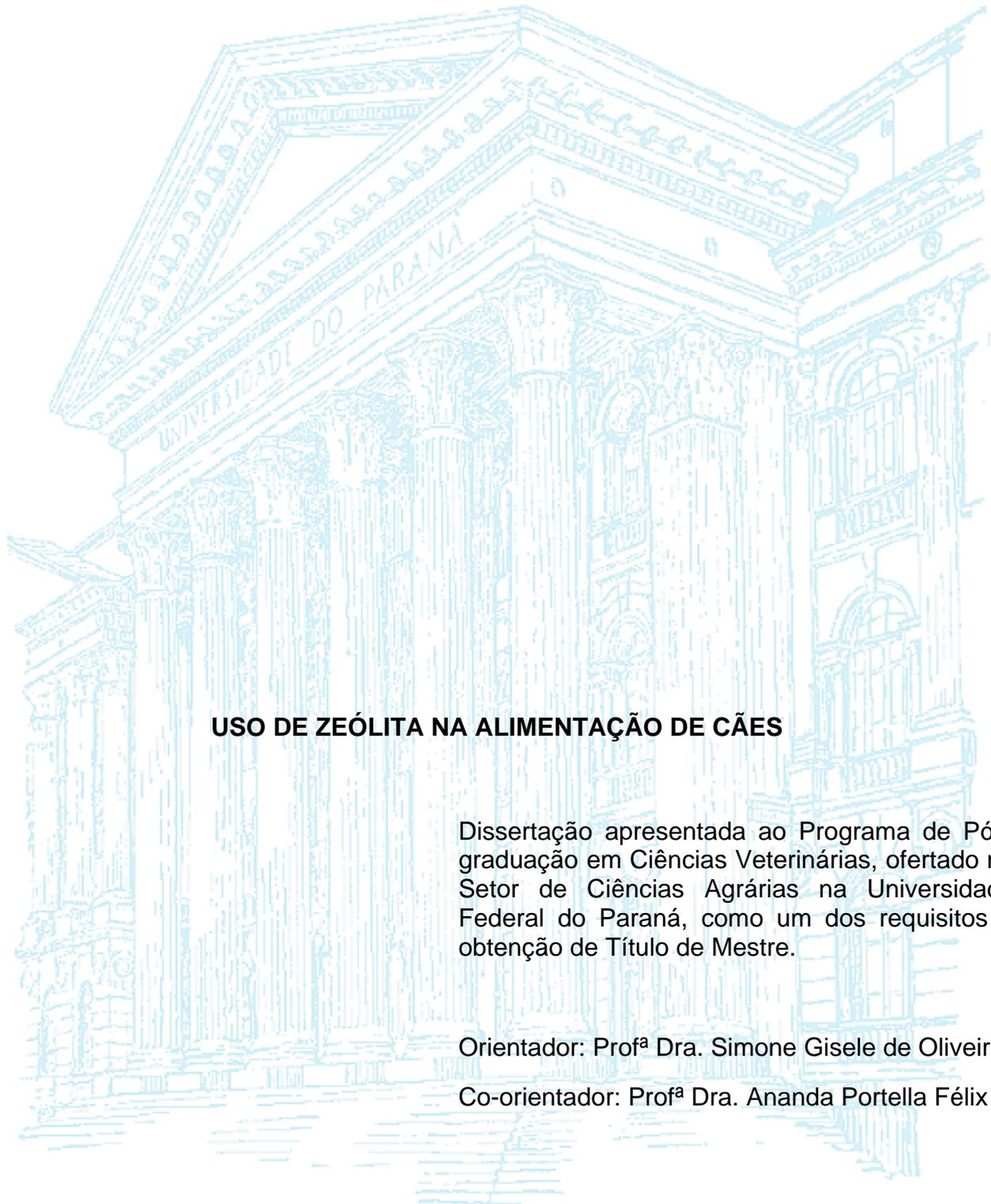


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
FERNANDA GONÇALVES LOWNDES

USO DE ZEÓLITA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES

Curitiba, Fevereiro de 2014

FERNANDA GONÇALVES LOWNDES



USO DE ZEÓLITA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, ofertado no Setor de Ciências Agrárias na Universidade Federal do Paraná, como um dos requisitos à obtenção de Título de Mestre.

Orientador: Prof^a Dra. Simone Gisele de Oliveira

Co-orientador: Prof^a Dra. Ananda Portella Félix

Curitiba, Fevereiro de 2014

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



PARECER

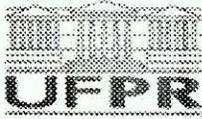
A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada “**USO DE ZEÓLITA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES**” apresentada pela Mestranda **FERNANDA GONÇALVES LOWNDES** declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09–CEPE/UFPR, que considerou a candidata apta para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 14 de fevereiro de 2014

Simone Gisele de Oliveira
Professora Dra. Simone Gisele de Oliveira
Presidente/Orientadora

Ana Vitoria Fischer da Silva
Professora Dra. Ana Vitoria Fischer da Silva
Membro

Jose Sidney Flemming
Professor Dr. Jose Sidney Flemming
Membro



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

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 018/2012, referente ao projeto “Uso de zeólita na nutrição de cães”, sob a responsabilidade de Fernanda Golçalves Lowndes, na forma em que foi apresentado (uso de 6 animais), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 09 de outubro de 2012.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 018/2012, regarding the project “Use of zeolite for feeding dogs”, under the charge of Fernanda Golçalves Lowndes, in the terms it was presented (use of 6 animals), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on October 09, 2012.

Curitiba, 09 de outubro de 2012.

Patrick Schmidt
Presidente

Rosangela Locatelli Dittrich
Vice-Presidente

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

Dedico:

Ao vô Alfredo e bisa Leonor *in memoriam*

Gostaria que vocês estivessem aqui.

Agradecimentos

À minha mãe e avó pelo amor incondicional, por me incentivarem e me proporcionarem chegar até aqui, e por driblarem a saudade em todas as vezes que me fiz ausente.

Ao meu amor, Gabriel Santos Garbulho por todo companheirismo, cumplicidade e apoio nesses anos em que a distância foi sofrida. Por me fazer querer ser uma pessoa melhor a cada dia, levar a vida mais leve e acreditar que tudo pode ser possível.

À família Santos Garbulho que me acolheram de braços abertos com muito amor e hoje fazem parte da minha família também, me apoiando e propiciando momentos muito felizes.

À família Maiorka por acreditar na minha capacidade desde o estágio curricular, pelo aprendizado e apoio nesses dois anos de trabalho.

À professora Ananda P. Félix, pelo curso sobre Nutrição de Cães em Ilha Solteira que foi decisivo para o meu direcionamento profissional. Por todo apoio profissional. Pela amizade e companheirismo.

À toda a equipe do LENCAN e LEPNAN pelo apoio e ajuda nos experimentos, sem vocês não teria sido possível.

Aos amigos de longe que estão sempre presentes apesar da distância: Lívia, Sofia, Pri, Bia, Gabriel. Aos amigos conquistados em Curitiba que fizeram meu dia a dia mais colorido: Carol, Aline, Laís, Ascarbi, Leandrinho, Ananda, Ed, Mari, Tati e Patrick. Em especial à Juju por me aturar todos os dias, pelo companheirismo, pelas risadas e pelo titico.

Aos 15 companheiros: Duda, Lady, Nariz, Lua, Nandinha, Fiona, Chica, Taz, Pongo, Teddy, Dumbo, Feliz, Bidu, Zorro e Snoppy, por todas as vezes que vocês abanaram o rabo, latiram, sujaram minha calça de lama, com certeza fizeram meus dias muito mais felizes

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	15
1 Introdução.....	15
2 Aditivos adsorventes.....	16
3 Classificação e caracterização da zeólita natural.....	17
4 Capacidade de troca iônica.....	18
5 Uso na alimentação de cães e gatos.....	20
5.1 Características fecais.....	20
5.2 Digestibilidade e integridade do TGI.....	21
5.3 Palatabilidade.....	22
6 Formas de inclusão de zeólita em alimentos para cães.....	23
7 Nível de consumo de alimento e ação da zeólita.....	25
8 Considerações finais.....	26
9 Referências.....	26
CAPÍTULO II – ZEÓLITA COMO ADSORVENTE EM DIETAS EXTRUSADAS PARA CÃES.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1 Introdução.....	34

2	Material e métodos	35
2.1	Experimento I : Ensaio de digestibilidade.....	35
2.1.1	Animais e alojamento.....	35
2.1.2	Dietas experimentais.....	35
2.1.3	Procedimentos experimentais.....	38
2.1.4	Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA).....	39
2.1.5	Delineamento experimental e análises estatísticas.....	39
2.2	Experimento II: Ensaio de palatabilidade.....	40
2.2.1	Animais e alojamento.....	40
2.2.2	Dietas experimentais.....	40
2.2.3	Procedimentos experimentais.....	40
2.2.4	Delineamento e análises estatísticas.....	41
3	Resultados	41
3.1	Experimento I: Ensaio de digestibilidade.....	41
3.2	Experimento II: Ensaio de Palatabilidade.....	42
4	Discussão	42
5	Conclusões	45
6	Referências	45

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA FORMA DE INCLUSÃO DE ZEÓLITA EM ALIMENTO COMPLETO E NÍVEL DE CONSUMO SOBRE A DIGESTIBILIDADE EM CÃES..... 48

RESUMO..... 48

ABSTRACT..... 49

1	Introdução	50
2	Material e métodos	51
2.1	Ensaio de digestibilidade.....	51

2.1.1	Animais e alojamento.....	51
2.1.2	Dietas experimentais.....	51
2.1.3	Procedimentos experimentais.....	53
2.1.4	Determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e EM.....	54
2.1.5	Delineamento e análises estatísticas.....	55
2.2	Análise sensorial de odor.....	55
2.2.1	Animais e alojamento.....	55
2.2.2	Dietas experimentais.....	55
2.2.3	Procedimentos experimentais.....	55
2.2.4	Delineamento e análises estatísticas.....	56
2.3	Experimento de consumo.....	56
2.3.1	Animais e alojamento.....	56
2.3.2	Dietas experimentais.....	56
2.3.3	Procedimentos experimentais.....	56
3	Resultados	58
3.1	Ensaio de digestibilidade.....	58
3.2	Análise sensorial de odor.....	60
4	Discussão	61
4.1	Ensaio de digestibilidade.....	61
4.2	Análise sensorial de odor fecal.....	63
4.3	Ensaio de consumo.....	63
5	Conclusões	64
6	Referências	64
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – ZEÓLITA COMO ADSORVENTE EM DIETAS EXTRUSADAS PARA CÃES.....31

Tabela 1 - Ingredientes e composição química (g/kg) analisadas das dietas experimentais.....36

Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %), energia metabolizável (EM, MJ/kg) e matéria seca fecal (MSf, %) de cães alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeólita.....40

Tabela 3 - Medianas do nitrogênio amoniacal (na matéria seca), pH, escore e ácido siálico fecal de cães alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeólita.....41

Tabela 4 - Número da primeira escolha ao comedouro contendo a dieta A e razão de ingestão (RI média \pm erro padrão) por cães alimentados com dietas contendo 20 e 50 g/kg de zeólita.....41

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA FORMA DE INCLUSÃO DE ZEÓLITA EM ALIMENTO COMPLETO E NÍVEL DE CONSUMO SOBRE A DIGESTIBILIDADE EM CÃES.....47

Tabela 1 - Ingredientes e composição química analisada e calculada (com base na matéria seca) das dietas experimente.....51

Tabela 2 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, energia metabolizável (EM), consumo das dietas (g/kgPV) e características fecais de cães alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeólita na massa do extrusado ou por cobertura.....58

Tabela 3 - Porosidade total (PT), água facilmente disponível (AFD) e água remanescente (AR) das dietas contendo 5 g/kg; 15 g/kg e 25 g/kg de zeólita adicionadas na massa ou por cobertura.....58

Tabela 4 - Correlação entre porosidade total (PT), água facilmente disponível (AFD) e água remanescente (AR) e as características fecais, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável (EM) de cães alimentados com dieta seca extrusada contendo 5 g/kg, 15 g/kg e 25 g/kg de zeólita na massa e por cobertura.....59

Tabela 5 - Medianas do odor fecal de cães alimentados com dieta contendo 1,5% de zeólita na massa antes da extrusão e 15 g/kg de zeólita adicionada posterior ao processo de extrusão, em relação a uma dieta controle com 0 g/kg de zeólita.....59

Tabela 6 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, energia metabolizável (EM), consumo das dietas (g/kgPV), produção fecal (g/dia) e características fecais de cães alimentados com dietas contendo crescentes níveis de zeólita na massa do extrusado fornecidas 25% e 50% a mais que as necessidades dos animais.....60

LISTA DE FIGURAS

**CAPÍTULO II – ZEÓLITA COMO ADSORVENTE EM DIETAS EXTRUSADAS
PARA CÃES.....31**

**Figura 1 - Difração de raios x padrão da amostra de clinoptilolita
utilizada.....35**

USO DE ZEÓLITA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES

RESUMO

O uso de zeólita na alimentação de cães é realizado visando melhorar as características fecais, reduzindo sua umidade e odor. Também pode propiciar maior digestibilidade dos nutrientes, devido à redução na taxa de passagem do alimento no trato gastrintestinal (TGI). As divergências entre os resultados encontrados na literatura podem ser justificadas pela falta de caracterização do mineral e de sua forma de inclusão na dieta. O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da inclusão de zeólita Clinoptilolita na massa do extrusado e por cobertura em dietas secas para cães. Para tanto, foram realizados quatro experimentos: 1) avaliando a inclusão de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/kg de Clinoptilolita natural na massa de dietas extrusadas para cães sobre o coeficiente de digestibilidade (CDA) dos nutrientes, energia metabolizável (EM), características fecais e palatabilidade. A inclusão de Clinoptilolita resultou na redução linear da EM e no CDA da matéria seca (MS), aumento da MS fecal (MSf) e manutenção do escore das fezes. A palatabilidade das dietas foi avaliada em dois testes (0 vs. 20 g/kg e 0 vs. 50 g/kg de Clinoptilolita natural). Não foram encontradas diferenças na palatabilidade das dietas avaliadas. 2) avaliando a inclusão de 5, 15 e 25 g/kg de Clinoptilolita natural adicionados na massa do extrusado e por cobertura sobre a porosidade total (PT), água facilmente disponível (AFD) e água remanescente (AR) das dietas, CDA dos nutrientes, EM e características fecais de cães. A inclusão de zeólita na massa propiciou aumento na digestibilidade das frações nutricionais. A PT das dietas correlacionou-se positivamente com o CDA dos nutrientes. O escore e a MSf aumentaram com a inclusão de zeólita na massa. 3) avaliando o odor fecal de cães alimentados com 0 e 15 g/kg de Clinoptilolita natural adicionadas tanto na massa como por cobertura. O odor fecal reduziu com a inclusão de 15 g/kg de Clinoptilolita na massa e por cobertura. 4) avaliando a inclusão de 0 e 15 g/kg de Clinoptilolita na massa de dietas extrusadas para cães fornecidas 25% e 50% a mais que a necessidade de EM dos animais. O nível de fornecimento, bem como a interação entre o teor de mineral e quantidade fornecida não afetaram a CDA dos nutrientes e a EM das dietas. Mesmo com o maior consumo a inclusão do mineral propiciou o aumento do escore e da MSf. Portanto, a inclusão de 15 g/kg de zeólita na massa de dietas extrusadas para cães é suficiente para melhorar as características fecais de cães, mesmo em situações de fornecimento excessivo.

