug/g)	266.76	191.40	229.08 B	325.80	355.58	340.69A	279.97	245.72	262.85AB	327.19	37.962	0.016	0.375	0.356
Indol (ug/g)	22.33	80.66	51.49	51.40	47.76	49.58	51.12	57.81	54.47	37.86	154.032	0.979	0.304	0.394

¹Dietas formuladas contendo diferentes fontes de farinha de insetos e diferentes concentrações. BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar; TG = Tenébrio Gigante.

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, sendo que letras maiúsculas são para interação farinha x nível e letras minúsculas somente o tipo de farinha testado.

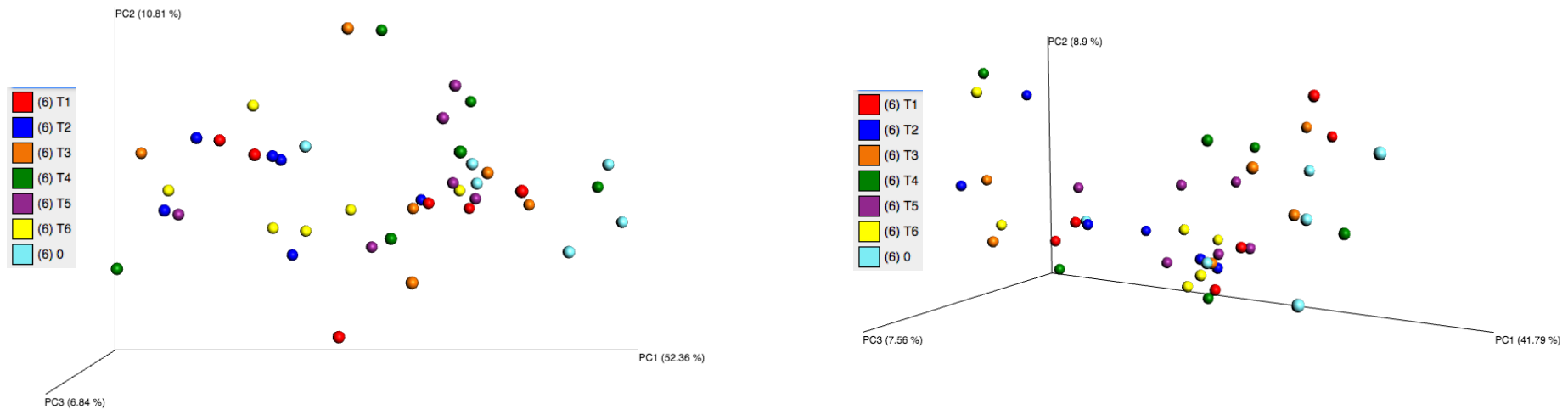
*P<0.05 para teste de Dunnett.

Figura 1. Diversidade alfa – curvas de rarefacção baseadas em OTUs observados (A), distância filogenética (B), e chão 1 (C), de acordo com tratamentos oferecidos a gatos adultos.



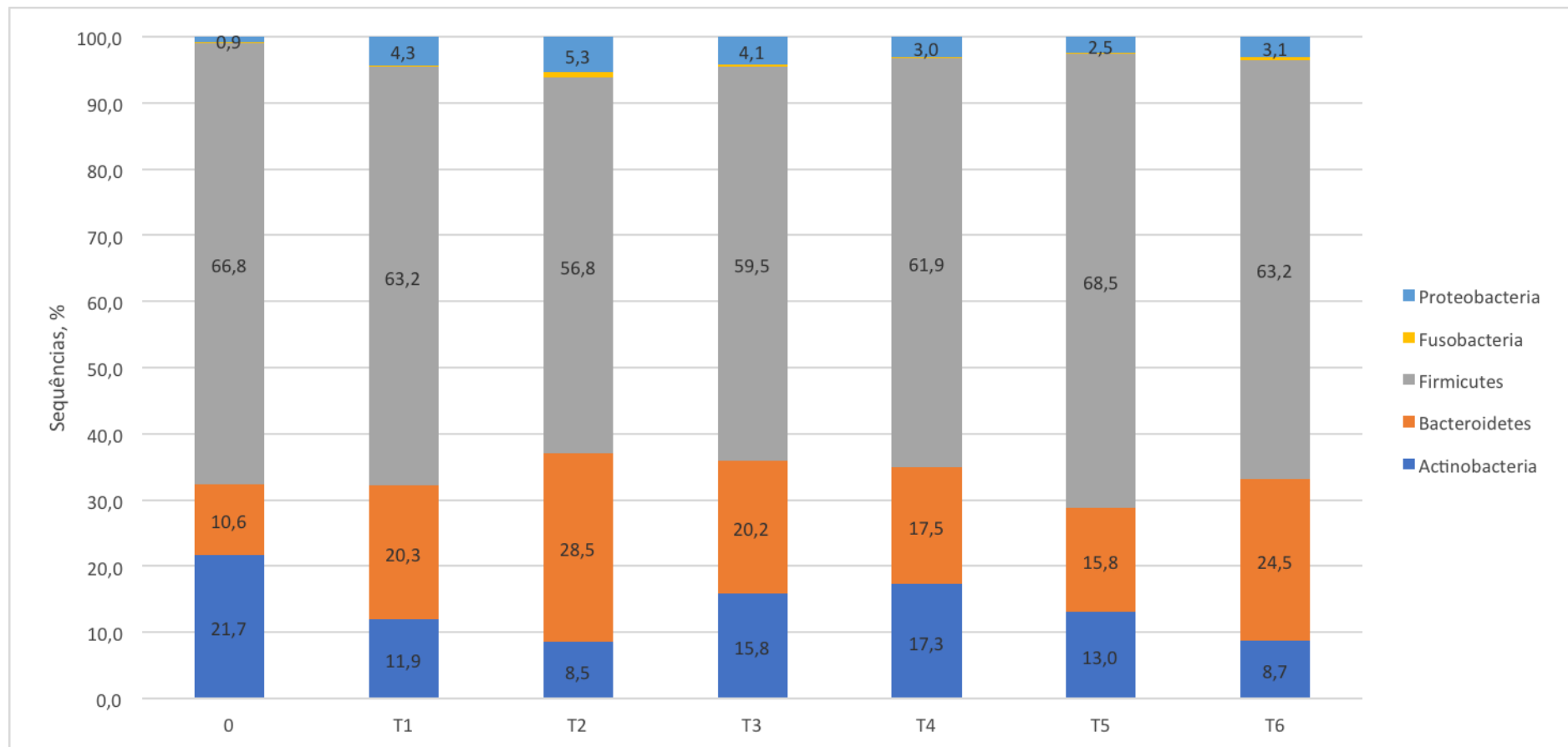
Legenda para figuras 1A-1C: 0= dieta controle, T1= 7,5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7,5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7,5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 2. Diversidade beta – Análise de coordenada principal (PCoA) usando distâncias métricas de fração únicas (UniFrac) ponderadas (A) e não ponderadas (B), de acordo com tratamentos oferecidos a gatos adultos.



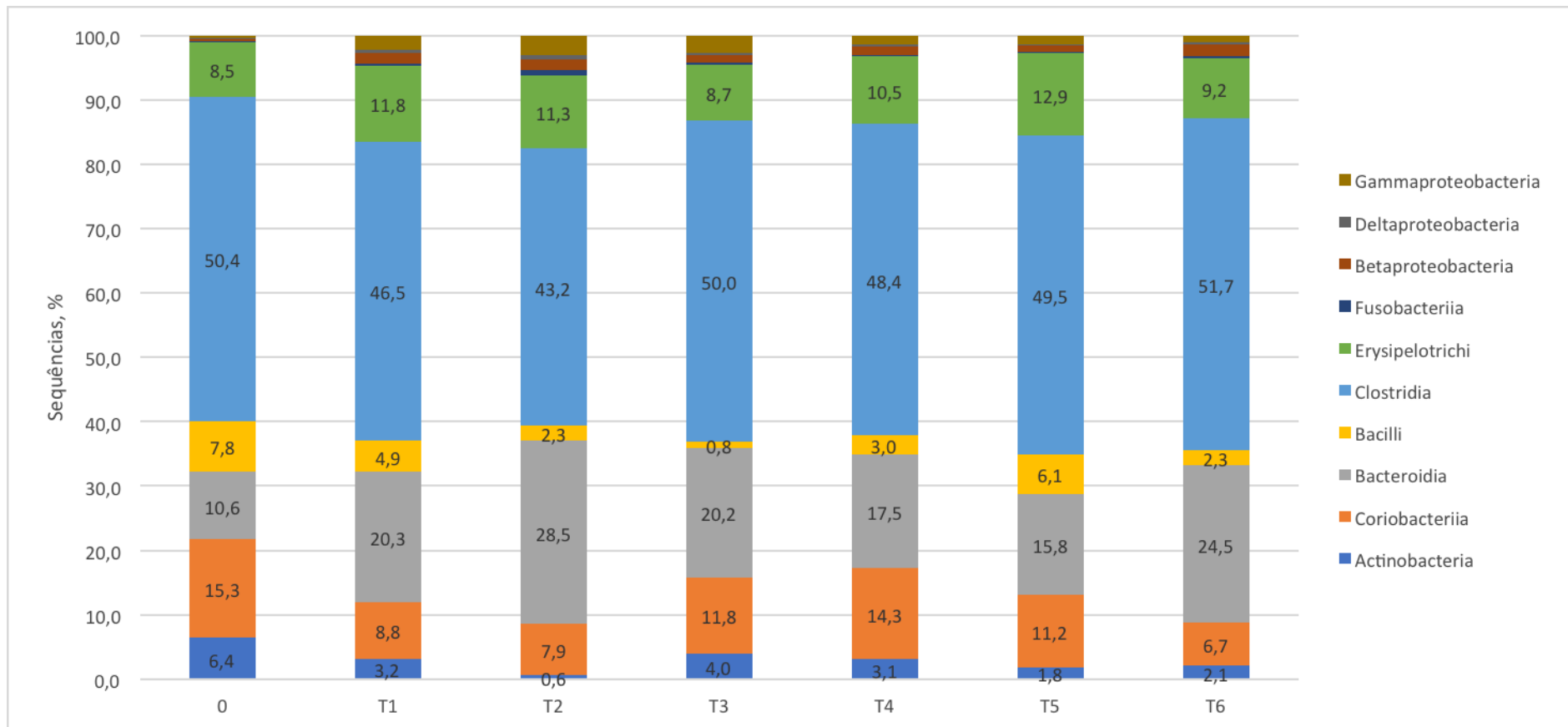
Legenda: cada ponto no gráfico representa uma amostra fecal de cada gato por tratamento, sendo estes identificados: 0= dieta controle, T1= 7,5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7,5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7,5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 3. Principais filos bacterianos (expressos como porcentagem do total de seqüências) em amostras fecais de gatos adultos alimentados diferentes tratamentos com fonte proteica de insetos e dieta controle.



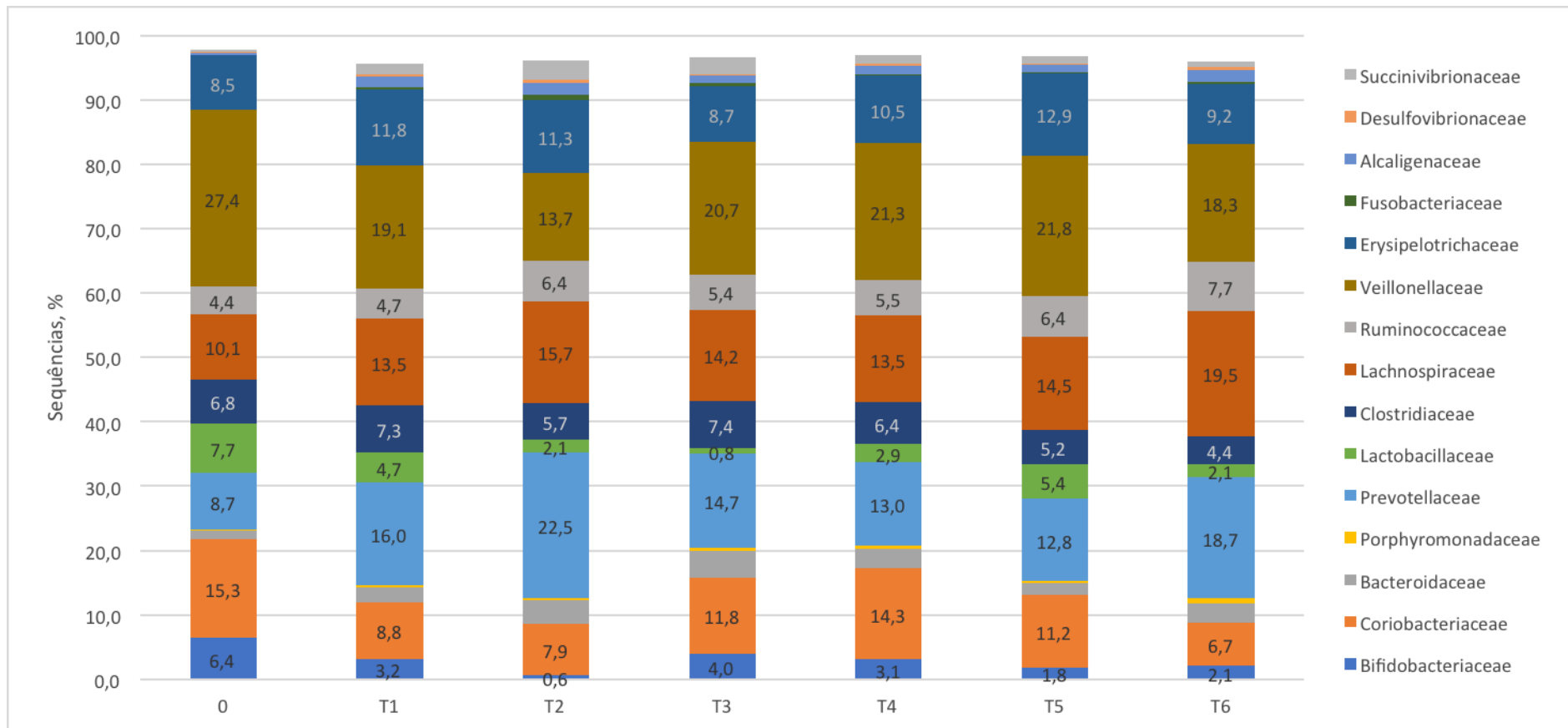
Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 4. Principais classes bacterianas (expressas como porcentagem do total de sequências) em amostras fecais de gatos adultos alimentados diferentes tratamentos com fonte proteica de insetos e dieta controle.



Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 5. Principais famílias bacterianas (expressas como porcentagem do total de sequências) em amostras fecais de gatos adultos alimentados diferentes tratamentos com fonte proteica de insetos e dieta controle.



Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

ARTIGO 2 – INCLUSÃO DE FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA CÃES E SEUS EFEITOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS

Artigo formatado de acordo com as normas do *Journal of Animal Science*.

