

**INCLUSÃO DE *YUCCA SCHIDIGERA* E  
ZEÓLITA (CLINOPTILOLITA) EM  
ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS:  
EXCREÇÃO DE MINERAIS**

**JOÃO PAULO FERNANDES SANTOS**

**2010**

**JOÃO PAULO FERNANDES SANTOS**

**INCLUSÃO DE *YUCCA SCHIDIGERA* E ZEÓLITA  
(CLINOPTILOLITA) EM ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS:  
EXCREÇÃO DE MINERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, João Paulo Fernandes.

Inclusão de *Yucca schidigera* e Zeolita (Clinoptilolita) em alimentos para cães e gatos: excreção de minerais / João Paulo Fernandes Santos. – Lavras : UFLA, 2010.

105 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.

Bibliografia.

1. Aditivos. 2. Adsorção. 3. Animais de companhia. 4. Redutores de odor fecal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.708557

**JOÃO PAULO FERNANDES SANTOS**

**INCLUSÃO DE *YUCCA SCHIDIGERA* E ZEÓLITA  
(CLINOPTILOLITA) EM ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS:  
EXCREÇÃO DE MINERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de abril de 2010

Prof. Dr. Édison José Fassani	UFLA
Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangerônimo	UFLA
Profa. Dra. Priscila Vieira Rosa	UFLA
Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas	UFLA

Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*Àqueles que, com pequenos ou grandes gestos, auxiliaram em minha caminhada.*

*Aos amigos, alguns que, apesar da distância, sempre estiveram ao meu lado.*

*Ao meu avô paterno João (in memoriam) e meu tio Paulo (in memoriam).*

*Aos meus pais, Nilce e Carlos, pelos ensinamentos, compreensão e paciência.*

*Aos meus irmãos, Marco Antonio e Maria Paula, pelas risadas, brigas, porém, sempre seguidos de muito carinho.*

*À Vida (in memoriam).*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois, sem suas bênçãos, nada seria possível.

Aos meus pais, Carlos e Nilce, pelos ensinamentos, pelas horas a fio envolvidos em minha educação e pelos grandes e singelos gestos de amor e de carinho.

Aos meus irmãos, Marco Antonio e Maria Paula, pela amizade, risadas e momentos agradáveis.

Ao meu avô paterno João (*in memoriam*) e meu tio Paulo (*in memoriam*), pelo carinho em vida e por estarem sempre ao meu lado.

A minha avó paterna (Emília) e minhas tias (Marinalva, Clarice, Fátima e Flor), por estarem diretamente ligadas às minhas conquistas.

Aos meus amigos, eternos amigos, Karina Alves, Livia, Sheila, Suzana, Vanessa, Suelen, Karina Hottes, Leonardo, Adriano, Bruno, Monica, Thiago e Adam.

Ao Raphael César Cortazzo, que esteve presente neste projeto o tempo suficiente com sua paciência e trocas constantes, representando muito para todos os que o cercam, obrigado.

À minha orientadora e amiga, Profa. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad, pela orientação durante todo o meu mestrado e mostrar que o treinamento do mestre vai muito além das disciplinas e da condução do experimento; faz parte de algo muito maior, é o treinamento para a vida.

Aos professores Raimundo Vicente de Sousa (DMV) e Paulo César Lima (DEX), pela capacidade de, em poucas horas de aula, possibilitarem aprendizados para uma vida toda.

Aos meus coorientadores, Priscila Vieira Rosa e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

Aos professores Édisson José Fassani e Márcio Gilberto Zangerônimo, por toda a colaboração neste trabalho.

À Universidade Federal Lavras, por me acolher.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos, de suma importância na conclusão deste trabalho e à empresa Celta Brasil, pela confiança e financiamento do projeto.

Aos amigos, professores Rubén Roberto Velazco Gutierréz e Thalita Oliveira Cucki, pelo incentivo, auxílios e amizade durante toda a graduação.

Aos amigos de graduação, Tabatha, Thiago e Filipe, pela amizade, companheirismo e pelos momentos de estudo.

Aos companheiros de pós-graduação, principalmente Livia, Patrícia, Fabrício, Marco Aurélio, Jairo e Mari.

À Juliana Souza Dias e a Franciele de Oliveira, pelas horas e horas de risadas e pelo acolhimento em sua república no final desta etapa. Amizades para a vida.

À grande amiga Adriana Augusto Aquino, por quem tenho imenso carinho, pelas conversas, risadas e desentendimentos. Com seu imenso conhecimento, colaborou não somente neste trabalho, mas em toda a minha formação. Obrigado.

A Natália Charleaux Roque, por aprendermos juntos sobre a importância do equilíbrio entre a discricão e a espontaneidade. Sua amizade foi uma grande companhia nessa jornada.

A Carolina Padovani Pires, por quem tenho imenso carinho, com quem tive empatia ao bater o olho e que tem a capacidade de tornar todo e qualquer momento agradável, pela amizade.

A Ana Flávia e a Barbara, pelos aprendizados além da Universidade, para a vida, pois, a felicidade não tem preço.

A Janine França e a Rosana Cláudio Silva, pela amizade e companhia em longas conversas.

Ao Gustavo Vaz Corrêa Maia e a Fernanda Ebina, pela amizade.

À Jéssica Santana dos Reis, por toda a ajuda.

A todos os estagiários, colegas e amigos do NENAC, pelos momentos de trabalho agradáveis e pelas trocas constantes, obrigado.

Ao Wagner (funcionário do CENAC), pelos momentos agradáveis, gargalhadas, auxílio no trato dos animais e na condução dos experimentos e pela disposição em colaborar com toda a equipe.

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal (LPA/UFLA), Márcio, José Virgílio, Eliana e Suelba.

Aos funcionários do DZO (Keyla, Joelma e Carlos).

Ao LANA/IMA e LABZOO/UFPR, pelo auxílio nas análises.

Ao Nemo e a Nina, pelas caminhadas descontraídas e que, mesmo com os xixis no sofá e no colchão estavam ali, presentes, com seus olhares encantadores.

Aos meus cães Godiva, Borges, Tim e Stella, especialmente a Godiva, por exalar amor e provar-me a cada dia que este é o caminho que realmente quero para a minha vida e a Stella, pelos pendrives, celulares e antenas destruídas, estando ao meu lado a cada letrinha digitada durante o mestrado.

À Vida (*in memoriam*), minha grande companheira de quatro patas que me acompanhou durante meus tempos de colégio, graduação e parte do mestrado. Deixou de me esperar no portão diariamente, com seu olhar doce, aguentando a saudade, dando saltos de alegria a cada volta minha para a casa dos meus pais. Partiu algumas semanas antes da finalização deste trabalho e, com toda certeza, está em um lugar muito feliz, livre de todas as dores e desconfortos. Obrigado, Vida.

Aos animais do CENAC, aqueles que se doaram na realização deste trabalho (Calisto, Cristal, Melisso, Rosa, Aquino, Sudão, Somália, Kongo).

Há pessoas que transformam o Sol numa simples mancha amarela, mas há também aquelas fazem de uma simples mancha amarela o próprio Sol (*Pablo Picasso*).

A diferença entre o possível e o impossível está na vontade humana (*Louis Pasteur*).

## **BIOGRAFIA**

João Paulo Fernandes Santos, filho de Carlos Oliveira dos Santos e Nilce Fernandes de Andrade Santos, nasceu em São Paulo, SP.

Em fevereiro de 2004 ingressou na Universidade São Marcos, onde, em julho de 2008, obteve o título de Zootecnista.

Em agosto de 2008 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Lavras, tendo concentrado seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em abril de 2010 submeteu-se à defesa de dissertação para a obtenção do título de “Mestre”.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS .....	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vii
CAPÍTULO 1: Revisão de literatura.....	1
1 Introdução .....	2
2 Referencial teórico.....	4
2.1 Redução do odor fecal nas fezes de cães e gatos .....	4
2.2 Extrato de <i>Yucca schidigera</i> .....	6
2.2.1 Influência da <i>Yucca schidigera</i> sobre o consumo e a digestibilidade.....	8
2.3 Zeólita .....	11
2.3.1 Efeito da zeólita sobre a digestibilidade de nutrientes.....	15
2.4 Mecanismos de absorção de macro e microminerais.....	19
2.4.1 Cálcio e fósforo.....	19
2.4.2 Magnésio.....	22
2.4.3 Sódio .....	23
2.4.4 Potássio .....	23
2.4.5 Ferro.....	24
2.4.6 Manganês .....	25
2.4.7 Cobre.....	26
2.4.8 Zinco .....	26
2.5 Relação entre o pH urinário e os minerais da dieta.....	27
3 Referências bibliográficas.....	30

CAPÍTULO 2: Inclusão de <i>Yucca schidigera</i> e zéolita (clinoptilolita) em alimentos comerciais para cães e seus efeitos sobre a excreção de macro e microminerais e o pH urinário .....	39
1 Resumo .....	40
2 Abstract.....	41
3 Introdução .....	42
4 Material e métodos.....	44
4.1 Local .....	44
4.2 Ensaio I .....	44
4.2.1 Animais e delineamento experimental .....	44
4.2.2 Condução experimental .....	47
4.3.1 Animais e delineamento experimental .....	48
4.3.2 Condução experimental .....	49
4.4 Análises químicas dos alimentos e fezes .....	50
4.5 Metodologia dos cálculos .....	51
4.6 Modelo estatístico .....	51
5 Resultados e discussão.....	53
6 Conclusão .....	69
7 Referências bibliográficas.....	70
CAPÍTULO 3: Inclusão de <i>Yucca schidigera</i> e zéolita (clinoptilolita) em alimento comercial para gatos e seus efeitos sobre a excreção de minerais .....	75
1 Resumo .....	76
2 Abstract.....	77
3 Introdução .....	78
4 Material e métodos.....	79
4.1 Local, animais, delineamento experimental.....	79
4.2 Condução experimental .....	81
4.3 Análises químicas de alimento e fezes.....	81

4.4 Metodologia dos cálculos .....	82
4.5 Modelo estatístico .....	83
5 Resultados e discussão.....	84
6 Conclusão .....	90
7 Referências bibliográficas.....	91
ANEXOS .....	95

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Estruturas químicas da saponina. ....	7
FIGURA 2 Estrutura da zeólita na formação dos canais. ....	11
FIGURA 3 Esquema de absorção do ferro. ....	24
FIGURA 4 Coeficiente de indigestibilidade aparente. ....	50
FIGURA 5 Coeficiente indigestibilidade aparente. ....	80

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Tratamentos experimentais .....	44
QUADRO 2 Tratamentos experimentais .....	47
QUADRO 3 Tratamentos experimentais .....	78

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Propriedade das zeólitas. ....	14
TABELA 2	Relação entre zeólita (g) e nitrogênio amoniacal (mg/g <sup>-1</sup> ) adsorvido. ....	15
TABELA 3	Níveis de garantia do alimento comercial seco em base da matéria natural (MN) e em base da matéria seca (MS) e composição básica. ....	45
TABELA 4	Níveis de garantia do alimento comercial úmido em base da matéria natural (MN), em base da matéria seca (MS) e composição básica. ....	45
TABELA 5	Níveis de garantia do composto (dieta controle) em base de matéria natural (MN) e seca (MS). ....	46
TABELA 6	Níveis de garantia do alimento utilizado em base da matéria natural (MN) e seca (MS). ....	48
TABELA 7	Consumo médio (g/dia) de matéria seca no experimento com alimento standard. ....	53
TABELA 8	Produção média (g/dia) de fezes na matéria natural e porcentagem (%) de água nas fezes no experimento com alimento superpremium. ....	54
TABELA 9	Produção média (g/dia) de fezes na matéria natural e porcentagem (%) de água nas fezes no experimento com alimento standard. ....	55
TABELA 10	Coefficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio no experimento com o alimento superpremium. ....	56
TABELA 11	Coefficiente de indigestibilidade do cálcio pela <i>Yucca schidigera</i> e pela zeólita. ....	57

TABELA 12	Coeficiente de indisponibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio no experimento standard. ....	60
TABELA 13	Coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio e potássio no experimento com alimento superpremium. ....	63
TABELA 14	Coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio e do potássio no experimento com alimento standard. ....	64
TABELA 15	Coeficiente de indigestibilidade aparente do ferro, manganês, cobre e zinco no ensaio com alimento superpremium. ....	65
TABELA 16	pH urinário no experimento com alimento standard. ....	66
TABELA 17	Composição do alimento comercial em base da matéria natural (MN) e em base da matéria seca (MS) e obtidos por meio de análise laboratorial. ....	78
TABELA 18	Consumo médio diário (g/dia), em base de matéria seca, produção média (g/dia) de fezes na matéria natural e porcentagem (%) de água nas fezes. ....	82
TABELA 19	Coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo e magnésio. ....	84
TABELA 20	Coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio, potássio, ferro e manganês. ....	85