Palavras-chave: adsorção, capacidade adsorvente, características fecais, Clinoptilolita, digestibilidade, palatabilidade.

THE USE OF ZEOLITE FOR THE DOGS FEEDING

ABSTRACT

The use of zeolite in the diet for dogs is accomplished to improve the stool characteristics of animals, reducing its moisture and odor. This use can also provide better nutrient digestibility due to the reduction of food flow rate into gastrointestinal tract, increasing the exposure time of nutrients to digestive enzymes. The divergence among the results found in literature can be justified by the lack of characterization of this mineral and its form of inclusion in the diet, with the mass passing through the extrusion process or by coverage in the subsequent processing. Considering the need to check these factors and apply them in practice, the present study aimed to define the effect of zeolite (Clinoptilolite) inclusion in the extruded mass and in coverage for dogs dry diets for dogs. For that, four experiments were primarily conducted: 1) evaluating the addition of 0, 10, 20, 30, 40 and 50 g/kg of natural zeolite in dogs extruded diets mass over nutrient digestibility, metabolizable energy, feces characteristics and palatability. The zeolite inclusion resulted in a linear decrease of metabolizable energy and dry mass digestibility coefficient, fecal dry mass raise and maintenance of feces score. The palatability of diets in two tests (0 vs 20 g/kg and 0 vs 50 g/kg of natural zeolite). There were no differences in palatability of these selected diets. 2) evaluating the addition of 5, 15 and 25 g/kg of natural zeolite in extruded mass and on coverage above total porosity, easily available water and remaining water from diets, nutrients digestibility, metabolizable energy and fecal characteristics of dogs. The zeolite inclusion in mass increased the digestibility coefficient of dietary fractions. The total porosity of diets was positively correlated with the digestibility of nutrients. The score and the dry material of the feces increased with the inclusion of zeolite in mass; 3) evaluating the fecal odor of dogs fed with 0 g/kg and 15 g/kg of natural zeolite added either in mass or trough coverage. The fecal odor was reduced by adding 15 g/kg included in mass or through coverage; 4) evaluating the addition of 0 g/kg and 15 g/kg of zeolite in the mass of extruded diets for dogs with 25% and 50% more quantity over metabolizable energy needs of these animals. The level of supply as well as the interaction between the mineral content and quantity provided didn't affect the nutrients digestibility and ME from diets. Even with the highest consumption, the inclusion of this mineral was significant over score and stool dry mass. Therefore, the addition of 15 g/kg of zeolite in the mass of extruded diets for dogs is sufficient to improve stool characteristics of dogs even in situations of overfeed.

Key-words: adsorption, adsorbent capacity, Clinoptilolite, stool characteristics, palatability.

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A indústria de alimentos para animais de companhia cresceu significativamente nos últimos anos. Segundo o SINDIRAÇÕES (2013), a produção de alimentos para cães e gatos cresceu 4% em 2012, alcançando cerca de 2,3 milhões de toneladas. Estima-se que o setor tenha faturado cerca de 65,8 bilhões de dólares em 2012 e mesmo com 50% de carga tributária o setor tem previsão de crescimento de 5% no Brasil em 2013.

Com o crescimento do mercado, as pesquisas dirigidas à nutrição de cães e gatos trabalham no desenvolvimento de aditivos que melhorem a consistência fecal e reduzam o odor produzido pelas fezes sem, no entanto, influenciar negativamente na palatabilidade e na digestibilidade dos nutrientes e na energia das dietas fornecidas (MAIA et al., 2010).

A produção de fezes mais secas, consistentes e menos fétidas pelos cães pode ser resultado da ingestão de alimentos produzidos com ingredientes de boa qualidade, altamente digestíveis, com moderado teor de fibras e que passaram por adequado processo de extrusão. Em formulações com inclusão de altos níveis de farelos vegetais e em dietas destinadas a animais de grande porte e atletas podem ser utilizados aditivos adsorventes (FÉLIX et al., 2009). Dentre os tipos de adsorventes utilizados na alimentação animal, as zeólitas, pelas suas estruturas microporosas, garantem a adsorção do excesso de água e gases do trato gastrintestinal (TGI), diminuindo assim a umidade e o odor desagradável das fezes dos animais.

Diversos trabalhos vêm sendo publicados utilizando esse grupo de aluminossilicatos como aditivo adsorvente na alimentação de animais de companhia (FÉLIX et al., 2009; MAIA et al., 2010; SANTOS et al., 2011). Todavia a caracterização do tipo de zeólita utilizada, bem como a maneira que esse aditivo é incluído nas dietas secas extrusadas para cães é pouco abordado. Tendo em vista que o grupo das zeólitas é composto por mais de 42 espécies com características adsorptivas e capacidade de troca iônica distintas (LUZ, 1995) e que o processo de extrusão, pela elevada temperatura, pressão, umidade da massa e posterior secagem (DALE, 1996), pode alterar a

capacidade de adsorção do mineral, estudos envolvendo maior conhecimento do material utilizado, bem como a influência do processamento se tornam extremamente importantes na área de alimentos para animais de companhia. Dessa maneira, serão exposto a seguir, as principais características das zeólitas naturais e seus efeitos na alimentação de cães quando incluídas na massa e no recobrimento de dietas extrusadas.

2. Aditivos adsorventes

Segundo a Instrução Normativa de 30 de novembro de 2004 do Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), aditivos são substâncias, microorganismos ou produtos formulados, adicionados intencionalmente, que normalmente não se consomem como alimento. Podem ter ou não valor nutritivo e melhoram as características dos alimentos ou produtos dos animais.

O uso de aditivos em rações tem o objetivo de melhorar o desempenho zootécnico de animais de produção e promover nutrição ótima aos de companhia. De modo que, não só as necessidades nutricionais sejam supridas, mas também outros tipos de benefícios agregados, como longevidade, melhora na saúde bucal, qualidade de pêlos, nas características fecais, entre outros.

Com o intuito de melhorar as características fecais, os aditivos adsorventes tem a capacidade de se ligar à micotoxinas, gases e água de modo a transportá-las para fora do TGI do animal (BELLAVAR, 2001). Dentre eles os mais utilizados são os aluminossilicatos, principalmente as zeólitas (FÉLIX et al, 2009). As zeólitas foram identificadas pelo mineralogista sueco Axel Frederick Consted em 1756 pela característica de liberar bolhas quando imersas em água. O vocábulo zeólita provém das palavras gregas “zeo” (ferver) e “litho” (pedra) e designam pedras que fervem (COOMBS et al., 2008). Todavia o conceito “peneira molecular” referente à inserção de pequenas moléculas nos canais internos do mineral, caracterizando sua capacidade de adsorção foi somente descoberto quase dois séculos depois, em 1929 (BRAGA e MORGAN, 2007).

As zeólitas por definição, são aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos em redes tridimensionais rígidas formadas por tetraedros de AlO_4 e SiO_4 ligados entre si por meio de átomos de oxigênio. Cada átomo de oxigênio é comum a dois tetraedros vizinhos originando assim

uma estrutura microporosa (COOMBS et al., 2008). As zeólitas naturais são formadas a partir da precipitação de fluidos contidos nos poros existentes nas rochas sedimentares, nas ocorrências hidrotermais, ou pela alteração de vidros vulcânicos. As condições de temperatura, atividade das espécies iônicas e pressão parcial do vapor de água são fatores determinantes das diferentes espécies (MENDONÇA et al., 2005). A elaboração da primeira zeólita sintética foi relatada por St. Claire Deville, que produziu a zeólita Levynita pelo aquecimento de uma solução aquosa de silicato de potássio e aluminato de sódio (LUZ, 1995).

Segundo PASSAGLIA e SHEPPARD (2001), mais de 42 espécies de zeólitas naturais já foram catalogadas e distribuídas em 38 tipos de estruturas diferentes e mais de 150 espécies sintéticas já foram desenvolvidas. No entanto, apenas algumas espécies naturais são amplamente utilizadas na alimentação animal. Dentre elas se incluem a Modernita, Clinoptilolita, Heulanita e Chabazita (LUZ, 1995). O baixo custo das zeólitas naturais em detrimento às sintéticas e suas características de adsorção e capacidade de troca catiônica (CTC) tem estimulado seu uso na alimentação animal (DUARTE, 2002). A Clinoptilolita é a mais utilizada na alimentação de cães e apresenta relação Si/Al de 4,25 e CTC de 2,6 mEq/g.

3. Classificação e caracterização da zeólita natural

Existem diversas metodologias para a classificação dos minerais zeolíticos. Uma delas em termos de unidades fundamentais de constituição secundária (SBU'S). As SBU'S correspondem a estruturas geradas pelas ligações dos tetraedros (unidades primárias) como anéis, cadeias, folhas e estruturas tridimensionais. São classificadas em sete grupos: Grupo 1: anel simples de 4 tetraedros; Grupo 2: anel simples de 6 tetraedros; Grupo 3: anel duplo de 4 tetraedros; Grupo 4: anel duplo de 6 tetraedros; Grupo 5: T_5O_{10} ; Grupo 6 $T_{10}O_{20}$ (BRECK, 1974). Outra metodologia é a de GOTTARDI e GALLI (1985), os quais dividem as zeólitas nas seguintes subfamílias: zeólitas fibrosas; zeólitas com anel de conexão simples de 4 tetraedros; zeólitas de conexão dupla com 4 tetraedros; zeólita com anel (simples e duplo) de 6 tetraedros; zeólita do grupo Modernita e zeólita do grupo Heulanita. Há ainda a classificação que se baseia na configuração geométrica da estrutura cristalina da zeólita, identificada por

três letras. Por exemplo, HEU para a Clinoptilolita e Heulanita (BAERLOCHER et al., 2001).

A caracterização de adsorventes zeolíticos é necessária para identificar fatores que influenciam sua capacidade de adsorção e o mecanismo de difusão de gases em seus poros. Para caracterizar uma zeólita são necessárias algumas análises físicas. As mais interessantes para a nutrição são difração de raios-x, curva de retenção de água, porosidade total e mensuração da água facilmente disponível. A metodologia de difração de raios-x é importante na caracterização do mineral, pois permite sua identificação através das posições angulares e intensidades relativas dos feixes difratados, que é única para cada composto cristalino (ANTONIASSI, 2010). A partir da análise de difração de raios-x, depois de conhecida a identidade única do composto, é possível por meio da literatura obter conhecimento de suas propriedades físico-químicas, como superfície específica (m^2/g), volume de vazios e CTC.

Para determinar a porosidade total e a capacidade de retenção de água do mineral e das dietas com esse aditivo, pode-se adaptar a metodologia de curva de retenção de água no solo, a qual representa relação entre o teor de água adsorvida e a energia com a qual está retida no mineral. Essa técnica é baseada no levantamento de pontos pelos quais se traça uma curva que represente as características de retenção de água pelo material (JUNIOR et al., 2007). Segundo NEVES et al. (2005), o mais importante parâmetro relacionado à estrutura de um adsorvente é a porosidade, já que afeta suas propriedades físicas, como capacidade de adsorção e capacidade de troca iônica.

4. Capacidade adsorvente e de troca iônica

As zeólitas destacam-se dos demais aditivos adsorventes devido à estabilidade de sua estrutura cristalina, seu alto grau de hidratação, baixa densidade, por ter grandes espaços vazios quando desidratadas e apresentarem poros com diâmetro relativamente uniformes (HARBEN e KUZVART, 1996). A elevada superfície interna em relação à externa proveniente da estrutura microporosa da zeólita permite a transferência de massa entre o espaço cristalino do mineral e o meio externo. Essa transferência é limitada pelo diâmetro dos canais internos (AGUIAR et al., 2002). Esse processo seletivo, condicionado pela uniformidade dos microporos

das zeólitas, permite que as mesmas sejam utilizadas como “peneiras moleculares” (DANA, 1981).

O termo adsorção foi proposto por Kayser em 1981 para denominar o fenômeno de condensação de gases em superfícies e salientar sua diferença com o fenômeno de absorção, no qual as moléculas do gás penetram no interior do sólido (GREGG e SING, 1982). O processo de adsorção consiste na transferência de massa do tipo sólido fluido, na qual se explora a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em soluções líquidas e gasosas, permitindo separá-las dos demais componentes dessa solução. A quantidade de substância adsorvida decresce com o aumento da temperatura, já que todos os processos de adsorção são exotérmicos. A remoção de água por aquecimento aumenta o volume de vazios do mineral e é usualmente chamada de desidratação endotérmica (RUTHVEN, 1984).

A CTC dos minerais zeolíticos provém da relação Si/Al. Quanto menor essa relação, maior a disponibilidade de cátions para a troca. Como o alumínio apresenta valência (3^+) menor que a do silício (4^+), a estrutura do aluminossilicato apresenta carga negativa para cada átomo de alumínio. Esta carga é balanceada por cátions alcalinos ou alcalinos terrosos chamados cátions de compensação intersticiais, que são livres para movimentarem-se nos canais da rede e podem ser trocados por outros cátions da solução (LUZ, 1995). Assim sendo, quanto maior a substituição por Al^{3+} , maior a necessidade de manter a neutralidade elétrica, levando conseqüentemente a um aumento na CTC do mineral.

A facilidade de entrada de moléculas na estrutura cristalina depende do tamanho e forma das aberturas de entrada dos canais de zeólita e do tamanho da molécula que será adsorvida (FERNANDES, 2006). Segundo LUZ (1995), a estrutura dos aluminossilicatos forma cavidades que podem ser ocupadas por íons e moléculas de água com grande liberdade de movimento. Tal característica permite o intercâmbio catiônico e a desidratação endotérmica reversível da rede. Já que as substâncias adsorvidas não interferem na estabilidade estrutural do mineral e podem ser eliminadas juntamente com os cátions nele adsorvido.

Como consequência da substituição de cátions estruturais por outros cátions de diferentes valências se produz uma carga residual na superfície da zeólita, o que é chamado de substituição isomórfica. A densidade de carga por unidade de superfície é uma característica essencial na hora de diferenciar os diversos tipos de adsorventes. A CTC entre as espécies de zeólitas pode variar de 200 a 1000 meq/100g e a superfície específica de 40 a 150 m²/g. A superfície específica do mineral se relaciona com a quantidade de substâncias que poderão ser homoganeamente distribuídas sobre ela (CASTAING, 1989).

5. Uso da zeólita na alimentação de cães e gatos

O uso de aluminossilicatos da família das zeólitas na formulação de dietas para cães vem sendo estudado desde a década de 1980 com o intuito de melhorar as características fecais de animais de companhia (BEERNAERT, 1986). As zeólitas ainda podem melhorar a digestibilidade dos nutrientes por reduzirem a taxa de passagem do alimento no TGI dos animais sem afetar negativamente a palatabilidade das dietas (LUZ, 1995).

5.1. Características fecais

As indústrias de alimentos para animais de companhia produzem cada vez mais produtos que promovam fezes bem formadas e firmes. Isso indica ao proprietário a alta qualidade e digestibilidade do alimento, fidelizando os mesmos como clientes, já que as características fecais são limitantes na compra de alimentos completos para cães e gatos.