1 **FARINHAS DE INSETOS EM DIETAS PARA CÃES E SEUS EFEITOS SOBRE A**
2 **DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E**
3 **CARACTERÍSTICAS INTESTINAIS**

4
5
6 **K. G. Lisenko***, **M. R. C. Godoy†**, **M. R. D. Oliveira***, **T.V. Silva***, **T. V. Fontes***, **D. V.**
7 **Costa***, **R. F. Lacerda***, **L. G. Ferreira***, **T. M. Gonçalves***, **M. G. Zangeronimo***, **F. M.**
8 **O. B. Saad²**

9 *Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

10 † Department of Animal Sciences, University of Illinois, Urbana, 61801, USA

11 *Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil*

12
13 ²**Autor correspondente:**

14 Prof. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

15 DZO - Setor de Zootecnia – Nutrição de Animais de Companhia - Universidade Federal de

16 Lavras – UFLA, Caixa Postal 3037 - Campus Universitário - Fone: (55) (35) 3829-1239

17 e-mail: borgesvet@dzo.ufla.br

18

19

RESUMO: Com o aumento significativo da população previsto para os próximos anos, conseqüentemente, haverá um aumento da população de cães e gatos, o que ocasiona uma competição direta por alimento, já que a fabricação de rações utiliza parte de produtos de origem animal, sendo necessários estudos sobre novas fontes de proteína sustentáveis, produtivas, com baixa pegada de carbono e, principalmente, seguras. Até o presente momento existem poucos estudos sobre insetos como alimento para animais de estimação. No presente estudo objetivou-se avaliar três fontes de farinhas de insetos, com dois níveis de inclusão, quanto à sua digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo e quitina, produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR), produção de fenol e indol, pH e microbiota fecal, para cães. Os experimentos foram realizados no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia do Departamento de Zootecnia da UFLA, por um período de seis meses (agosto-dezembro-2016). Foram seis cães adultos da raça Beagle, machos e fêmeas, com peso de $17,67 \pm 2,64$ kg e testados dois níveis (7,5 e 15%) de três farinhas de insetos (barata de Madagascar, barata cinéria e tenébrio gigante), em delineamento de quadrado latino, oferecidas aos seis cães durante seis períodos experimentais, com duração de 15 dias cada. Anteriormente à realização da avaliação das dietas teste, uma dieta sem inclusão da farinha teste (dieta controle) foi oferecida aos mesmos seis animais, durante 15 dias, com o propósito de obter valores a serem posteriormente utilizados para cálculos dos valores de energia metabolizável das farinhas de insetos, conforme equações preconizadas por Matterson et al (1965). Nos 10 primeiros dias realizou-se a adaptação dos animais ao alimento e, posteriormente, nos dias 10, 11 e 12 foram coletadas fezes para a digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), quitina (Q) e extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA). Já nos dias 13, 14 e 15, foram realizadas coletas das fezes para análise de pH fecal, produção de AGCC e AGCR, fenol/indol e microbioma intestinal. As variáveis foram analisadas pelo procedimento GLM (SAS Inst., NC) e o modelo estatístico incluiu análise de variância global com todos os tratamentos, a fim de se obter quadrado médio e realizar teste de Dunnett a 5%, comparando-se cada tratamento-testemunha a cada um dos demais tratamentos. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para a digestibilidade aparente dos nutrientes, entretanto ocorreram diferenças ($P < 0,05$) para as variáveis de propionato, valerato e fenol. Para pH fecal e demais variáveis, não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$), como também não foram observadas mudanças na microbiota intestinal dos cães alimentados com as diferentes dietas contendo farinha de inseto ou a dieta controle. Como conclusão, dados da microbiota fecal, em combinação com os resultados de produtos fermentativos fecais e parâmetros sanguíneos (índice de saúde sistêmica) de cães, alimentados com dietas à base de farinha de insetos ou dieta controle, fornecem evidências de que essas fontes proteicas e níveis de inclusão testados são adequados e podem ser seguramente incluídos até o nível de 15%, em alimentos para cães.

58

59 Palavras-chave: animais de estimação, farinha de inseto, fermentação intestinal, microbiota
60 intestinal, sustentabilidade, proteína.

61

62

63

64

65

66

67

INTRODUÇÃO

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

As estimativas para 2050 preveem maior demanda de fontes de proteína para animais de estimação e para humanos (Drew et al., 2014), devido a um provável aumento da população humana e, conseqüentemente, também de cães e gatos. Essa demanda aumentará a competição entre a alimentação humana e a alimentação de animais de estimação, razão da necessidade eminente de estudos em busca de fontes alternativas e sustentáveis de proteína. Os insetos são uma fonte promissora de proteína, sendo um recurso renovável utilizado especialmente em alimentos para humanos. Embora há mais de 40 anos os insetos tenham despertado o interesse como fonte de alimentos para animais, somente recentemente tem recebido atenção especial para área *petfood*. A grande variedade de insetos, além da diminuição da disponibilidade de farinhas de origem animal e vegetal, gera uma grande demanda por pesquisas nessa área. Cães são exigentes quanto à qualidade e quantidade das proteínas utilizadas nas dietas e, para que esses animais tenham eficiência na utilização da proteína do alimento, alguns fatores são fundamentais como teor de proteína, biodisponibilidade e composição e perfil de aminoácidos.

Os recentes avanços na tecnologia do sequenciamento de DNA e aplicação de tecnologias “omic” na biologia dos sistemas permitem melhor caracterização filogenética do microbioma intestinal, o que torna interessante a pesquisa da nutrigenômica relacionada diretamente à utilização de farinhas de insetos na alimentação em cães (Deng e Swanson, 2015). Sendo assim, objetivou-se neste estudo avaliar três tipos de farinha de insetos (Barata de Madagascar, Barata Cinéria e Tenébrio Gigante) com níveis de 7,5% e 15% inclusos em uma ração base, na digestibilidade dos alimentos, digestibilidade das farinhas, produção de fenol, indol e produção de ácidos graxos de cadeia curta no intestino, como também parâmetros sanguíneos e microbiota intestinal em cães.

92

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e instalações

94 A pesquisa foi conduzida no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de
95 Companhia (CENAC) do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de
96 Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, região Sul do Estado de Minas Gerais,
97 entre agosto e dezembro de 2016. Todo o protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética no
98 Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras (protocolo nº 072/16).

99 Os cães foram alojados individualmente em baias (1,5 m de largura x 3,0 m de
100 comprimento) de cimento com acesso a solário. Os bebedouros utilizados foram do tipo
101 *nipple*, fixados na parede do fundo da baia a uma altura média de 50 centímetros do solo.

102

Animais, tratamentos e delineamento experimental

104 Foram utilizados seis cães adultos da raça Beagle, com peso de $17,67 \pm 2,64$ kg, e
105 idade aproximada de 7 anos. Os animais foram desverminados e avaliados clinicamente, antes
106 do início do experimento, pesados e aleatoriamente distribuídos.

107 O delineamento experimental foi em quadrado latino com dietas em esquema fatorial 3
108 x 2 (três tipos de farinha - tenébrio gigante, barata de Madagascar e barata cinéria e dois
109 níveis de inclusão 7,5% e 15%), com seis repetições. O nível de inclusão foi em substituição à
110 ração referência, sem acréscimo de farinha de insetos, previamente avaliada para permitir o
111 cálculo de digestibilidade das farinhas de insetos. Essa ração era composta por dois produtos
112 comerciais, uma ração seca e um alimento úmido na proporção de 80:20, respectivamente. A
113 composição da dieta nestas proporções foi idealizada para garantir uma alta palatabilidade e
114 uma boa homogeneização quando as farinhas de insetos fossem incorporadas para a
115 elaboração das dietas teste uma vez que, se fosse utilizada somente a ração seca, não seria
116 possível tal homogeneidade. Os níveis de garantia e composição básica desses produtos,

117 segundo o fabricante, estão descritos na Tabela 1, enquanto a composição bromatológica das
118 farinhas de insetos encontram-se descritas na Tabela 2.

119 A quantidade de alimento oferecida foi determinada de modo a atender as exigências
120 nutricionais de cães adultos em manutenção, de acordo com as recomendações do National
121 Research Council (NRC, 2006), sendo calculada pela fórmula: $110 \times PV^{0,75}$. Os animais
122 foram alimentados duas vezes ao dia às 8 h e às 17 horas.

123 Dados sobre a composição nutricional incluindo energia bruta, matéria seca (MS),
124 extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e quitina, das farinhas de
125 insetos e das dietas experimentais estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

126

127 *Procedimento experimental e coleta de amostras*

128 O experimento foi realizado durante 6 períodos consecutivos de 15 dias cada sendo
129 10 dias iniciais para adaptação às dietas experimentais e 5 finais para coleta total de fezes e
130 urina. Nos dias 10, 11 e 12, foram coletadas fezes para determinar coeficientes de
131 digestibilidade aparente dos nutrientes (energia, matéria seca, matéria orgânica, proteína
132 bruta, quitina e extrato etéreo). As fezes foram coletadas 2 vezes ao dia, antes da alimentação.
133 As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados, pesadas e
134 armazenadas em freezer a -20°C até o final do período de coleta. A consistência fecal foi
135 avaliada por meio de escore com graduação de 1 a 5, sendo classificados, segundo Carciofi et
136 al. (2009) como: 1 – fezes pastosas; 2 – fezes macias e malformadas; 3 – fezes macias,
137 formadas e úmidas; 4 – fezes consistentes e 5 – fezes bem formadas, duras e secas. Já nos dias
138 13, 14 e 15, uma amostra fresca de fezes (coletada dentro de 15 minutos da defecação) de
139 cada cão foi coletada para determinação do pH fecal, matéria seca (MS), concentrações de
140 ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (acetato, propionato e butirato), ácidos graxos de
141 cadeia ramificada (AGCR) (isovalerato e isobutirato), valerato, indol, fenol e microbiota

142 fecal. O pH fecal foi determinado em peagâmetro digital de bancada da marca QUIMIS,
143 modelo Q400A (Diadema, São Paulo, Brasil). A MS foi determinada em forno a 105°C até
144 obtenção de um peso constante. Alíquotas fecais (2g), para determinação de indol e fenol,
145 foram congeladas em -20°C, e uma alíquota fecal de 5g foi misturada em solução de 2N HCl
146 em uma razão de 1:1 para determinação de AGCC e AGCR. Alíquotas de fezes, para
147 determinação microbiana fecal, foram congeladas imediatamente em nitrogênio líquido e
148 mantidas a -80°C.

149 No 15º dia de cada período experimental, às 8 h, uma amostra de sangue (5 mL) de
150 cada cão foi coletada via punção venosa cefálica. As amostras de sangue foram enviadas a um
151 laboratório de análises clínicas comercial, situado na cidade de Lavras-MG, para avaliação de
152 ureia, creatinina e hemograma completo.

153

154 *Análises químicas e determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente*

155 As análises bromatológicas dos alimentos e das fezes foram realizadas no Laboratório
156 de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. As análises de matéria seca (MS) (método 934.01),
157 proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método de hidrólise ácida), matéria
158 mineral (MM) (método 942.05), descritas pela Association of Official Analytical Chemists
159 (AOAC, 1995), e quitina de acordo com Hornung e Stevenson (1971) e Ma e Zuazaga (1942).

160 O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS foi calculado pela fórmula:

$$161 \text{ CDAMS (\%)} = [(a-b)/a] \times 100$$

162 Em que:

163 a = consumo de alimento na matéria seca

164 b = excreção de fezes na matéria seca

165 O CDA dos demais nutrientes foi calculado pela fórmula:

$$166 \text{ CDA nutriente (\%)} = [(a \times b - c \times d)] / (a \times b) \times 100$$

167 Em que:

168 a = consumo de alimento na matéria seca

169 b = porcentagem do nutriente no alimento

170 c = excreção de fezes na matéria seca

171 d = porcentagem do nutriente nas fezes

172 Com base nos resultados das análises laboratoriais das farinhas de insetos, da ração
173 referência e das fezes, foram determinados os valores de coeficiente de digestibilidade
174 aparente (CDA) das farinhas, por meio das equações propostas por Matterson et al. (1965).

$$175 \text{ CDA (kcal/kg)} = \text{CDA db} + \frac{\text{CDA dt} - \text{CDA db}}{P}$$

176 Em que:

177 CDA db = CDA da dieta basal (0%; % na MS)

178 CDA dt = CDA das dietas teste (7.5% ou 15% na MS)

179 P = porcentagem de substituição do alimento teste.

180 As análises de produtos fermentativos (AGCC, AGCR, indol e fenol) e microbiota fecal
181 foram realizadas na Universidade de Illinois, Urbana-Champaign – EUA. Concentrações de
182 fenol e indol fecal foram determinadas, utilizando cromatografia gasosa, de acordo com os
183 métodos de Flickinger et al. (2003), enquanto as concentrações de AGCC e AGCR, nas
184 amostras de fezes, foram determinadas por cromatografia em fase gasosa, de acordo com
185 Erwin et al. (1961), utilizando cromatógrafo Hewlett-Packard 5890A (Palo Alto, Califórnia,
186 Estados Unidos da América) série II, e uma coluna de vidro (180 cm x 4 mm id) contendo
187 10% SP-1200/1% de H₃PO₄ na diretiva 80/100 + malha Chromosorb WAW (Supelco Inc.,
188 Bellefonte, PA). O nitrogênio foi o transportador com um quociente de vazão de 75 mL/min.
189 Temperaturas utilizadas no forno, detector e injetor foram 125, 175 e 180°C, respectivamente.

190

191

192

193 ***Microbiota fecal: extração de DNA, amplificação, sequenciamento e bioinformática***

194 Extração do DNA fecal foi feita utilizando o kit comercial Mo-Bio PowerSoil (MO
195 BIO Laboratories, Inc. Carlsbad, Califórnia, Estados Unidos da América). A concentração de
196 DNA foi determinada pelo fluômetro Qubit® 2.0 (Life technologies, Grand Island, Nova
197 York, Estados Unidos da América). Os iniciadores moleculares progressivos (primer-sense/
198 forward - 515F; 5'-GTGCCAGCMGCCGCGGTAA-3 ') e reverso (primer anti-sense/ reverse
199 - 806R; 5'-GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3') que visam a um fragmento de 291 pb da
200 região V4 foram utilizados, para amplificação (IDT Corp., Coralville, Iowa, Estados Unidos
201 da América) (Caporaso et al., 2012) do gene rRNA 16S, usando a técnica Fluidigm Access
202 Array (Fluidigm Corporation, South San Francisco, Califórnia, Estados Unidos da América)
203 em combinação com Roche High Fidelity Fast Start Kit (Roche, Indianapolis, Indiana,
204 Estados Unidos da América). A qualidade dos amplicons foi avaliada, usando um analisador
205 de fragmentos (Advanced Analytics, Ames, Iowa, Estados Unidos da América), para
206 confirmar as regiões e os tamanhos dos amplicons. Quantidades equimolares dos amplicons
207 de cada amostra foram misturadas e os tamanhos dos amplicons foram selecionados em um E-
208 gel de agarose a 2% (Life technologies, Grand Island, Nova York, Estados Unidos da
209 América) e extraídos com o kit de purificação de gel Qiagen (Qiagen, Valencia, Califórnia,
210 Estados Unidos da América). O sequenciamento, utilizando plataforma Illumina, foi realizado
211 em um sequenciador MiSeq, usando reagentes v3 (Illumina Inc., San Diego, Califórnia,
212 Estados Unidos da América) no Centro de Biotecnologia da Universidade de Illinois. As tags
213 Fluidigm foram removidas, usando FASTX-Toolkit (versão 0.0.14), e QIIME 1.9.1 software
214 foi usado para processar os dados de sequência resultantes (Caporaso et al., 2010). Sequências
215 de alta qualidade (valor de qualidade ≥ 20) foram demultiplexadas. As sequências foram
216 então agrupadas em unidades taxonômicas operacionais (OTU), usando a seleção OTU de
217 referência aberta contra o banco de Greengenes com um nível de similaridade de 97%.

218 Singletons (OTUs que foram observados menos de 2 vezes) e OTUs que representavam
219 menos de 0,01% foram descartados. Um total de 1.353.878 sequências foram obtidas, média
220 de 32,235 e intervalo = 19,737-57.888 sequências por amostra. Rarefacção foi feita, para
221 análise de diversidade alpha e beta, mantendo 19,730 sequências por amostra. A análise das
222 coordenadas principais (PCoA) foi realizada, usando distâncias métricas de fração únicas
223 ponderadas e não ponderadas (UniFrac) (Ley et al., 2005).

224

225 *Análises estatísticas*

226 As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o PROC GLM do pacote
227 estatístico SAS 9.3. Efetuou-se uma análise de variância global com todos os tratamentos, a
228 fim de se obter o quadrado médio do resíduo, para testar o fatorial e realizar o teste de Dunnet
229 a 5%, comparando-se cada tratamento-testemunha a cada um dos demais tratamentos. O teste
230 de Tukey foi utilizado para comparar os tratamentos no esquema fatorial.