## RESUMO

SANTOS, João Paulo Fernandes. **Inclusão de *Yucca schidigera* e zeólita (Clinoptilolita) em alimentos para cães e gatos:** excreção de minerais. 2010. 105 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

Foram conduzidos três experimentos no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de redutores de odor fecal (*Yucca schidigera* e Zeólita – Clinoptilolita) sobre a indigestibilidade aparente de minerais, características fecais, pH urinário e aceitabilidade de alimentos para cães e gatos. O primeiro ensaio foi conduzido com 21 cães Beagles, com média de peso de 12,5 kg distribuídos em sete tratamentos (dieta controle superpremium, controle acrescida de 125, 250 e 375 ppm de *Yucca schidigera* e 0,5%, 0,75% e 1,0% de Zeólita) em delineamento inteiramente casualizado. O segundo experimento foi conduzido com 21 parcelas experimentais, distribuídas em três tratamentos (dieta controle standard, dieta controle acrescida de 375 ppm de *Yucca schidigera* e 1% de Zeólita). Não foram observadas diferenças sobre o consumo de matéria seca, produção fecal e porcentagem de água nas fezes, tanto no experimento com o alimento superpremium como o standard ( $P>0,05$ ). Com relação ao coeficiente de indigestibilidade aparente de minerais, com exceção do cálcio no alimento superpremium, nenhum mineral sofreu interferência da inclusão dos aditivos ( $P>0,05$ ). Já para o alimento standard, tanto o cálcio, o fósforo e como o magnésio sofreram interferência ( $P<0,05$ ) com a inclusão dos aditivos, com redução em sua excreção frente ao grupo controle. Já o pH urinário não foi afetado com a inclusão dos aditivos ( $P>0,05$ ). O terceiro experimento foi conduzido com 21 gatos SRD, com peso médio de 3,56kg, distribuídos em sete tratamentos (125, 250 e 375 ppm de *Yucca schidigera* e 0,5%, 0,75% e 1,0% de Zeólita – Clinoptilolita), em delineamento inteiramente casualizado. Não foram observadas diferenças para o coeficiente de indigestibilidade aparente dos minerais, consumo de matéria seca, produção fecal e porcentagem de água nas fezes ( $P>0,05$ ). Dessa forma, a inclusão dos aditivos apresenta comportamento diferente quanto à excreção de minerais em cães e gatos. Com isso, sua inclusão

---

\* Comitê orientador: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad (Orientadora) - UFLA; Priscila Vieira Rosa - UFLA; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA.

deve ser acompanhada do devido conhecimento da digestibilidade das fontes minerais utilizadas nos alimentos.

## ABSTRACT

SANTOS, João Paulo Fernandes. **Inclusion of *Yucca schidigera* and zeolite (clinoptilolite) in food for dogs and cats: excretion of minerals.** 2010. 105 p. Dissertation (Master's degree in Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

Three experiments were conducted at the Center for Companion Animal Nutrition (CENAC) Department of Animal Science (DZO), Federal University of Lavras (UFLA), aiming to evaluate the effect of including fecal odor reductor (*Yucca schidigera* and Zeolite - Clinoptilolite) on the apparent indigestible minerals, fecal characteristics, the urinary pH and acceptability of food for dogs and cats. The first test was conducted with 21 Beagles, average weight 12.5 kg distributed in seven treatments (control diet *Super Premium*, control added 125, 250 and 375ppm of *Yucca schidigera* and 0.5, 0.75 and 1, 0% of zeolite) randomly. The second experiment was conducted with 21 experimental plots in three treatments (*Standard* control diet, control diet added 375ppm of *Yucca schidigera* and 1% Zeolite). No differences were observed on the dry matter intake, fecal production and percentage of water in feces in both experiments with *Super Premium* and *Standard* ration ( $P > 0.05$ ). Regarding the apparent coefficient of indigestible minerals, except calcium in *Super Premium* has no mineral interference inclusion of additives ( $P > 0.05$ ). Though, on the *Standard* ration, calcium, phosphorus and magnesium suffered interference ( $P < 0.05$ ) with the inclusion of additives, reducing its excretion in front of the control group. The urine pH is not affected by the inclusion of additives ( $P > 0.05$ ). The third experiment was conducted in 21 mongrel cats with an average weight of 3.56 kg, distributed in seven treatments (125, 250 and 375ppm of *Yucca schidigera* and 0.5, 0.75 and 1.0% Zeolite - Clinoptilolite) in randomized design. No differences were observed for the coefficient of apparent indigestible minerals, dry matter intake, fecal production and percentage of water in the feces ( $P > 0.05$ ). Thus, the inclusion of additives had different behavior regarding the excretion of minerals in dogs and cats. Thus, their inclusion must be accompanied by proper knowledge of the digestibility of the mineral sources used in food.

---

\* Guidance Committe: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad (Orientadora) UFLA; Priscila Vieira Rosa - UFLA; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA.

## **CAPÍTULO 1: Revisão de literatura**

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de alimentos para animais de companhia passou por grandes mudanças nos últimos anos, com uma explosão em sua produção. Isso pode ser explicado pelo estreitamento no vínculo entre os animais de companhia e seus proprietários, levando cães e gatos a ganharem o interior das residências.

A preocupação com fatores que facilitem essa convivência cada vez mais próxima, levou a um aumento no uso de aditivos nos alimentos comerciais, muitos deles com ação não muito bem estabelecida em animais de companhia e poucos dados com comprovação de eficácia. É comum encontrar aqueles que apresentam função sobre o sistema imune, os que realçam digestibilidade de nutrientes e, não menos importantes, os redutores de odor fecal. Estes últimos têm marcada ação sobre a escolha e a decisão de compra por parte do proprietário. De acordo com Santos (2008, dados não publicados), 25% dos alimentos comercializados no estado de São Paulo, para gatos adultos, apresentam a redução do odor fecal como apelo de marketing.

Dentre os aditivos com ação sobre a redução do odor fecal, encontram-se dois de importante menção, a *Yucca schidigera* e a Zeólita, com diversos estudos conduzidos com animais de produção, mensurando índices zootécnicos, por sua ação sobre a amônia. Poucos estudos são encontrados com cães e gatos, principalmente os que abordam a interferência desses aditivos sobre a digestibilidade de nutrientes. Nos principais trabalhos conduzidos, as digestibilidades da matéria seca, da proteína bruta e do extrato etéreo, normalmente, são levadas em consideração. Porém, apesar de funções vitais sobre o metabolismo, poucas são as citações sobre os minerais em experimentação com *Yucca schidigera* e Zeólita para cães e gatos.

Dessa forma, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão da *Yucca schidigera* e Zeólita (Clinoptilolita) em alimentos

comerciais para cães e para gatos e seus efeitos sobre a aceitabilidade dos aditivos, pela mensuração do consumo de matéria seca, características fecais, como produção fecal média diária e porcentagem de água nas fezes e sobre o coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, cobre, zinco, ferro e manganês.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Redução do odor fecal nas fezes de cães e gatos

A utilização da *Yucca schidigera* e da Zeólita (Clinoptilolita) na nutrição de animais de companhia concentra-se sobre o potencial redutor do odor fecal, razão pela qual são largamente utilizadas pela indústria de *pet food*. O odor fecal pode ser devido a diversos componentes voláteis, tais como álcoois, cetonas, aminas, sulfidos, amônia e ácidos graxos voláteis (Lowe & Kershaw, 1997).

O efeito do extrato de *Yucca schidigera* sobre a redução do odor das fezes não está totalmente elucidado. Cheeke (1999) cita que a sua inclusão dilui solventes aquosos, reduzindo a percepção do odor pelos proprietários. Para Lowe & Kershaw (1997), a redução no pH das fezes leva a uma menor volatilização de compostos malcheirosos, como o sulfito. O aumento da permeabilidade na membrana intestinal dos animais suplementados com *Yucca schidigera* levaria a um aumento na absorção de amônia e, conseqüentemente, à redução do pH fecal.

Giffard et al. (2001) encontraram 38% de redução na produção de sulfito de hidrogênio com a utilização de *Yucca schidigera*. Piacente et al. (2005) citam que a ação do extrato de *Yucca schidigera* sobre o metabolismo de nitrogênio foi encontrada tanto pela fração extraída do butanol (fração saponina) como da não butanol.

Outra hipótese é a redução da fermentação microbiana de proteína, que se concentra sobre o seu poder antiprotozoários (Lowe & Kershaw, 1997). Segundo Piacente et al. (2005), o efeito deste extrato sobre a microbiota está relacionado ao complexo formado com o colesterol presente na membrana celular dos microrganismos, causando lise celular.

Para Piacente et al. (2005), a redução da amônia com o uso da *Yucca schidigera* está relacionada à inibição da urease, que é uma enzima bacteriana

que converte a ureia em amônia, no ambiente. Preston et al. (1987), trabalhando com uma fração da *Yucca schidigera* em ratos, encontraram redução na urease cecal na adição de ureia ou aumento dos níveis de proteína da dieta. Porém, os autores citam que o efeito sobre a N-amoniaca é marginal e que efeitos significativos devem ser encontrados após a eliminação do bolo fecal pelo animal. Haveria, ainda, a teoria da formação de um complexo entre a amônia e a saponina. Já a ação da zeólita na redução do odor fecal concentra-se sobre sua capacidade adsorvente sobre a amônia (Shurson et al., 1984; Lefcourt & Meisinger, 2001; Papaianou et al., 2005; Lima et al., 2008).

Maia (2008), avaliando a redução do odor fecal de cães por meio de teste sensorial, encontrou em inclusão de 0,75% de zeólita, redução do odor quando comparado ao tratamento controle e a níveis crescentes de *Yucca schidigera*. Resultado semelhante foi encontrado por Roque et al. (2009b), ao avaliarem os aditivos para gatos. Da mesma forma, Çabuk et al. (2004), comparando os dois aditivos (15 e 25g de zeólita e 120ppm de *Yucca schidigera*), para frangos de corte, encontraram redução na amônia na cama. Essa redução foi afetada significativamente pelos dois aditivos, quando comparados à dieta sem adição, sem diferença entre a *Yucca schidigera* e a zeólita. Porém, os aditivos reduziram significativamente a matéria seca e as cinzas das fezes dos animais. Já quando avaliado o desempenho dos animais, os autores revelaram que o ganho de peso foi maior naqueles que receberam *Yucca schidigera*.

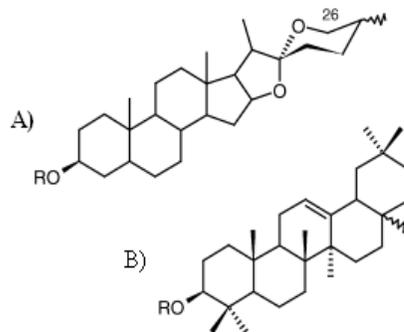
O mecanismo de ação desses aditivos está intimamente relacionado à sua composição química. Dessa forma, para o estudo da *Yucca schidigera* e zeólita (Clinoptilolita), torna-se necessário o conhecimento de suas características, para maior entendimento de sua forma de ação.

## 2.2 Extrato de *Yucca schidigera*

A *Yucca schidigera* é uma planta comumente encontrada em desertos, com grande produção em solo mexicano e tem como um dos componentes a saponina, que vem sendo estudada em animais de produção, assim como em animais de companhia (Cheeke, 1999).

De acordo com este autor, o extrato de *Yucca schidigera* pode ser obtido pela maceração mecânica dos caules, conhecido como suco de yucca que, após processo de evaporação, dá origem ao extrato de yucca. Além da *Yucca schidigera*, a *Quillaja saponaria* (encontrada principalmente nos solos chilenos), tem funções muito próximas às da *Yucca schidigera*, já que possui praticamente os mesmo princípios ativos.