A zeólita, por ser altamente higroscópica, tem capacidade de reter água em seus canais e cavidades internas aumentando assim a matéria seca dos dejetos produzidos pelos animais. Sua alta porosidade, com um diâmetro de poro variando entre 3 a 8 Angstrons, permite o mineral adsorver água em quantidades de 10% a 50% do seu volume (BROUILLARD et al., 1989).

Um dos primeiros trabalhos utilizando zeólita para melhorar as características fecais de cães foi realizado por BEERNAERT (1986). O autor promoveu diarreia em cães saudáveis por meio de perfusão de solução hipermolar de manitol (90 mosm/l) no duodeno. Ao fornecer 20 g/kg de zeólita em dieta controle obteve aumento de 11% na matéria seca fecal. MAIA et al. (2010) ao avaliar a inclusão de 5 g/kg; 7,5 g/kg e 10 g/kg de zeólita adicionados

por cobertura em dietas extrusadas para cães encontraram aumento na matéria seca e consistência fecal promovida pelo mineral, corroborando com FÉLIX et al. (2009) utilizando concentração de 2,5 g/kg de uma mistura de aluminossilicatos.

Além de reduzirem a umidade fecal as zeólitas também podem adsorver gases provenientes da fermentação intestinal. Essa capacidade tem grande aplicabilidade industrial já que possibilita a formulação de dietas com altos níveis de ingredientes fermentáveis (GIANNETO, 1990). Nesse contexto é importante ressaltar que a atividade adsorvente dos minerais zeolíticos não é específica por nenhuma substância, apenas pelo tamanho de partícula (LUZ, 1995), portanto água e gases competem pelo mesmo sítio de adsorção da zeólita no TGI dos animais.

O odor fecal é proveniente da formação de compostos nitrogenados durante a fermentação microbiana intestinal. Esses compostos podem ser tanto endógenos como não digeridos, e formam substâncias putrefativas como: amônia, aminas alifáticas, ácidos graxos ramificados, indóis, fenóis e compostos sulfurados voláteis. Além de tornarem as fezes mais fétidas esses compostos podem ter efeito negativo sobre a saúde intestinal dos animais (HOUSSAIN et al., 1999).

A maioria dos trabalhos envolvendo as características fecais de cães com a inclusão de aditivos adsorventes avalia o odor fecal indiretamente por meio da mensuração do nitrogênio amoniacal fecal. Como outros gases putrefativos estão envolvidos no odor fecal, essa metodologia deve, sempre que possível, ser acompanhada de análise sensorial. FÉLIX et al. (2009), encontraram redução do nitrogênio amoniacal fecal em cães alimentados com 2,5 g/kg de uma mistura de aluminossilicatos e MAIA et al. (2010) menor odor fecal em cães alimentados com dietas contendo até 10 g/kg de inclusão de zeólita.

5.2. Digestibilidade e integridade do TGI

A indústria de alimentos para animais busca ingredientes e aditivos que promovam maior digestibilidade dos nutrientes pelos animais. A propriedade adsorvente dos minerais da família das zeólitas pode reduzir a taxa de passagem do alimento no TGI, promovendo maior tempo de ação das enzimas

digestivas e dessa maneira aumentar a digestibilidade de alguns nutrientes (LUZ, 1995; OLVER, 1997).

Devido à sua alta higroscopicidade, alguns estudos demonstram que a inclusão de minerais zeolíticos na ração pode reduzir a viscosidade da digesta em animais monogástricos (SCHUTTE e LANGHOUT, 1998), proteger a mucosa gástrica intestinal prevenindo diarreias (CASTAING, 1989) e adsorver toxinas e bactérias, reduzindo sua absorção no intestino (BUENO et al., 1987).

FÉLIX et al. (2009) e MAIA et al. (2010) não encontraram aumento na digestibilidade dos nutrientes de dietas para cães ao incluírem uma mistura de 2,5 g/kg de aluminossilicatos e níveis de 5 g/kg; 7,5 g/kg e 10 g/kg de Clinoptilolita, respectivamente. Os resultados encontrados na literatura são controversos e podem ser justificados por se tratarem de dietas distintas com diferentes espécies de zeólitas e forma de inclusão.

Ao incluir aditivos às dietas para animais de companhia é importante avaliar se esse aditivo não agride a mucosa do TGI dos animais. A mucosa do TGI está exposta a diversos agentes agressivos, como as próprias enzimas digestivas, toxinas e alimentos. A produção de ácido siálico no lúmen intestinal está associada à produção de muco como mecanismo de defesa e atua no tamponamento e lubrificação do trato em situações adversas ao ambiente intestinal (MERTZ e WALSH, 1991). Não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem a eliminação de ácido siálico fecal em cães alimentados com dietas contendo zeólita, o que torna essa avaliação necessária em estudo futuros envolvendo o mineral.

5.3. Palatabilidade

A palatabilidade é o reconhecimento de um alimento como saboroso e prazeroso de ser consumido. Pode ser definida como um conjunto de características físico-químicas dos alimentos, como sabor, textura e odor que causam sensação fisiológica agradável (FÉLIX et al., 2010). Diversos são os fatores intrínsecos e extrínsecos aos animais que influenciam na aceitabilidade das dietas como: genética, fisiologia, experiências individuais e ambientais, entre outros. As reações fisiológicas da atratividade dos alimentos envolvem os receptores localizados ao longo do TGI, que enviam informações sobre a palatabilidade da dieta ao Sistema Nervoso Central (SNC). Os receptores do

palato inferior e superior controlam a apreensão e deglutição e os circuitos neurais gustativos ativam o sistema nervoso parassimpático na preparação do organismo para a digestão (FÉLIX et al., 2010). Nesse contexto a visão do alimento e o olfato são extremamente importantes.

A palatabilidade de um alimento aos animais deve ser avaliada sempre que um novo ingrediente ou aditivo é incluído na formulação. Alguns ingredientes podem prejudicar a aceitabilidade da dieta pelos animais causando descrédito do produto perante o proprietário e fazendo com que o produto perca espaço dentro do competitivo mercado de alimentos para animais de companhia. Estudos realizados envolvendo a inclusão de zeólita em dietas extrusadas para cães e gatos, apesar do seu caráter argiloso, não encontraram efeito negativo do mineral sobre a aceitabilidade das dietas (FÉLIX et al., 2009; MAIA et al., 2010; ROQUE, 2009; SANTOS et al., 2011).

6. Formas de inclusão de zeólita em alimentos para cães

O processamento industrial dos principais alimentos disponíveis no mercado para animais de companhia é a extrusão. Esse processo pode afetar a capacidade de ação dos aditivos adsorventes. Existem duas possibilidades de inclusão desse aditivo em rações extrusadas. A primeira consiste em incluir o aditivo na massa e passar pelo processamento junto com os ingredientes que compõe o extrusado; e a segunda posterior ao processo de extrusão, adicionado juntamente com o banho de óleo ou com palatabilizantes na etapa de recobrimento.

O processo de extrusão se dá pelo cozimento em alta pressão (34 a 37 atm), umidade controlada (20 a 30%) e temperatura elevada (125 a 150 °C), gerando incremento de digestibilidade em relação à mistura crua e resultar em um produto com aspecto final uniforme (SEBIO, 2003). Durante a extrusão a adição de água líquida e vapor de água são necessários para promover mudanças estruturais, funcionais e nutricionais nas matérias primas. O teor de água adicionado interfere na densidade, textura e gelatinização do amido, podendo afetar o sabor do alimento (ROKEY, 1995). A adição de zeólita antes do processamento pode reduzir a umidade da massa, pela adsorção da água adicionada no extrusor tanto na forma de vapor e líquida, deixando o mineral

com menos espaços vazios. No entanto, o teor de água adsorvido na fase de extrusão pode ser eliminado na etapa de secagem.

A secagem consiste em forçar a passagem do ar ambiente entre o extrusado e se dá em temperaturas de 110 a 120°C. Com o aumento na temperatura, a umidade relativa diminui, e por consequência aumenta sua capacidade de absorver umidade, promovendo equilíbrio higroscópico entre a umidade da massa e a umidade do ar secante. Desse modo, quando o ar secante está mais seco carrega a umidade do alimento (KRABBE, 2005). O calor proporciona o aumento na temperatura do produto, o incremento térmico necessário para a vaporização da água contida no alimento e a desidratação endotérmica da rede cristalina da zeólita (DANA, 1981; RUTHVEN, 1981), aumenta os espaços vazios do mineral (HARBEN e KUZVART, 1996), permitindo que ele esteja mais disponível para adsorver substâncias no TGI dos animais.

Outra possibilidade de inclusão de minerais zeolíticos se dá na fase de recobrimento. Após a secagem os extrusados com temperatura em torno dos 50°C são encaminhados para o recobrimento com gorduras, com posterior recobrimento com palatabilizantes líquidos e em pó (FREIRE, 2011; TREVIZAN e KESSLER, 2009). Nesse contexto após o processo de extrusão de alimentos para animais de companhia é mais interessante que os equipamentos de secagem e resfriamento sejam separados, já que as gorduras no recobrimento são mais absorvidas pelo extrusado ainda quente (ROKEY et al., 2012).

A gordura além da sua função energética, carreadora de vitaminas lipossolúveis, fornecedora de ácidos graxos essenciais, contribuinte na palatabilidade do alimento é também o principal meio de captação e difusão dos palatabilizantes em pó e influencia a superfície de retenção de palatabilizantes tópicos líquidos, por isso deve ser aplicada antes dos palatabilizantes (FÉLIX et al., 2010).

É importante considerar que os minerais zeolíticos são apolares e, portanto lipofóbicos (KEER, 1989), ou seja, apresentam pouca afinidade com a gordura. Esse método de inclusão pode, portanto resultar em alguns inconvenientes como, dificuldade na dosagem do produto, recobrimento incompleto do extrusado e promover uma barreira para a adsorção de compostos polares. No entanto, a inclusão por cobertura pode auxiliar no controle de qualidade da

dieta. A umidade atmosférica pode ser retida pelo mineral deixando de estar livre para reações com os nutrientes do extrusado. Segundo AZEREDO (2004), a água livre favorece a oxidação e contaminação do produto além das reações de escurecimento.

Não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem o efeito do processamento de dietas extrusadas para cães sobre a atividade adsorvente dos minerais zeolíticos. Dessa maneira, estudos envolvendo processamento podem futuramente aperfeiçoar os efeitos benéficos das zeólitas sobre a digestibilidade dos nutrientes e características fecais de cães.

7. Nível de consumo de alimento e ação da zeólita

Existem diversas teorias sobre a regulação do consumo de alimentos em cães. Sendo a energia, os nutrientes circulantes no sangue e a distensão gástrica os mais abordados na literatura (FÉLIX et al., 2010). Os cães, em condições normais, conseguem regular a ingestão energética, para satisfazer suas necessidades de manutenção quando recebem alimento nutricionalmente balanceado e moderadamente palatável (MILLER et al., 1965). Todavia, devido à alta palatabilidade e ao desequilíbrio dos alimentos fornecidos pelos proprietários, a maioria dos animais ingere maior quantidade de alimento em relação ao que seria necessário para suas condições de manutenção (BUTTEWICK, 2000). Segundo CASE et al. (1998) os nutrientes circulantes no sangue podem influenciar o consumo de alimento por estimularem o centro da saciedade no hipotálamo. Conforme os nutrientes atingem a corrente sanguínea, hormônios (colecistoquinina, glucagon, entre outros) sinalizam o hipotálamo, estimulando a sensação de saciedade e dessa maneira inibindo a fome. A teoria física envolve distensão gástrica e intestinal e refere-se a respostas nervosas de neurotransmissores localizados na mucosa gástrica e intestinal, que estimulam o nervo vago emitindo informações de saciedade ao cérebro. Como cães ingerem alimentos com altas densidades energéticas e apresentam alta capacidade de armazenamento destes no estômago (cerca de 60% da capacidade do TGI) este mecanismo é pouco efetivo na regulação de consumo por essa espécie (FÉLIX et al., 2010).

O excesso de consumo de alimento apresenta grande importância industrial, já que pode afetar as características fecais dos animais e com isso a

aceitação do alimento pelos proprietários. Segundo HESTA et al. (2003), quanto maior a quantidade de alimento não digerido no intestino grosso, maior sua disponibilidade para a fermentação pela microbiota intestinal, impactando na consistência, matéria seca e odor fecal. FÉLIX et al. (2013), avaliando a inclusão de subprodutos da soja em cães em crescimento e adultos observaram que cães em crescimento produzem fezes com maior umidade e menor consistência que animais adultos. Os que pode ser justificado em parte pela maior ingestão de alimento/kg de peso metabólico dos animais.

A grande maioria dos trabalhos envolvendo a nutrição de cães é feito de acordo com a necessidade de energia metabolizável dos animais, de acordo com o preconizado pelo NRC (2006). Todavia esse fornecimento pode não ser representativo, já que os proprietários de animais de companhia tendem a fornecer quantidades excessivas de alimentos aos animais. Não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliassem o efeito da inclusão de zeólita em dietas para cães quando fornecidas em quantidades superiores às necessidades de EM dos animais e informações sobre a necessidade de maior inclusão de zeólita em casos de maiores consumos de alimento e produção fecal pelos animais.

8. Considerações finais

O uso de minerais zeolíticos na alimentação de cães é capaz de melhorar as características fecais. Apresenta grande importância industrial possibilitando a formulação com ingredientes altamente fermentáveis. As divergências entre os resultados encontrados na literatura podem ser justificadas pela falta de especificação do mineral utilizado e da forma de inclusão desses às dietas. Dessa maneira mais estudos que abordem o efeito do processamento de dietas sobre a atividade adsorvente do mineral se fazem necessários.

9. Referências

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Química Nova*. 25 (6B), 1145-1154, 2002.

ANTONIASSI, J. L. A difração de raios X com o método de Rietveld aplicada a bauxitas de Porto Trombetas, PA. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/disponiveis/3/3134/tde-23112010-090249> Acesso em:18/03/2013.

AZEREDO, H. M. C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195p. Disponível em: http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00075550.pdf. Acesso em: 12/04/2013.

BAERLOCHER, C.; HELMREICH, B.; OLSON, D. H. Atlas of Zeolite. Frame Work Types, 5th revised edition. 2001. Disponível em: <http://www.iza-structure.org/databases>. Acesso em 19/03/2008.

BEERNAERT-DUNOYER, C. Intérêt dês argiles em nutricion animale: application à la diététique canine. Informativo técnico Royal Canin, Descalvado, 1986.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. Anais...Campinas, SP:CBNA, 2001.p.167-190.

BRAGA, A.A.C. & MORGAN, N.H. **Descrições estruturais cristalinas de zeólitos**. Química Nova, 30:178-188. 2007.

BROUILLARD, M. Y.; RATEAU, J. G. Adsorption potency of 2 clays, smectite and kaolin on bacterial enterotoxins: In vitro study in cell and in the intestine of newborn mice. Gastroenterology Clinical Biologt, Chicago, v.13, n.1, p.18-24, Jan. 1989

BUENO, L. Changes in gastro-intestinal motility induced by cholera toxin and experimental osmotic diarrhea in dogs: effects of treatment with na argillaceous compound. Journal of Gastroenterology anh Hepathology, v.36, p.230-237, 1987.

BUTTERWICK, R. How fat is that cat? *Journal of Feline Medicine and Surgery*. v.2, n.2, p.91-94, 2000.