231

232

RESULTADOS

233 Os coeficientes de digestibilidade aparente dos macronutrientes foram pouco afetados
234 pela inclusão das farinhas de insetos, tendo em vista que coeficientes para MS, MO, PB, Q e
235 EM não diferiram ($P>0,05$) entre eles e em relação à dieta controle (Tabela 5), porém
236 ocorreram diferenças ($P<0,05$) para o coeficiente de digestibilidade do EEHA nas dietas ,
237 quando comparado ao controle. O escore e pH fecal não foram alterados ($P>0,05$) pela
238 inclusão de farinhas de insetos nas dietas.

239 Para os parâmetros sanguíneos (ureia, creatinina e hemograma), não foram observadas
240 diferenças ($P>0,05$) para as dietas contendo diferentes farinhas de insetos e níveis de inclusão,
241 em relação ao grupo controle.

242 Quanto à digestibilidade das farinhas com a substituição de Matterson et al. (1965),
243 não ocorreram diferenças ($P>0,05$) para CDAMS, CDAMO, CDAPB e CDAEEHA, bem
244 como para as concentrações fecais de AGCC, AGCR, fenol e indol ($P>0,05$) entre as
245 diferentes dietas contendo farinha de insetos ou entre elas e à dieta controle (Tabela 7).

246 A microbiota fecal, analisada por sequenciamento do gene 16S rRNA, de cães
247 alimentados com diferentes tipos e níveis de inclusão de farinha de insetos ou dieta controle,
248 não apresentou diferenças ($P>0,05$) na diversidade alpha e beta. Esses dados sugerem que a
249 inclusão de farinhas de insetos até o nível de 15% de inclusão não tiveram efeito na
250 comunidade microbiana (Figuras 1A, 1B, e 1C) não diferindo em termos de abundância e
251 presença de diferentes taxas (Figuras 2A e 2B).

252 Os filos predominantes, presentes em todos os cães, foram Firmicutes (29,9- 44,1%),
253 Bacteroidetes (19,1- 24,3%), Proteobacteria (2,5 – 5,5%) e Fusobacteria (13,4 – 44,5%)
254 (Figura 3).

255

256

DISCUSSÃO

257 Na presente pesquisa foram avaliados os diferentes aspectos na utilização de farinhas
258 de insetos, na alimentação de cães, utilizando farinha de barata cinéria (BC), farinha de barata
259 de Madagascar (BM) e farinha de tenébrio gigante (TG) com diferentes níveis de substituição
260 na dieta (7,5% e 15%).

261 Quanto à digestibilidade dos nutrientes das dietas com ou sem farinhas de insetos em
262 diferentes níveis de inclusão, o CDAMS, CDAMO, CDAPB e CDAQ não foram
263 significativamente diferentes. Em pesquisas realizadas por Bosch et al. (2014), os autores
264 avaliaram a digestibilidade *in vitro* de farinha de mariposa e farinha de tenébrio gigante, na
265 inclusão de dietas para cães, em que o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína foi
266 de 84,3% e 89,7%, o que corrobora com o presente estudo, sendo uma valor adequado e

267 similar à digestibilidade de outras fontes de proteína, como farinha de soja e farinha de carne
268 e ossos. Insetos como o tenébrio só podem ser utilizados na sua forma larval, pois sua forma
269 adulta possui uma elevada quantidade de quinonas, já a sua forma de pupas são ricas em
270 proteínas e lipídeos e pobre em cinzas (Makkar et al., 2014).

271 Fortes et al. (2010) determinaram em cães a digestibilidade de sete diferentes fontes
272 proteicas pelo método de substituição, bem como seus teores de energia metabolizável. Esses
273 pesquisadores puderam constatar que a soja micronizada e o glúten de milho 60% foram os
274 ingredientes que apresentaram maiores digestibilidades para PB (88,6 e 92%,
275 respectivamente) e MS (88 e 90,5%, respectivamente), sendo ambas fontes ricas e altamente
276 biodisponíveis na alimentação para cães, e esses valores são aproximados ao do presente
277 estudo.

278 De acordo com Van Huis (2013), os insetos são fontes ricas de aminoácidos, lipídeos,
279 vitaminas e minerais, além de estarem envolvidos em pequena pegada ecológica. Sendo
280 assim, tornam-se promissoras fontes de proteína na alimentação de animais de estimação.

281 Estudos em frangos, realizados por Dierenfeld e King (2008), alimentados com larvas
282 de mosca soldado, indicaram baixa digestibilidade dos nutrientes e, na dieta disponível em
283 forma de farinha, ocorreu quebra do exoesqueleto, indicando que as farinhas de insetos podem
284 apresentar uma maior digestibilidade do que larvas de animais inteiros. No presente estudo
285 ocorreu um aumento na digestibilidade de extrato etéreo, quando comparado ao grupo
286 controle, podendo ser observados valores maiores para a utilização de tenébrio gigante.
287 Nandeesha et al. (1999) pesquisando alimentação de carpas-comum, encontraram que a
288 utilização de farinha de pupa de bicho da seda, aumentou significativamente a digestibilidade
289 lipídica sem, contudo, aumentar a deposição de gordura na carcaça. Os autores sugerem que
290 determinados grupos de insetos, especialmente na sua forma larval, como larvas de bicho da
291 seda e tenébrio possuem altos valores de ácidos graxos altamente digestíveis, o que torna a

292 sua utilização eficiente e sem trazer quaisquer prejuízos à digestibilidade dos nutrientes,
293 aumentando assim a digestibilidade lipídica. Do mesmo modo, os autores encontraram que
294 digestibilidade proteica não alterou quando as dietas foram comparados ao grupo controle.
295 Estudos realizados em frangos por Zuidhof et al. (2003) e Pretorius (2011) puderam
296 comprovar a alta digestibilidade de aminoácidos em farinha de larvas de moscas domésticas,
297 em torno de 95%. Alegbeleye et al. (2012) avaliaram a utilização de farinha de gafanhoto em
298 dietas de peixes carnívoro e concluíram que a farinha testada pode ser substituída em até 25%
299 em relação à farinha de peixe. Os mesmos autores citam que maiores taxas de substituição
300 diminuíram a digestibilidade dos nutrientes nos animais.

301 Na análise de escore fecal dos animais, todos mantiveram-se dentro dos padrões
302 estabelecidos para animais alimentados com dietas secas. Alimentos de alta digestibilidade,
303 após a sua ingestão e digestão, resultam em fezes sólidas e bem formadas (Case et al., 2010).

304 Quanto aos parâmetros sanguíneos, não foram observadas diferenças significativas
305 para as dietas com farinhas de insetos e o grupo controle. Melo et al. (2006) descreveram que
306 a porcentagem de proteína na dieta altera algumas variáveis hematológicas, como proteínas e
307 eritograma, sem prejudicar o sistema de defesa orgânico, porém isso não foi observado com
308 as diferentes dietas do presente estudo o, mantendo-se todos dentro dos valores estabelecidos
309 como normais para cães.

310 Quanto à produção de AGCC, os principais gêneros que se destacam para a produção
311 desses ácidos graxos são: *Clostridium* cluster XIVa, *Prevotella* spp., *Facecalibacterium* spp. e
312 *Bifidobacterium* spp. (Suchodolski et al., 2010). Louis et al. (2007), em sua pesquisa,
313 realizaram um detalhamento das bactérias envolvidas na produção de cada um dos principais
314 AGCC e atribuíram aos *Bacteroides* e ao Clostridial Cluster IX a maior produção de
315 propionato. A população dessas bactérias se eleva quando há uma predominância de pH em

316 torno de 6,6 e, conseqüentemente, ocorre maior produção de propionato (Walker et al., 2008),
317 da mesma forma que ocorreu nos resultados do presente estudo.

318 Com relação aos AGCR, maior concentração de valerato no grupo controle indica
319 maior catabolismo microbiano do aminoácido isoleucina, sugerindo uma atividade
320 proteolítica intensa (Williams et al., 2001). Houve uma redução nos valores de lactato quando
321 os animais ingeriram as farinhas de insetos. Observa-se que altos níveis de lactato podem
322 causar inibição da produção de AGCC e contribuir para o aumento da pressão osmótica
323 intraluminal, resultando em extravasamento de líquido para o interior do lúmen e aumentando
324 a taxa de passagem e diarreia (Twomey et al., 2003), fato que não ocorreu no presente estudo.

325 A utilização de farinha de tenébrio gigante resultou em diminuição significativa da
326 produção de fenol nas fezes dos cães, quando comparado ao grupo controle. Uma fermentação
327 proteolítica pode levar ao aumento da produção desses metabólitos (amônia, aminas, fenóis e
328 indóis) que são potencialmente tóxicos. (Yokoyama et al., 1982; MacFarlane et al., 1992). De
329 fato, a desaminação de aminoácidos de proteínas dietéticas é a principal fonte de amônia,
330 fenóis e indóis no colón e esses produtos passam facilmente pela parede intestinal, obtendo
331 acesso a outros tecidos do corpo (Roland et al., 1995). Esses produtos podem prejudicar o
332 desenvolvimento da mucosa intestinal e são correlacionados negativamente com a altura das
333 vilosidades (Williams et al., 2001). Sendo assim, a redução desses compostos no presente
334 estudo, afeta positivamente a saúde intestinal do cão.

335 A microbiota intestinal tem sido associada a várias funções metabólicas, como
336 também parece estar envolvida na manutenção da saúde do trato gastrointestinal e sistêmica
337 do hospedeiro. Embora já se verifique que a comunidade microbiana possa variar, em
338 diferentes partes do corpo, bem como também ao longo do trato gastrointestinal (Ritchie et
339 al., 2008; Flint et al., 2012), as funções básicas são conservadas independente do nicho
340 microbiano, sugerindo a existência de um coro de microrganismos responsáveis pela

341 manutenção de um sistema favorável e simbiótico. O distúrbio desse coro microbiano pode
342 levar a um processo de disbiose e possível desenvolvimento de distúrbios fisiológicos e
343 processos patológicos no hospedeiro. Neste estudo, a microbiota intestinal de gatos não foi
344 alterada pelas fontes de farinha de insetos ou dieta controle, fato evidente pela ausência de
345 uma aglomeração clara da microbiota fecal nos gráficos de PCoA e de curvas de rarefação.
346 Este fato indica que não houve diferença na de riqueza de espécies, bem como não alteração
347 da presença (ou ausência) e proporção das comunidades microbianas presentes no intestino de
348 gatos alimentados com as diferentes dietas avaliadas.

349 Estudos anteriores identificaram *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobactria*,
350 *Fusobacteria*, e *Actinobacteria* como os filos predominantes no trato gastrointestinal de cães e
351 gatos (Deng e Swanson, 2015); resultados da microbiota fecal deste estudo suportam relatos
352 por esses autores. Existe uma quantidade limitada de estudos na área de microbioma em
353 animais de estimação, contudo já se assevera que intervenções dietéticas podem modular a
354 microbiota intestinal em cães e gatos. Na maior parte desses estudos foram utilizadas
355 diferentes fontes de fibra dietética ou prebióticos (Barry et al., 2012; Beloshapka et al., 2013;
356 Panasevich et al., 2015) e, de modo geral, observou-se um aumento na proporção de
357 *Fusobacteria*, sendo valores mais elevados do que geralmente observados para esse filo em
358 cães. Contudo Middelbos et al. (2010) relataram dados semelhantes (23-40% *Fusobacteria*)
359 ao do presente estudo, em cães adultos saudáveis. Comparações diretas entre diferentes
360 estudos avaliando microbiota são desafiadoras e nem sempre tornam um estudo preciso, por
361 diferenças metodológicas e condições experimentais. Além disso, uma menor relativa
362 proporção dos gêneros *Megasphaera*, *Bifidobacterium*, *Acidaminococcus*, *Eubacterium* e
363 *Desulfovibrio* foi observada, o que, em parte, suporta os achados do presente estudo, uma vez
364 que as dietas contêm dietas de farinha de insetos das famílias *Bifidobacteriaceae* e
365 *Vellonellaceae* (incluindo o gênero *Megasphaera*). Neste estudo também foi observada maior

366 proporção de sequências correspondentes à família *Bacteroidaceae* e uma diminuição em
 367 *Prevotellaceae*. As demais classes e famílias de bactérias mantiveram-se dentro dos
 368 parâmetros normais para cães saudáveis.

369 **CONCLUSÃO**

370 Os achados experimentais de digestibilidade, de microbiota fecal, em combinação com
 371 os resultados de produtos fermentativos fecais e parâmetros sanguíneos (índice de saúde
 372 sistêmica) de cães alimentados com dietas à base de farinha de insetos e dieta controle,
 373 evidenciam que essas fontes proteicas e níveis de inclusão testados são adequados e podem
 374 ser incluídos em alimentos para cães adultos, até o nível de 15%.

375

376 **Agradecimentos**

377 Agradecimentos à empresa VidaProteína pelo fornecimento das farinhas de insetos
 378 utilizadas no presente estudo. Ao laboratório Animal Science da Universidade de Illinois
 379 pelas análises realizadas. Ao CAPES pelo financiamento desse estudo. E aos autores que
 380 contribuíram para a redação deste artigo.

381

382 **LITERATURA CITADA**

- 383 Aksnes, A., H. Mundheim, J. Toppe, and S. Albrektsen. 2008. The effect of dietary
 384 hydroxyproline supplementation on salmon (*Salmo salar* L.) fed high plant protein diets.
 385 *Aquaculture* 275(1/4):242-249.
 386
- 387 Alegbeleye, W. O., S. O. Obasa, O. O. Olude, K. Otubu, and W. Jimoh. 2012. Preliminary
 388 evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.)
 389 for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquac. Res.*
 390 43(3):412-420.
 391
- 392 AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. AOAC International, Arlington.
 393
- 394 Banjo, A., O. Lawal, and E. Songonuga. 2006. The nutritional value of fourteen species of
 395 edible insects in southwestern Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* 5(3):298-301.
 396
- 397 Barry, K. A., I. S. Middelbos, B. M. V. Boler, S. E. Dowd, J. S. Suchodolski, B. Henrissat, P.
 398 M. Coutinho, B. A. White, G. C. Fahey Júnior, and K. S. Swanson. 2012. Effects of

- 399 dietary fiber on the feline gastrointestinal metagenome. *J. Proteome Res.* 11(12):5924-
400 5933.
- 401
- 402 Barry, K., B. Wojcicki, I. Middelbos, B. Vester, K. Swanson, and G. Fahey. 2010. Dietary
403 cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and
404 microbial populations in adult cats. *J. Anim. Sci.* 88(9):2978-2987.
- 405 Bednar, G., S. Murray, A. Patil, E. Flickinger, N. Merchen, and G. Fahey Júnior. 2000.
406 Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal
407 characteristics of ileally cannulated dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 53(2):127-140.
- 408
- 409 Belonguer, A., S. H. Duncan, A. G. Calder, G. Holtrop, P. Louis, G. E. Lobley, and H. J.
410 Flint. 2006. Two routes of metabolic cross-feeding between *Bifidobacterium*
411 *adolescentis* and butyrate-producing anaerobes from the human gut. *Appl. Environ.*
412 *Microbiol.* 72(5):3593-3599.
- 413
- 414 Bell, J. A., J. J. Kopper, J. A. Turnbull, N. I. Barbu, A. J. Murphy, and L. S. Mansfield. 2008.
415 Ecological characterization of the colonic microbiota of normal and diarrheic dogs.
416 *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.* 2008:1-17.
- 417
- 418 Beloshapka, A. N., S. E. Dowd, J. S. Suchodolski, J. M. Steiner, L. Duclos, and K. S.
419 Swanson. 2013. Fecal microbial communities of healthy adult dogs fed raw meat-based
420 diets with or without inulin or yeast cell wall extracts as assessed by 454
421 pyrosequencing. *FEMS Microbio. Ecol.* 84(3):532-541.
- 422
- 423 Bermingham, E. N., S. Kittelmann, G. Henderson, W. Young, N. C. Roy, and D. G. Thomas.
424 2011. Five-week dietary exposure to dry diets alters the faecal bacterial populations in
425 the domestic cat (*Felis catus*). *Br. J. Nutr.* 106(Suppl. 1):49-52.
- 426
- 427 Boland, M. J., A. N. Rae, J. M. Vereijken, M. P. Meuwissen, A. R. Fischer, M. A. Van
428 Boekel, S. M. Rutherfurd, H. Gruppen, P. J. Moughan, and W. H. Hendriks. 2013. The
429 future supply of animal-derived protein for human consumption. *Trends Food Sci.*
430 *Technol.* 29(1):62-73.
- 431
- 432 Borges, F. M. O., and W. M. Ferreira. 2004. Princípios nutritivos e exigências nutricionais de
433 cães e gatos: parte I Energia, proteína, carboidratos e lipídeos. UFLA, Lavras, MG.
- 434
- 435 Bosch, G., J. Vervoort, and W. Hendriks. 2016. In vitro digestibility and fermentability of
436 selected insects for dog foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 221:174-184.
- 437
- 438 Bosch, G., S. Zhang, D. G. Oonincx, and W. H. Hendriks. 2014. Protein quality of insects as
439 potential ingredients for dog and cat foods. *J. Nutr. Sci.* 3:e29.
- 440
- 441 Bovée, K., and D. Kronfeld. 1981. Reduction of renal hemodynamics in uremic dogs fed
442 reduced protein diets. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 17:277-285.
- 443
- 444 Buffington, C. T., and D. J. Chew. 1999. Calcium oxalate urolithiasis in cats. *J. Endourol.*
445 13(9):659-663.
- 446
- 447 Campbell, J. M., and G. C. Fahey. 1997. Psyllium and methylcellulose fermentation
448 properties in relation to insoluble and soluble fiber standards. *Nutr. Res.* 17(4): 619-629.