Cheeke (1999) cita, em sua revisão, diversas aplicações das saponinas na indústria cosmética, farmacêutica, de bebidas e na nutrição humana e animal, devido à sua capacidade surfactante, com dissolução em água e formação de espuma, rompendo a tensão superficial que é dada por sua composição química, com estruturas esteroidais e triterpenoidais ligadas a cadeias de carboidratos hidrossolúveis. A classificação nestes dois grupos (esteroidal e triterpenoidais) é dada pelo seu esqueleto aglicona. O grupo esteroidal é exclusivo das monocotiledônias e os triterpenoidais, das dicotiledônias (Sparg et al., 2004). Os triterpenoides são encontrados, normalmente, em leguminosas, como soja, feijão e alfafa, mas também em girassol, beterraba-doce e *Quilaja saponaria*. Já as esteroidais são encontradas em aveia, pimenta, semente de tomate, berinjela e *Yucca schidigera* (Francis et al., 2002). O grupo estrutural pode ser visualizado na Figura 1.



A) Esteroidal

B) Triterpenóide

FIGURA 1 Estruturas químicas da saponina.  
 Fonte: Adaptado de Sparg et al. (2004).

De acordo com Sparg et al. (2004), a estrutura esteroidal tem 27 carbonos, formando quatro anéis benzênicos completos no vegetal. A ligação do grupo glicosídeo encontra-se no carbono 26. Já o triterpenoide consiste em uma estrutura com trinta carbonos compreendidos em uma estrutura pentacíclica.

As plantas jovens têm maior conteúdo de saponina, quando comparadas às mais maduras, tendo estreita relação com o crescimento, o ambiente e fatores agrônômicos. A saponina é um metabólito secundário e, como tal, está associada à sobrevivência do vegetal, contribuindo com a adaptação dos mesmos aos diferentes ecossistemas, com ação antifúngica e antibacteriana. Os metabólitos secundários representam menos de 1,0% do carbono total do vegetal (Fumagali et al., 2008).

### **2.2.1 Influência da *Yucca schidigera* sobre o consumo e a digestibilidade**

Os ensaios de digestibilidade são ferramentas de grande importância na avaliação e na decisão da inclusão de aditivos em dietas tanto de animais de produção como os de companhia.

Os trabalhos que avaliam a inclusão de *Yucca schidigera* concentram-se, em sua maioria, sobre seu poder redutor do odor fecal. Poucos são os trabalhos que avaliam seu impacto sobre a digestibilidade de nutrientes.

Maia (2008) e Roque et al. (2009a) não encontraram diferenças no coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo, proteína bruta, energia digestível e metabolizável, ao testarem níveis de inclusão de *Yucca schidigera* (0, 125, 250 e 375 ppm) em dietas para cães e gatos, respectivamente. Tanto Maia (2008) como Roque et al. (2009a) não encontraram diferença sobre a palatabilidade dos alimentos com a inclusão do aditivo.

Hauptli & Lovatto (2006), na avaliação da inclusão de saponinas (160 ppm de saponina da mistura de *Yucca schidigera* e *Quillaja saponaria*) nas dietas de porcas em gestação e lactação, não observaram diferença significativa sobre o consumo dos animais, nas duas fases fisiológicas. Porém, os autores relatam um aumento no escore fecal.

Kaya et al. (2006), suplementando cordeiros com *Yucca schidigera* não encontraram diferença no consumo de matéria seca do grupo controle para o grupo suplementado. Já de acordo Milgate & Roberts (1995), em revisão de literatura, a suplementação de dietas com saponinas levaria a uma redução de consumo em suínos e ratos. Hardwood Júnior et al. (1993) avaliaram a motilidade intestinal de camundongos suplementados com compostos da saponina e não constataram tal ação, corroborando com Lowe & Kershaw (1997), que também não observaram aumento na motilidade intestinal de gatos suplementados com saponina.

De acordo com Cheeke (1999), a inclusão de saponina nas dietas pode aumentar a permeabilidade da membrana, corroborando o que foi relatado por Lowe & Kershaw (1997), que citam um aumento na ureia plasmática de gatos alimentados com dietas contendo 125 ppm de *Yucca schidigera*, ocasionado por esse aumento na permeabilidade da membrana. Cheeke (1999) cita, ainda, que o aumento na permeabilidade da membrana facilitaria a entrada de substâncias que seriam impermeáveis, como, por exemplo, um aumento na absorção do fator alergênico beta-lactoglobulina em ratos.

Em relação ao coeficiente de digestibilidade aparente do lipídio, Cheeke (1999) cita efeito negativo da saponina sobre o nutriente, pelo sequestro dos sais biliares, pela saponina (Potter et al., 1980; Calvert et al., 1981; Story et al., 1984), com impactos negativos na emulsificação e na absorção do nutriente em monogástricos. Esses dados corroboram o que foi relatado por Jenkins & Atwal (1994), que encontraram redução no coeficiente de digestibilidade aparente do lipídio em dietas para frangos suplementadas com 0,9% de saponina.

Já em relação aos carboidratos não amiláceos, como o beta-glucano, que leva ao aumento da viscosidade do bolo e à redução na efetividade do ataque enzimático, Cheeke (1999) sugere um aumento na solubilidade do quimo com a inclusão da saponina, pela capacidade de romper a tensão superficial, pela sua característica surfactante. Já em relação à proteína, esta pode ter sua digestibilidade reduzida por um complexo formado entre a saponina e os aminoácidos, dentre eles a glicina, que é o aminoácido mais afetado (Francis et al., 2002).

Para a digestibilidade dos minerais, existem relatos da ligação da saponina aos mesmos, levando a complexo que os indisponibiliza ou a um efeito sobre os transportadores da membrana do enterócito (Cheeke, 1999), podendo, ainda, ocorrer uma obstrução à absorção de micronutrientes pela saponina (Francis et al., 2002).

West et al. (1978) trabalharam com diversas fontes de saponina, dentre elas a *Quillaja saponaria* e raízes e folhas de alfafa, encontrando complexos insolúveis da saponina da raiz da alfafa com o ferro e zinco, sem efeito sobre o magnésio. Estes complexos levariam a uma redução no desempenho de animais de produção.

Omoruyi et al. (2006) avaliaram a ação da suplementação de 1% de saponina sobre a excreção de minerais em ratos, não tendo sido encontradas diferenças sobre a excreção de magnésio, cálcio e zinco. Para o ferro, houve aumento da sua excreção na primeira semana do experimento. O sódio e o potássio também apresentaram diferença significativa, porém, houve uma redução na excreção nos eletrólitos durante todo o período experimental. De acordo com os autores, a falta de resultados sobre cálcio, zinco e magnésio e ação sobre o sódio e o potássio mostra que a saponina pode induzir a mudanças funcionais na membrana, afetando a absorção de minerais em diferentes locais desta.

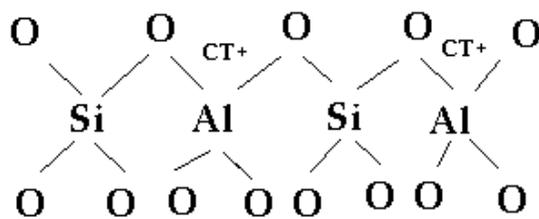
Os efeitos de diferentes fontes de saponina (saponina de soja, leucena e *Gypsophila* sp.) sobre a excreção de ferro e zinco em ratos foram avaliados por Southon et al. (1988). Estes autores citam uma redução na absorção de ferro com inclusão de *Gypsophila* e leucena, sem efeito para a soja. Para a *Gypsophila*, houve a excreção máxima no consumo de 12 mg/refeição, com redução de 17% na absorção. Após esta inclusão, parece ter havido uma saturação no mecanismo, que fez com que a excreção nos níveis crescentes não apresentasse grandes diferenças. Em relação à leucena, no tratamento de 16mg/dia, ocorreu redução da absorção, quando comparada com o tratamento controle. Esta redução foi observada tanto nos animais quando jovens como na maturidade. Já em relação ao zinco, os autores não encontraram diferenças significativas para nenhuma das fontes utilizadas. Isto leva os autores a afirmarem que possíveis alterações nos

transportadores da membrana e no interior do enterócito, ocasionadas pela saponina, podem interferir de forma diferente sobre os minerais.

### 2.3 Zeólita

O termo zeólita é comumente utilizado para designar um grupo de minerais naturais, de origem vulcânica ou sintéticos, que constam de uma combinação tridimensional de tetraedros  $TO_4$  (T = Si, Al, B, Ga, Fe, P, Co), unidos por meio de átomos de oxigênio.

As zeólitas podem ser classificadas em sete grupos, sendo a topologia da estrutura o critério de classificação (Luz, 1995). Nas zeólitas mais comuns, o T é representado pelo Al ou Si e a carga negativa da rede aniônica Al–O–Si é compensada por cátions trocáveis que ocupam sítios específicos nas cavidades e nos canais das zeólitas (Figura 2). Nestes canais e cavidades interconectadas de compensação existem moléculas de água ou outro adsorvatos e sais que conferem às zeólitas uma superfície interna muito grande, comparada à superfície externa.



\*CT – cátions trocáveis/ de compensação

FIGURA 2 Estrutura da zeólita na formação dos canais.

Fonte: Adaptado de Szostak (1989) citado por Lins (2003)

A troca catiônica é o mecanismo de ação conhecido das zeólitas para o desempenho de sua função sobre tratamento de efluentes, na redução de óxido

nítrico na atmosfera, na nutrição animal, na agricultura, em blocos de rochas, em detergentes e na remoção de minerais pesados (Falcão & Paiva, 2005; Fernández, 2004; Maia, 2008; Lins, 2003; Luz, 1995). A substituição do tripolisfosfato de sódio ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) pela zeólita nos detergentes, de acordo com Luz (1995), influencia diretamente o controle de algas. Isso porque o fósforo é um nutriente de grande importância no metabolismo destas, levando a uma alta proliferação e, conseqüentemente, ao consumo excessivo de oxigênio e à posterior produção de metano e dióxido de carbono pela morte das mesmas, levando à morte também de peixes e de outros microrganismos aquáticos.

Lins (2003) afirma que o processo de adsorção caracteriza-se pela transferência de um ou mais constituintes (adsorbatos) de uma fase fluida (adsortivo) para a superfície de uma base sólida (adsorvente), sendo a zeólita o sólido trocador de íons. Seu uso na agricultura repousa também sobre sua ação de desarsorção, pois, por possuírem alta porosidade e capacidade de troca catiônica favorecida pela modificação, pode auxiliar como fertilizante de liberação lenta de nutrientes (Paiva et al., 2004). Sardá (2006) cita que a zeólita favorece a retenção de nutrientes, tais como potássio e nitrogênio e, pela alta capacidade de retenção, é utilizada como condicionador de solo.

A grande capacidade de troca iônica das zeólitas deve-se ao desequilíbrio de cargas que atrairão o cátion mais próximo, de maneira a manter a neutralidade (Luz, 1995). A capacidade de troca está relacionada ao tamanho do poro, à homogeneidade, ao tamanho do cristalino, ao pré-tratamento da zeólita, às condições operacionais, à composição química e à concentração de outros cátions que competem pelos sítios de troca (Pond, 1989; Lima et al., 2008), além da quantidade de alumínio presente na molécula, já que quanto menor a razão sílica/alumínio, maior a capacidade (Luz, 1995; Lins, 2003).

As cargas negativas dos tetraedros  $\text{AlO}_4$  são compensadas pelos cátions alcalinos ou alcalinos terrosos, que podem ser substituídos por outros cátions,

durante o processo de troca iônica (Paiva et al., 2004). Os cátions de compensação são, usualmente, o  $\text{Ca}^{2+}$ , o  $\text{K}^+$  e o  $\text{Na}^+$ , e as moléculas de água ocupam o espaço intercrystalino desses aluminiossilicatos na forma hidratada. O tratamento dessas zeólitas naturais com sódio leva a aumento na capacidade de troca iônica (Lins, 2003), já que visa remover íons específicos de sua estrutura e adicionar certa quantidade de um único íon, para que o material se torne homoiônico, objetivando minimizar a competição entre os cátions (Paiva et al., 2004). De acordo com Luz (1995), o processo de síntese de zeólita sódica pode ser por hidrogel de aluminosilicato, no qual as zeólitas de sódio são formadas a partir de um preparado de aluminato, silicato e uma solução de hidróxido de sódio. Podem também ser formadas pelo processo de conversão do caulim dando, origem a:  $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$  (zeólita A).