CASTAING, J. effect de l'inclusion de 2% de Sepiolite "EXAL" clans les aliments á deux niveaux énergétiques présentés em granulés pour porcelets et porcs charcuters. *Journés de la Recherche Porcine em France*, v.21, p.51-58, 1989.

COOMBS, D.S.; ALBERTI, A.; ARMBRUSTER, T.; ARTIOLI, G.; COLELLA, C.; GALLI, E.; GRICE, J.D.; LIEBAU, F.; MANDARINO, J.A.; MINATO, H.; NICKEL, E.H.; PASSAGLIA, E.; PEACOR, D.R.; QUARTIERI, S.; RINALDI, R.; ROSS, M.; SHEPPARD, R.A.; TILLMANN, E. e VEZZALINI, G. Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the Subcommittee on Zeolites of the International Mineralogical Association, **Commission on New Minerals and Mineral Names**. *Can. Mineral.*, 35:1571-1606. 2008.

CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. nutrição canina e felina. Madrid: Harcourt Brace de España, S. A., 1998, 424pp.

DALE, N. Improving nutrient utilization by ingredient and dietary modification. *World Poultry*, v.12, n.2, p.33, 1996.

DANA, J. D. Manual de Mineralogia (Dana- Hurlbut). São Paulo, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 642p. 1981.

DUARTE, A. C. P. Efeito da modificação química da zeólita Estilbita na remoção de metais pesados presentes em efluentes. *Comunicação técnica CTEM*, 8p., 2002.

FÉLIX, A.P.; ZANATTA, C.P.; BRITO, C.B.M.; MURAKAMI, F.Y.; FRANÇA, M.I.; MAIORKA, A.; FLEMMING, J.S. Suplementação de mananoligossacarídeos (MOS) e uma mistura de aluminossilicatos na qualidade das fezes de cães adultos. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.1, p.31-35, 2009.

FÉLIX, A. P.; OLIVEIRA, S G.; MAIORKA, A. Fatores que interferem no consumo de alimentos em cães egats. In: Vieira, S. Consumo e preferência alimentar de animais domésticos. 1ed. Phytobiotics Brasil: Londrina. Cap3. p.162-199, 2010.

FÉLIX, A. P.; ZANATTA, C. P.; BRITO, C. B. M.; SÁ-FORTES, C. M. L.; OLIVEIRA, S. G.; MAIORKA, A. Digestibility and metabolizable energy of raw soybeans manufactured with different processing treatments and fed to adult dogs and puppies. *Journal of Animal Science*, vol.91. n. 6, 2794-2801. 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/91/6/2794>. Acesso em:12/01/2014.

FERNANDES, A. A. **Síntese de zeólitas e wollastonita à partir da cinza da casca de arroz.** (Tese de doutorado em Ciências na Área de tecnologia Nuclear-Materiais) Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-08062007-145111/pt-br.php>>. Acesso em: 11/10/2012.

GIANETTO, G. Zeólitas: Características, Propriedades y Aplicaciones Industriales. Caracas: Ediciones Innovación Tecnológica, 1990.

GOTTARDI, G. & GALLI, E. Natural Zeolites. Berlin, Springer, 409p. 1985.

GREGG and SING. "Adsorption, Surface Area and Porosity". New York: Academic Press, 1982.

HARBEN, P. W; KUZVART, M. Industrial Minerals – a Global Geology. London, industrial Minerals Information Ltd, 462 p. 1996.

HESTA, M; JANESSENS, G.P.J.; Debraekeller, J. Fecal odor components in dogs: nondigestible oligosaccharides and resistant starch do not decrease fecal H₂S emission. The International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine, Washington, v.1, n.2, 2003. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/212157>. Acesso em 04/12/2013.

HOUSSAIN,S.; BERTECHINI, A. G.; NOBRE, P. T. C. Efeito da Zeólita natural e níveis de cálcio no desempenho e características do plasma de tibia de frango de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.46, p.545-552, 1994.

JUNIOR, A. S. A.; BASTOS, E. A.; MASCHIO, R.; SILVA, E. M. Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório. **EMBRAPA Meio-Norte**. Teresina, Piauí. 2007. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2007/curva_retencao.pdf> Acesso em: 08/04/2013.

KEER, G. T. Synthetic Zeolites. Scientific American, p.82-87, 1989.

KRABBE, E. L.; LIOLA, A. Perdas nutricionais durante a secagem de alimento extrusado. In: V Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2005. Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2005, p. 115-120.

LUZ, A. B. Zeólitas: propriedades e usos industriais. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq, 37 p. (CETEM. Série Tecnologia Mineral, 68). 1995.

MAIA, G.V.C.; SAAD, F.M.O.B.; ROQUE, J.F.; LIMA, L.M.S; AQUINO, A.A. Zeólitas e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2442-2446, 2010.

MENDONÇA, L. A. Estudo da viabilidade técnica de recuperação de metais a partir de zeólitas comerciais desativadas. 55f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.

MILLER, H. Essential nutrients and their role in metabolism. Basic guide to canine nutrition. 1 Ed. New Yor: Gaines Dog Research Center, cap.3, p.12-14, 1965.

NEVES, M.; CORDEIRO, C.F.; SCHVARTZMAN, M. A. Separação de CO₂ por meio de tecnologia PSA. Química Nova, Ago 2005, vol.28, no.4, p.622-628. ISSN 0100-4042.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006. Nutrient Requirements of Dogs, revised ed. NRC, National Academy Press, Washington, DC, USA

OLVER, M.D. Effect of feeding clinoptilolite on the performance of three strains of laying hens. British Poultry Science, v.38, n.2, p.220-222, 1997.

PARREIRA, P. R. Efeito de dois alimentos comerciais secos e dois fornecimentos no consumo alimentar, peso vivo e metabólico, escore corporal, escore e volume fecal de cães adultos em atividade. 2003. 84f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

PASSAGLIA, E. & SHEPPARD, R. A. The crystal of zeolites. In: D.L. BISH; D.W. MING, (ed.). **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, 45: 69-116. 2001.

ROKEY, G. J. The Technology of Extrusion Cooking. Petfood and fishfood extrusion. The Technology of Extrusion Cooking. Chapter 5. Hardcover. 1^o Edition, 253p. Published 1995. 144-205p.

ROQUE, N. C. Níveis de zeólita (Clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações para gatos. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RUTHVEN, D. M. Principles of adsorption and adsorption process. United States of America: Wiley – Interscience Publication, 1984 p.1 – 13,221 – 270.

SANTOS, J. P. F. SANTOS, SAAD, F. M. O. B., ROQUE, N. C., AQUINO, A. A., PIRES, C. P., GERALDI, L. F. *Yucca schidigera* e zeólita em alimento para gatos adultos e seus efeitos na excreção de minerais. **Aquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.687-693. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352011000300021&script=sci_arttext>. Acesso em: 19/07/2012.

SCHUTTE, J. B. ; LANGHOUT, D. J. Effect of EXAL in practical of broiler chick. TNO Report, v.93, p.310-369, 1998.

SEBIO, L. **Desenvolvimento de plástico biodegradável a base de amido de milho e gelatina pelo processo de extrusão : Avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de barreira**. 179 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, São Paulo 2003. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000288133>>. Acesso em: 19/02/2013.

SINDIRAÇÕES. A voz do mercado pet. Revista Cães &Gatos. Ed. 163. 34p. 2013. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2013/02/revista-caes-gatos.pdf>. Acesso em 07/06/2013.

TREVIZAN, L., KESSLER, A. M. Lipídeos na nutrição de cães e gatos: metabolismo, fontes e uso em dietas práticas e terapêuticas. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.15-25, Suplemento especial, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38nspe/v38nspea02.pdf>. Acesso em: 07/05/2013

CAPÍTULO II – ZEÓLITA COMO ADSORVENTE EM DIETAS EXTRUSADAS PARA CÃES

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão crescente de zeólita sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia, características fecais de cães e palatabilidade da dieta. Foram realizados dois experimentos. O primeiro avaliou a inclusão crescente de zeólita (Clinoptilolita): 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/kg em dietas extrusadas para cães sobre a digestibilidade e qualidade das fezes. Foram utilizados seis cães adultos, em quadrado latino 6 x 6. No segundo experimento avaliou-se a inclusão de 20 e 50 g/kg de Clinoptilolita na dieta sobre a palatabilidade em cães. Foram utilizados 20 cães em delineamento inteiramente casualizado, em dois testes (0 vs. 20 g/kg e 0 vs. 50 g/kg de zeólita). A inclusão de zeólita resultou em redução linear da energia metabolizável e do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca. A matéria seca fecal aumentou com os crescentes níveis da zeólita não afetando, entretanto, o escore das fezes. Os níveis de zeólita não promoveram diferença quanto ao nitrogênio amoniacal, ácido siálico e pH fecal. Não foram encontradas diferenças na palatabilidade das dietas. A inclusão de até 50 g/kg de Clinoptilolita natural aumenta o teor de matéria seca fecal, com manutenção de adequado escore fecal, sem afetar negativamente a palatabilidade das dietas.

Palavras-chave: aluminossilicato, capacidade adsorvente, características fecais, Clinoptilolita, digestibilidade, palatabilidade

ZEOLITE AS ADSORBENT IN EXTRUDED DIETS FOR DOGS

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the increasing inclusion of zeolite on digestibility of nutrients and energy, fecal characteristics of dogs and palatability of the diet. Two experiments were conducted. The first assessed the increasing addition of zeolite (Clinoptilolite): 0, 10, 20, 30, 40 and 50 g/kg in extruded diets for dogs on the stool quality and digestibility. Six adult dogs were used in 6x6 Latin square. The second experiment evaluated the inclusion of 20 and 50 g/kg of zeolite in the diet on palatability in dogs. 20 dogs were used in a completely randomized design in two tests (0 vs. 20 g/kg and 0 vs. 50 g/kg of zeolite). Though with a little variation, the inclusion of zeolite resulted in a linear decrease in metabolizable energy and apparent digestibility of dry matter. Fecal dry matter increased with increasing levels of zeolite did not affect, however, the score of the stool levels not promoted zeolite difference to ammonia nitrogen, sialic acid and fecal pH. There were no differences in palatability of the zeolite content increases fecal dry matter, maintaining adequate fecal score, without adversely affecting the palatability of the diets

Key-words: adsorbent capacity, alumino silicate, digestibility, palatability, stool characteristics, zeolite

1. Introdução

As pesquisas envolvendo nutrição de cães têm desenvolvido aditivos que aumentem a consistência e reduzam o odor das fezes sem, no entanto, influenciar negativamente a palatabilidade e a digestibilidade do alimento fornecido (MAIA et al., 2010). As características fecais são de extrema importância à indústria de alimentos completos para cães e gatos, por serem decisivos na escolha de ração pelos proprietários.

Ingredientes como o farelo de soja, amplamente utilizados na fabricação de alimentos para animais de companhia, contém 20% de polissacarídeos não amiláceos (PNA). Os PNA solúveis podem reduzir a digestibilidade dos nutrientes e energia da dieta, devido ao aumento da viscosidade do trato gastrintestinal (TGI) e à redução do tempo de passagem do alimento, dificultando o acesso das enzimas digestivas ao bolo alimentar e interferindo na difusão e no transporte dos nutrientes (BRITO et al., 2008; PENZ, 1998). Já, os PNA insolúveis são responsáveis pelo aumento do volume e maciez fecal e pela maior frequência de evacuação (MATTOS e MARTINS, 2000).

Para minimizar os efeitos adversos dos PNA sobre as características fecais de cães, pode-se utilizar aditivos adsorventes, como as zeólitas, que ao passarem inertes pelo TGI adsorvem água e gases e reduzem a eliminação de amônia, o que melhora as características e odores fecais dos animais (FÉLIX et al., 2009). As zeólitas são definidas como aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalino terrosos, estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas, formadas por tetraedros de AlO_4 e SiO_4 (LUZ, 1995). São de grande importância na indústria de alimentos para animais de companhia, já que viabilizam o uso de ingredientes fermentáveis por reduzirem os efeitos negativos dessa fermentação, melhorando as características fecais e tornando o produto final aceitável pelos proprietários dos animais (MAIA et al., 2010). Assim, o presente trabalho visa avaliar a palatabilidade das dietas, digestibilidade dos nutrientes e energia e características das fezes de cães alimentados com dieta de elevado teor de farelo de soja acrescida de níveis crescentes de zeólita em cães.

2. Material e métodos

Os experimentos foram aprovados e registrados sob o número 018\2012 pelo Comitê de ética do uso de animais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

2.1. Experimento I: Ensaio de digestibilidade

2.1.1. Animais e alojamento

Foram utilizados seis cães (três machos e três fêmeas) adultos, com quatro anos de idade, da raça Beagle, com peso médio de $10 \pm 1,2$ kg. Durante o ensaio de digestibilidade os animais foram alojados em baias individuais de alvenaria cobertas (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.1.2. Dietas experimentais

Foram avaliadas seis dietas, constituídas pela adição de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 g/kg de zeólita (Clinoptilolita, CELPEC, CeltaBrasil, Cotia, Brasil) em substituição ao milho da fórmula na massa de dietas contendo 30% de farelo de soja. Esse mineral é caracterizado como um produto 100% natural composto por aluminossilicato hidratado com estrutura cristalina e superfície interna de $300 \text{ m}^2/\text{g}$ (MONTE e RESENDE, 2005). Apresenta relação Si/Al de 4,25 e CTC de $2,6 \text{ mEq.g}^{-1}$. O padrão de difração de raios x da zeólita utilizada, pela metodologia descrita por BISH e REYNOLDS, (1989) encontra-se na Figura 1, o qual apresenta os mesmo picos da referência 39-1383 (padrão da Clinoptilolita) do Banco de Dados do ICDD (International Diffraction Data). Na Tabela 1 encontram-se os ingredientes e a composição química das dietas.

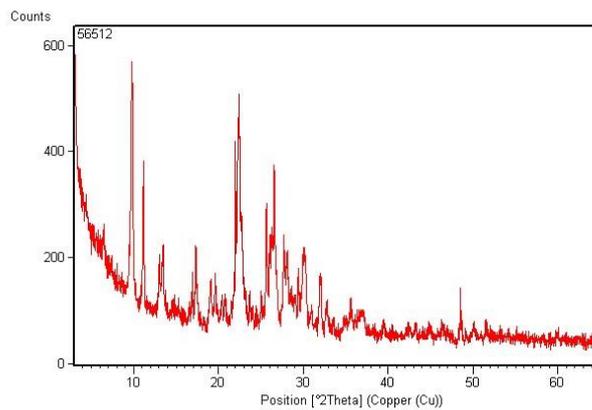


Figura 1. Difração de raios x padrão da Clinoptilolita utilizada

Tabela 1. Ingredientes e composição química (g/kg) analisada das dietas experimentais.