- 449
 450 Caporaso, J. G., C. L. Lauber, W. A. Walters, D. Berg-Lyons, J. Huntley, N. Fierer, S. M.
 451 Owens, J. Betley, L. Fraser, and M. Bauer. 2012. Ultra-high-throughput microbial
 452 community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *ISME J.* 6(8):1621-
 453 1624.
 454
- 455 Caporaso, J. G., J. Kuczynski, J. Stombaugh, K. Bittinger, F. D. Bushman, E. K. Costello, N.
 456 Fierer, A. G. Peña, J. K. Goodrich, and J. I. Gordon. 2010. QIIME allows analysis of
 457 high-throughput community sequencing data. *Nat. Methods* 7(5):335-336.
 458
- 459 Carciofi, A. C. 2002. Proteína na alimentação de cães e gatos. In: *Anais 2º Simp. Nutr. Anim.*
 460 *Estim., Campinas.* p. 31-44.
 461
- 462 Carciofi, A. C., E. Teshima, R. S. Bazolli, M. A. Brunetto, R. S. Vasconcellos, L. D. de
 463 Oliveira, and G. T. Pereira. 2009. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais
 464 de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. *RBSPA* 10(2):489-500.
 465
- 466 Case, L. P., L. Daristotle, M. G. Hayek, and M. F. Raasch. 2010. *Canine and feline Nutrition-*
 467 *E-Book: a resource for companion animal professionals.* 3th ed. Mosby Elsevier,
 468 Amsteram.
 469
- 470 Church, D. C., and W. G. Pond. 1977. *Basic animal nutrition and feeding.* John Wiley &
 471 Sons, New York.
 472
- 473 Clark, E. W., and G. H. Ball. 1952. The free amino acids in the whole bodies of culicid
 474 mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 1(4):339-346.
 475
- 476 Collins, S. 2014. *Antinutritional factors in modeling plant-based rainbow trout diets.* Thesis.
 477 University of Saskatchewan, Saskatoon.
 478
- 479 Conway, P. 1994. Function and regulation of the gastrointestinal microbiota of the pig. In:
 480 *Proc. 6th Internat. Symp. Digestive Physiol. Pigs, Bad Doberan.* p. 231-240.
 481
- 482 Cummings, J., and G. Macfarlane. 1991. The control and consequences of bacterial
 483 fermentation in the human colon. *J. Appl. Microbiol.* 70(6):443-459.
 484
- 485 DeFoliart, G. R. 1992. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and
 486 economic aspects. *Crop Prot.* 11(5):395-399.
 487
- 488 Deng, P., and K. Swanson. 2015. Companion animals symposium: future aspects and
 489 perceptions of companion animal nutrition and sustainability. *J. Anim. Sci.* 93(3):823-
 490 834.
 491
- 492 Deusch, O., C. O'Flynn, A. Colyer, P. Morris, D. Allaway, P. G. Jones, and K. S. Swanson.
 493 2014. Deep Illumina-based shotgun sequencing reveals dietary effects on the structure
 494 and function of the fecal microbiome of growing kittens. *PLoS One* 9(7):e101021.
 495
- 496 Dierenfeld, E., and J. King. 2008. Digestibility and mineral availability of Phoenix worms,
 497 *Hermetia illucens*, ingested by mountain chicken frogs, *Leptodactylus fallax*. *J.*
 498 *Herpetol. Med. Surg.* 18(3-4):100-105.

- 499
500 Dossey, A. T., J. A. Morales-Ramos, and M. G. Rojas. 2016. Insects as sustainable food
501 ingredients: production, processing and food applications. Acad. Press, Oxford.
502
- 503 Drew, D., J. Drew, J. Kotze, E. Pieterse, C. Richards, R. Rudolphe, and P. Watson. 2014.
504 Agriprotein: building the world's largest insect rearing protein farm: a history vision. In:
505 Conf. Proc. Ins. Feed. World, David Drew. p. 60.
506
- 507 Drochner, W., and H. Meyer. 1991. Digestion of organic matter in the large intestine of
508 ruminants, horses, pigs and dogs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65:18-40.
509
- 510 Duran-Pinedo, A. E., and J. Frias-Lopez. 2015. Beyond microbial community composition:
511 functional activities of the oral microbiome in health and disease. *Microbes Infect.*
512 17(7):505-516.
513
- 514 Espe, M., A. Lemme, A. Petri, and A. El-Mowafi. 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*)
515 grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture* 255(1/4):255-262.
516
- 517 Fahey, G. C. J., K. A. Barry, and K. S. Swanson. 2008. Age-related changes in nutrient
518 utilization by companion animals. *Annu. Rev. Nutr.* 28:425-445.
519
- 520 FAO. 2013. The state of food insecurity in the world: the multiple dimensions of food
521 security. FAO, Rome.
522
- 523 Finke, M. D. 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biol.*
524 32(1):27-36.
525
- 526 Flickinger, E., E. Schreijfen, A. Patil, H. Hussein, C. Grieshop, N. Merchen, and G. Fahey.
527 2003. Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected
528 by fructan supplementation of dog diets. *J. Anim. Sci.* 81(8):2008-2018.
529
- 530 Flint, H. J., K. P. Scott, P. Louis, and S. H. Duncan. 2012. The role of the gut microbiota in
531 nutrition and health. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 9(10):577-589.
532
- 533 Flint, H. J., S. H. Duncan, K. P. Scott, and P. Louis. 2007. Interactions and competition within
534 the microbial community of the human colon: links between diet and health. *Environ.*
535 *Microbiol.* 9(5):1101-1111.
- 536 Friswell, M., B. Campbell, and J. Rhodes. 2010. The role of bacteria in the pathogenesis of
537 inflammatory bowel disease. *Gut Liver* 4(3):295-306.
538
- 539 Fortes, C. M. L. S., A. C. Carciofi, N. K. Sakomura, I. M. Kawauchi, and R. S. Vasconcellos.
540 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs.
541 *Anim. Feed Sci. Technol.* 156(3/4):121-125.
542
- 543 Funaba, M., T. Tanaka, M. Kaneko, T. Iriki, Y. Hatano, and M. Abe. 2001. Fish meal vs. corn
544 gluten meal as a protein source for dry cat food. *J. Vet. Med. Sci.* 63(12):1355-1357.
545
- 546 Gasco, L., M. Belforti, L. Rotolo, C. Lussiana, G. Parisi, G. Terova, A. Roncarati, and F. Gai.
547 2014. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for

- 548 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Internat. Conf. Insec. Feed World, The
549 Netherlands. p. 14-17.
550
- 551 Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E.
552 Herman, G. Hu, Å. Krogdahl, and R. Nelson. 2007. Expanding the utilization of
553 sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquac. Res.* 38(6):551-579.
554
- 555 Handl, S., S. E. Dowd, J. F. Garcia-Mazcorro, J. M. Steiner, and J. S. Suchodolski. 2011.
556 Massive parallel 16S rRNA gene pyrosequencing reveals highly diverse fecal bacterial
557 and fungal communities in healthy dogs and cats. *FEMS Microbiol. Ecol.* 76(2):301-
558 310.
559
- 560 Hardy, R. W. 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: C. D. Webster, and C. Lim,
561 editores, *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. CABI Publishing,
562 New York. p. 184-202.
563
- 564 Hartstra, A. V., K. E. Bouter, F. Bäckhed, and M. Nieuwdorp. 2015. Insights into the role of
565 the microbiome in obesity and type 2 diabetes. *Diabetes Care* 38(1):159-165.
566
- 567 He, C., Y. Shan, and W. Song. 2015. Targeting gut microbiota as a possible therapy for
568 diabetes. *Nutr. Res.* 35(5):361-367.
569
- 570 Hendriks, W., M. Emmens, B. Trass, and J. Pluske. 1999. Heat processing changes the protein
571 quality of canned cat foods as measured with a rat bioassay. *J. Anim. Sci.* 77(3):669-676.
572
- 573 Hervera, M., M. Baucells, F. Blanch, and C. Castrillo. 2007. Prediction of digestible energy
574 content of extruded dog food by in vitro analyses. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*
575 91(5/6):205-209.
576
- 577 Heuzé, V., and G. Tran. 2013. Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets. *Feedipedia*.
578 Disponível em: <<https://www.feedipedia.org/node/198>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
579
- 580 Hooda, S., B. M. V. Boler, K. R. Kerr, S. E. Dowd, and K. S. Swanson. 2013. The gut
581 microbiome of kittens is affected by dietary protein: carbohydrate ratio and associated
582 with blood metabolite and hormone concentrations. *Br. J. Nutr.* 109 (9):1637-1646.
583
- 584 Hooda, S., Y. Minamoto, J. S. Suchodolski, and K. S. Swanson. 2012. Current state of
585 knowledge: the canine gastrointestinal microbiome. *Anim. Health Res. Rev.* 13(1):78-
586 88.
587
- 588 Hora, A. S. da, and M. K. Hagiwara. 2010. A importância dos aminoácidos na nutrição dos
589 gatos domésticos. *Clín. Vet.* 15(84):30-42.
590
- 591 Hornung, D. E., and J. R. Stevenson. 1971. Changes in the rate of chitin synthesis during the
592 crayfish molting cycle. *Comp. Biochem. Physiol. Part B, Comp. Biochem.* 40(2):341-
593 346.
594
- 595 House, H. 1962. Insect nutrition. *Ann. Rev. Biochem.* 31(1):653-672.
596

- 597 Humbert, B., P. Bleis, L. Martin, H. Dumon, D. Darmaun, and P. Nguyen. 2001. Effects of
598 dietary protein restriction and amino acids deficiency on protein metabolism in dogs. *J.*
599 *Anim. Physiol. Anim.* 85(7/8):255-262.
600
- 601 Hwangbo, J., E. C. Hong, A. Jang, H. K. Kang, J. S. Oh, B. W. Kim, and B. S. Park. 2009.
602 Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler
603 chickens. *J. Environ. Biol.* 30(4):609-614.
604
- 605 Jia, J., N. Frantz, C. Khoo, G. G R. Gibson, R. A. Rastall, and A. L. McCartney. 2009.
606 Investigation of the faecal microbiota associated with canine chronic diarrhoea. *FEMS*
607 *Microbiol. Ecol.* 71(2):304-312.
608
- 609 Johns, D., C. Low, and K. James. 1986. Comparison of amino acid digestibility using the ileal
610 digesta from growing chickens and cannulated adult cockerels. *Br. Poult. Sci.*
611 27(4):679-685.
612
- 613 Johnson, M., C. Parsons, G. Fahey, N. Merchen, and C. Aldrich. 1998. Effects of species raw
614 material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of
615 animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *J. Anim.*
616 *Sci.* 76(4):1112-1122.
617
- 618 Kawashima, S., H. Ikehata, C. Tada, T. Ogino, H. Kakizaki, M. Ikeda, H. Fukushima, and M.
619 Matsumiya. 2016. Stomach chitinase from japanese sardine *Sardinops melanostictus*:
620 purification, characterization, and molecular cloning of chitinase isozymes with a long
621 linker. *Mar. Drugs* 14(1):22.
622
- 623 Kendall, P. T., S. E. Blaza, and D. W. Holme. 1982. Assessment of endogenous nitrogen
624 output in adult dogs of contrasting size using a protein-free diet. *J. Nutr.* 112(7):1281-
625 1286.
626
- 627 Kirk, C. A., J. Debraekeleer, and P. J. Armstrong. 2000. Normal cats. In: M. S. Hand, C. D.
628 Thatcher, R. L. Remillard, P. Roudebush, and B. J. Novotny, editores, *Small Animal*
629 *clinical nutrition*. 4th ed. Mark Morris Institute, New York. p. 291-347.
630
- 631 Kitsa, K. 1989. Contribution des insectes comestibles à l'amélioration de la ration alimentaire
632 au Kasai-Occidental. *Zaire Afr.* 29(239):511-519.
633
- 634 Köprücü, K., and Y. Özdemir. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for
635 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250(1/2):308-316.
636
- 637 Kousoulaki, K., S. Albrektsen, E. Langmyhr, H. J. Olsen, P. Campbell, and A. Aksnes. 2009.
638 The water soluble fraction in fish meal (stickwater) stimulates growth in Atlantic
639 salmon (*Salmo salar* L.) given high plant protein diets. *Aquaculture* 289(1/2):74-83.
640
- 641 Kuzmuk, K. N., K. S. Swanson, K. A. Tappenden, L. B. Schook, and G. C. Fahey. 2005. Diet
642 and age affect intestinal morphology and large bowel fermentative end-product
643 concentrations in senior and young adult dogs. *J. Nutr.* 135(8): 1940-1945.
644