Paiva et al. (2004) encontraram aumento de 1,3 vez na capacidade de troca catiônica e 5,4 vezes a adsorção de fosfato de potássio na zeólita tratada, frente à concentrada. Isso porque as zeólitas naturais têm baixa afinidade por ânions, tal como nitrato e fosfato e o tratamento com surfactante (reduzidor da tensão superficial) catiônico altera sua superfície química e induz à reversão da carga elétrica (Dao, 2003). Falcão & Paiva (2005) encontraram aumento de 1,12 a 2,25 vezes a capacidade de troca catiônica na zeólita tratada com NaCl e um tempo de duas horas de contato para início da adsorção significativa e 4 horas para estabilização. Motsi et al. (2009) citam que os primeiros 40 minutos, em geral, correspondem aos 80% da remoção.

A clinoptilolita rica em  $\text{Ca}^{2+}$  apresenta maior seletividade pelo  $\text{K}^+$ , enquanto a tratada com sódio apresenta maior seletividade pelo  $\text{Pb}^{2+}$  (Sardá, 2006). Avaliando o potencial de adsorção de ânions ( $\text{NO}_3^-$  - nitrato e  $\text{PO}_4^{3-}$  - fosfato) pela zeólita natural (clinoptilolita), zeólita surfactante modificada (pelo borato de amônia) e zeólitas sintéticas, Dao (2003) encontrou insignificante ação da zeólita natural sobre a adsorção de ânions, enquanto as demais exibiram

ligação ao nitrato e ao fosfato. Porém, a capacidade teórica máxima de troca catiônica depende da acessibilidade aos sítios catiônicos. Estes valores encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Propriedade das zeólitas.

<b>Zeólita</b>	<b>Razão sílica/alumínio</b>	<b>Capacidade teórica máxima típica (forma sódica – mEq/g)</b>
Chabazita	4,0	4,9
Erionita	6,0	3,8
Analcima	4,0	4,9
Clinoptilolita	10,0	2,6
Mordenita	10,0	2,6
Estilbita	11,4	3,9

Fonte: Breck (1974) citado por Lins (2003)

Lins (2003) encontrou elevação na porcentagem de remoção de zinco e níquel em pH 4,5 frente a pH 3,0, corroborando os dados obtidos por Motsi et al. (2009), que encontraram razão de adsorção proporcionalmente direta ao pH da solução para  $Fe^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ , respectivamente, devido à competição com o íon de  $H^+$ . Estes autores trabalharam com pHs 2,5, 3,5 e 4,5, havendo marcada diferença para os dois primeiros valores.

De acordo com Lima et al. (2008), o destaque que a clinoptilolita vem ganhando, frente a outras zeólitas naturais, pode ser explicado pela preferência desta pelos íons  $NH_4^+$ , comparado com outros cátions, tais como o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  e pelo poder de acomodar bactérias desnitrificantes, completando o processo de remoção do nitrogênio. Os autores citam, ainda, que a seletividade da clinoptilolita segue o esquema:  $Cs^+ > K^+ > NH_4^+ > Sr^{2+} > Na^+ > Ca^{2+} > Fe^{3+} > Al^{3+} > Mg^{2+}$ . O íon  $K^+$  é o principal competidor com o íon  $NH_4^+$  pelos sítios de troca, posto que ambos têm praticamente o mesmo raio iônico e a máxima eficiência de remoção de  $NH_4^+$  é obtida quando os sítios intercambiáveis da clinoptilolita são convertidos para a forma sódica.

Sonnenholzer (2004) cita que o modelo que melhor explica o comportamento do aluminosilicato sobre a amônia é o exponencial, pois os adsorventes são mais eficientes quando há uma elevada concentração de soluto, em relação à quantidade de adsorventes. O autor apresenta a seguinte tabela de relação inclusão de zeólita e total, em gramas, de nitrogênio amoniacal adsorvido, quando mantida a mesma concentração de nitrogênio amoniacal:

TABELA 2 Relação entre zeólita (g) e nitrogênio amoniacal ( $\text{mg/g}^{-1}$ ) adsorvido.

Zeólita (g)	Nitrogênio amoniacal ( $\text{mg/g}^{-1}$ ) adsorvido
1,0	1,53
2,5	1,47
5,0	1,19
7,5	1,02
10,0	0,91
12,5	0,79
15,0	0,70

Fonte: Adaptado de Sonnenholzer (2004)

De acordo com Pond (1989), o raio iônico e o potencial de ionização dos minerais estão intimamente relacionados à capacidade de adsorção destes e à presença de cátions competidores pelos sítios de troca (Lima et al., 2008), corroborando o relatado por Motsi et al. (2009), que citam redução na adsorção de  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ , quando avaliados em soluções simples e mistas, com redução de 33%, 41% e 39%, respectivamente, nas mistas.

### 2.3.1 Efeito da zeólita sobre a digestibilidade de nutrientes

A utilização da zeólita em alimentos para animais de companhia e de produção vem sendo estudada por diversas equipes de pesquisadores há alguns anos e seu efeito sobre a digestibilidade de nutrientes e sua ação sobre a adsorção de minerais pela afinidade iônica devem ser levadas em consideração. Papaioannou et al. (2005) citam, em revisão de literatura, diversos trabalhos

que elucidam a ação adsorviva da zeólita com redução na intoxicação por cádmio e chumbo em ruminantes, com redução dos níveis em 99% e 91% no fluido ruminal, respectivamente, e seletividade da clinoptilolita por céσιο, zircônio e estrôncio. Shurson et al. (1984), avaliando o efeito da clinoptilolita (2,5% a 7,5%) e da zeólita A (1 a 3%) em suínos, encontraram redução linear na retenção de cálcio, fósforo, sódio, potássio e ferro; apenas o zinco não sofreu interferência quando suplementado com zeólita A. Já com o aumento de clinoptilolita na dieta, houve redução linear somente na retenção de fósforo.

Barros et al. (2003), avaliando o efeito da zeólita hidratada com sódio, NaY sintética, sobre o cálcio e o fósforo, para frangos de corte, encontraram troca significativa de sódio e fosfato entre a zeólita e a dieta, quando realizado em pH 2,0. Os autores não observaram degradação da estrutura cristalina do alumínio silicato, indicando que o mineral suporta baixos valores de pH e adsorção de minerais sem alteração de composição. Comparando à inclusão de 75mg a 0,64g de zeólita, os autores encontraram maior adsorção de cálcio no nível mais alto, porém, sem efeito do pH (2,0 e 6,0). Houve elevada adsorção de fósforo com pH 2,0, enquanto para o cálcio não houve alteração. De acordo com os autores, um possível bloqueio dos canais dos cátions compensadores pela ligação do fósforo com o alumínio pode ter ocasionado tal efeito sobre o cálcio no pH mais baixo. Já Papaioannou et al. (2002) citam trabalhos achados de aumento no conteúdo de zinco no fígado e ossos de suínos em crescimento alimentados 0,5% de zeólita NaY (zeólita tratada com NaCl) e redução na concentração plasmática de cálcio e fósforo. Suplementando 2% de clinoptilolita para fêmeas suínas por um longo período (durante a desmame, intervalo desmama-cio, gestação e lactação), estes autores não encontraram ação desta na adsorção de vitamina A e E e sobre, cálcio, fósforo, magnésio, zinco, cobre, sódio e potássio plasmático, em coletas de sangue aos 30 e 90 dias de gestação, no parto e no dia da desmama e em amostras histopatológica dos rins e fígado.

Em ovinos, a intoxicação por cobre é muito comum. Pond (1989), avaliando níveis de proteína e clinoptilolita (0% ou 2%), constataram que, com suplementação de 20 ppm de sulfato de cobre por um período de 12 semanas, houve redução do ganho de peso e do consumo de alimento na presença ou na ausência de clinoptilolita, observando que não houve adsorção do mineral. Porém, a clinoptilolita elevou o ganho de peso dos animais que receberam o nível mais elevado de proteína (9% vs 14%). Para os autores, a razão de clinoptilolita e cobre, assim como a competição entre íons na dieta ou no trato digestivo dos animais, pode ser fator decisivo na retenção do mineral. Eles explicaram que a promoção do ganho de peso em ovinos suplementados com o aluminiossilicato pode ser devido à sua ligação à amônia, protegendo-os da toxicidade.

Papaioannou et al. (2005) citam a adsorção da amônia pela clinoptilolita, podendo esta ação resultar em uma blindagem ao cobre relativa à amônia ou mesmo a outras interações que resultariam em aumento na absorção de cobre, não reduzindo, dessa forma, seu o acúmulo no fígado. Existem diversos relatos de antagonismo entre minerais, com evidências que sugerem a existência da deficiência de cobre em gatos filhotes, induzida pelo zinco (National Research Council - NRC, 2006).

Partindo deste princípio, Ward et al. (1991) citam que um aumento na absorção de zinco em animais tratados com zeólita pode levar à redução na absorção de cobre. Os autores avaliaram a suplementação de zeólita sódica sobre o crescimento e a concentração de mineral em tecidos e ossos de suínos e encontraram aumento na fosfatase alcalina, possivelmente relacionado a dano tecidual ou à remodelagem óssea ou à redução nos níveis séricos do fósforo e, ainda, redução no cálcio plasmático, além de um aumento no conteúdo de zinco no fígado e nos ossos.

Vacas leiteiras são animais com grande susceptibilidade à chamada “febre do leite”, que consiste em uma hipocalcemia pós-parto. A técnica de

manejo usualmente utilizada em vacas pós-parto é a redução dos níveis de cálcio da dieta, visando ao aumento de sua mobilização via PTH (paratormônio). Trabalhando com vacas, Thillsing-Hansen et al. (2002) suplementaram 700 g de zeólita para os animais, encontrando aumento nos níveis plasmáticos de cálcio e vitamina D<sub>3</sub> ativa (1,25 diidroxicolicalciferol) e, em contrapartida, redução no fósforo e magnésio. De acordo com os autores, a redução no fósforo plasmático é explicada pela ligação deste com a zeólita e uma redução pós-parto seria esperada por uma maior excreção, via saliva e urina, pelo aumento do PTH. Além disso, um aumento na vitamina D<sub>3</sub> ativa levou a uma maior absorção de cálcio e a uma hipofosfatemia. Do mesmo modo, Grabherr et al. (2009) suplementaram zeólita A para vacas em gestação, até duas semanas após o parto e encontraram redução nos casos de hipocalcemia dos animais que receberam as maiores dosagens do aditivo (23 e 43 g/kg de matéria seca), assim como redução nos níveis plasmáticos de fósforo e magnésio.

Thillsing-Hansen et al. (2002) citam que, em pH<4,0, a zeólita A pode ser hidrolizada em ácido sílico, aluminiossilicato amorfo e alumínio, contrariando os achados de Barros et al. (2003). De acordo com Shurson et al. (1984), a clinoptilolita é mais estável no pH baixo do estômago, quando comparada à zeólita A. Avaliando o valor biológico do alumínio e do sílcio presente na zeólita A para cães, com objetivando o tratamento da osteoporose, pela proliferação de osteoblastos, Cefali et al. (1996) encontraram valor de absorção do sílcio variando de 2,33% a 3,44% e, para o alumínio, de 0,023% a 0,032%. Turner et al. (2008) suplementaram bezerros com 0,05% do peso vivo com aluminiossilicato hidratado de sódio hidrolisado a ácido sílico, alumínio silicato amorfo e alumínio. Foram encontradas diferenças significativas, como aumento do osso cortical, cartilagem da articulação e conteúdo de alumínio, porém, não foram encontradas diferenças significativas de osteocalcina (proteína secretada pelos osteoblastos, com papel importante sobre a mineralização óssea).

Dessa forma, os autores citam haver um aumento na taxa de renovação óssea sem comprometimento da resistência. Shurson et al. (1984) citam que o alumínio presente na zeólita hidrolisada pode interferir diretamente na absorção do cálcio e do fósforo.

Hauschild et al. (2007), trabalhando com organoaluminiossilicato (0,3%) e zearalenona para suínos, não encontraram diferença na relação ingerido/excretado do fósforo, o que pode ser explicado pela baixa inclusão do elemento nas dietas. Porém, os autores citam que os organoaluminiossilicatos formam complexos com os ácidos biliares, levando a uma redução na digestibilidade de lipídios.

## **2.4 Mecanismos de absorção de macro e microminerais**

A disponibilidade biológica dos minerais é definida como a capacidade dos minerais de suportar os processos fisiológicos em um animal (Sakamura & Rostagno, 2007). Sakamura & Rostagno (2007) apontam a excreção endógena como o principal entrave na avaliação da biodisponibilidade dos minerais, porém, o coeficiente de digestibilidade aparente como a forma mais comum de avaliá-los.