Ingredientes (kg/ton)	Zeólita (g/kg)					
	0	10	20	30	40	50
Milho	492,40	482,40	472,40	462,40	452,40	442,40
Gordura de aves	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Farelo de soja 46%	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
Farinha de carne	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Farinha de vísceras de frango	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Sal branco	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Hidrolisado de frango	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
BHA	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
BHT	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Ácido cítrico	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Propionato de cálcio	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Cloreto de colina	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Suplemento vitamínico mineral ^a	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Zeólita ^b	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Composição química analisada na matéria seca						
MS	918,1	921,6	896,7	908,5	912,1	923,8
MM	69,9	71,3	75,4	90,6	96,0	105,9
PB	266,3	240,6	256,7	264,9	261,9	264,8
FDN	189,8	189,2	182,9	201,0	209,5	206,8
FDA	59,7	60,1	62,3	70,2	69,9	68,2
FB	24,8	21,6	26,4	25,9	25,8	24,6
EE	108,3	112,8	112,8	115,1	118,3	116,6
Ca	17,7	16,8	13,7	16,5	15,7	17,0
P	9,7	9,6	9,4	9,5	9,1	9,8
Composição química calculada						
EM (kcal/kg) ^c	4206	4225	4210	4210	4227	4227

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; FB: fibra bruta; EE: extrato etéreo em hidrólise ácida; EB: energia bruta; ^a Contendo 20000 IU vit.A, 2000 IU vit.D, 48mg vit.K, 4mg vit.B1, 32mg vit.B2, 16mg ácido pantotênico, 56mg niacina, 800mg colina, 150mg zinco, 100mg ferro, 15mg cobre, 1,5m iodo, 30mg magnésio, 0,2mg selênio e 240mg antioxidante por kg de suplemento. ^b Composto por: 630g de SiO₂, 4,5g de TiO₂, 115,7g de Al₂O₃, 18,7g de Fe₂O₃, 8,1g de FeO, 9,2g de MgO, 57,8g de CaO, 23,9g de Na₂O, 14,9g de K₂O, 0,9g de P₂O₅ e 34,4g de H₂O; ^c Estimado de acordo com o NRC (2006).

2.1.3. Procedimentos experimentais

Antes do início do experimento amostras das rações foram analisadas para determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB, método 954.01), matéria mineral (MM, método 942.05), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EE, método 954.02) segundo a AOAC (1995), fibra solúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA), pela metodologia de VAN SOEST (1991), e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., model 1261, Moline, IL, USA).

O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método de colheita total de fezes, segundo as recomendações da Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 2004). O experimento foi dividido em seis períodos de 10 dias (cinco dias de adaptação seguidos de cinco dias de colheita total de fezes). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, nos horários das 8:00 e 16:00 horas em quantidade suficiente para suprir suas necessidades de EM, segundo preconizado pelo NRC (2006): $\text{kcal/dia} = 130 \times \text{PC}^{0,75}$. A água foi fornecida *ad libitum*. As fezes foram colhidas, no mínimo duas vezes ao dia, pesadas e congeladas individualmente (-14°C), constituindo um composto de fezes de cada animal por período de coleta.

O pH e a amônia foram avaliados em duplicata nas fezes frescas colhidas no máximo após 15 minutos de defecação. O pH fecal foi avaliado em 2,0 g de fezes frescas, diluídas em 20 mL de água destilada usando um pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste LTDA, São Paulo, SP, Brasil). O teor de amônia foi determinado em 5 g de fezes frescas, as quais foram incubadas em balão de 500 mL fechado com uma rolha contendo 250 mL de água destilada por 1 hora. Após, foram adicionadas 3 gotas de álcool octaetílico (1-octanol) e 2 g de óxido de magnésio, sendo subseqüentemente destilados em aparelho Macro-Kjeldahl e recuperado em Becker contendo 50 mL de ácido bórico. Finalmente, a amônia foi titulada utilizando ácido sulfúrico padrão 0,1 N. A concentração de amônia foi calculada como: $\text{N-amoniacal (g/kg)} = \text{N} \times 6,25 \times 16,5 \times (\text{volume de ácido da amostra} - \text{volume de ácido do branco}) / \text{peso da amostra em gramas}$.

A consistência fecal foi avaliada por meio de score com graduação de 1 a 5, sendo 1 o indicativo de fezes pastosas e sem forma, 2 o indicativo de fezes macias e mal formadas, 3 o indicativo de fezes macias, formadas e úmidas, 4 o

indicativo de fezes bem formadas e consistentes e 5 para fezes bem formadas, duras e secas (CARCIOFI et al., 2009). Ao final das colheitas fecais, a mistura composta das fezes de cada animal foi descongelada e homogeneizada. Foram destinadas 20 g para liofilização e posterior mensuração do teor de ácido siálico fecal segundo metodologia proposta por JOURDIAN et al. (1971). O restante das fezes foi submetida à secagem em estufa a 55°C (320-SE, Fanem, São Paulo, Brasil) por 72 horas e posterior moagem a 1 mm em moinho Wiley hammer mill (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA) para determinação dos teores de MS, PB, MM, FB, EE e EB, de acordo com as metodologias descritas anteriormente

2.1.4. Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDA)

A partir dos resultados laboratoriais obtidos, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e a energia metabolizável (EM) das variáveis analisadas foram calculados por meio das equações:

$$\text{CDA (\%)} = ((\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente excretado}) / \text{g nutriente ingerido}) \times 100;$$
$$\text{EM (kcal/kg)} = \{\text{kcal/g energia bruta ingerida} - \text{kcal/g energia bruta excretada nas fezes} - [(\text{g proteína bruta ingerida} - \text{g proteína bruta excretada nas fezes}) \times 1,25 \text{ kcal/g}]\} / \text{g alimento ingerido}$$

2.1.5. Delineamento experimental e Análises estatísticas

O delineamento utilizado foi o quadrado latino 6 x 6, composto por seis tratamentos e seis períodos, totalizando em seis repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à análise quanto à normalidade, pelo teste Shapiro-Wilk e heterocedascidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Os dados normais foram submetidos à análise de regressão pelo PROC REG do pacote estatístico SAS (Versão 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). O escore, pH e nitrogênio amoniacal fecal, por serem variáveis não paramétricas, foram analisados pelo teste Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade, também pelo pacote estatístico do SAS.

2.2. Experimento II: Ensaio de Palatabilidade

2.2.1. Animais e alojamento

Foram utilizados 20 cães adultos, machos e fêmeas, sendo oito animais da raça Beagle, quatro animais da raça Labrador, quatro animais da raça Husky Siberiano e quatro animais da raça Basset Hound.

2.2.2. Dietas experimentais

O ensaio de palatabilidade foi composto por dois testes: 0 vs 20 g/kg de inclusão de zeólita (Clinoptilolita) na massa do extrusado e 0 vs 50 g/kg dessa mesma argila. Cada alimento foi fornecido em quantidade 30% superior as recomendações do NRC (2006) para cães adultos em manutenção.

2.2.3. Procedimentos experimentais

As rações foram fornecidas aos animais uma vez ao dia simultaneamente, às 17:00 horas em dois comedouros distintos devidamente identificados contendo as dietas a serem comparadas. Os animais tiveram acesso à ração por um período de 30 minutos não recebendo qualquer outra alimentação ao decorrer do dia. Cada teste foi repetido por dois dias consecutivos. A posição relativa dos alimentos foi alternada no segundo dia, de forma a não condicionar o animal ao local de alimentação.

A palatabilidade foi determinada pela mensuração da preferência alimentar e primeira escolha entre as rações ofertadas aos cães. As quantidades fornecidas e as sobras foram quantificadas para o cálculo de preferência alimentar e a primeira escolha definida pelo registro do primeiro pote que o animal se aproximou durante a oferta simultânea dos alimentos. A preferência alimentar foi calculada com base no consumo (fornecido - sobras) relativo das dietas (A e B), sendo:

Preferência alimentar (%) = $\left[\frac{\text{g ingeridas da dieta A ou B}}{\text{g totais fornecidas (A + B)}} \right] \times 100$.

2.2.4. Delineamento e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, totalizando em 40 repetições por tratamento. Os dados de primeira escolha foram submetidos ao teste Qui-quadrado. O teste T foi utilizado para avaliar a variável de preferência (razão de ingestão). Ambos os testes foram realizados a 5% de probabilidade.

3. Resultados

3.1. Experimento I: Ensaio de Digestibilidade

Os diferentes níveis de inclusão de Clinoptilolita na massa de dietas extrusadas para cães resultaram na redução linear na EM e no CDA da MS e no aumento linear da matéria seca fecal (MSf) ($P < 0,05$, Tabela 2). Os CDA dos demais nutrientes não foram influenciados pela inclusão de clinoptilolita na dieta ($P > 0,05$, Tabela 2). A zeólita não promoveu diferença no nitrogênio amoniacal, pH, escore e ácido siálico fecal dos cães ($P > 0,05$, Tabela 3).

Tabela 2. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %), energia metabolizável (EM, kcal/kg) e matéria seca fecal (MSf, %) de cães alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeólita.

Item	Zeólita (g/kg)						EPM	P	
	0	10	20	30	40	50		L	Q
Coeficiente de digestibilidade aparente									
MS ^a	0,773	0,789	0,778	0,766	0,751	0,740	0,44	0,003	0,125
MO	0,824	0,830	0,818	0,823	0,822	0,818	0,48	0,602	0,991
PB	0,823	0,818	0,821	0,824	0,809	0,820	0,30	0,601	0,901
EE	0,859	0,876	0,874	0,881	0,874	0,867	0,42	0,353	0,362
EB	0,851	0,854	0,858	0,845	0,836	0,843	0,34	0,686	0,870
MSf ^b	0,304	0,336	0,337	0,343	0,342	0,361	0,65	0,000	0,197
EM ^c	15399	15494	14716	14710	14710	14716	28,10	0,015	0,277

P: probabilidade; L: linear; Q: quadrático; EPM: erro padrão da média; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; EB: energia bruta; ^a: $y = -0,713x + 81,36$ e $R^2 = 0,6756$; ^b: $y = 0,6767x + 32,76$ e $R^2 = 0,577$; ^c: $y = -27,122 + 3667,5$ e $R^2 = 0,6991$.

Tabela 3. Medianas do nitrogênio amoniacal (na matéria seca), pH, escore e ácido siálico fecal de cães alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeólita.

Zeólita (g/kg)	Consumo (g/kgPV/dia)	Nitrogênio amoniacal (g/kg)	pH	Escore	Ácido siálico (umol/g)
0	16,84	1,69	6,45	4,0	0,8538
10	15,09	2,14	6,10	3,5	0,8460
20	16,76	2,13	5,91	4,0	0,8972
30	15,98	2,40	6,19	4,0	0,9987
40	15,23	2,55	6,05	4,0	0,9931
50	16,09	2,52	6,47	4,0	0,9450
P	1,000	0,0652	0,3808	0,282	0,3173

P: probabilidade

3.2. Experimento II: Ensaio de Palatabilidade

Em ambos os testes avaliados não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos para a primeira escolha e razão de ingestão ($P > 0,05$, Tabela 4).

Tabela 4. Número da primeira escolha ao comedouro contendo a dieta A e razão de ingestão (RI média \pm erro padrão) por cães alimentados com dietas contendo 20 e 50 g/kg de zeólita.

Dieta	N ^a	RI da dieta A ^b
0 vs. 20g/kg zeólita	17	0.47 \pm 0,0286
0 vs. 50g/kg zeólita	18	0.48 \pm 0,0471

^a Primeira escolha ao comedouro com a dieta A. B é obtido por $40-n$. ^b RI da dieta A = consumo (g) da dieta A / total (g) ingerido das dietas A+B. IR da dieta B é obtido por $1-IR$ da dieta A.

4. Discussão

A redução de 162,9 kcal na EM entre o tratamento controle, com 0% de inclusão, e o tratamento contendo 50 g/kg de Clinoptilolita pode ser justificada pela inclusão do aluminossilicato ter sido feita em substituição ao milho na fórmula da dieta, diminuindo seu aporte de energia. O milho representa a principal fonte de amido e de energia nas dietas extrusadas brasileiras para cães. Segundo SÁ-FORTES et al. (2010) o milho apresenta 3845 kcal/kg e considerando 50 g/kg de substituição por zeólita, representaria, portanto, 192 kcal a menos, resultado este condizente com o presente estudo.

A inclusão da zeólita em substituição ao milho na formulação dos tratamentos justifica a redução linear na digestibilidade da MS do presente estudo. Os nutrientes digestíveis do milho foram, portanto, substituídos na dieta por um mineral inerte ao TGI dos animais. O que pode ser comprovado pela ausência de redução na digestibilidade da matéria orgânica das dietas.

Outros pontos importantes a serem avaliados são as características fecais que as dietas proporcionam. O presente estudo observou aumento linear na MSf com a inclusão crescente de zeólita, assim como FÉLIX et al. (2009) e MAIA et al. (2010) em trabalhos com cães e SANTOS et al. (2011) e ROQUE et al. (2011) em trabalhos com gatos. A capacidade de reduzir a umidade fecal é justificada pela estrutura tridimensional dos aluminossilicatos, que garante a sua grande superfície interna (300 m²/g) (MONTE e RESENDE, 2005). Na superfície interna tem-se a formação de canais que podem ser ocupados por íons e moléculas de água com grande liberdade de movimento (LUZ, 1995).

O presente estudo mesmo resultando no aumento da MSf não refletiu em diferenças quanto ao escore das fezes, que foram mantidos em níveis considerados adequados segundo FÉLIX et al. (2009). Com uso de 30% de farelo de soja era esperada diferença significativa entre os tratamentos quanto aos escores fecais. A falta de diferença pode ser resultante da subjetividade da análise de escore, sendo necessário que essa avaliação seja complementada por uma metodologia quantitativa, como a análise de MSf. O aumento linear da MSf comprova a efetiva atividade adsorvente de água no TGI de cães pelo aditivo.

A inclusão de zeólita em alimentos completos para cães praticada pela indústria é de 10 g/kg (MAIA et al., 2009), o que realmente condiz com os resultados encontrados neste estudo, observando que neste nível de inclusão os CDA e MSf apresentaram resultados satisfatórios. O aumento acentuado da MSf e maiores escores fecais encontrados por FÉLIX et al. (2009) podem, possivelmente, ser explicados pelo uso de uma mistura de aluminossilicatos e não a Clinoptilolita natural. Segundo LUZ, (1995) as 42 espécies de zeólitas naturais apresentam diferentes capacidades adsorptivas e de troca catiônica o que pode justificar a grande divergência nos resultados encontrados na inclusão desses minerais nas dietas para cães. Outra hipótese pode ser levantada considerando o tipo de inclusão do material adsorvente à ração, que

no estudo de FÉLIX et al. (2009) foi realizado pelo método de cobertura posterior à extrusão. Método pelo qual o mineral não sofre influência do processamento e pode estar protegido pela gordura até o intestino delgado do cão, atuando posteriormente no intestino grosso.

A ausência de redução no teor de nitrogênio amoniacal das fezes diverge dos resultados encontrados por FÉLIX et al. (2009) e MAIA et al. (2010) em trabalhos com cães e ROQUE et al. (2010) em trabalho com gatos. A redução desse composto era esperada devido à capacidade dos aluminossilicatos de limitar o desenvolvimento de microrganismos patogênicos fermentadores de compostos nitrogenados e também pelo potencial de adsorção de gases no TGI (LUZ, 1995). A zeólita quando empregada como aditivo na alimentação animal pode evitar a absorção intestinal de amônia. Segundo WANG e PENG (2010) a capacidade de adsorção de amônia pelas zeólitas naturais varia entre 1,5 a 30,6 mg/g. Essa grande variação exemplifica a importância da adequada caracterização da zeólita a ser utilizada na alimentação animal.