- 645 Laflamme, D. P., and S. S. Hannah. 2013. Discrepancy between use of lean body mass or
646 nitrogen balance to determine protein requirements for adult cats. *J. Feline Med. Surg.*
647 15(8):691-697.
- 648
- 649 Ley, R. E., F. Bäckhed, P. Turnbaugh, C. A. Lozupone, R. D. Knight, and J. I. Gordon. 2005.
650 Obesity alters gut microbial ecology. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 102(31):11070-
651 11075.
- 652
- 653 Lindsay, G. J. H., M. J. Walton, J. W. Adron, T. C. Fletcher, C. Y. Cho, and C. B. Cowey.
654 1984. The growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) given diets containing chitin and
655 its relationship to chitinolytic enzymes and chitin digestibility. *Aquaculture* 37(4):315-
656 334.
- 657
- 658 Louis, P., K. P. Scott, S. H. Duncan, and H. J. Flint. 2007. Understanding the effects of diet
659 on bacterial metabolism in the large intestine. *J. Appl. Microbiol.* 102(5):1197-1208.
- 660
- 661 Lubbs, D., B. Vester, N. Fastinger, and K. Swanson. 2009. Dietary protein concentration
662 affects intestinal microbiota of adult cats: a study using DGGE and qPCR to evaluate
663 differences in microbial populations in the feline gastrointestinal tract. *J. Anim. Physiol.*
664 *Anim.* 93(1):113-121.
- 665
- 666 Ma, T. S., and G. Zuazaga. 1942. Micro-Kjeldahl determination of nitrogen. A new indicator
667 and an improved rapid method. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 14(3):280-282.
- 668
- 669 MacDonald, M., Q. Rogers, and J. Morris. 1984. Nutrition of the domestic cat, a mammalian
670 carnivore. *Annu. Rev. Nutr.* 4(1):521-562.
- 671
- 672 MacFarlane, G., G. Gibson, E. Beatty, and J. Cummings. 1992. Estimation of short-chain fatty
673 acid production from protein by human intestinal bacteria based on branched-chain fatty
674 acid measurements. *FEMS Microbiol. Lett.* 101(2):81-88.
- 675
- 676 Mackie, R., B. White, and R. E. Isaacson. 1997. *Gastrointestinal microbiology:*
677 *gastrointestinal microbes and host interactions.* Chapman & Hall, New York.
- 678
- 679 Makkar, H. P., G. Tran, V. Heuzé, and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as
680 animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197:1-33.
- 681
- 682 Matterson, L. D., L. Potter, M. Stutz, and E. Singsen. 1965. The metabolizable energy of feed
683 ingredients for chickens. *Agricult. Exper. Station Res. Rep.* (7):3-11.
- 684
- 685 Melo, J. F. B., M. Tavares-Dias, L. M. Lundstedt, and G. Moraes. 2006. Efeito do conteúdo
686 de proteína na dieta sobre os parâmetros hematológicos e metabólicos do bagre sul
687 americano *Rhamdia quelen*. *Rev. Ciênc. Agroamb.* 1(1):43-51.
- 688
- 689 Merrifield, D. L., R. E. Olsen, R. Myklebust, and E. Ringø. 2011. Dietary effect of soybean
690 (*Glycine max*) products on gut histology and microbiota of fish, Soybean and nutrition.
691 In: H. El-Shemy. *Soybean and nutrition.* InTech, New York, p. 231-250.
- 692
- 693 Middelbos, I. S., B. M. V. Boler, A. Qu, B. A. White, K. S. Swanson, and G. C. Fahey Júnior.
694 2010. Phylogenetic characterization of fecal microbial communities of dogs fed diets

- 695 with or without supplemental dietary fiber using 454 pyrosequencing. *PLoS One*
 696 5(3):e9768.
 697
- 698 Morris, J. 2001. Unique nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary
 699 adaptations. *Recent Adv. Anim. Nutrit. Australia* 13:187-194.
- 700 Nandeesh, M., B. Gangadhara, and J. Manissery. 1999. Silkworm pupa oil and sardine oil as
 701 an additional energy source in the diet of common carp, *Cyprinus carpio*. *Asian Fisher.*
 702 *Sci.* 12(3):207-215.
 703
- 704 Newton, G., D. Sheppard, D. Watson, G. Burtle, C. Dove, J. Tomberlin, and E. Thelen. 2005.
 705 The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery
 706 tool. In: *Symposium on the state of the science of Animal Manure and Waste*
 707 *Management*, Washington, DC. p. 5-7.
 708
- 709 NRC. 2006. Nutrient requirements of dogs and cats. National Academies Press, Washington,
 710 DC.
 711
- 712 Oonincx, D. G., and I. J. de Boer. 2012. Environmental impact of the production of
 713 mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PLoS One*
 714 7(12):e51145.
 715
- 716 Panasevich, M. R., K. R. Kerr, R. N. Dilger, G. C. Fahey, L. Guérin-Deremaux, G. L. Lynch,
 717 D. Wils, J. S. Suchodolski, J. M. Steer, and S. E. Dowd. 2015. Modulation of the faecal
 718 microbiome of healthy adult dogs by inclusion of potato fibre in the diet. *Br. J. Nutr.*
 719 113(1):125-133.
 720
- 721 Perez-Camargo, G. 2004. Cat nutrition: what is new in the old? *Compend. Contin. Educ.*
 722 *Pract. Vet.* 26(2):5-10.
 723
- 724 Pinto, W., I. Rønnestad, M. T. Dinis, and C. Aragão. 2013. Taurine and fish development:
 725 insights for the aquaculture industry. *Adv. Exp. Med. Biol.* 776:329-334.
 726
- 727 Pretorius, Q. 2011. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as
 728 protein source for broiler production. Thesis. Stellenbosch University, Stellenbosch.
 729
- 730 Ramos-Elorduy, J., E. A. González, A. R. Hernández, and J. M. Pino. 2002. Use of *Tenebrio*
 731 *molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler
 732 chickens. *J. Econ. Entomol.* 95(1):214-220.
 733
- 734 Ramos-Elorduy, J., J. M. P. Moreno, E. E. Prado, M. A. Perez, J. L. Otero, and O. L. de
 735 Guevara. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *J.*
 736 *Food Compos. Anal.* 10(2):142-157.
 737
- 738 Ravi, C., A. Jeyashree, and K. R. Devi. 2011. Antimicrobial peptides from insects: an
 739 overview. *Res. Biotechnol.* 2(5):1-17.
 740
- 741 Ritchie, L. E., J. M. Steiner, and J. S. Suchodolski. 2008. Assessment of microbial diversity
 742 along the feline intestinal tract using 16S rRNA gene analysis. *FEMS Microbiol. Ecol.*
 743 66(3): 590-598.
 744

- 745 Rogers, Q., and J. Morris. 1978. Why does the cat require a high protein diet? In: R. S.
746 Anderson, editor, Nutrition of the dog and cat. Pergamon Press, Oxford. p. 45-66.
747
- 748 Roland, N., L. Nugon-Baudon, C. Andrieux, and O. Szyliet. 1995. Comparative study of the
749 fermentative characteristics of inulin and different types of fibre in rats inoculated with
750 a human whole faecal flora. *Br. J. Nutr.* 74(2):239-249.
751
- 752 Rust, M. B. 2002. Nutritional physiology. *Fish Nutrit.* 3:368-452.
753
- 754 Sánchez-Muros, M. J., F. G. Barroso, and F. Manzano-Agugliaro. 2014. Insect meal as
755 renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Cleaner Prod.* 65:16-27.
756
- 757 Schiavone, A., M. de Marco, L. Rotolo, M. Belforti, S. M. Mirò, J. M. Sanchez, F. H.
758 Ruiperez, C. Bianchi, L. Sterpone, and V. Malfatto. 2014. Nutrient digestibility of
759 *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. In: *Proc. Confer.*
760 *Insec. .Feed . World, Abstract Book, The Netherlands.* p. 84.
761
- 762 Simpson, J., B. Martineau, W. Jones, J. Ballam, and R. Mackie. 2002. Characterization of
763 fecal bacterial populations in canines: effects of age, breed and dietary fiber. *Microb.*
764 *Ecol.* 44(2):186-197.
765
- 766 Šket, R., N. Treichel, T. Debevec, O. Eiken, I. Mekjavic, M. Schloter, M. Vital, J. Chandler,
767 J. M. Tiedje, B. Murovec, Z. Prevorsek, and B. Stres. 2017. Hypoxia and inactivity
768 related physiological changes (constipation, inflammation) are not reflected at the level
769 of gut metabolites and butyrate producing microbial community: the PlanHab study.
770 *Front. Physiol.* 8:250.
771
- 772 Skoch, E., E. Chandler, G. Douglas, and D. Richardson. 1991. Influence of diet on urine pH
773 and the feline urological syndrome. *J. Small Anim. Pract.* 32(8):413-419.
774
- 775 Slauson, D., and R. Lewis. 1979. Comparative pathology of glomerulonephritis in animals.
776 *Vet. Pathol.* 16(2):135-164.
777
- 778 Sogbesan, A., and A. Ugwumba. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes*
779 *subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus*
780 *longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 8(1):149-157.
781
- 782 St-Hilaire, S., K. Cranfill, M. A. McGuire, E. E. Mosley, J. K. Tomberlin, L. Newton, W.
783 Sealey, C. Sheppard, and S. Irving. 2007. Fish offal recycling by the black soldier fly
784 produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *J. World Aquac. Soc.* 38(2):309-313.
785
- 786 Suchodolski, J. S. 2011. Intestinal microbiota of dogs and cats: a bigger world than we
787 thought. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 41(2):261-272.
788
- 789 Suchodolski, J. S., P. G. Xenoulis, C. G. Paddock, J. M. Steiner, and A. E. Jergens. 2010.
790 Molecular analysis of the bacterial microbiota in duodenal biopsies from dogs with
791 idiopathic inflammatory bowel disease. *Vet. microbiol.* 142(3/4):394-400.
792
- 793 Tacon, A. G. 1993. Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed
794 feedstuffs. FAO, Rome.

- 795
796 Teshima, E., M. Brunetto, R. Vasconcellos, K. Gonçalves, L. de Oliveira, A. Valério, and A.
797 Carciofi. 2010. Nutrient digestibility, but not mineral absorption, is age-dependent in
798 cats. *J. Anim. Physiol. Anim.* 94(6):e252-258.
799
- 800 Turnbaugh, P. J., F. Bäckhed, L. Fulton, and J. I. Gordon. 2008. Diet-induced obesity is
801 linked to marked but reversible alterations in the mouse distal gut microbiome. *Cell*
802 *Host Microbe* 3(4):213-223.
803
- 804 Twomey, L., J. Pluske, J. Rowe, M. Choct, W. Brown, and D. Pethick. 2003. The effects of
805 added fructooligosaccharide (Raftilose® P95) and inulinase on faecal quality and
806 digestibility in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108(1):83-93.
807
- 808 Valderrama, J. A., P. Colonelli, D. Vásquez, M. F. González, J. A. Rodríguez, and C.
809 Theoduloz. 2008. Studies on quinones. Part 44: Novel angucyclinone N-heterocyclic
810 analogues endowed with antitumoral activity. *Bioorg. Med. Chem.* 16(24):10172-
811 10181.
812
- 813 Van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev.*
814 *Entomol.* 58:563-583.
815
- 816 Vasconcellos, R. 2010. Uso de coprodutos na alimentação de cães e gatos In: *Anais 9º Congr.*
817 *Int.; Anais 2º Simp. Nutr. Anim. Estim., Campinas.* p. 79.
818
- 819 Vester, B. M., K. J. Liu, T. L. Keel, T. K. Graves, and K. S. Swanson. 2009. In utero and
820 postnatal exposure to a high-protein or high-carbohydrate diet leads to differences in
821 adipose tissue mRNA expression and blood metabolites in kittens. *Br. J. Nutr.*
822 102(8):1136-1144.
823
- 824 Walker, A. W., S. H. Duncan, H. J. Harmsen, G. Holtrop, G. W. Welling, and H. J. Flint.
825 2008. The species composition of the human intestinal microbiota differs between
826 particle: associated and liquid phase communities. *Environ. Microbiol.* 10(12):3275-
827 3283.
828
- 829 Wang, X., and C. Parsons. 1998. Effect of raw material source, processing systems, and
830 processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poult. Sci.*
831 77(6):834-841.
832
- 833 Whitton, P. S., R. A. Nicholson, M. F. Bell, and R. H. Strang. 1995. Biosynthesis of taurine in
834 tissues of the locust (*Schistocerca americana gregaria*) and the effect of physiological
835 and toxicological stresses on biosynthetic rate of this amino acid. *Insect Biochem. Mol.*
836 *Biol.* 25(1):83-87.
837
- 838 Williams, B. A., M. W. Verstegen, and S. Tamminga. 2001. Fermentation in the large
839 intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutr. Res.*
840 *Rev.* 14(2):207-228.
841
- 842 Yokoyama, M., C. Tabori, E. Miller, and M. Hogberg. 1982. The effects of antibiotics in the
843 weanling pig diet on growth and the excretion of volatile phenolic and aromatic
844 bacterial metabolites. *Am. J. Clin. Nutr.* 35(6):1417-1424.

- 845
846 Zentek, J., B. Marquart, T. Pietrzak, O. Ballevre, and F. Rochat. 2003. Dietary effects on
847 bifidobacteria and *Clostridium perfringens* in the canine intestinal tract. *J. Anim.*
848 *Physiol. Anim.* 87(11/12):397-407.
- 849
850 Zhao, W., L. Lu, and Y. Tang. 2010. Research and application progress of insect
851 antimicrobial peptides on food industry. *Int. J. Eng. Res. Appl.* 6(6). doi: 10.2202/1556-
852 3758.1943.
- 853
854 Zuidhof, M., C. Molnar, F. Morley, T. Wray, F. Robinson, B. Khan, L. Al-Ani, and L.
855 Goonewardene. 2003. Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed
856 supplement for turkey poults. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105(1):225-230.
- 857
- 858
- 859
- 860
- 861

862

863 ***Tabelas e Figuras***

864 Tabela 1 – Níveis de garantia e composição básica do alimento seco (Produto Comercial A) e
865 alimento úmido (Produto Comercial B) utilizados no experimento segundo o fabricante.

Item	Níveis de Garantia	
	Produto Comercial A ¹	Produto Comercial A ²
Umidade (máx)	100 g/kg	810 g/kg
Proteína Bruta (mín)	220 g/kg	80 g/kg
Extrato Etéreo (mín)	100 g/kg	60 g/kg
Matéria Fibrosa (máx)	30 g/kg	20 g/kg
Matéria Mineral (máx)	90 g/kg	30 g/kg
Cálcio (máx)	20 g/kg	0,002 g/kg
Cálcio (mín)	10 g/kg	0,004 g/kg
Fósforo (máx)	12 g/kg	0,003 g/kg
Fósforo (mín)	0,008 g/kg	-
Potássio (mín)	0,005 g/kg	-
Lisina (mín)	0,008 g/kg	-
Sódio (mín)	0,002 g/kg	-
Zinco Quelatado (mín)	50 mg/kg	10 mg/kg
Hexametáfosfato de Sódio (mín)	0,003 g/kg	-
Omega 6 (Ác. Linoleico) (mín)	24 g/kg	0,004 g/kg
Omega 3 (EPA+DHA) (mín)	0,003 g/kg	0,001 g/kg
Saponinas (mín)	10 mg/kg	-
Bacillus subtilis (mín)	8x10 ⁸ UFC/kg	-
Mananoligossacarídeos (MOS) (mín)	-	1000 g/kg
Energia Metabolizável	3650 kcal/kg	950 kcal/kg

866 ¹ Composição Básica: Mescla de carnes frescas (carne bovina, miúdos bovinos e suínos) (mín 5%),
867 farinha de carne e ossos bovina, farinha de vísceras de frango, hidrolisado de fígado de frango e suíno,
868 arroz quebrado, milho integral moído, sementes de linhaça, gordura animal estabilizada, farelo de
869 trigo, cloreto de sódio (sal comum), hexametáfosfato de sódio, cloreto de colina, L-lisina, extrato de
870 yucca, probiótico, antioxidantes (BHT/BHA), vitaminas (A, B1, B12, B2, B6, D3, E, K3, ácido fólico,
871 ácido pantotênico, biotina e niacina) e minerais (zinco aminoácido quelato, iodato de cálcio, selenito
872 de sódio, sulfato de cobre, sulfato de manganês, sulfato de zinco e sulfato de ferro).

873 ² Composição Básica: Carne bovina, carne de frango, miúdos bovinos, miúdos suínos, miúdos de aves,
874 mananoligossacarídeos (MOS), cloreto de sódio (sal comum), tripolifosfato de sódio, óleo de peixe,
875 plasma suíno em pó, óleo de aves, cloreto de potássio, carbonato de cálcio, fosfato de sódio, corantes,
876 palatabilizante, antioxidante, espessantes, premix vitamínico-mineral e água.

877

878

879

880

881

882 Tabela 2. Composição nutricional das farinhas de insetos incluídas nas dietas experimentais

883 para cães adultos¹.