### **2.4.1 Cálcio e fósforo**

De acordo com McDowell (1992), diversos fatores estão relacionados com a absorção de cálcio e fósforo. Dentre eles, a relação dos mesmos presentes nas dietas e a presença de vitamina D. Em relação à vitamina D, o colecalciferol ( $D_3$ ) é a forma mais bioativa para animais, em comparação ao ergocalciferol ( $D_2$ ). A vitamina  $D_3$  sofre a primeira hidroxilação no fígado na posição 25, gerando o 25 hidroxicalciferol. Este, por sua vez, sofre uma segunda hidroxilação no rim, que pode ser na posição 24 ou 1, sendo a primeira de baixa atividade e a segunda ativa. O  $1,25 (OH)_2D$  (diidroxicalceferol) está

intimamente relacionado com a síntese de proteína carreadora de cálcio no enterócito e a reabsorção intestinal e renal do mineral (Swenson & Reece, 1996; Grudtner et al., 1997).

Para Grudtner et al. (1997), o cálcio é solúvel em meio ácido; em pH alcalino, precipita e, para manter-se em suspensão no conteúdo intestinal, está preso a ligandinas (grupo carboxil ou grupos amino de proteínas e grupos quelados em cofatores ou enzimas). A secreção normal gástrica (pH 1 a 2) é suficiente para liberar o mineral da ligandina em troca do  $H^+$ . Em meio alcalino há aumento na ligação cálcio-fosfato, formando fosfato de cálcio, que é insolúvel e eliminado pelas fezes.

Hazewinkel et al. (1991) avaliaram o efeito de diferentes relações Ca:P em Dogues Alemães (cães de crescimento explosivo) e puderam comprovar que, em dietas com baixo cálcio, há aumento na secreção de PTH e uma longa exposição a este hormônio levaria a um aumento na síntese renal de calcitriol (1,25 diidroxicolciferol), resultando em um aumento na absorção de cálcio e fósforo. Dessa forma, animais que recebem baixo cálcio aumentam sua absorção, quando comparados aos animais que recebem dietas com nível ideal do mineral. Avaliando animais que receberam alto cálcio e baixo fósforo e os que receberam alto cálcio e alto fósforo, os autores citam tendência à hipofosfatemia nos primeiros e mecanismo de absorção inverso ao anterior, porém, de forma mais efetiva para os animais que recebem dietas com alto cálcio e alto fósforo. Os mesmos autores citam que a redução na absorção dos animais que receberam alto cálcio ocorreu apenas após a 20<sup>a</sup> semana (5 meses) de vida, pois filhotes com idade inferior a 5 meses têm transporte de cálcio majoritariamente passivo. Os autores observaram absorção de 45%-66% para o grupo controle (nível ideal), de 23%-43% para os que receberam alto cálcio e de 70%-97% para os que receberam baixo cálcio. Para os autores, cães de raças

grandes e gigantes, quando alimentados cronicamente com dietas de alto cálcio, apresentam falha no mecanismo de proteção de largas absorções do mineral.

Hazewinkel et al. (1991) citam que a absorção de cálcio ocorre no duodeno, tanto por proteína transportadora como também por difusão passiva. Em relação ao transporte por proteína carreadora, Grudtner et al. (1997) citam que, até 1970, pensava-se que fosse a fosfatase alcalina intestinal a grande responsável, porém, foi constatada a ação no estímulo à síntese e na fixação do calcitriol sobre a *calbindin* (CaBP) no enterócito e esta, sim, relacionada à absorção de cálcio. Os autores citam, ainda, que a vitamina D interage na membrana plasmática da borda em escova, cuja camada lipídica tem baixa permeabilidade a íons bivalentes e trivalentes, e a vitamina atua abrindo os canais de cálcio.

O fósforo apresenta maior absorção no jejuno, seguido do duodeno, com mínimo valor no íleo. Seu transporte é realizado por difusão passiva ou cotransporte com sódio (Oliveira, 2007). Borowitz & Ghishan (1989), em estudo *in vitro* com membrana isolada da borda em escova, também demonstraram transporte passivo e cotransporte com sódio (sendo o transporte de cada fosfato realizado pelo cotransporte de duas moléculas de sódio), ambos sendo mais eficientes em pH 6,1 em relação ao pH 7,4.

Segundo o NRC (2006), em cães, a absorção de fósforo também reduz com o aumento da concentração do mineral nas dietas e apresenta grande variação em sua absorção. Em relação aos felinos, o compêndio apresenta trabalhos nos quais a redução nos níveis de cálcio levou ao aumento na absorção de fósforo (chegando a 77%), tendo animais que receberam dietas com relação Ca:P de 1:1 apresentado absorção aparente superior a 50% e aqueles com relação de 4:1, sinais de deficiência de fósforo.

De acordo com Oliveira (2007), é de grande importância a avaliação das matérias-primas utilizada nas dietas, já que as fontes vegetais apresentam alta

proporção de fitatos (ácido fítico e hexafosfato de mioinositol), os quais reduzem a biodisponibilidade dos minerais, principalmente cálcio, fósforo e magnésio. A absorção de fósforo é influenciada, ainda, pela idade do animal, o pH intestinal, e outros minerais presentes na dieta. Ferro, magnésio e alumínio interferem na absorção de fósforo pela formação de fosfatos insolúveis e estes fosfatos, por sua vez, se complexam ao cálcio, reduzindo sua biodisponibilidade. Em relação à redução na absorção de cálcio, pode ocorrer tanto quando combinado com o ácido oxálico, como pela formação de sabões insolúveis com os ácidos graxos presentes nas dietas (McDowell, 1992). Porém, para o NRC (2006), em dietas com 3,0% ou 20% de gordura, a absorção de cálcio e fósforo não é afetada.

#### **2.4.2 Magnésio**

Segundo McDowell (1992), o intestino delgado é o maior local de absorção do mineral, sendo 50% dele absorvido no duodeno e na porção inicial do jejuno. De acordo com o autor, sua absorção pode ocorrer tanto por difusão passiva como no intestino delgado proximal, por um sistema mediado por carreadores.

De acordo com o NRC (2006), em gatos, a alta concentração de cálcio e fósforo reduziria a sua absorção, assim como a idade. O compêndio traz redução de 56% para 15% na absorção de animais com quatro e dez meses de idade, respectivamente.

A redução de pH facilitaria a absorção do mineral, entretanto, em cães, poucos dados estão disponíveis com relação à sua biodisponibilidade. Contudo, o NRC (2006) traz citações de absorção aparente de 23%.

Fatores que afetem sua ionização, complexos formados e altos níveis de gordura, cálcio, fósforo, ferro e potássio na dieta reduzem sua biodisponibilidade, sendo o fósforo pela formação de complexos insolúveis e o

cálcio, por competição pelos sítios de ligação na membrana. Em contrapartida, o sódio e a vitamina D aumentariam sua absorção (McDowell, 1992). De acordo com o autor, sua excreção é, primariamente, urinária.

### **2.4.3 Sódio**

O sódio apresenta alta absorção, segundo o NRC (2006), chegando próximo de 100%. É absorvido em grande parte no intestino delgado proximal (McDowell, 1992). O autor cita, como sistema de transporte pela membrana do enterócito, a difusão passiva. A concentração interna de sódio da célula é mantida em nível muito baixo e isso se deve à bomba de sódio e potássio, a qual bombeia sódio ativamente para o sangue, contra um gradiente de concentração dez vezes maior (Swenson & Reece, 1996).

A excreção é urinária com baixíssima quantidade nas fezes, a não ser em caso de diarreia (McDowell, 1992).

### **2.4.4 Potássio**

Assim como o sódio, o potássio também apresenta alta biodisponibilidade e apresenta absorção por difusão passiva, que ocorre, principalmente, no intestino delgado proximal, sendo, porém, visualizada também no distal e no intestino grosso (McDowell, 1992). De acordo com Swenson & Reece (1996), em condições normais, o cólon proximal secreta o potássio, enquanto o cólon distal absorve.

Em relação ao coeficiente de digestibilidade verdadeira, McDowell (1992) cita valores ao redor de 95%, próximos aos achados de Malafaia & Ribeiro (2002), entre 84,6%-87,1%, em cães que receberam suplementação de fibra na dieta. Já em relação à excreção, McDowell (1992) cita que as fezes têm baixo potássio, sendo a excreção do mineral urinária.

### 2.4.5 Ferro

McDowell (1992) cita que fatores como a idade, o *status* de ferro no organismo, a saúde, o nível e a fonte dietética são de grande importância na avaliação da absorção do mineral.

O  $\text{Fe}^{3+}$  (ferro férrico) apresenta menor biodisponibilidade que o  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro ferroso). De acordo com Ezquer et al. (2006), o ferro férrico é reduzido pela enzima DcytB a ferro ferroso e é, então, transportado pelo carreador divalente DMT-1. Dentro da célula, é armazenado na forma de ferritina (Figura 3) ou se liga à transferrina, processo este que ocorre quando a membrana está saturada com ferritina.

Em relação à recirculação de ferro, McDowell (1992) cita que o elemento oriundo dos eritrócitos senescentes é estocado na forma de ferritina ou retorna à circulação e que a perda endógena do mineral é muito baixa, em torno de 3%.

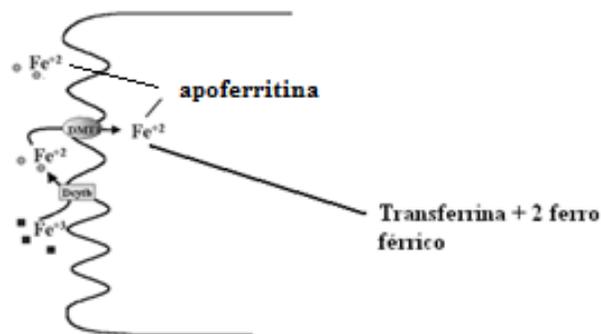


FIGURA 3 Esquema de absorção do ferro  
Fonte: Adaptado de Ezquer et al. (2006) e McDowell (1992).

O NRC (2006) afirma que absorção de ferro presente das carnes e sangue pode ser reduzida pela presença do cálcio e pela competição pelo sítio de

absorção. Em cães adultos alimentados com dietas baseadas em carne bovina e proteína de soja, o compêndio cita absorção aparente de ferro entre 6,2% e 14,8%; já cães filhotes, o valor foi próximo de 100%.

McDowell (1992) e Swenson & Reece (1996) citam que a redução do pH (entre 2, e 3,5), com a conseqüente ionização, assim como a cisteína e o ácido ascórbico, aumenta a absorção do mineral, bem como os ácidos orgânicos (lático, pirúvico e cítrico) e açúcares (frutose), provavelmente pela formação de quelatos solúveis.

De acordo com McDowell (1992), ratos em status normal de ferro apresentam absorção na ordem de 7%-10%, enquanto animais com deficiência de ferro apresentam absorção de 80%. Cobre, zinco, cálcio e manganês aumentam o requerimento do mineral, pela competição pelos sítios de ligação e fósforo pela formação dos fosfatos.

#### **2.4.6 Manganês**

Poucos dados são encontrados em relação à absorção e os mecanismos pelos quais esta ocorre com o manganês. O mineral é absorvido por toda a extensão do intestino delgado, pela passagem rápida do mesmo pela membrana. Dessa forma, pode-se presumir que há uma difusão passiva (McDowell, 1992).

Porém, são citados baixos valores em ratos alimentados com dietas contendo manganês marcado, com absorção verdadeira ente 3%-4%. Já a absorção aparente para frangos foi de 0,1% (McDowell, 1992). Em relação aos dados de biodisponibilidade para animais de companhia, o NRC (2006) traz apenas uma citação de estimativa de absorção aparente em cadelas e filhotes lactentes, de 10%. Cálcio, fósforo e ferro são os principais minerais que interferem diretamente sobre a absorção do manganês, sendo os dois primeiros por competição pelo sítio de ligação (McDowell, 1992).

#### **2.4.7 Cobre**

O cobre é absorvido principalmente no duodeno (McDowell, 1992; Pedroza & Cozzolino, 1999), na forma divalente ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Sua absorção se dá por difusão passiva e transporte por proteína carreadora, a metalotioneína, e sua necessidade regula sua absorção (McDowell, 1992). Essa afirmativa discorda da de Pedroza & Corzzolin (1999) que citam que o cobre dietético não é indutor da síntese de metalotioneína intestinal, sendo improvável a regulação hormonal da absorção de cobre em resposta a mudanças de suplementação dietética. Os autores citam que o zinco induz a síntese dessa proteína, o que promove um aumento na ligação de cobre, porém, o cobre ligado desta forma fica retido e, conseqüentemente, indisponível para o plasma.