O impacto dos nutrientes no TGI dos cães deve ser avaliado a fim de não prejudicar a fisiologia digestiva dos animais. Uma maneira de avaliar indiretamente é mensurar o teor de ácido siálico fecal. Segundo JOURDIAN et al. (1971) essa substância é produzida na mucosa intestinal e liberada no lúmen intestinal quando a parede do trato é danificada, e está na maioria das vezes associada a produção de mucina. Os níveis de ácido siálico fecal não diferiram entre os tratamentos no presente estudo, o que garante que a inclusão de até 50 g/kg de Clinoptilolita não afeta a integridade do trato gastrintestinal dos cães.

A atratividade do alimento ao animal pode ser mensurada em ensaios de palatabilidade da dieta e também deve ser considerada. No presente estudo não foram encontradas diferenças entre a palatabilidade das dietas analisadas, o que corrobora com FÉLIX et al. (2009) e MAIA et al. (2010) em estudos com cães e ROQUE et al. (2011) e SANTOS et al. (2011) com gatos. Assim, a zeólita pode ser incluída em alimentos extrusados para cães sem deprimir a palatabilidade da dieta.

5. Conclusões

A inclusão de níveis crescentes de Clinoptilolita natural em substituição ao milho promove diluição na EM da dieta sem comprometer atendimento das exigências aos animais. O aditivo aumenta o teor de matéria seca fecal com manutenção de adequados escores fecais sem afetar negativamente a palatabilidade das dietas.

6. Referências

A.O.A.C, 1995. Official Methods and recommended practices of the American oil chemist's society. Ed. D. Feistane, Washington D.C, USA.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS – AAFCO, 2004. Dog and cat nutrient profiles. Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA.

BISH, D. L.; REYNOLDS JR, R. C., 1989 Sample preparation for x-ray diffraction. In BISH, D. L.; POST, J. E. (Ed). Modern power diffraction. Washington: Mineralogy of America. p. 73-99. (Reviews in Mineralogy, v. 20).

BRITO, M. S., OLIVEIRA, C. F., SILVA, T. R. G., LIMA, R. B., MORAIS, S. N., SILVA, J. H. V., 2008. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos. Acta veterinária Brasília, v.2, n.4, p.111-117. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/917>. Acesso em: 06/05/2013.

CARCIOFI, A. C.; DE-OLIVEIRA, L. D.; VALÉRIO, A. G.; BORGES, L. L.; CARVALHO, F. M.; BRUNETTO, M. A.; VASCONCELLOS, R. S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. Animal Feed Science and Technology. 151, 251-260. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840109000066>. Acesso em 25/10/2013.

FÉLIX, A. P.; ZANATTA, C. P.; BRITO, C. B. B.; MURAKAMI, F. Y.; FRANÇA, M. I.; MAIORKA, A.; FLEMMING, J. S., 2009. Suplementação de manligossacarídeos (MOS) e uma mistura de aluminossilicatos na qualidade das fezes de cães adultos. Archives of Veterinary Science, v.14, n.1, p.31-35. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/veterinary/article/viewArticle/13229>. Acesso em: 27/06/2012.

GROSSMAN, S. Palatabilizantes, o ingrediente que não pode faltar. Revista Pet Food Brasil. Ano 3. Ed.16. 2011. Disponível em: http://www.nutricao.vet.br/pdfs/revista_pet_food_brasil_out_2011.pdf Acesso em 21/10/2013.

JOURDIAN, G. W.; DEAN, L.; ROSEMAN, S., 1971. The Sialic Acids: A Periodate-resorcinol method for the quantitative estimation of free sialic acids and their glycosides. The Journal of Biological Chemistry, v.246, p. 430-435. Disponível em: <http://www.jbc.org/content/246/2/430.full.pdf>. Acesso em 28/05/2013.

LUZ, A. B., 1995. Zeólitas: propriedades e usos industriais. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq, 37 p. (CETEM. Série Tecnologia Mineral, 68). Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_stm/stm-68.pdf. Acesso em: 02/03/2012.

MAIA, G. V. C.; SAAD, F. M. O. B.; ROQUE, N. C.; FRANÇA, J.; LIMA, L. M. S.; AQUINO, A. A., 2010. Zeólitas e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.11, p.2442-2446. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982010001100017&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 28/07/2012.

MATTOS, L.L.; MARTINS, P., 2000. Consumo de fibras alimentares em população adulta. Revista Saúde Pública, v.34, n.1, p.50-55.

MONTE, M. B. M.; RESENDE, N. G. A. M., 2005. Zeólitas Naturais. Comunicação Técnica elaborada para Edição do Livro Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. Pág.699 a 720. Capítulo 33.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006. Nutrient Requirements of Dogs, revised ed. NRC, National Academy Press, Washington, DC, USA.

PENZ JÚNIOR A.M., 1998. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu-SP. p.165-178.

ROQUE, N. C.; SAAD, F. M. O. B.; SANTOS, J. P. F., EBINA, F. S.; CHIZZOTTI, A. F.; SILVA, R. C.; AQUINO, A. A.; MAIA, G. V. C., 2011. Increasing levels of zeolite and *Yucca schidigera* in diets for adult cats. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.11, p.2471-2475. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982011001100027&script=sci_arttext. Acesso em: 12/11/2012.

SÁ-FORTES, C. L., CARCIOFI, A. C., SAKOMURA, N. K., KAWAUCHI, I. M., VASCONCELLOS, R.S., 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. Animal Feed Science and Technology. v.156. p.

121-125. Disponível em: <http://www.bv.fapesp.br/pt/producao-cientifica/34030/digestibility-metabolizable-energy-some-carbohydrate/>. Acesso em: 06/05/2013.

SANTOS, J. P. F.; SAAD, F. M. O. B.; ROQUE, N. C.; AQUINO, A. A.; PIRES, C. P.; GERALD, I. L. F., 2011. *Yucca schidigera* e zeólita em alimento para gatos adutos e seus efeitos na excreção de minerais. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.63. n.3, p.687-693. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352011000300021&script=sci_arttext. Acesso em:02/12/2012.

SAS Institute. Statistical analysis system: users guide. Cary, 1996.

VAN SOEST, P. J., 1991 Fibre utilization. Page 110 in Roc. 26th Nu&. Cod. Feed Manuf. Dep. Anim. Sci., Univ. Guelph. Can. Feed Ind. Assoc., Guelph, ON, Can.

WANG, S., PENG, Y., 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and waste water treatment. Chemical Engineering Journal. 156, 11-24. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894709007219>. Acesso em: 21/04/2013.

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA FORMA DE INCLUSÃO DE ZEÓLITA EM ALIMENTO COMPLETO E NÍVEL DE CONSUMO SOBRE A DIGESTIBILIDADE EM CÃES

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a forma de inclusão da zeólita (Clinoptilolita natural) em alimento completo para cães em dois níveis de consumo, por meio de três experimentos. O primeiro avaliou a inclusão de 5 g/kg; 15 g/kg e 25 g/kg do mineral adicionado na massa do extrusado e por cobertura. Foram usados seis cães adultos da raça Beagle, em delineamento quadrado latino 6x6. O segundo experimento avaliou o odor fecal, por meio de análise sensorial das fezes de nove cães alimentados com as dietas contendo 0 g/kg e 15 g/kg de zeólita incluída na massa e por cobertura. Foram utilizados nove cães adultos da raça Beagle em delineamento inteiramente casualizado. Por fim, o terceiro experimento avaliou o efeito do nível de consumo sobre a atividade adsorvente da zeólita. Foram usados doze cães em delineamento inteiramente casualizado para avaliar quatro tratamentos: inclusão de 0 g/kg e 15 g/kg de zeólita fornecidos 25% e 50% a mais que a necessidade de energia metabolizável de cada animal. A inclusão de zeólita na massa propiciou aumento nos coeficientes de digestibilidade das frações nutricionais. A porosidade total e água facilmente disponível das dietas correlacionaram-se positivamente com a digestibilidade dos nutrientes. A inclusão de 15 g/kg de zeólita, adicionada na massa e por cobertura reduziu o odor das fezes dos cães, em relação as fezes de cães alimentados com a dieta controle. O escore e a matéria seca fecal aumentaram com a inclusão de zeólita na massa. O nível de fornecimento, bem como a interação entre o teor de mineral e quantidade fornecida não afetaram na digestibilidade dos nutrientes e a EM das dietas. Mesmo com o maior consumo a inclusão do mineral foi significativa sobre o escore e a matéria seca fecal. Portanto, a inclusão de 15g /kg de zeólita na massa de dietas extrusadas para cães é suficiente para melhorar as características fecais de cães mesmo em situações de fornecimento excessivo.

Palavras-chave: adsorção, Clinoptilolita, consumo, dietas extrusadas, odor fecal, processamento.

EVALUATION THE FORM OF INCLUSION OF ZEOLITE ON COMPLETE FOOD AND LEVEL OF INTAKE ON DIGESTIBILITY IN DOGS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the zeolite (Clinoptilolite natural) inclusion way on dry extruded food for dogs in two consumption levels by three experiments. At the first was evaluated the zeolite dietary inclusion levels (5 g/kg; 15 g/kg and 25 g/kg) added on the dough and by coating. Six adult dogs were used, with a Latine square design (6x6). The second experiment evaluated fecal odor, by sensory analysis, of 9 adult dogs fed diets containing 0 g/kg and 15 g/kg of zeolite added in the dough and by coating. Nine adult dogs were used with a completely randomized experimental design. Finally, the third experiment evaluated the effect of level of intake on the activity of the adsorbent activity of zeolite. Twelve dogs were used in a completely randomized design to evaluate four treatments including 0 g/kg and 15 g /kg of zeolite provided 25% and 50% more than the need of metabolized energy of each animal. The zeolite inclusion in the dough increased the digestibility of dietary fractions. Positive correlation was observed between total porosity and water readily available and nutrients digestibility of the diets. The inclusion of 15 g/kg of zeolite added in dough and cover reduced the odor of feaces of dogs, regarding the feces of dogs fed control diets. The score and faecal dry matter increased with the inclusion of zeolite in the mass. The level of supply as well as the interaction between the mineral content and quantity supplied did not differ between treatments assessed. Therefore, the addition of 15 g/kg of zeolite included in the dough of extruded diets for dogs is sufficient to improve stool characteristics of the dogs.

Key-words: adsorption, Clinoptilolite, consumption, extruded diets, fecal odor.

1. Introdução

As zeólitas são aluminossilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos. Seu uso em rações animais tem como objetivo adsorver água e gases do trato gastrointestinal (TGI) dos animais de companhia e dessa maneira melhorar as características fecais (MAIA et al., 2010). Os resultados encontrados na literatura (FÉLIX et al., 2009; MAIA et al., 2010) acerca da inclusão de zeólita na alimentação de cães são contraditórios e podem, em parte, ser explicados pela falta de especificação do produto utilizado e pelo tipo de inclusão deste aluminossilicato na dieta. São conhecidas mais de 42 espécies de zeólitas naturais com composição e características distintas (LUZ, 1995), corroborando para as divergências entre os resultados das pesquisas. Ainda, a ausência de especificação da forma de inclusão do adsorvente às dietas (na massa passando pelo processo de extrusão, ou por cobertura, posterior ao processamento) também é um agravante nesse contexto.

Na inclusão de zeólita na massa do extrusado o mineral pode estar saturado pela água nas formas líquidas e de vapor adicionadas na extrusora. Todavia essa saturação pode ser revertida na fase de secagem onde ocorre a desidratação reversível da rede cristalina da zeólita, deixando o mineral com mais espaços vazios (menor teor de água remanescente) e dessa maneira mais disponíveis para adsorver substâncias no TGI dos cães. Na inclusão por cobertura a zeólita é adicionada na maioria das vezes junto com o banho de óleo na fase de recobrimento do extrusado. A gordura pode propiciar uma barreira física para a adsorção, já que as zeólitas são polares e, portanto lipofóbicas (KEER, 1989).

Além do tipo de inclusão do mineral nas dietas para cães, outro ponto a ser considerado é o fornecimento excessivo de alimento pelos proprietários aos seus animais de companhia e também o maior consumo de alimentos por animais atletas e de raças grandes. A ingestão excessiva de alimentos pode aumentar a produção fecal diária, afetando seu score e umidade (CASE et al. 1998). Os níveis adequados de inclusão de zeólita nessa situação podem ser maiores do que quando em situação de consumo de acordo com a necessidade de energia metabolizável dos animais.

O presente trabalho avaliou o efeito dos métodos de inclusão da zeólita Clinoptilolita em dietas completas extrusadas para cães quando fornecida em dois níveis de consumo sobre o seu impacto na digestibilidade dos nutrientes e nas características fecais de cães.

2. Material e métodos

Os experimentos foram aprovados e registrados sob o número 018\2012 pelo comitê de ética do uso de animais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

2.1. Ensaio de digestibilidade

2.1.1. Animais e alojamento

Foram utilizados seis cães (3 machos e 3 fêmeas) adultos da raça Beagle, com peso médio de $10 \pm 1,2$ kg e quatro anos de idade. Durante o ensaio de digestibilidade, os animais foram alojados em baias individuais de alvenaria (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.1.2. Dietas experimentais

Foram avaliadas três dietas constituídas pela adição de 5 g/kg, 15 g/kg e 25 g/kg de zeólita (Clinoptilolita, CELPEC, CeltaBrasil, Cotia, São Paulo, Brasil) antes (inclusão na massa) e após a extrusão da dieta (no recobrimento com óleo de frango), totalizando seis tratamentos. Esse mineral é caracterizado como um produto 100% natural composto por aluminossilicato hidratado de estrutura cristalina. Apresenta relação Si/Al de 4,25 e CTC de $2,6 \text{ mEq.g}^{-1}$. Seu padrão de difração de raios x, pela metodologia descrita por REYNOLDS (1989). Os ingredientes e a composição química das dietas estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes e composição química analisada e calculada (com base na matéria seca) das dietas experimentais

Ingredientes (kg/ton)	Zeólita na massa(g/kg)			Zeólita em cobertura (g/kg)			Dieta controle
	5	15	25	5	15	25	
Milho	519,6	509,6	499,6	519,6	509,6	499,6	524,6
FS	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Farinha de carne	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
FVA	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0
Ácido cítrico	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
BHA	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Zeólita ^a	5,0	15,0	25,0	5,0	15,0	25,0	0,0
Colina	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
SVM ^b	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Óleo de frango	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
HF	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,0
Composição química analisada							
MS	955,1	956,6	953,5	947,5	950,8	950,5	945,5
MM	90,1	95,9	101,5	101,3	104,9	115,4	93,9
PB	287,9	282,6	282,3	231,53	213,5	217,9	300,1
FB	19,1	23,1	22,2	20,2	24,2	23,3	16,56
EE	149,0	150,6	149,7	151,9	157,3	153,7	137,68
Ca	14,3	14,0	14,0	14,2	14,0	14,1	17,1
P	9,7	9,6	9,4	9,3	9,5	9,3	10,2
Composição química calculada							
EM (kcal/kg)	3721	3702	3651	3611	3628	3811	3604

FS, farelo de soja 46%; FVA, farinha de vísceras de aves; SVM, suplemento mineral e vitamínico; HF, hidrolisado de frango; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; 5FDA: fibra em detergente ácido; FB: fibra bruta; EE: extrato etéreo em hidrólise ácida; EM: energia metabolizável. ^a CELPEC, Cotita, Brasil. Composto por: 630g de SiO₂, 4,5g de TiO₂, 115,7g de Al₂O₃, 18,7g de Fe₂O₃, 8,1g de FeO, 9,2g de MgO, 57,8g de CaO, 23,9g de Na₂O, 14,9g de K₂O, 0,9g de P₂O₅ e 34,4g de H₂O; ^b Contendo 20000 IU vit.A, 2000 IU vit.D, 48mg vit.K, 4mg vit.B1, 32mg vit.B2, 16mg ácido pantotênico, 56mg niacina, 800mg colina, 150mg zinco, 100mg ferro, 15mg cobre, 1.5m iodo, 30mg magnésio, 0,2mg selênio e 240mg antioxidante por kg de suplemento.