Item	Farinhas		
	Barata Cinéria	Barata de Madagascar	Tenébrio Gigante
Energia (kcal/kg)	5581	5362	6779
MS (%)	93,96	94,60	94,57
EEHA (%)	22,68	12,97	33,05
PB (%)	64,78	78,87	49,20
MM (%)	3,68	3,89	2,77
Quitina (%)	8,68	10,31	8,01

884 ¹Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

885 MS = Matéria Seca; EEHA = Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; PB = Proteína Bruta; MM = Matéria

886 Mineral

887

888

889 Tabela 3 - Composição nutricional das dietas experimentais alimentados para cães adultos¹.

Item	Tratamentos						
	Controle	7.5%TG	15%TG	7.5%BC	15%BC	7.5%BM	15%BM
Energia (kcal/kg)	4549	4562	4679	4513	4657	4448	4485
MS (%)	77.4	78.5	80.2	71.2	79.7	78.5	78.4
EEHA (%)	13.0	14.6	16.4	14.4	16.4	10.9	13.8
PB (%)	25.6	27.5	29.5	28.5	31.0	37.1	32.5
MM (%)	7.83	7.74	7.26	7.97	7.49	8.01	7.64
Quitina (%)	0.9	0.8	1.3	1.2	1.7	2.0	1.7

890 ¹Composição na matéria seca. Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

891 MS = Matéria Seca; EE = Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; PB = Proteína Bruta; MM = Matéria

892 Mineral - TG = Tenébrio Gigante; BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar

893

894

895

896

897

898

899

Tabela 4 - Energia metabolizável aparente na matéria seca (EM_{MS}), digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) e quitina (Q) das dietas, características fecais e parâmetros sanguíneos de cães recebendo diferentes farinhas de insetos em diferentes níveis e grupo controle.

Variáveis	Tratamentos										CV	Valor p		
	BC			BM			TG			Controle		Farinha	Nível	Farinha*Nível
	1	2	Média	1	2	Média	1	2	Média					
MS (%)	82.62	84.14	83.38AB	79.98	82.06	81.02B	86.39	84.51	85.45A	82.61	5.978	0.030	0.6527	0.3937
MO (%)	40.27	39.05	39.66	47.29	38.90	43.10	39.89	44.39	42.14	41.18	31.71	0.781	0.682	0.451
PB (%)	87.62	88.88	88.25AB	87.14	84.46	85.80B	90.74*	89.65*	90.20A	84.25	5.222	0.009	0.4344	0.3243
EEHA (%)	92.32	94.66	93.49AB	90.54	94.23	92.39 B	94.83	95.40	95.11A	92.54	3.167	0.020	0.0066	0.2381
Q (%)	26.89	27.13	27.01	28.81	25.92	27.36	26.29	27.42	26.86	28.49	12.396	0.920	0.6293	0.2727
EM _{MS} (kcal/kg)	3568	3726	3647B	3403*	3494	3449C	3780	3795	3787A	3664	5.686	<.0001	0.0488	0.3972
pH Fecal	6.10	6.53	6.31B	7.07	6.72	6.89A	6.36	6.55	6.45AB	6.4	8.233	0.0103	0.5671	0.1053
Escore fecal	4.00	3.833	3.917	3.833	4.167	4.000	4.000	3.833	3.917	4	9.602	0.8678	1	0.2983
<i>Parâmetros Sanguíneos</i>														
Ureia (mg/dL)	30.833	29.667	30.250	33.000	32.833	32.917	30.667	31.333	31.000	25.3333	19.338	0.4572	0.9008	0.9137
Creatinina (mg/dL)	0.850	0.850	0.850	0.883	0.833	0.858	0.900	0.883	0.892	0.81667	12.863	0.32	0.349	0.6741
Hemácias (mm ³)	7.847	7.802	7.824	7.865	7.582	7.723	7.850	7.840	7.845	7.97833	8.783	0.6426	0.3249	0.5633
Leucócitos (mm ³)	8.733	7.733	8.233	7.583	7.700	7.642	8.000	7.883	7.942	7.35	18.383	0.221	0.2273	0.2238
Linfócitos (mm ³)	26.500	29.167	27.833	31.833	26.000	28.917	27.667	30.167	28.917	29.6667	27.230	0.8915	0.9177	0.2003
Plaquetas (mil/mm ³)	270.333	257.167	263.750	254.333	267.500	260.917	251.167	249.000	250.083	241.167	13.741	0.4321	0.9362	0.4917

¹Dietas formuladas contendo diferentes fontes de farinha de insetos e diferentes concentrações. BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar; TG = Tenébrio Gigante.

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, sendo que letras maiúsculas são para interação farinha x nível e letras minúsculas somente o tipo de farinha testado.

*P<0.05 para teste de Dunnett.

Tabela 5 - Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (MS), Matéria Orgânica (MO), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida (EEHA), Quitina (Q) e Energia metabolizável aparente na matéria seca (EMA_{MS}) das farinhas em cães recebendo diferentes farinhas de insetos em diferentes níveis.

Item	Fonte de Proteína ¹						SEM	Valores Estatísticos		
	BC 7.5%	BC 15%	BM 7.5%	BM 15%	TG 7.5%	TG 15%		FP	IN	FP*IN
<i>Consumo (g/d)</i>	16.29	36.43	17.87	35.82	17.93	36.18	1.3143	0.8617	<.0001	0.6676
<i>Coeficientes de Digestibilidade</i>										
MS (%)	82.62	82.72	82.26	82.58	83.12	82.74	0.7240	0.7824	0.9844	0.8867
MO (%)	86.08	86.19	85.85	86.08	86.54	86.23	0.5849	0.7698	0.9742	0.8884
PB (%)	84.70	84.56	84.63	84.26	85.12	84.61	0.8137	0.8797	0.6143	0.9742
EEHA (%)	92.52	92.69	92.28	92.66	92.85	92.74	1.0726	0.9547	0.8686	0.9741
Q (%)	26.90	27.13	28.77	25.92	26.29	27.43	1.5257	0.9485	0.6939	0.4017
EMA _{MS} (kcal/kg)	3651.64BC	3668.66AB	3629.65C	3653.20BC	3679.94A	3673.23AB	1.4405	<.0001	0.0184	0.0267

¹Dietas formuladas contendo diferentes fontes de farinha de insetos e diferentes concentrações. BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar; TG = Tenébrio Gigante.

FP = Fonte de Proteína; IN = Inclusão; FP*IN = interação entre fonte de proteína e inclusão.

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, sendo que letras maiúsculas são para interação farinha x nível e letras minúsculas somente o tipo de farinha testado.

Tabela 6 - Produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), fenol e indol em cães recebendo diferentes farinhas de insetos em diferentes níveis comparados ao grupo controle.

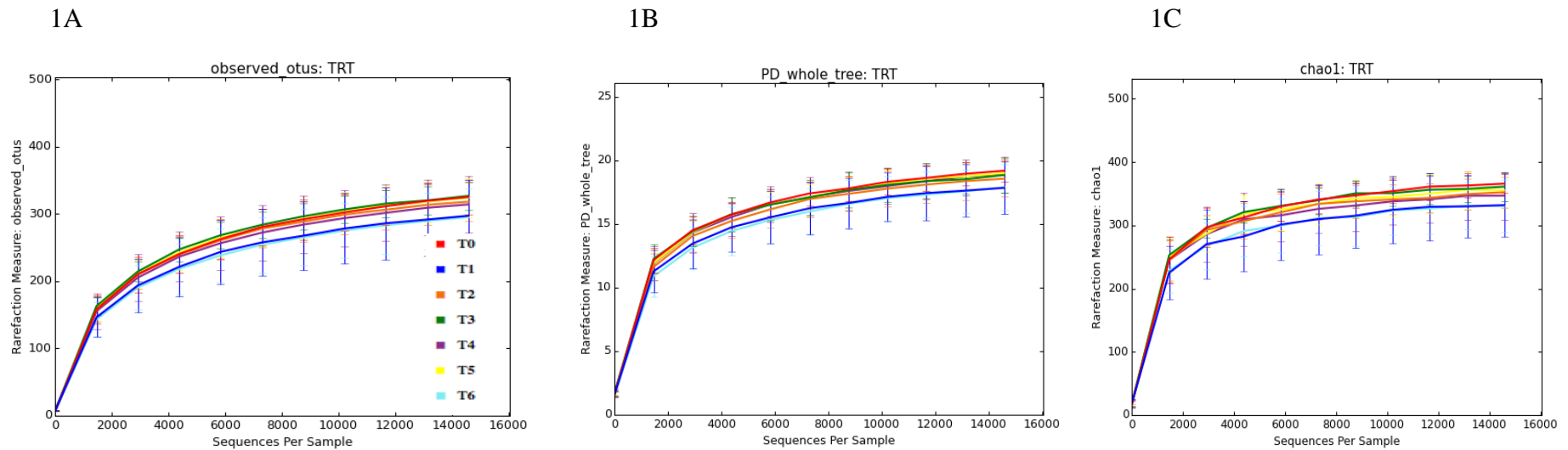
Variáveis	Tratamentos										CV	Valor p		
	BC			BM			TG			Controle		Farinha	Nível	Farinha*Nível
	1	2	Média	1	2	Média	1	2	Média					
Acetato (ug/g)	192.612	187.998	190.305	203.425	216.163	209.794	170.503	189.352	179.928	225.737	23.732	0.3481	0.594	0.8372
Propionato (ug/g)	60.328*	80.412	70.370	55.473*	57.357*	56.415	73.657	68.185	70.921	99.1467	35.542	0.2314	0.4755	0.3823
Isobutirato (ug/g)	3.515	4.043	3.779	5.737	3.835	4.786	3.960	3.512	3.736	4.87667	38.597	0.1799	0.2401	0.164
Butirato (ug/g)	30.393	32.660	31.527 A	25.738	22.798	24.268 B	21.965	25.263	23.614 B	35.5033	37.249	0.0203	0.7104	0.5129
Isovalerato (ug/g)	5.305	6.735	6.020	8.137	5.473	6.805	6.413	5.618	6.016	7.82333	39.598	0.6738	0.4232	0.1553
Valerato (ug/g)	0.322	0.397	0.359	0.245 *	0.308 *	0.277	0.375	0.328	0.352	0.49333	39.743	0.1383	0.4011	0.3266
Fenol (ug/g)	110.783	117.653	114.218 A	331.183 *	146.647	238.915 B	83.710	80.668	82.189 B	104.18	99.366	0.0072	0.1272	0.0915
Indol (ug/g)	218.047	267.323	242.685	252.915	196.487	224.701	216.723	204.822	210.773	190.497	35.914	0.3904	0.7364	0.0907

¹Dietas formuladas contendo diferentes fontes de farinha de insetos e diferentes concentrações. BC = Barata Cinéria; BM = Barata de Madagascar; TG = Tenébrio Gigante.

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, sendo que letras maiúsculas são para interação farinha x nível e letras minúsculas somente o tipo de farinha testado.

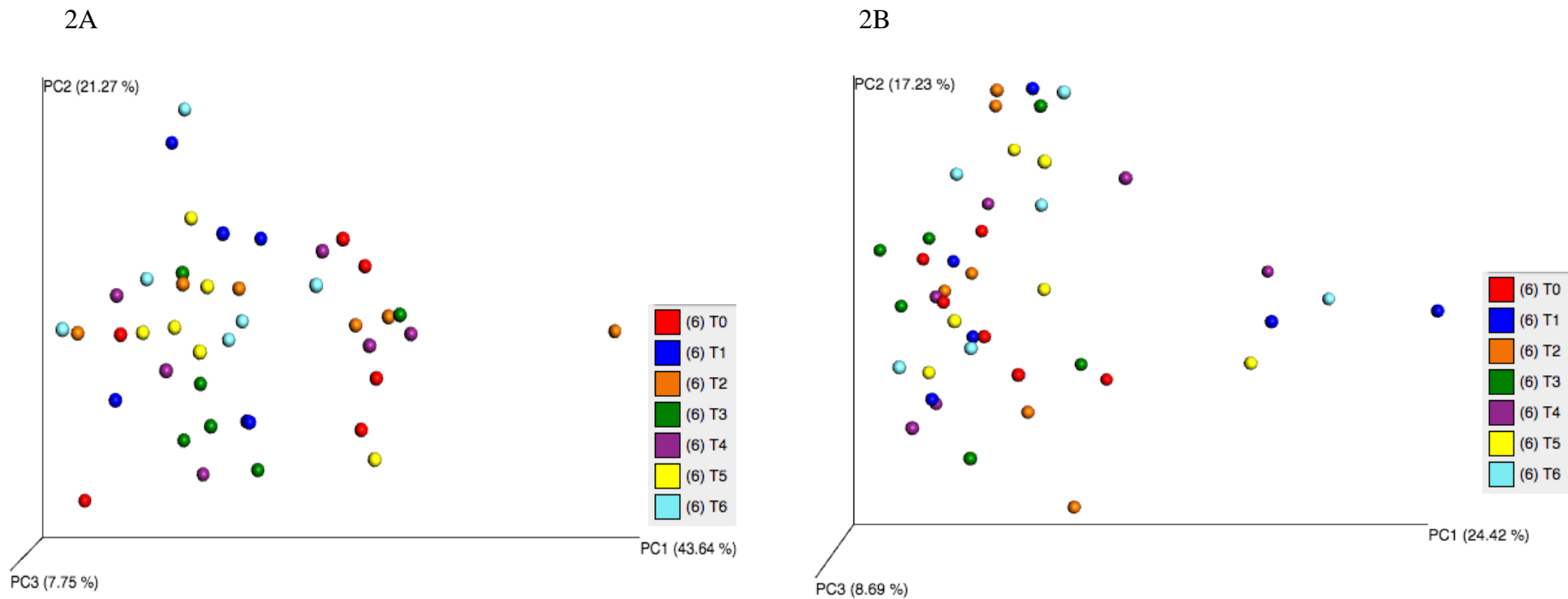
*P<0.05 para teste de Dunnett.

Figura 1. Diversidade alfa – curvas de rarefacção baseadas em OTUs observados (A), distância filogenética (B) e chão 1 (C), de acordo com tratamentos oferecidos a cães adultos.



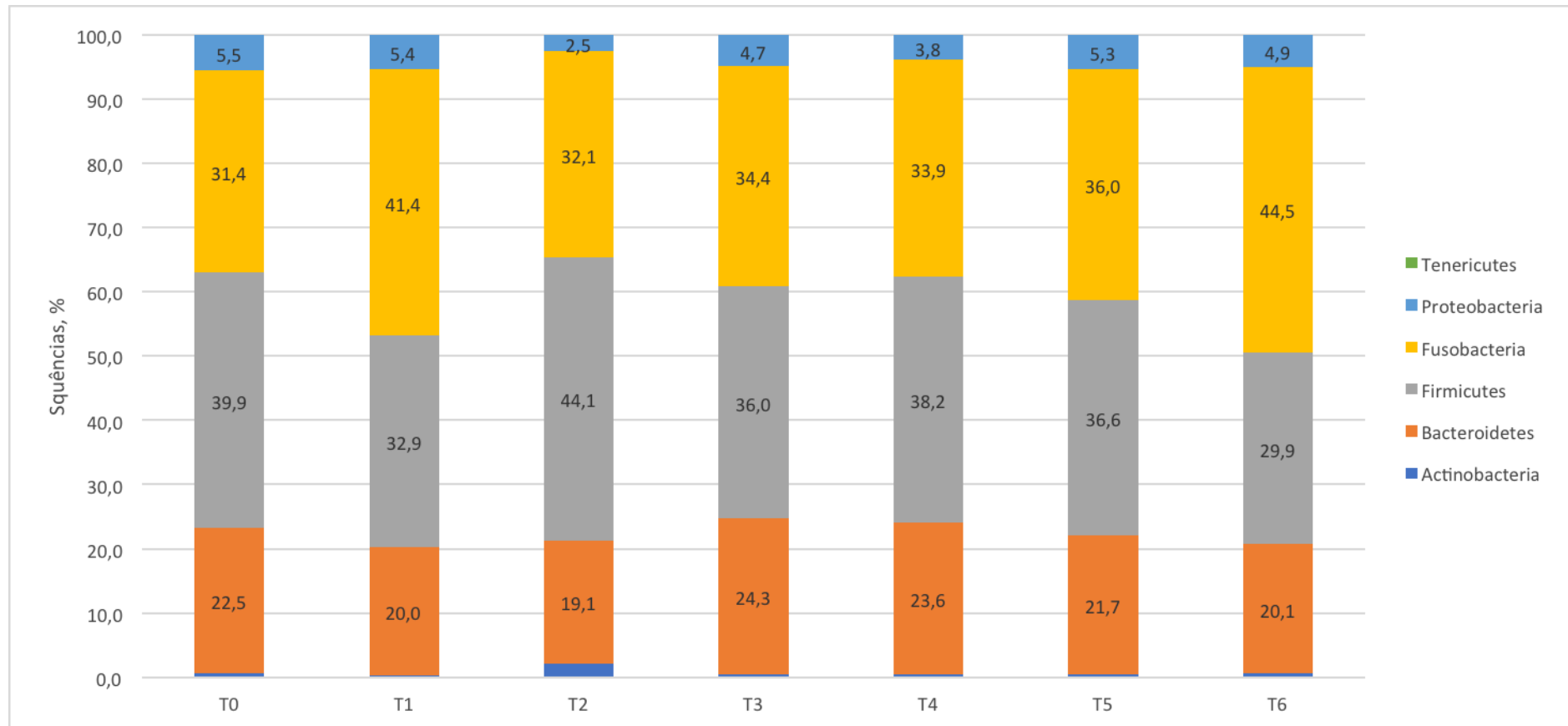
Legenda para figuras 1A-1C: Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 2. Diversidade beta – Análise de coordenada principal (PCoA), usando distâncias métricas de fração únicas (UniFrac) ponderadas (A) e não ponderadas (B), de acordo com tratamentos oferecidos a cães adultos.