O NRC (2006) cita valores de absorção de 30% em cadelas gestantes e de 55%-75% em humanos e ratos. Já McDowell (1992) faz menção a valores de 5%-10% para animais adultos e de 15-30% para jovens, porém, o autor não cita as espécies avaliadas. Tanto cálcio, ferro, cádmio, molibdênio e fitatos na dieta, assim como o zinco que compete pela mesma proteína carreadora, reduzem sua absorção (McDowell, 1992).

#### **2.4.8 Zinco**

A absorção do zinco ocorre, principalmente, no intestino delgado, no duodeno, sendo o transporte realizado principalmente por carreadores presentes na membrana, pela formação de quelatos, pela metalotioneína, proteína de ligação produzida pelo fígado (McDowell, 1992). Henriques et al. (2003) citam que o transporte de zinco é realizado também por difusão passiva e, já dentro da célula, o elemento é regulado por proteínas que ligam metais, como as metalotioneínas e as proteínas ricas em cisteína (CRIPs), que funcionam como enzimas de transporte intracelular. A metalotioneína inibe a absorção de zinco,

regulando a ligação do metal a CRIP, funcionando como uma espécie de marcapasso. Os autores citam, ainda, como transportadores de membrana, ZnT-1, ZnT-2, ZnT-3 e ZnT-4.

De acordo com Swenson & Reece (1996), a absorção do zinco é baixa; já para o NRC (2006), em cadelas e filhotes lactentes, situa-se ao redor de 25%-40%, valor muito inferior ao encontrado por França et al. (2008), que avaliaram zinco-metionina, sulfato de zinco e óxido de zinco para gatos e não encontraram diferença na absorção, que ficou entre 87,14% e 88,55%. Em relação aos fatores que reduzem sua biodisponibilidade, McDowell (1992) cita fitatos e argilas, como a zeólita, assim como o seu conteúdo na dieta, uma vez que o aumento do consumo do mineral leva a um aumento na excreção endógena. Já em relação aos demais minerais da dieta, o autor cita redução na absorção com elevados níveis de fósforo, cálcio, cobre e cromo.

O balanço cátion-aniônico da dieta está intimamente relacionado ao pH urinário de cães e gatos. Com isso, possíveis inter-relações entre os aditivos (*Yucca schidigera* e zeólita) com os minerais da dieta podem interferir de forma direta sobre o pH urinário, conseqüentemente, levando à urolitíase.

## **2.5 Relação entre o pH urinário e os minerais da dieta**

A urina é uma solução complexa e um meio eficiente para a eliminação de produtos do organismo. Por meio dela são excretados produtos do metabolismo proteico, minerais e água, tendo íntima relação com o equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, com o pH urinário (Carciofi, 2009 citado por DiBartola, 2006; Carciofi, 2007).

A urolitíase é comumente diagnosticada nas clínicas veterinárias. Em diversos trabalhos publicados, é avaliada, principalmente, a matéria-prima da dieta, assim como sua composição mineral e seu impacto sobre o balanço ácido-base. Carciofi (2007) cita, em sua revisão, o trabalho de Carmargo (2004), que

avaliou 105 casos de urolitíase e encontrou que 24,14% dos urólitos de cães eram mistos de estruvita e oxalato de cálcio, 24,14% mistos de estruvita, oxalato de cálcio e hidroxiapatita, 14,94% urólito puro de oxalato de cálcio e 12,64% urólitos de estruvita. Os urólitos de estruvita estão presentes em pH alcalino e o de oxalato de cálcio encontra-se em pH urinário ácido.

Diversas pesquisas avaliaram o consumo de água em gatos em busca de explicações sobre seu efeito no pH urinário e a incidência dos urólitos. Trabalhando com cães, Stevenson et al. (2003) basearam-se em estudos em humanos que citam, como estratégia na prevenção da urolitíase por oxalato de cálcio, além do aumento no volume urinário, a redução de sódio na dieta, pois, de acordo com os autores, altos níveis de sódio levariam a aumento na excreção de cálcio, por uma inibição na reabsorção renal deste. Trabalhando com cães da raça Schnauzer miniatura, animais com grande propensão à urolitíase, com dieta seca e hidratada, os mesmos autores não observaram alteração sobre o pH, porém, encontraram redução na densidade da urina e na excreção de oxalato dos cães, quando ingerem dietas hidratadas, em comparação à seca. Estes animais também apresentaram aumento do consumo da água total nas dietas hidratadas. Já em relação ao sódio, não foram observadas diferenças sobre os parâmetros avaliados.

Existe correlação altamente significativa entre excesso de bases (soma dos cátions com capacidade alcalinizante – cálcio, magnésio, sódio e potássio e a diferença da soma dos acidificantes – fósforo, cloro, enxofre, metionina e cisteína) e a média de pH urinário. Yamka & Mickelsen (2006) delinearam equações de predição de pH urinário para cães alimentados com dieta seca e úmida. Foram geradas três equações: a primeira para os dois tipos de alimentos (1), a segunda, para alimentos úmidos (2) e a terceira, para alimentos secos (3):

- 1) pH:  $7,30 + (0,54 \times \text{Na}) + (0,63 \times \text{K}) - (0,53 \times \text{Cl}) - (1,67 \times \text{S}) - (0,61 \times \text{P}) + (2,07 \times \text{cisteína})$
- 2) pH:  $6,97 + (1,37 \times \text{Na}) + (1,24 \times \text{K}) - (0,98 \times \text{Cl}) - (3,19 \times \text{S}) - (0,58 \times \text{P}) + (1,06 \times \text{metionina}) + (1,03 \times \text{cisteína})$
- 3) pH:  $8,09 - (1,15 \times \text{S}) - (0,5 \times \text{P}) - (0,16 \times \text{metionina})$

Porém, todas as equações delineadas pelos autores apresentaram  $R^2$  baixo (14%, 24% e 16%, respectivamente) com baixa acurácia. Entretanto, a mesma autora, quando delineou equação para gatos, encontrou um  $R^2$  (49%) mais alto e influencia do cálcio e do magnésio sobre o pH urinário. Os autores citam que o  $R^2$  baixo, principalmente na equação geral e na de alimentos secos, deve-se à estreita variação que há nesta variável, sendo que 80% das mensurações de pH geral estava entre 6,9 e 7,5. Os autores citam, ainda, que pH acima de 6,8 é predisponente de urólitos de estruvita, enquanto abaixo de 6,5 predispõe o oxalato de cálcio. E, enquanto machos são mais suscetíveis a oxalato, as cadelas são mais à estruvita.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, S. E. C.; CURVELLO, F. A.; MACHADO JÚNIOR, H. F.; GOMES, A. V. C. Efeitos “in vitro” da zeólita NaY sobre fontes de cálcio e fósforo em rações para frangos de corte. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Itaquai, v. 22, n. 2, p. 89-95, dez. 2003.

BOROWITZ, S. M.; GHISHAN, F. K. Phosphate transport in human jejunal brush-border membrane vesicles. **Gastroenterology**, Philadelphia, v. 96, n. 1, p. 4-10, Jan. 1989.

ÇABUK, M.; ALÇIÇEK, A.; BOZKURT, M.; AKKAN, S. Effect of Yucca schidigera and natural zeolite on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, Pakistan, v. 3, n. 10, p. 651-654, 2004.

CALVERT, G. D.; BLIGHT, L.; ILLMAN, R. J.; TOPPING, D. L.; POTTER, J. D. A trial of the effects of soyabean flour and soyabean saponins on plasma lipids, faecal bile acid and neutral sterols in hypercholesterolemic men. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 45, n. 2, p. 277-281, Mar. 1981.

CAMARGO, C. P. **Aspectos clínicos e epidemiológicos de urolitíases em cães e gatos assistidos pelo serviço de nefrologia e urologia da UNESP de Jaboticabal**. 2004. 55 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

CARCIOFI, A. C. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 235-249, jul. 2007. Suplemento.

CARCIOFI, A. C.; JEREMIAS, J. T. Formulação de macroelementos e pH urinário de cães e gato. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 1., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2007. p. 235-249.

CEFALI, E. A.; NOLAN, J. C.; MCCONNELL, W. R.; WALTERS, D. L. Bioavailability of silicon and aluminum from Zeolite a in dogs. **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 127, n. 2, p. 147-154, Feb. 1996.

CHEEKE, P. R. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 1-10, Jan. 1999. Supplement.

DAO, T. H. Competitive anion sorption effects on dairy wastewater dissolved phosphorus extraction with zeolite-based sorbents. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 1, n. 3/4, p. 236-269, July 2003.

DIBARTOLA, S. P. **Fluid therapy in small animal practice**. Philadelphia: W. B. Saunders, 2006. 719 p.

DI FILIPPO, P. A.; SANTANA, A. E.; PEREIRA, G. T. Equilíbrio ácido-base e hidroeletrolítico em eqüinos com cólica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1003-1009, jul. 2008.

EZQUER, F.; NUNEZ, M. T.; ROJAS, A. Hereditary hemochromatosis: an opportunity for gene therapy. **Biological Research**, Santiago de Chile, v. 39, n. 1, p. 113-124, 2006.

FALCÃO, G. F.; PAIVA, P. R. P. Caracterização da zeolita e sua aplicação como adsorvente de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2005. CD-ROM.

FELTRE, R. **Fundamentos da química**. São Paulo: Moderna, 1990. 554 p.

FERNANDÉZ, J. C. T. **Seletividade da Clinoptilolita natural por metais tóxicos em sistemas aquosos**. 2004. 170 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

FRANÇA, J.; SAAD, F. M. O. B.; SILVA JUNIOR, J. W.; NUMAJIRI, L. N.; PINTO, A. B.; CHIZZOTTI, A. F. Fontes suplementares de zinco para gatos adultos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 9, n. 3, p. 449-459, 2008.

FRANCIS, G.; KEREM, Z.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems: a review. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 88, n. 6, p. 587-605, Dec. 2002.

FUMAGALI, E.; GONÇALVES, R. A. C.; MACHADO, M. F. P. S.; VIDOTI, G. J.; OLIVEIRA, A. J. B. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: o exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 627-641, out./dez. 2008.

GIFFARD, C. J.; COLLINS, S. B.; STOODLEY, N. C.; BUTTERWICH, R. F.; BATT, R. M. Administration of charcoal, *Yucca schidigera* and zinc acetate to reduce malodorous flatulence in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 218, n. 6, p. 892-896, Mar. 2001.

GRABHERR, H.; SPOLDERS, M.; FÜRLI, M.; FLACHOWSKY, G. Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 93, n. 2, p. 221-236, Apr. 2009.

GRÜDTNER, V. S.; WEINGRILL, P.; FERNANDES, A. L. Aspectos da absorção no metabolismo do cálcio e vitamina D. **Revista Brasileira de Reumatologia**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 143-151, maio/jun. 1997.

HARWOOD JÚNIOR, J. H.; CHANDLER, C. E.; PELLARIN, L. D.; BANGERTER, F. W.; WILKINS, R. W.; LONG, C. A.; COSGROVE, P. G.; MALINOW, M. R.; MARZETTA, C. A.; PETTINI, J. L.; SAVOY, Y. E.; MAYNE, J. T. Pharmacologic consequences of cholesterol absorption inhibition: alteration in cholesterol metabolism and reduction in plasma cholesterol concentration induced by the synthetic saponin beta-tigogenin cellobioside (CP-88818; tiqueside). **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 34, n. 3, p. 377-395, Mar. 1993.

HAUPTLI, L.; LOVVATO, P. A. Alimentação de porcas gestantes e lactantes com dietas contendo saponinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 610-616, mar./abr. 2006.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; CARVALHO, A. D. A.; GARCIA, G. G.; MALMANN, C. A. Digestibilidade e metabolismo de dietas de suínos contendo zearalenona com adição de organoaluminossilicato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 219-224, fev. 2007.

HAZEWINKEL, H. A. W.; BROM, W. van den; VAN'T KLOOSTER, A.; VOORHOUT, G.; WEES, A. van. Calcium metabolism in great dane dogs fed diets with various calcium and phosphorus levels. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 1, p. 99-106, Jan. 1991.

HENRIQUES, G. S.; HIRATA, M. H.; COZZOLINO, S. M. F. Aspectos recentes da absorção e biodisponibilidade do zinco e suas correlações com a fisiologia da isoforma testicular da enzima conversora de Angiotensina. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 333-345, jul./set. 2003.