Na tentativa de melhor caracterizar o material adsorvente foi adaptada a metodologia da análise de curva de retenção de água no solo descrita por VOMICIL (apud GAULAND, 1997). Primeiramente realizou-se a vedação do fundo dos anéis (cilindros metálicos) com tecido de nylon preso por um atilho de borracha e pesagem destes anéis. Os anéis foram preenchidos com as rações moídas à 2 mm. A quantidade foi calculada por meio da densidade úmida dos mesmos, para garantir a uniformidade de volume. Os anéis foram

então colocados em bandejas plásticas com água até 1/3 de sua altura, para saturação por 24 horas. Passado esse tempo os anéis foram retirados da água e pesados.

O volume de água contida na amostra neste momento corresponde ao ponto zero de tensão, equivalendo à porosidade total. Os anéis foram então, transferidos para funis de vidro (25 cm de diâmetro superior interno), com uma base de placa porosa (pressão de 1 bar e alta condutância) de mesmo diâmetro. Os cilindros foram saturados novamente por 24 horas, com uma lâmina de 0,5 cm abaixo da borda destes. A tensão foi então ajustada para 10 cm de coluna de água (10 hPa) onde os funis permaneceram por cerca de 48 horas até atingir o equilíbrio. Posteriormente foram pesados e retornados a esses procedimentos para as tensões 50 e 100 cm de coluna de água (50 e 100 hPa). A água facilmente disponível foi obtida pelo volume de água liberado entre 10 e 50 cm de tensão e a remanescente pelo volume de água que permaneceu na amostra após esta ser submetida a pressão de sucção de 100 hPa e é equivalente à “água de microporos” segundo HAYNES e GOH (1978). Finalmente, depois desse processo, as amostras foram secas em estufa a 105°C. A análise foi realizada em triplicata.

2.1.3. *Procedimentos experimentais*

Antes do início do experimento amostras das rações foram analisadas para determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB, método 954.01), matéria mineral (MM, método 942.05), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA, método 954.02) segundo a AOAC (1995), fibra solúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA) pela metodologia de VAN SOEST (1991), e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., model 1261, Moline, IL, USA).

O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método de coleta total de fezes, segundo as recomendações da Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 2003). O experimento foi dividido em seis períodos de 10 dias (cinco dias de adaptação seguidos de cinco dias de colheita total de fezes). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, nos horários das 8:00 e 16:00 horas em quantidade suficiente para suprir suas necessidades de energia metabolizável (EM), segundo preconizado pelo NRC (2006): kcal/dia =

130 x PC^{0,75}. A água foi fornecida *ad libitum*. As fezes foram colhidas, no mínimo duas vezes por dia, pesadas e congeladas individualmente (-14°C), constituindo um composto de fezes de cada animal por período de coleta.

O pH e a amônia foram avaliados em duplicata nas fezes frescas colhidas no máximo após 15 minutos de defecação. O pH fecal foi avaliado em 2,0 g de fezes frescas, diluídas em 20 mL de água destilada usando pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste LTDA, São Paulo, SP, Brasil). O teor de amônia foi determinado em 5 g de fezes frescas, as quais foram incubadas em balão de 500 mL fechado com uma rolha contendo 250 mL de água destilada por 1 hora. Após, foram adicionadas 3 gotas de álcool octaetílico (1-octanol) e 2 g de óxido de magnésio, sendo subsequentemente destilada em aparelho Macro-Kjedahl e recuperado em Becker contendo 50 ml de ácido bórico. Finalmente, a amônia foi titulada utilizando ácido sulfúrico padrão 0,1 N. A concentração de amônia foi calculada como: N-amoniacal (g/kg) = N x fator de correção x 17 x (volume de ácido da amostra – volume de ácido do branco)/ peso da amostra (g).

A consistência fecal foi avaliada por meio de escore com graduação de 1 a 5, sendo 1 o indicativo de fezes pastosas e sem forma, 2 o indicativo de fezes macias e mal formadas, 3 o indicativo de fezes macias, formadas e úmidas, 4 o indicativo de fezes bem formadas e consistentes e 5 para fezes bem formadas, duras e secas (CARCIOFI et al., 2009). Ao final das colheitas fecais, a mistura composta das fezes de cada animal foi descongelada, homogeneizada e submetida à secagem em estufa a 55° C (320-SE, Fanem, São Paulo, Brazil) por 72 horas e posterior moagem a 1 mm em moinho Wiley hammer mill (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA) para determinação dos teores de UM, PB, MM, FB, EEA e EB de acordo com as metodologias descritas anteriormente.

2.1.4. *Determinação do Coeficiente de Digestibilidade Aparente (CDA) e EM*

A partir dos resultados laboratoriais obtidos, os CDA e a EM das variáveis analisadas foram calculados por meio das equações:

$$\text{CDA (\%)} = ((\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente excretado}) / \text{g nutriente ingerido}) \times 100;$$

EM (kcal/kg) = {kcal/g energia bruta ingerida – kcal/g energia bruta excretada nas fezes – [(g proteína bruta ingerida – g proteína bruta excretada nas fezes) x 1,25 kcal/g]}/g alimento ingerido

2.1.5. *Delineamento e análises estatísticas*

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 6 x 6, em arranjo fatorial 2 x 3 (forma de adição x nível de inclusão). Os resultados foram submetidos à análise quanto à normalidade, pelo teste Shapiro-Wilk e heterocedasticidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Os resultados homocedásticos foram e analisados utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (Versão 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados da curva de retenção de água, digestibilidade e características fecais foram avaliados pelo teste de correlação utilizando o procedimento CORR, também do pacote estatístico SAS.

2.2. *Análise sensorial de odor*

2.2.1. *Animais e alojamento*

Foram utilizados nove cães (5 machos e 4 fêmeas) adultos da raça Beagle, com peso médio de $10 \pm 1,2$ kg e quatro anos de idade. Durante a análise, os animais foram alojados em baias individuais de alvenaria (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.2.2. *Dietas experimentais*

Foram avaliados três tratamentos: 0 g/kg e 15 g/kg de inclusão de zeólita (Clinoptilolita, CELPEC, CeltaBrasil, Cotia, São Paulo, Brasil) em substituição ao milho da fórmula (Tabela 1) antes (inclusão na massa) ou após (recobrimento com o banho de óleo) a extrusão da dieta.

2.2.3. *Procedimentos experimentais*

Os animais foram adaptados às dietas por 5 dias, sendo o fornecimento do alimento realizado uma vez ao dia, às 8:00 h de acordo com as

necessidades de EM de cada animal. Ao sexto dia experimental foram coletadas as fezes dos animais e separadas 10 g de cada animal, totalizando mistura de 30 g de fezes para cada tratamento, destinadas à análise sensorial de odor adaptando-se a metodologia descrita por ANZALDÚA-MORALES (1994).

2.2.4. *Delineamento e análises estatísticas*

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. Os resultados foram submetidos à análise quanto à normalidade, pelo teste Shapiro-Wilk e heterocedascidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Os resultados se demonstraram não paramétricos e foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância.

2.3. *Experimento de consumo*

2.3.1. *Animais e alojamento*

Foram utilizados doze cães (seis machos e seis fêmeas) adultos da raça Beagle, com peso médio de $10 \pm 1,2$ kg e quatro anos de idade. Durante a análise, os animais foram alojados em baias individuais de alvenaria (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.3.2. *Dietas experimentais*

Foram avaliados quatro tratamentos, duas dietas constituídas pela adição de 0 g/kg e 15 g/kg de inclusão de zeólita (Clinoptilolita, CELPEC, CeltaBrasil, Cotia, São Paulo, Brasil) na massa do extrusado (Tabela 1), fornecidos em 25% e 50% a mais da necessidade de EM de cada animal.

2.3.3. *Procedimentos experimentais*

Antes do início do experimento amostras das rações foram analisadas para determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB, método 954.01), matéria mineral (MM, método 942.05), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA, método 954.02) segundo a AOAC (1995), fibra solúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido

(FDA) pela metodologia de VAN SOEST (1991), e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., model 1261, Moline, IL, USA).

O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método de coleta total de fezes, segundo as recomendações da Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 2003). O experimento foi dividido em seis períodos de 10 dias (cinco dias de adaptação seguidos de cinco dias de colheita total de fezes). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, nos horários das 8:00 e 16:00 horas em quantidade suficiente para suprir suas necessidades de energia metabolizável (EM), segundo preconizado pelo NRC (2006): $\text{kcal/dia} = 130 \times \text{PC}^{0,75}$. A água foi fornecida *ad libitum*. As fezes foram colhidas, no mínimo duas vezes por dia, pesadas e congeladas individualmente (-14°C), constituindo um composto de fezes de cada animal por período de coleta.

O pH e a amônia foram avaliados em duplicata nas fezes frescas colhidas no máximo após 15 minutos de defecação. O pH fecal foi avaliado em 2,0 g de fezes frescas, diluídas em 20 mL de água destilada usando pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste LTDA, São Paulo, SP, Brasil). O teor de amônia foi determinado em 5 g de fezes frescas, as quais foram incubadas em balão de 500 mL fechado com uma rolha contendo 250 mL de água destilada por 1 hora. Após, foram adicionadas 3 gotas de álcool octaetílico (1-octanol) e 2 g de óxido de magnésio, sendo subsequentemente destilada em aparelho Macro-Kjedahl e recuperado em Becker contendo 50 ml de ácido bórico. Finalmente, a amônia foi titulada utilizando ácido sulfúrico padrão 0,1 N. A concentração de amônia foi calculada como: $\text{N-amoniacal (g/kg)} = \text{N} \times \text{fator de correção} \times 17 \times (\text{volume de ácido da amostra} - \text{volume de ácido do branco}) / \text{peso da amostra (g)}$.

A consistência fecal foi avaliada por meio de escore com graduação de 1 a 5, sendo 1 o indicativo de fezes pastosas e sem forma, 2 o indicativo de fezes macias e mal formadas, 3 o indicativo de fezes macias, formadas e úmidas, 4 o indicativo de fezes bem formadas e consistentes e 5 para fezes bem formadas, duras e secas (CARCIOFI et al., 2009). Ao final das colheitas fecais, a mistura composta das fezes de cada animal foi descongelada, homogeneizada e submetida à secagem em estufa a 55° C (320-SE, Fanem, São Paulo, Brazil) por 72 horas e posterior moagem a 1 mm em moinho Wiley hammer mill (Arthur

H. Thomas Co., Philadelphia, PA) para determinação dos teores de UM, PB, MM, FB, EEA e EB de acordo com as metodologias descritas anteriormente.

2.3.4. *Delineamento experimental e Análises estatísticas*

O delineamento utilizado foi o blocos casualizados, composto por quatro tratamentos e dois períodos (blocos), em arranjo fatorial 3 x 2 (inclusão de zeólita x nível de consumo). Os resultados foram submetidos à análise quanto à normalidade, pelo teste Shapiro-Wilk e heterocedasticidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Os dados normais foram analisados pelo procedimento GLM do pacote estatístico SAS (Versão 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3. Resultados

3.1. *Ensaio de digestibilidade*

Foi observado efeito da forma de inclusão do mineral sobre os CDA da EB, MS, MO e PB. Em todos os casos a inclusão de zeólita na massa propiciou maiores valores de digestibilidade, em relação à zeólita adicionada em cobertura ($P > 0.05$). Não houve efeito do nível de inclusão de zeólita sobre o CDA e EM ($P > 0.05$). Do mesmo modo, não houve interação entre nível e forma de inclusão de zeólita ($P > 0.05$) para a maioria das variáveis analisadas. Houve interação entre o nível e tipo de inclusão de zeólita sobre o CDA MO ($P < 0.05$). As características fecais não diferiram entre os tratamentos ($P > 0.05$) mas mantiveram-se em níveis considerados adequados (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, energia metabolizável (EM, kcal/kg), consumo das dietas (g/kg PV) e características fecais de cães alimentados com dietas contendo níveis crescentes de zeólita na massa do extrusado ou por cobertura.

	Inclusão massa (g/kg)			Inclusão cobertura (g/kg)			EPM	P		
	5	15	25	5	15	25		I	N	IxN
Consumo	17,166	17,166	17,166	17,166	17,166	17,166	0,267	1,000	1,000	1,000
Coeficiente de Digestibilidade Aparente										
EB	0,831	0,842	0,819	0,769	0,813	0,793	0,591	0,000	0,056	0,250
EE	0,888	0,892	0,889	0,851	0,888	0,878	0,482	0,069	0,205	0,334
MO	0,823 ^{ab}	0,841 ^a	0,806 ^{ab}	0,758 ^c	0,759 ^c	0,781 ^{bc}	0,657	0,000	0,680	0,029
MS	0,788	0,796	0,768	0,730	0,776	0,737	0,702	0,005	0,074	0,424
PB	0,797	0,800	0,770	0,717	0,763	0,743	0,704	0,001	0,125	0,132
EM	3862	3976	3895	3668	3668	3706	0,309	0,144	0,954	0,936
NH3	0,093	0,101	0,102	0,087	0,086	0,092	0,000	0,055	0,577	0,782
pH	7,015	7,080	6,991	6,836	6,945	6,853	0,058	0,226	0,793	0,987
Escore	3,4	3,6	3,5	3,3	3,5	3,4	0,044	0,268	0,360	0,854
MSf	31,3	33,5	33,5	34,2	35,0	36,0	0,678	0,104	0,475	0,902

EB, energia bruta; EE, extrato etéreo em hidrólise ácida; MO, matéria orgânica; MS, matéria seca; PB, proteína bruta; EM, energia metabolizável; MSf, matéria seca fecal; EPM, erro padrão da média; P, probabilidade; I, tipo de inclusão; N, nível de inclusão; IxN, interação entre os fatores tipo e nível de inclusão. Médias seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0.05).

As maiores porcentagens de porosidade total (PT) e água facilmente disponível (AFD) foram obtidas ao incluir o mineral na massa, enquanto que maiores teores de água remanescente (AR) foram observadas incluindo o mineral por cobertura (Tabela 3). A PT e ADF correlacionaram-se positivamente com o CDA da EB, MS, PB (P<0.05) e MO (P<0.01). A AR correlacionou-se negativamente com o CDA da MS (P<0.05), EB, MO e PB (P<0.01). A PT, AFD e a AR não correlacionaram-se com as características fecais, CDA do EE e com a EM (P>0.05, Tabela 4).

Tabela 3. Porosidade total (PT), água facilmente disponível (AFD) e água remanescente (AR) das dietas contendo 5 g/kg; 15 g/kg e 25 g/kg de zeólita adicionadas na massa ou por cobertura.