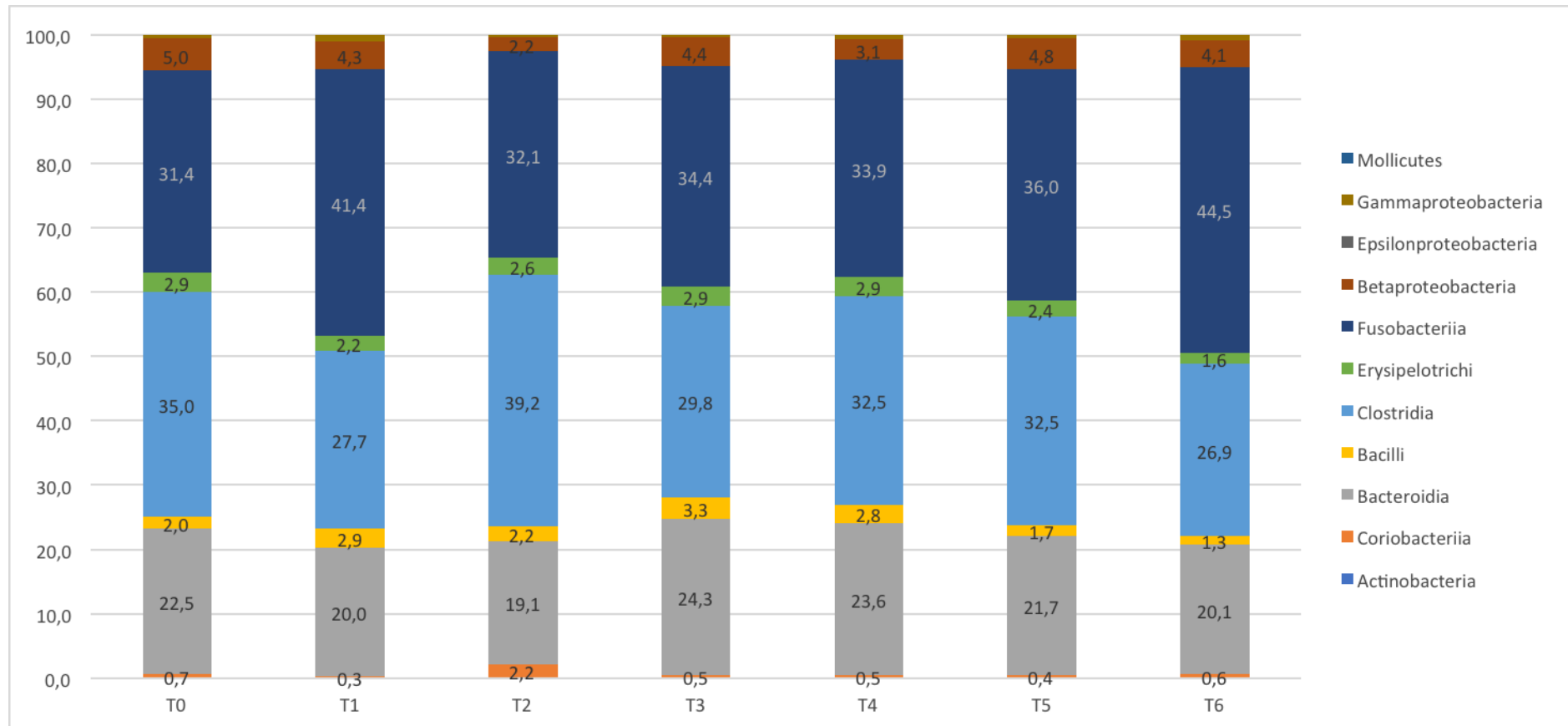
Legenda: cada ponto no gráfico representa uma amostra fecal de cada gato por tratamento, sendo estes identificados: Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 3 - Principais filos bacterianos (expressos como porcentagem do total de seqüências) em amostras fecais de cães adultos alimentados diferentes tratamentos com fonte proteica de insetos e dieta controle.



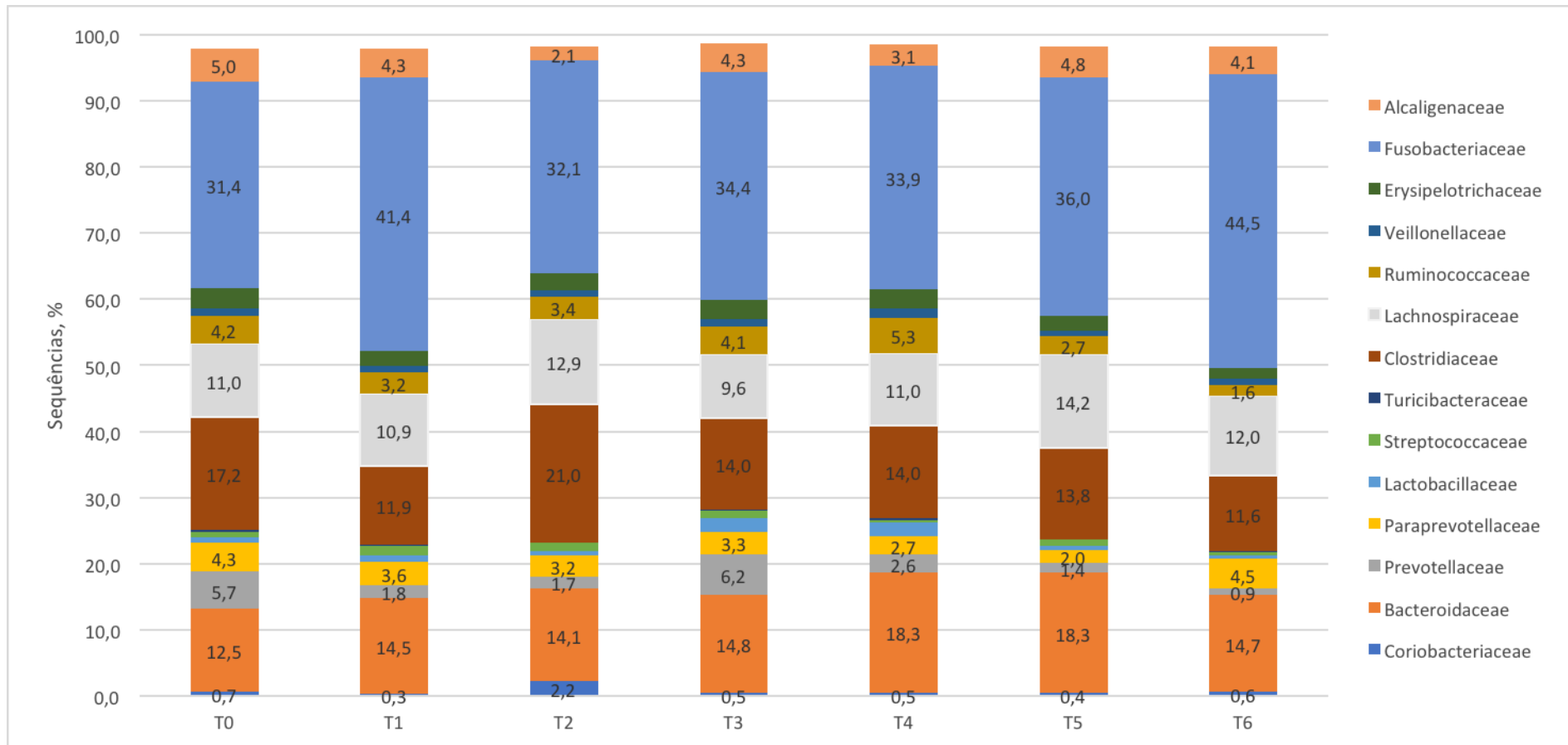
Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 4 - Principais classes bacterianas (expressas como porcentagem do total de sequências) em amostras fecais de cães adultos alimentados diferentes tratamentos com fonte proteica de insetos e dieta controle.



Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagascar.

Figura 5. Principais famílias bacterianas (expressas como porcentagem do total de seqüências) em amostras fecais de cães adultos alimentados diferentes tratamentos com fonte proteica de insetos e dieta controle.



Tratamentos: 0= dieta controle, T1= 7.5% de farinha de barata cinéria, T2= 15% de farinha de barata cinéria, T3= 7.5% de farinha de tenébrio gigante, T4= 15% de farinha de tenébrio gigante, T5=7.5% de farinha de barata de Madagascar, T6= 15% de farinha de barata de Madagasca

ANEXO A - ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS ESTUDADOS

Tabela 1A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAMS em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	117.9552056	58.9776028	4.19	0.0303
Nível	1	2.941225	2.941225	0.21	0.6527
Farinha*Nível	2	27.5325167	13.7662583	0.98	0.3937
Período	5	242.1335472	48.4267094	3.44	0.021
Animal	5	317.7871472	63.5574294	4.51	0.0065
Erro	20	281.7700556	14.0885028		
Total	35	990.1196972			

Tabela 2A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAMO em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	75.563756	37.781878	0.25	0.781
Nível	1	26.095069	26.095069	0.17	0.682
Farinha*Nível	2	250.269756	125.134878	0.83	0.451
Período	5	1664.596447	332.919289	2.21	0.0942
Animal	5	1968.833881	393.766776	2.61	0.0567
Erro	20	3019.352256	150.967613		
Total	35	7004.711164			

Tabela 3A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAPB em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	116.5263722	58.2631861	5.89	0.0097
Nível	1	6.2917361	6.2917361	0.64	0.4344
Farinha*Nível	2	23.5716722	11.7858361	1.19	0.3243
Período	5	221.8911472	44.3782294	4.49	0.0066
Animal	5	190.3005806	38.0601161	3.85	0.0132
Erro	20	197.7610556	9.8880528		
Total	35	756.3425639			

Tabela 4A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAEEHA em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	45.21057222	22.6052861	4.76	0.0203
Nível	1	43.6921	43.6921	9.2	0.0066
Farinha*Nível	2	14.65041667	7.32520833	1.54	0.2381
Período	5	68.56338889	13.7126778	2.89	0.0403
Animal	5	42.41408889	8.48281778	1.79	0.1614
Erro	20	94.9412556	4.7470628		
Total	35	309.4718222			

Tabela 5A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAQ em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	1.5987389	0.7993694	0.08	0.9207
Nível	1	2.3154694	2.3154694	0.24	0.6293
Farinha*Nível	2	26.7419389	13.3709694	1.39	0.2727
Período	5	150.3902139	30.0780428	3.12	0.0305
Animal	5	75.2655139	15.0531028	1.56	0.2161
Erro	20	192.7222889	9.6361144		
Total	35	449.0341639			

Tabela 6A-Análise de variância e coeficiente de variação para EMAMS em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	695226.6122	347613.306	21.67	<.0001
Nível	1	70621.1061	70621.1061	4.4	0.0488
Farinha*Nível	2	31036.9336	15518.4668	0.97	0.3972
Período	5	302817.5799	60563.516	3.78	0.0143
Animal	5	302317.4461	60463.4892	3.77	0.0144
Erro	20	320856.246	16042.812		
Total	35	1722875.924			

Tabela 7A-Análise de variância e coeficiente de variação para pH fecal em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	2,19640556	1,09820278	5,8	0,0103
Nível	1	0,06417778	0,06417778	0,34	0,5671
Farinha*Nível	2	0,95660556	0,47830278	2,52	0,1053
Período	5	0,89425556	0,17885111	0,94	0,4745
Animal	5	2,26462222	0,45292444	2,39	0,0745
Erro	20	3,79015556	0,18950778		
Total	35	10.16622222			

Tabela 8A-Análise de variância e coeficiente de variação para escore em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.05555556	0.02777778	0.14	0.8678
Nível	1	0.00	0.00	0.00	1.00
Farinha*Nível	2	0.50000	0.25000	1.29000	0.29830
Período	5	0.22222222	0.04444444	0.23	0.9456
Animal	5	1.22222222	0.24444444	1.26	0.3205
Erro	20	3.88888889	0.19444444		
Total	35	5.88888889			

Tabela 9A-Análise de variância e coeficiente de variação para acetato em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	5518.15161	2759.0758	1.11	0.3481
Nível	1	727.56071	727.56071	0.29	0.594
Farinha*Nível	2	888.86224	444.43112	0.18	0.8372
Período	5	11326.14836	2265.22967	0.91	0.492
Animal	5	9152.35756	1830.47151	0.74	0.6036
Erro	20	49581.33596	2479.0668		
Total	35	77194.41642			

Tabela 10A-Análise de variância e coeficiente de variação para propionato em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	1621.858572	810.929286	1.58	0.2314
Nível	1	272.085025	272.085025	0.53	0.4755
Farinha*Nível	2	1038.39405	519.197025	1.01	0.3823
Período	5	514.403781	102.880756	0.2	0.9587
Animal	5	4586.243381	917.248676	1.78	0.1622
Erro	20	10288.67536	514.43377		
Total	35	18321.66016			

Tabela 11A-Análise de variância e coeficiente de variação para isobutirato em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	8.47102222	4.23551111	1.87	0.1799
Nível	1	3.31846944	3.31846944	1.47	0.2401
Farinha*Nível	2	8.97095556	4.48547778	1.98	0.164
Período	5	10.12848056	2.02569611	0.89	0.5033
Animal	5	21.82178056	4.36435611	1.93	0.1344
Erro	20	45.26958889	2.26347944		
Total	35	97.98029722			

Tabela 12A-Análise de variância e coeficiente de variação para butirato em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	462.8759722	231.437986	4.76	0.0203
Nível	1	6.890625	6.890625	0.14	0.7104
Farinha*Nível	2	67.0905167	33.5452583	0.69	0.5129
Período	5	146.1753806	29.2350761	0.6	0.6992
Animal	5	827.7552806	165.551056	3.41	0.0218
Erro	20	971.695122	48.584756		
Total	35	2482.482897			

Tabela 13A-Análise de variância e coeficiente de variação para isovalerato em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	4.95610556	2.47805278	0.4	0.6738
Nível	1	4.11413611	4.11413611	0.67	0.4232
Farinha*Nível	2	25.19667222	12.5983361	2.05	0.1553
Período	5	26.02388056	5.20477611	0.85	0.5335
Animal	5	68.16864722	13.6337294	2.22	0.093
Erro	20	123.0806556	6.1540328		
Total	35	251.5400972			