JENKIS, K. J.; ATWAL, A. S. Effects of dietary saponins on fecal bile acids and neutral sterols, and availability of vitamins A and E in the chick. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 5, n. 3, p. 134-147, Mar. 1994.

KAYA, S.; KESSKIM, M.; GUL, S. Effects of *Yucca schidigera* extract (Dk 35 powder) on awassi lambs performance. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Antakaya, v. 5, n. 1, p. 57-59, 2006.

KIM, K-I.; LEE, W-S.; BENEVENGA, N. L. Feeding diets containing high levels of milk products or cellulose decrease urease activity and Ammonia production in rat intestine. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, n. 7, p. 1186-1191, July 1998.

LEACH JÚNIOR, R. M.; HEINRICHS, B. S.; BURDETTE, J. Influence of zeolite on growth rate and parameters of bone metabolism. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 9, p. 1539-1543, Sept. 1990.

LEFCOURT, A. M.; MEISINGER, J. J. Effect of adding alum or zeolite to dairy slurry on ammonia volatilization and chemical composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 84, n. 8, p. 1814-1821, Aug. 2001.

LIMA, R. M. G.; WILDHAGEN, G. R. S.; CUNHA, J. W. S. D. Remoção de íon amônia de águas produzidas na exploração de petróleo em áreas *offshore* por adsorção em clinoptilolita. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1237-1242, maio 2008.

LINS, F. A. **Remoção de níquel e zinco utilizando zeólita natural estilbita através do processo de troca iônica**. 2003. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LOWE, J. A.; KERSHAW, A. S. The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. **Research in Veterinary Science**, London, v. 63, n. 1, p. 61-66, July/Aug. 1997.

LUZ, A. B. **Zeólitas: propriedades e usos industriais**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1995.

MAIA, G. V. C. **Zeólitas (Clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MALAFAIA, M. I. F. R.; RIBEIRO, M. D. Consumo e digestibilidade aparente de minerais em dietas para cães contendo polpa de citrus e folhas de alfafa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 863-867, set./out. 2002.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. London: Academic, 1992. 524 p.

MILGATE, J.; ROBERTS, D. C. K. The nutritional and biological significance of saponins. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 15, n. 8, p. 1223-1249, Aug. 1995.

MOTSI, T.; ROWSON, N. A.; SIMMONS, M. J. H. Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite. **International Journal of Mineral Processing**, Amsterdam, v. 92, n. 1/2, p. 42-48, July 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academy of Science, 2006. 398 p.

OLIVEIRA, T. C. Fósforo: função, metabolismo e recomendação. **Revista Digital de Nutrição**, Ipatinga, v. 1, n. 1, p. 1-24, ago./dez. 2007.

OMORUYI, F. O.; MCANUFF-HARDING, M.; ASEMOTA, H. N. Intestinal lipids and minerals in streptozotocin-induced diabetic rats fed bitter yam (*Dioscorea polygonoides*) saponin extract. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, Karachi, v. 19, n. 4, p. 269-275, Oct. 2006.

PAIVA, P. R. P.; MONTE, M. B. M.; DUARTE, A. C. P.; SALIM, H.; BARROS, F. S. Aplicação de zeolita natural como fertilizante de liberação lenta. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALÚRGICA EXTRATIVA, 20., 2004, Florianópolis. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2004. p. 1-11.

PAPAIOANNOU, D.; KATSOULOS, P. D.; PANOUSIS, N.; KARATZIAS, H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: a review. **Microporous and Mesoporous Materials**, Amsterdam, v. 84, n. 1/3, p. 161-170, Sept. 2005.

PAPAIOANNOU, D.; KYRIAKIS, S. C.; PAPASTERIADIS, A.; ROUMBIES, N.; YANNAKOPOULOS, A.; ALEXOPOULOS, C. Effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on certain vitamin, macro and trace element concentrations in the blood, liver, and kidney tissues of sows. **Research in Veterinary Science**, London, v. 72, n. 1, p. 61-68, Feb. 2002.

PEDROZZA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F. Alterações metabólicas e funcionais do cobre em diabetes mellitus. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 213-224, set./dez. 1999.

PIACENTE, S.; PIZZA, C.; OLESZEK, W. Saponins and phenolics of *Yucca schidigera* Roelz: Chemistry and bioactivity. **Phytochemistry Reviews**, Dordrecht, v. 4, n. 2/3, p. 177-190, July 2005.

POND, W. G. Effects of dietary protein level and clinoptilolite on the weight gain and liver and mineral response of growing lambs to copper supplementation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 10, p. 2772-2781, Oct. 1989.

POTTER, J. D.; ILLMAN, R. J.; CALVERT, G. D.; OAKENFULL, D. G.; TOPPING, D. L. Soya saponins, plasma lipids, lipoproteins and fecal bile acids-a double blind cross-over study. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 22, p. 521-528, 1980.

PRESTON, R. L.; BARTLE, S. J.; MAT, T.; GOODALL, S. R. Influence of sarsaponin on growth, feed and nitrogen utilization in growing male rats fed diets with added urea or protein. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 2, p. 481-487, Aug. 1987.

ROQUE, N. C.; SAAD, F. M. O. B.; CHIZZOTTI, A. F.; SILVA, R. C.; EBINA, F. S.; FERREIRA, L. G. Digestibilidade e palatabilidade de níveis crescentes de *Yucca schidigera* e Zeólita em gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 1., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2009a. p. 119-120.

ROQUE, N. C.; SANTOS, J. P. F.; JOSÉ, V. A.; SAAD, F. M. O. B.; AQUINO, A. A.; ABREU, M. P. M. Efeitos do extrato de *Yucca schidigera* e Zeólita sobre odor e escore fecais de gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 1., 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2009b. p. 121-122.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.

SANTOS, J. P. F. **Consumo voluntário de gatos adultos e análise das variáveis envolvidas na decisão de compra de alimentos comerciais - uma visão industrial**. 2008. 90 p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade São Marcos, São Paulo.

SARDÁ, L. G. **A utilização de zeólita na remoção de nutrientes do efluente de dejetos suínos**. 2006. 40 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**, Versão 9.1.1. Cary, 2004.

SHURSON, G. C.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. T. Effects of zeolite a or clinoptilolite in diets of growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 6, p. 1536-1545, Dec. 1984.

SPARG, S. G.; LIGHT, M. E.; STADEN, J. van. Biological activities distribution of plant saponins. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 94, n. 2/3, p. 219-243, Oct. 2004.

SONNENHOLZER, S. **Ensayo de remoción de amonio por mineral zeolita: efecto del radio del soluto (amonio) com respecto al absorbente (zeolita)**. Equador: Fundação Cenaim, 2004. (Cenaim Informa – Boletín Informativo, v. 110).

SOUTHON, S.; WRIGHT, A. J. A.; PRICE, K. R.; FAIRWEATHER-TAIT, S. J.; FENWICK, G. R. The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 59, n. 3, p. 389-396, May 1988.

STEVENSON, A. E.; HYND, W. K.; MARKWELL, P. J. Effect of dietary moisture and sodium content on urine composition and calcium oxalate relative supersaturation in healthy miniature schnauzers and labrador retrievers. **Research in Veterinary Science**, London, v. 74, n. 2, p. 145-151, Apr. 2003.

STORY, J. A.; LEPAGE, S. L.; PETRO, M. S.; WEST, L. G.; CASSIDY, M. M.; LIGHTFOOT, F. G.; VAHOUNY, G. V. Interactions of alfalfa plant and sprout saponins with cholesterol *in vitro* and in cholesterol-fed rats. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 39, n. 6, p. 917-929, June 1984.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. N. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 1996. 856 p.

THILSING-HANSEN, T.; JORGENSEN, R. J.; ENEMARK, J. M. D.; LARSEN, T. The effect of Zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1855-1862, July 2002.

THOMPSON, G. R.; GRUNDY, S. M. History and development of plant sterol and stanol esters for cholesterol-lowering purposes. **The American Journal of Cardiology**, New York, v. 96, n. 1, p. 3-9, July 2005.

TURNER, K. K.; NIELSEN, B. D.; O'CONNOR-ROBISON, C. I.; ROSENSTEIN, D. S.; MARKS, B. P.; NIELSEN, F. H.; ORTH, M. W. Sodium Zeolite A supplementation and its impact on the skeleton of dairy calves. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 121, n. 2, p. 149-159, Feb. 2008.

URBANO, M. R. D.; VITALE, M. S. S.; JULIANO, Y.; AMANCIO, O. M. S. Ferro, cobre e zinco em adolescentes no estirão pubertário. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 327-334, jul./ago. 2002.

WARD, T. L.; WATKINS, K. L.; SOUTHERN, L. L.; HOYT, P. G.; FRENCH, D. D. Interactive effects of sodium zeolite-A and copper in growing swine: growth, and bone and tissue mineral concentrations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 2, p. 726-733, Feb. 1991.

WEST, L. G.; GREGER, J. L.; WHITE, A.; NONNAMAKER, B. J. In vitro studies on saponin-mineral complexation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 4, p. 1342-1343, July 1978.

YAMKA, R. M.; MICKELSEN, S. L. The prediction of urine pH using dietary cations and anions in dogs fed dry and wet foods. **Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, Newtown, v. 4, n. 4, p. 355-361, 2006.

**CAPÍTULO 2: Inclusão de *Yucca schidigera* e zéolita (clinoptilolita) em alimentos comerciais para cães e seus efeitos sobre a excreção de macro e microminerais e o pH urinário**

## 1 RESUMO

É crescente a tendência de incluir aditivos em alimentos para animais de companhia, principalmente os redutores de odor fecal. Com isso, a avaliação dos impactos destes sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta torna-se necessária, principalmente de macro e de microminerais. Foram conduzidos dois ensaios experimentais, com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de *Yucca schidigera* e zeólita (Clinoptilolita) em alimentos (superpremium e standard) para cães sobre o coeficiente de indigestibilidade aparente de minerais, produção fecal e porcentagem de água nas fezes, pH urinário e aceitabilidade das dietas. No primeiro ensaio, foram utilizados 21 cães adultos, Beagle, com peso médio de 12,5kg, distribuídos em sete tratamentos (dieta superpremium, denominada controle e controle com adição de 125, 250, 375 ppm de *Yucca schidigera* e 0,5%, 0,75% e 1,0% de zeólita) em delineamento inteiramente casualizado. Já o segundo foi realizado com um alimento standard, utilizando 21 parcelas experimentais distribuídas em três tratamentos (dieta standard, denominada controle e controle com adição de 375 ppm de *Yucca schidigera* e 1,0% de zeólita). A inclusão dos aditivos não afetou a aceitabilidade do alimento, a produção fecal média diária e a porcentagem de água nas fezes nos segmentos superpremium e standard ( $P>0,05$ ). Com relação à excreção de minerais, com exceção do cálcio, nenhum mineral sofreu interferência da inclusão dos aditivos ( $P>0,05$ ) no experimento com alimento superpremium. Já no ensaio com o alimento standard, tanto o cálcio, como o fósforo e o magnésio apresentaram redução na excreção ( $P<0,05$ ) com a inclusão de *Yucca schidigera* e zeólita. Entretanto, essa diferença não foi suficiente para levar à alteração no pH urinário dos cães ( $P>0,05$ ). Dessa forma, pode-se destacar que a inclusão dos aditivos tem impacto direto na excreção de minerais, com diferenças marcantes nos alimentos de diferentes segmentos e, com isso, sua inclusão deve ser criteriosa, para que sejam evitados desbalanços nutricionais.

## 2 ABSTRACT

The inclusion of additives in food for pets is growing, especially the fecal odor reducers. Thus, the impact of these on the digestibility of nutrients is necessary particularly of minerals macro and micro. Two experimental trials were conducted aiming the evaluation of the effect of including *Yucca schidigera* and zeolite (clinoptilolite) in foods (*Super Premium* and *Standard*) for dogs on the coefficient of apparent indigestible minerals, fecal production and water percentage in feces, urine pH, and the diet acceptability. In the first experiment, it were used 21 adult dogs, Beagles average weight of 12.5 kg, distributed in seven treatments (called *Super Premium* Diet control and control with the addition of 125, 250, 375ppm of *Yucca schidigera* and 0.5%, 0.75 % and 1.0% zeolite) randomly. The second was done with the *Standard* ration, using 21 experimental plots in three treatments (called *Standard* diet control and control with the addition of *Yucca schidigera* 375ppm and 1.0% Zeolite). The inclusion of additives did not affect the acceptability of food, fecal production and average daily percentage of water in the feces of food *Super Premium* and *Standard* ( $P > 0.05$ ). In the excretion of minerals, except for calcium, no mineral suffered interference from the inclusion of additives ( $P > 0.05$ ) in the experiment with *Super Premium* ration. In the *Standard* ration, calcium, phosphorus and magnesium excretion were reduced ( $P < 0.05$ ) with the inclusion of *Yucca schidigera* and zeolite. However this difference was not enough to lead the change in urinary pH of dogs ( $P > 0.05$ ). Thus, it can be noted that the inclusion of additives has a direct impact on the excretion of minerals with marked differences in food from different segments and, thus, their inclusion must be careful in order to reduce nutrition unbalances.