Dietas (g/kg zeólita)	PT (%)	AFD (%)	AR (%)	
Massa	5	89,26	10,68	42,41
	15	87,45	12,34	37,05
	25	79,65	5,28	50,33
Cobertura	5	79,68	3,88	55,54
	15	81,14	7,16	51,70
	25	79,84	6,41	53,84

Tabela 4. Correlação entre porosidade total (PT), água facilmente disponível (AFD) e água remanescente (AR) e as características fecais, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável (EM) de cães alimentados com dieta seca extrusada contendo 5 g/kg, 15 g/kg e 25 g/kg de zeólita na massa e por cobertura.

	PT	AFD	AR
MSf	-0,2960	-0,2044	0,2116
N amoniacal	0,0796	0,1958	-0,2694
pH	0,1619	0,2410	-0,2590
Coeficiente de digestibilidade aparente			
EB	0,4371*	0,4970*	-0,5914**
EE	0,2072	0,2931	-0,3017
MO	0,5911**	0,5888**	-0,7273**
MS	0,4107*	0,4231*	-0,4254*
PB	0,5121*	0,5223*	-0,5985**
EM	0,1242	0,1260	-0,2362

MSf, matéria seca fecal; N, nitrogênio amoniacal fecal; CDA, coeficiente de digestibilidade aparente; EB, energia bruta; EE, extrato etéreo em hidrólise ácida; MO, matéria orgânica; MS, matéria seca; PB, proteína bruta (*P <0.05, **P < 0.001).

3.2. Análise sensorial de odor fecal

A inclusão de 15 g/kg de Clinoptilolita natural incluída na massa e por cobertura foi suficiente para reduzir o odor fecal de cães, em comparação às fezes daqueles alimentados com a dieta controle (P<0.05, Tabela 5).

Tabela 5. Medianas do odor fecal de cães alimentados com dieta contendo 1,5% de zeólita na massa antes da extrusão e 15 g/kg de zeólita adicionada posterior ao processo de extrusão, em relação a uma dieta controle com 0 g/kg de zeólita.

	0 g/kg zeólita	15 g/kg zeólita massa	15 g/kg zeólita cobertura	P
Odor fecal	2,0 ^a	1,0 ^b	1,0 ^b	0,0003

Medianas seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (P>0.05)

3.3. Ensaio de consumo

No ensaio de consumo, tanto o fornecimento de alimento como o nível de inclusão de zeólita, não afetaram na digestibilidade dos nutrientes e a EM das

dietas ($P>0.05$). Mesmo com o maior consumo de alimento a inclusão do mineral foi significativa sobre o escore e a matéria seca fecal, sendo estes superiores com inclusão de 15 g/kg de zeólita ($P<0.05$). O consumo e a variação de peso dos animais foram superiores quando alimentados com 50% a mais que suas necessidades de EM ($P<0.05$, Tabela 6).

Tabela 6. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes, energia metabolizável (EM, kcal/kg), consumo das dietas (g/kg PV), produção fecal (g/animal/dia na matéria natural) e características fecais de cães alimentados com dietas contendo crescentes níveis de zeólita na massa do extrusado fornecidas 25% e 50% a mais que as necessidades dos animais.

	Fornecimento 25%		Fornecimento 50%		EPM	P		
	0g/kg	15g/kg	0g/kg	15g/kg		F	I	IxF
Consumo	21,422	21,384	25,810	25,731	0,481	0,000	0,863	0,718
VP	-0,233	-0,254	0,322	0,345	0,085	0,000	0,808	0,572
PF	176,33	158,25	205,83	198,63	7,404	0,214	0,014	0,3235
Coeficiente de Digestibilidade Aparente								
EB	0,825	0,847	0,819	0,828	0,864	0,503	0,388	0,717
EE	0,873	0,907	0,887	0,874	0,669	0,648	0,594	0,155
MO	0,819	0,821	0,812	0,826	0,547	0,475	0,924	0,591
MS	0,754	0,743	0,745	0,751	0,774	0,972	0,887	0,627
PB	0,821	0,827	0,812	0,806	0,702	0,477	0,981	0,800
EM (kcal/kg)	3783	3852	3757	3766	0,162	0,502	0,630	0,718
N amoniacal	0,081	0,162	0,0946	0,103	0,012	0,300	0,051	0,107
pH	6,513	7,115	6,685	6,720	0,087	0,492	0,060	0,091
Escore	3,093	3,648	3,036	3,496	0,091	0,516	0,004	0,766
MSf	34,354	37,054	32,774	37,030	0,624	0,457	0,003	0,471

VP, variação de peso dos animais; PF, produção fecal diária; EB, energia bruta; EE, extrato etéreo; MO, matéria orgânica; MS, matéria seca; PB, proteína bruta; VP, variação de peso dos animais; MSf, matéria seca fecal; EPM: erro padrão da média; I: nível de inclusão; F: fornecimento; IxF: interação entre os fatores nível e fornecimento

4. Discussão

4.1. Ensaio de digestibilidade

O aumento na digestibilidade dos nutrientes com a adição da zeólita na massa pode estar relacionado com a maior capacidade adsorvente do mineral promovida pelo processo de extrusão. Durante o processamento,

especificamente na etapa de secagem, a temperatura de 110 a 120°C pode promover a desidratação endotérmica reversível da rede cristalina da zeólita (DANA, 1981). A remoção de substâncias pelo aquecimento aumenta o volume de vazios do mineral (HARBEN e KUZVART, 1996) e deixa a zeólita mais acessível para adsorver água e gases do TGI dos animais. A interação entre o nível e o tipo de inclusão de zeólita sobre o CDA da MO demonstrou no presente estudo, que para os resultados obtidos com a inclusão por cobertura se assemelhem com os resultados obtidos com a inclusão na massa, estes precisam ser em maiores níveis.

Estudos encontrados na literatura afirmam que a propriedade adsorvente dos minerais da família das zeólitas reduzem o tempo de passagem do alimento no TGI, promovendo maior tempo de ação das enzimas digestivas e aumento na digestibilidade dos nutrientes (LUZ, 1995; OLVER, 1997; PARISINI, 1999). Os aluminossilicatos são minerais lipofóbicos (KEER, 1989), portanto tem pouca atratividade por compostos gordurosos e apolares. Este comportamento possivelmente prejudicou a ação da zeólita quando aplicada por cobertura junto ao banho de óleo, resultando em menores teores de digestibilidade dos nutrientes.

Os maiores teores de PT e AFD nas dietas com inclusão de zeólita na massa do extrusado podem estar relacionados com a adequada mistura do aditivo adsorvente e pela desidratação endotérmica da rede cristalina da zeólita na fase de secagem. Quando este mineral é adicionado posterior ao banho de óleo, na cobertura, a zeólita pode não ter adequada adesão no extrusado por ser um material lipofóbico (KEER, 1989) ou promover uma barreira física para a zeólita adsorver a água do TGI. Não foram encontrados na literatura outros trabalhos que avaliassem a porosidade, água facilmente disponível e a água remanescente de dietas extrusadas para cães contendo zeólita.

Segundo NEVES (2005), a porosidade é o parâmetro mais importante correlacionado com a estrutura do adsorvente já que afeta suas propriedades físicas, como capacidade de adsorção e troca iônica. Os teores de água remanescente foram inversamente proporcionais à digestibilidade dos nutrientes. Portanto quanto mais água remanescente estiver no mineral, menos espaços vazios este tem disponível para adsorver substâncias no TGI dos

animais. O que justifica os teores mais elevados de PT e AFD terem promovido maior digestibilidade dos nutrientes no presente estudo.

4.2. *Análise sensorial de odor fecal*

Segundo HOUSSAIN et al. (1999), o odor fecal é proveniente da formação de compostos durante a fermentação microbiana intestinal, em que se destacam amônia, aminas alifáticas, ácidos graxos ramificados, indóis, fenóis e compostos saturados voláteis. Dentre todos esses compostos, o único que é mensurado rotineiramente em ensaios de digestibilidade é a amônia, por meio do nitrogênio amoniacal fecal. Tal análise não é suficiente para mensurar o odor fecal já que outros gases estão envolvidos nesse processo. Portanto deve sempre que possível ser acompanhada de uma análise sensorial de odor.

O odor fecal envolvendo o uso de zeólita incluída por cobertura em dietas completas para cães foi avaliado por MAIA et al. (2010). Os autores obtiveram redução no odor fecal de cães quando suplementados com 7.5 g/kg e 10 g/kg de zeólita, em relação a dieta controle. Não foram encontrados trabalhos na literatura que avaliassem o odor fecal de cães alimentados com zeólita na massa do extrusado. A redução do odor promovida pelo mineral zeolítico só é possível pela sua elevada superfície interna (1000m²/g) e capacidade de troca catiônica (200meq/100g), o que garante a facilidade desse mineral em interagir com outras substâncias, como os gases da fermentação intestinal (CASTAIGN,1998).

4.3. *Ensaio de consumo*

Os cães, pelos hábitos caçadores de seus ancestrais, são animais que apresentam o TGI adaptado para a ingestão de grandes quantidades de alimento (CASE et al., 1998). O que justifica o fornecimento de 25% e 50% a mais das necessidades de manutenção não prejudicarem a digestibilidade dos nutrientes.

A adição de zeólita no presente estudo foi suficiente para melhorar as características fecais em termos de escore e de matéria seca, mesmo com o aumento na produção fecal promovido pelo consumo excessivo de alimento. A melhora nas características fecais corrobora os resultados encontrados por FÉLIX et al. (1999) e MAIA et al. (2010). Isto representa grande aplicabilidade

prática, já que na maioria dos casos, os proprietários, por receio de deixarem seus animais pouco saciados, fornecem quantidades superiores do que as necessidades dos animais e em situações de maior produção fecal, como em cães atletas e de grande porte. Não foram encontrados na literatura trabalhos que envolvessem o fornecimento em excesso de alimento para cães contendo níveis de zeólita. Portanto, são necessários mais estudos que avaliem os níveis adequados de inclusão de zeólita em situação de consumo excessivo.

5. Conclusões

A inclusão de zeólita na massa aumenta a digestibilidade da dieta. A inclusão, tanto na massa como por cobertura, reduz o odor fecal de cães. O nível de 15 g/kg na massa do extrusado para cães aumenta a matéria seca e o escore fecal.

6. Referências

- ANZALDÚA-MORALES. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Acriba, 1994. 198p.
- A.O.A.C., 1995. Official Methods and recommended practices of the American oil chemist's society, Ed. D. Feistane, Washington D.C.
- ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS - AAFCO., 2004. Dog and cat nutrient profiles. **Official Publications of the Association of American Feed Control Officials** Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA.
- CARCIOFI, A. C.; DE-OLIVEIRA, L. D.; VALÉRIO, A. G.; BORGES, L. L.; CARVALHO, F. M.; BRUNETTO, M. A.; VASCONCELLOS, R. S., 2009. Comparision of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Animal Feed Science and Technology*. 151, 251-260. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840109000066>. Acesso em 25/10/2013.
- CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. nutrição canina e felina. Madrid: Harcourt Brace de España, S. A., 1998, 424pp.

CASTAING, J. effect de l'inclusion de spiolite "EXAL" selon les terneurs em cellulose brute et matière grasse d'aliment pour porcs charcutiers. Journées de la Recherche Porcine en France, 26:199-205. 1994

DANA, J. D. Manual de Mineralogia (Dana- Hurlbut). São Paulo, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 642p. 1981.

FÉLIX, A. P.; ZANATTA, C. P.; BRITO, C. B. B.; MURAKAMI, F. Y.; FRANÇA, M. I.; MAIORKA, A.; FLEMMING, J. S., 2009. Suplementação de manoligossacarídeos (MOS) e uma mistura de aluminossilicatos na qualidade das fezes de cães adultos. Archives of Veterinary Science, v.14, n.1, p.31-35. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/veterinary/article/viewArticle/13229>. Acesso em: 27/06/2012.

GAULAND, D. C. S. P. Relações hídricas em substratos à base de trufas sob o uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada. 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

HARBEN, P. W; KUZVART, M. Industrial Minerals – a Global Geology. London, industrial Minerals Information Ltd, 462 p. 1996.

HOUSSAIN, S.; BERTECHINI, A. G.; NOBRE, P. T. C. Efeito da Zeólita natural e níveis de cálcio no desempenho e características do plasma de tibia de frango de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v.46, p.545-552, 1994.

HAYNES, R. J.; GOH, K. M. Evaluation of potting media for comercial nursery production of container-grow plants: IV- Physical properties of a range amendment peat-based media. N. Z. Journal of Agricultural Research, Wellington, v.21, n.3, p.449-456, 1978.

KEER, G. T. Synthetic Zeolites. Scientific American, p.82-87, 1989.

LUZ, A. B., 1995. Zeólitas: propriedades e usos industriais. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq, 37 p. (CETEM. Série Tecnologia Mineral, 68). Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_stm/stm-68.pdf. Acesso em: 02/03/2012.

MAIA, G. V. C.; SAAD, F. M. O. B.; ROQUE, N. C.; FRANÇA, J.; LIMA, L. M. S.; AQUINO, A. A., 2010. Zeólitas e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais. **Revista Brasileira**

de **Zootecnia**, v.39, n.11, p.2442-2446. Disponível em:
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982010001100017&script=sci_abstract&tlng=pt)

[35982010001100017&script=sci_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982010001100017&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 28/07/2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2006. Nutrient Requirements of Dogs, revised ed. NRC, National Academy Press, Washington, DC, USA.

NEVES, M.; CORDEIRO, C.F.; SCHVARTZMAN, M. A. Separação de CO₂ por meio de tecnologia PSA. Química Nova, Ago 2005, vol.28, no.4, p.622-628. ISSN 0100-4042.

OLVER, M. D., 1997. Effect of feeding zeolite on the performance of 3 strains of laying hens. British Poultry Science, Oxon, v. 38, p. 220-222.

PARISINI, P.; MARTELLI, G.; SARDI, L.; ESCARBINO, F., 1999. Protein and energy retention in pigs fed diets containing sepiolite. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, p.155-162.

REYNOLDS, J. R., R. C., 1989. Principles of powder diffraction. In: Biss, D. L.; POST, J. E. (Ed) Modern Powder Diffraction. Washington: Mineralogy Society of America, p.1-17 (Reviews in Mineralogy, v.20).

RUTHVEN, D. M. Principles of adsorption and adsorption process. United States of America: Wiley – Interscience Publication, 1984 p.1 – 13,221 – 270.

SAS Institute. Statistical analysis system: users guide. Cary, 1996.

SILVA, D. L., QUEIROZ, A. C., 2002. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3th ed. Viçosa, MG, UFV, 235p.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583–3597.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de zeólita na alimentação de cães é utilizado rotineiramente nas indústrias de ração para melhorar as características fecais dos animais sem influenciar negativamente na palatabilidade das dietas. Os trabalhos publicados com esses adsorventes são de difícil comparação, já que envolvem diferentes espécies de zeólita em diferentes níveis de inclusão e adicionados de maneiras distintas. Os dados levantados na revisão bibliográfica e os resultados obtidos no presente trabalho mostram a necessidade de futuros estudos aprofundados sobre o impacto do processo de extrusão, a desidratação da zeólita na etapa de secagem e maneiras de proteger o mineral até o trato gastrointestinal dos animais, afim de otimizar a capacidade adsorvente da zeólita, confirmar a melhor maneira de inclusão nas dietas extrusadas para cães e garantir que os níveis adicionados sejam adequados para a adsorção de compostos no trato gastrointestinal dos animais.