Tabela 14A-Análise de variância e coeficiente de variação para valerato em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.04995	0.024975	2.19	0.1383
Nível	1	0.00840278	0.00840278	0.74	0.4011
Farinha*Nível	2	0.02703889	0.01351944	1.18	0.3266
Período	5	0.06645833	0.01329167	1.16	0.3608
Animal	5	0.19809167	0.03961833	3.47	0.0203
Erro	20	0.22833333	0.01141667		
Total	35	0.578275			

Tabela 15A-Análise de variância e coeficiente de variação para fenol em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	164552.4521	82276.2261	6.38	0.0072
Nível	1	32655.5017	32655.5017	2.53	0.1272
Farinha*Nível	2	69675.1882	34837.5941	2.7	0.0915
Período	5	42468.355	8493.671	0.66	0.6587
Animal	5	165416.726	33083.3452	2.57	0.0598
Erro	20	257890.2501	12894.5125		
Total	35	732658.4731			

Tabela 16A-Análise de variância e coeficiente de variação para indol em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	6143.34551	3071.67275	0.99	0.3904
Nível	1	363.02951	363.02951	0.12	0.7364
Farinha*Nível	2	16898.95954	8449.47977	2.71	0.0907
Período	5	59069.19562	11813.8391	3.79	0.0141
Animal	5	41756.20159	8351.24032	2.68	0.0518
Erro	20	62289.2272	3114.4614		
Total	35	186519.9589			

Tabela 17A-Análise de variância e coeficiente de variação para ureia em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	45.3888889	22.6944444	0.81	0.4572
Nível	1	0.4444444	0.4444444	0.02	0.9008
Farinha*Nível	2	5.0555556	2.5277778	0.09	0.9137
Período	5	271.2222222	54.2444444	1.95	0.1314
Animal	5	292.8888889	58.5777778	2.1	0.1076
Erro	20	557.555556	27.877778		
Total	35	1172.555556			

Tabela 18A-Análise de variância e coeficiente de variação para creatinina em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.01166667	0.00583333	1.21	0.32
Nível	1	0.00444444	0.00444444	0.92	0.349
Farinha*Nível	2	0.00388889	0.00194444	0.4	0.6741
Período	5	0.02666667	0.00533333	1.1	0.3896
Animal	5	0.23666667	0.04733333	9.79	<.0001
Erro	20	0.09666667	0.00483333		
Total	35	0.38			

Tabela 19A-Análise de variância e coeficiente de variação para hemácias em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.10161667	0.05080833	0.45	0.6426
Nível	1	0.11446944	0.11446944	1.02	0.3249
Farinha*Nível	2	0.13273889	0.06636944	0.59	0.5633
Período	5	1.29055833	0.25811167	2.3	0.0838
Animal	5	14.468725	2.893745	25.75	<.0001
Erro	20	2.24736667	0.11236833		
Total	35	18.355475			

Tabela 20A-Análise de variância e coeficiente de variação para leucócitos em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	2.10055556	1.05027778	1.63	0.221
Nível	1	1	1	1.55	0.2273
Farinha*Nível	2	2.08166667	1.04083333	1.61	0.2238
Período	5	19.83555556	3.96711111	6.15	0.0013
Animal	5	33.69555556	6.73911111	10.45	<.0001
Erro	20	12.89222222	0.64461111		
Total	35	71.60555556			

Tabela 21A-Análise de variância e coeficiente de variação para linfócitos em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	9.388889	4.694444	0.12	0.8915
Nível	1	0.444444	0.444444	0.01	0.9177
Farinha*Nível	2	141.722222	70.861111	1.74	0.2003
Período	5	239.222222	47.844444	1.18	0.3547
Animal	5	1115.555556	223.111111	5.49	0.0024
Erro	20	812.555556	40.627778		
Total	35	2318.888889			

Tabela 22A-Análise de variância e coeficiente de variação para plaquetas em cães recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	1248.66667	624.33333	0.88	0.4321
Nível	1	4.69444	4.69444	0.01	0.9362
Farinha*Nível	2	1049.55556	524.77778	0.74	0.4917
Período	5	6476.25	1295.25	1.82	0.1555
Animal	5	20530.25	4106.05	5.76	0.0019
Erro	20	14267.33333	713.36667		
Total	35	43576.75			

Tabela 23A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAMS em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	200.386056	10.0193028	0.96	0.4019
Nível	1	1.7117361	1.7117361	0.16	0.6905
Farinha*Nível	2	3.7942722	1.8971361	0.18	0.8359
Período	5	116.6502806	23.33005612	2.22	0.0919
Animal	5	504.3751806	100.8750361	9.62	<0,0001
Erro	20	209.7886222	10.48943111		
Total	35	856.3586972			

Tabela 24A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAMO em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	20.885356	10.442678	0.06	0.9378
Nível	1	72.108403	72.108403	0.44	0.5125
Farinha*Nível	2	63.213422	31.606711	0.19	0.8245
Período	5	3259.282181	651.856436	4.02	0.011
Animal	5	1000.011981	200.002396	1.23	0.3305
Erro	20	3243.655622	162.182781		
Total	35	7659.156964			

Tabela 25A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAPB em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	3.6327722	1.8163861	0.3	0.7737
Nível	1	0.0053778	0.0053778	0	0.9781
Farinha*Nível	2	17.9670722	8.9835361	1.3	0.2985
Período	5	136.8040889	27.3608178	3.9	0.0123
Animal	5	336.6687556	67.3337511	9.6	<,0001
Erro	20	139.8043556	6.9902178		
Total	35	634.8824222			

Tabela 26A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAEEHA em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	47.5326056	23.7663028	2.51	0.1063
Nível	1	45.3826778	45.3826778	4.8	0.0405
Farinha*Nível	2	1.1671722	0.5835861	0.06	0.9404
Período	5	58.9194222	11.7838844	1.25	0.3254
Animal	5	258.6780556	51.7356111	5.47	0.0025
Erro	20	189.2201556	9.4610078		
Total	35	600.9000889			

Tabela 27A-Análise de variância e coeficiente de variação para CDAQ em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	89.36810556	44.68405278	8.92	0.0017
Nível	1	96.59613611	96.59613611	19.3	0.0003
Farinha*Nível	2	47.44490556	23.72245278	4.73	0.0207
Período	5	32.53441389	6.50688278	1.3	0.304
Animal	5	85.22994722	17.04598944	3.4	0.0219
Erro	20	100.2193222	5.0109661		
Total	35	451.3928306			

Tabela 28A-Análise de variância e coeficiente de variação para EMAMS em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	275487.2971	137743.6486	6.5	0.0068
Nível	1	6283.1388	6283.1388	0.3	0.593
Farinha*Nível	2	80746.2541	40373.127	1.9	0.1761
Período	5	69982.7189	13996.5438	0.7	0.6596
Animal	5	878246.6571	175649.3314	8.3	0.0002
Erro	20	425783.847	21289.192		

Total	35	1736529.913
-------	----	-------------

Tabela 29A-Análise de variância e coeficiente de variação para densidade urinária em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	108.5	54.25	3.71	0.0426
Nível	1	2.777778	2.777778	0.19	0.6676
Farinha*Nível	2	77.388889	38.694444	2.65	0.0955
Período	5	209.666667	41.933333	2.87	0.0412
Animal	5	1309.333333	261.866667	17.9	<,0001
Erro	20	292.333333	14.616667		
Total	35	2000			

Tabela 30A-Análise de variância e coeficiente de variação para pH urinário em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.09861667	0.04930833	1.3	0.2936
Nível	1	0.08217778	0.08217778	2.17	0.156
Farinha*Nível	2	0.46390556	0.23195278	6.13	0.0084
Período	5	0.4378	0.08756	2.32	0.0819
Animal	5	1.67553333	0.33510667	8.86	0.0001
Erro	20	0.75636667	0.03781833		
Total	35	3.5144			

Tabela 31A-Análise de variância e coeficiente de variação para pH fecal em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.07921667	0.03960833	0.25	0.7781
Nível	1	0.00401111	0.00401111	0.03	0.8742
Farinha*Nível	2	0.05013889	0.02506944	0.16	0.8525
Período	5	0.66120000	0.13224000	0.85	0.5318
Animal	5	3.16976667	0.63395333	4.07	0.0104
Erro	20	3.11726667	0.15586333		
Total	35	7.0816			

Tabela 32A-Análise de variância e coeficiente de variação para escore fecal em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.00000000	0.00000000	0.00	10000
Nível	1	0.11111111	0.11111111	0.83	0.3722
Farinha*Nível	2	0.22222222	0.11111111	0.83	0.4491
Período	5	1.66666667	0.33333333	2.50	0.0649
Animal	5	4.33333333	0.86666667	6.50	0.0010
Erro	20	2.66666667	0.13333333		
Total	35	9			

Tabela 33A-Análise de variância e coeficiente de variação para consumo de água em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	1449.05556	724.52778	1.05	0.3695
Nível	1	1111.11111	1111.11111	1.61	0.2197
Farinha*Nível	2	1173.72222	586.86111	0.85	0.4431
Período	5	995.22222	199.04444	0.29	0.9143
Animal	5	87639.22222	17527.84444	25.33	<.0001
Erro	20	13842.2222	692.1111		
Total	35	106210.5556			

Tabela 34A-Análise de variância e coeficiente de variação para acetato em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	1414.68882	707.34441	0.88	0.4291
Nível	1	625.917	625.917	0.78	0.3873
Farinha*Nível	2	4471.90027	2235.95014	2.79	0.0853
Período	5	4546.96323	909.39265	1.14	0.3744
Animal	5	16199.34216	3239.86843	4.04	0.0107
Erro	20	16023.3994	801.16997		
Total	35	43282.21088			

Tabela 35A-Análise de variância e coeficiente de variação para propionato em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	87.107817	43.553908	0.38	0.6897
Nível	1	23.393344	23.393344	0.20	0.6569
Farinha*Nível	2	397.210606	198.605303	1.73	0.2035
Período	5	1580.318767	316.063753	2.75	0.0479
Animal	5	1781.998067	356.399613	3.10	0.0313
Erro	20	2301.4764	115.07382		

Total	35	6171.505
-------	----	----------

Tabela 36A-Análise de variância e coeficiente de variação para isobutirato em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	2.97317222	1.48658611	1.72	0.2050
Nível	1	0.24502500	0.24502500	0.28	0.6006
Farinha*Nível	2	2.61291667	1.30645833	1.51	0.2452
Período	5	14.75358056	2.95071611	3.41	0.0218
Animal	5	33.62384722	6.72476944	7.77	0.0003
Erro	20	17.31355556	0.86567778		
Total	35	71.52209722			

Tabela 37A-Análise de variância e coeficiente de variação para butirato em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	83.200317	41.600158	0.48	0.6275
Nível	1	9.4249	9.4249	0.11	0.7458
Farinha*Nível	2	163.864817	81.932408	0.94	0.4074
Período	5	382.907133	76.581427	0.88	0.5135
Animal	5	3037.088033	607.417607	6.96	0.0006
Erro	20	1744.2368	87.21184		
Total	35	5420.722			

Tabela 38A-Análise de variância e coeficiente de variação para isovalerato em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	12.42300556	6.21150278	3.56	0.0475
Nível	1	2.05444444	2.05444444	1.18	0.2906
Farinha*Nível	2	6.96033889	3.48016944	2.00	0.1621
Período	5	30.51155556	6.10231111	3.50	0.0196
Animal	5	81.99335556	16.39867111	9.40	<.0001
Erro	20	34.8762556	1.7438128		
Total	35	168.8189556			

Tabela 39A-Análise de variância e coeficiente de variação para valerato em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	27.9545056	13.9772528	1.09	0.3538
Nível	1	12.6736	12.6736	0.99	0.3310
Farinha*Nível	2	23.8217167	11.9108583	0.93	0.4098
Período	5	77.8583556	15.5716711	1.22	0.3362
Animal	5	466.8974556	93.3794911	7.32	0.0005
Erro	20	255.3058889	12.7652944		
Total	35	864.5115222			

Tabela 40A-Análise de variância e coeficiente de variação para 4-metilfenol em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	78626.25769	39313.12884	5.08	0.0164
Nível	1	6373.36111	6373.36111	0.82	0.3747
Farinha*Nível	2	16845.26762	8422.63381	1.09	0.3556
Período	5	37126.02132	7425.20426	0.96	0.4651
Animal	5	99071.86756	19814.37351	2.56	0.0601
Erro	20	154640.8127	7732.0406		
Total	35	392683.588			

Tabela 41A-Análise de variância e coeficiente de variação para indol em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	145.6603	72.8302	0.02	0.9788
Nível	1	3768.1182	3768.1182	1.11	0.3042
Farinha*Nível	2	6614.4025	3307.2012	0.98	0.3940
Período	5	26803.4095	5360.6819	1.58	0.2106
Animal	5	115372.202	23074.4404	6.81	0.0007
Erro	20	67767.5935	3388.3797		
Total	35	220471.3859			

Tabela 42A-Análise de variância e coeficiente de variação para ureia em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	231.16667	115.58333	0.93	0.4122
Nível	1	36	36	0.29	0.5970
Farinha*Nível	2	105.16667	52.58333	0.42	0.6617
Período	5	1262	252.4	2.02	0.1189
Animal	5	13008	2601.6	20.86	<.0001
Erro	20	2494.66667	124.73333		
Total	35	17137			

Tabela 43A-Análise de variância e coeficiente de variação para creatinina em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	0.0000000	0.0000000	0.00	10000
Nível	1	0.10027778	0.10027778	1.71	0.2053
Farinha*Nível 1	2	0.03555556	0.01777778	0.30	0.7413
Período	5	0.19250000	0.03850000	0.66	0.6591
Animal	5	2.98916667	0.59783333	10.22	<.0001
Erro	20	1.17	0.05850000		
Total	35	4.4875			

Tabela 44A-Análise de variância e coeficiente de variação para hemácias em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	1.92087222	0.96043611	1.97	0.1661
Nível	1	1.60866944	1.60866944	3.29	0.0846
Farinha*Nível 1	2	0.85140556	0.42570278	0.87	0.4336
Período	5	6.15604722	1.23120944	2.52	0.0633
Animal	5	60.52268056	12.10453611	24.78	<.0001
Erro	20	9.76962222	0.48848111		
Total	35	80.82929722			

Tabela 45A-Análise de variância e coeficiente de variação para leucócitos em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	15.2749056	7.6374528	0.62	0.5485
Nível	1	5.8161361	5.8161361	0.47	0.5002
Farinha*Nível	2	1.5145722	0.7572861	0.06	0.9406
Período	5	61.0874139	12.2174828	0.99	0.4484
Animal	5	254.2544806	50.8508961	4.12	0.0098
Erro	20	246.7797889	12.3389894		
Total	35	584.7272972			

Tabela 46A-Análise de variância e coeficiente de variação para linfócitos em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	59.388889	29.694444	0.56	0.5780
Nível	1	4.694444	4.694444	0.09	0.7684
Farinha*Nível	2	57.722222	28.861111	0.55	0.5867
Período	5	657.805556	131.561111	2.50	0.0652
Animal	5	2281.472222	456.294444	8.66	0.0002
Erro	20	1053.888889	52.694444		
Total	35	4114.972222			

Tabela 47A-Análise de variância e coeficiente de variação para plaquetas em gatos recebendo três fontes de farinhas de insetos em níveis de 7,5% e 15%.

Fonte	GL	SQ	QM	Fc	Pr>F
Farinha	2	12091.0556	6045.5278	0.45	0.6460
Nível	1	113.7778	113.7778	0.01	0.9279
Farinha*Nível	2	25512.3889	12756.1944	0.94	0.4063
Período	5	567202.5556	113440.5111	8.38	0.0002
Animal	5	90497.2222	18099.4444	1.34	0.2892
Erro	20	270703.5556	13535.1778		
Total	35	966120.5556			