### 3 INTRODUÇÃO

A convivência mais próxima dos proprietários com seus animais de companhia, devido a mudanças comportamentais e sociais das últimas décadas, tais como aglomeração em grandes centros e redução de espaços habitacionais com grande parte da população nas grandes cidades vivendo em apartamentos, levaram a modificações também no manejo alimentar destes animais. Dessa forma, é crescente o número de alimentos comerciais com a inclusão de aditivos com potencial redução de odor fecal, melhorando o convívio entre os animais de companhia e seus proprietários.

Dentre os redutores de odor fecal, os que ganham destaque são *Yucca schidigera* (Lowe & Kershaw, 1997) e zeólita (Papaiannou et al., 2005, Lima et al., 2008), que possuem mecanismo de ação muito diferentes. Os efeitos da *Yucca schidigera* consistem na inibição da uréase, ação sobre a microbiota (Piacente et al., 2005) e a ligação com a amônia (Cheeke, 1999). Já a zeólita apresenta um desbalanço de cargas em sua estrutura e, dessa forma, adsorção à amônia.

Entretanto, há poucos estudos sobre a relação entre estes aditivos com os nutrientes da dieta em cães, principalmente sobre os minerais, e as possíveis alterações que possam ocorrer sobre a absorção de macro e microminerais em alimentos para animais de companhia, de diferentes segmentos de mercado (extremos de qualidade). Com a atual normatização e classificação dos alimentos comerciais pela Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Companhia (Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos Pet - ANFALPET, 2008), faz-se necessário entender o impacto dos aditivos sobre alimentos de diferentes segmentos.

Dessa forma, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de *Yucca schidigera* e zeólita natural (Clinoptilolita) sobre a aceitabilidade de alimentos, pelo consumo de matéria seca, características fecais,

pela produção fecal média diária e porcentagem de águas nas fezes e coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, manganês, ferro, cobre e zinco, em cães adultos recebendo alimentos dos segmentos superpremium e standard.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Para alcançar os objetivos propostos, o trabalho foi realizado em dois ensaios experimentais. O primeiro foi realizado com um alimento superpremium e o segundo, com um alimento standard, seguindo as diretrizes de classificação do guia nutricional PIQ PET (ANFALPET, 2008).

### **4.1 Local**

Os experimentos foram realizados no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG.

### **4.2 Ensaio I**

#### **4.2.1 Animais e delineamento experimental**

Os animais foram alojados, durante todo o período experimental, em gaiolas metabólicas de 70x85x70cm (altura x largura x profundidade), suspensas do solo a 1,2m.

Foram utilizados 21 cães adultos, Beagles, com peso de  $12,5 \pm 1,46$ kg, com idade de quatro anos e meio, pertencentes à população permanente do canil experimental. Os animais passaram por exame clínico, sanguíneo e coproparasitológico, que atestaram seu estado de saúde. O experimento foi dividido em dois períodos, devido ao número reduzido de animais, seguindo o preconizado pelo comitê de ética. Em cada período, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, constituído de 7 tratamentos (Quadro 1), considerado um animal como parcela experimental, totalizando 42 parcelas experimentais e considerando período como fonte de variação no modelo estatístico.

A quantidade de alimento fornecido baseou-se na fórmula de predição de necessidade energética do National Research Council - NRC (2006), dada por  $90 \times PV^{0,75}$ .

QUADRO 1 Tratamentos experimentais.

<b>Tratamento 1</b>	Dieta controle
<b>Tratamento 2</b>	Dieta controle + 125 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 3</b>	Dieta controle + 250 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 4</b>	Dieta controle + 375 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 5</b>	Dieta controle + 0,50% de zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca
<b>Tratamento 6</b>	Dieta controle + 0,75% de zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca
<b>Tratamento 7</b>	Dieta controle + 1,00% de zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca

A dieta controle foi composta de um alimento seco adicionado a um alimento úmido. Dessa forma, os níveis de garantia e a composição da dieta seca estão descritos na Tabela 3, do alimento úmido, na Tabela 4 e do composto, na Tabela 5.

TABELA 3 Níveis de garantia do alimento comercial seco em base da matéria natural (MN) e em base da matéria seca (MS) e composição básica<sup>1</sup>.

Níveis nutricionais	Informações do rótulo em base da MN (%)	Informações do rótulo em base da MS (%)
Umidade	12,0	-
Proteína bruta	31,0	35,2
Extrato etéreo	20,0	22,7
Matéria fibrosa	3,0	3,4
Matéria mineral	7,0	8,0
Cálcio	1,6	1,8
Fósforo	0,7	0,8

TABELA 4 Níveis de garantia do alimento comercial úmido em base da matéria natural (MN), em base da matéria seca (MS) e composição básica<sup>2</sup>.

Níveis nutricionais	Informações do rótulo em base da MN (%)	Informações do rótulo em base da MS (%)
Umidade	80,0	-
Proteína bruta	8,0	40,0
Extrato etéreo	4,0	20,0
Matéria fibrosa	1,5	7,5
Matéria mineral	2,5	12,5
Cálcio	0,4	2,0
Fósforo	0,2	1,0

<sup>1</sup> Composição: carne de frango, farelo de glúten de milho, quireira de arroz, milho integral moído, farinha de subprodutos de frango, gordura animal estabilizada com tocoferóis (vitamina E), farelo de milho, miúdos de aves hidrolisados, ovo em pó, óleo de peixe, L-lisina, cloreto de potássio, fosfato bicálcico, cloreto de sódio (sal comum), cloreto de colina, taurina, DL-metionina, ácido ascórbico (fonte de vitamina C), sulfato de zinco, sulfato ferroso, premix vitamínico (A, D-3, B12), riboflavina, niacina, pantotenato de cálcio, sulfato de manganês, biotina, mononitrato de tiamina, ácido fólico, sulfato de cobre, cloridrato de piridoxina, menadiona bissulfito de sódio (fonte de atividade de vitamina K), iodato de cálcio e selenito de sódio.

<sup>2</sup> Composição: água, carne de frango, miúdos bovinos, miúdos de aves, miúdos suínos, cloreto de sódio (sal comum), carragena, premix vitamínico e mineral.

TABELA 5 Níveis de garantia do composto (dieta controle) em base de matéria natural (MN) e seca (MS)<sup>3</sup>.

Níveis nutricionais	Análise laboratorial em base da MN (%)	Análise laboratorial em base da MS (%)
Umidade	5,12	-
Proteína bruta	29,70	31,30
Extrato etéreo	3,00	3,16
Matéria fibrosa	6,64	7,0
Matéria mineral	1,47	1,55
Cálcio	1,09	1,15
Fósforo	5,12	-

Os dois alimentos comerciais utilizados neste trabalho foram escolhidos e adquiridos no mercado, por não conterem, em sua composição, nenhum dos dois aditivos avaliados.

#### 4.2.2 Condução experimental

A fase de adaptação foi constituída de cinco dias, nos quais os animais foram alojados nas gaiolas metabólicas, onde permaneceram recebendo água *ad libitum* e os respectivos alimentos experimentais, controlados em base da necessidade energética. Tanto na fase de adaptação quanto na fase de coleta, os aditivos avaliados eram oferecidos aos cães misturados ao alimento seco. Para tal, a zeólita (Clinoptilolita) e a *Yucca schidigera* foram dissolvidas em 10 mL de água quente, posteriormente misturadas à ração úmida (quantidade calculada para atender 10% da necessidade energética dos animais) e, posteriormente, homogeneizadas ao alimento seco.

A fase de coleta foi constituída de cinco dias, nos quais os animais receberam o alimento no período da manhã (8h00). A coleta de fezes, por sua vez, foi realizada duas vezes ao dia, no período da manhã (8h00) e no período da tarde (17h00), para evitar perda por pisoteio. A cada coleta, foi realizada a

<sup>3</sup> Análise realizada no Laboratório Animal da Universidade Federal de Lavras

pesagem do material, que foi acondicionado em sacos plásticos e levado ao freezer, à temperatura de -20°C. Ao final do período experimental, as fezes foram homogeneizadas (*pool*), pesadas novamente e encaminhadas à estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas, pesadas após atingirem equilíbrio com a temperatura do ambiente, moídas em moinho martelo com peneira de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos previamente identificados para posteriores análises químicas.

### 4.3 Ensaio II

#### 4.3.1 Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 21 cães adultos, Beagles com peso médio de  $12,5 \pm 1,46$  kg, com idade média de 4,5 anos, pertencentes à população permanente do canil experimental. Os animais passaram por exame clínico, sanguíneo e coproparasitológico, que atestaram seu estado de saúde. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, constituído de 3 tratamentos (Quadro 2), 7 repetições por tratamento, com 1 animal por parcela experimental, totalizando 21 parcelas experimentais.

Como se buscava sobra de alimento para avaliação de consumo de forma mais exata, fez-se necessário um ajuste com aumento de 2,2 vezes no fator para cálculo da necessidade energética dos animais, em comparação com o primeiro ensaio e, para tanto, se adotou a equação de  $200 \times PV^{0,75}$ .

QUADRO 2 Tratamentos experimentais.

<b>Tratamento 1</b>	Dieta controle
<b>Tratamento 2</b>	Dieta controle + 375 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 3</b>	Dieta controle + 1,00% de zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca

Os níveis de garantia e composição do alimento utilizado estão disponíveis na Tabela 6.

TABELA 6 Níveis de garantia do alimento utilizado em base da matéria natural (MN) e seca (MS)<sup>4</sup>.

Níveis nutricionais	Análise laboratorial em base da MN (%)	Análise laboratorial em base da MS (%)
Umidade	8,29	-
Proteína bruta	18,27	19,92
Extrato etéreo	7,10	7,74
Matéria fibrosa	2,00	2,18
Matéria mineral	7,20	7,85
Cálcio	1,73	1,89
Fósforo	1,27	1,38

O alimento comercial utilizado neste trabalho foi escolhido e adquirido no mercado, por não conter, em sua composição, nenhum dos dois aditivos avaliados.

#### 4.3.2 Condução experimental

A fase de adaptação foi constituída de cinco dias, nos quais os animais foram mantidos nas baias, recebendo água *ad libitum*, em bebedouro tipo “nipple” e os tratamentos respectivos controlados em base da necessidade energética estabelecida para o ensaio. Os canis foram lavados uma vez ao dia, sendo as fezes e a urina descartadas. Tanto na fase de adaptação como na fase de coleta, a administração dos aditivos foi realizada por meio de cápsulas (Vittara Farmácia de Manipulação, Lavras, MG), tendo o grupo controle recebido as cápsulas vazias como placebo.

---

<sup>4</sup> Composição: quirera de arroz, milho integral moído, farinha de vísceras, farelo de soja, farinha de carne e ossos, gordura animal estabilizada, levedura seca de cervejaria, hidrolisado de frango e/ou subprodutos, farelo de glúten de milho 60, farelo de trigo, batata desidratada, semente de linhaça, cloreto de sódio (sal comum), cloreto de potássio, corantes, fosfato bicálcico, premix mineral e premix vitamínico.

Na fase de coleta, os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas durante cinco dias, nos quais receberam o alimento no período da manhã (8h00), juntamente com os aditivos. A coleta de fezes, por sua vez, foi realizada três vezes ao dia, no período da manhã (8h00), da tarde (17h00) e da noite (21h00), para minimizar as perdas, sendo, a cada coleta, realizada a pesagem do material, acondicionados em sacos plásticos e levados ao freezer à temperatura de -20°C. Ao final do período experimental, as fezes foram homogeneizadas (*pool*), novamente pesadas e encaminhadas à estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas, pesadas após atingirem equilíbrio com a temperatura do ambiente, moídas em moinho martelo com peneira de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos previamente identificados, para posteriores análises químicas.

Para a avaliação do pH urinário, a adaptação foi constituída de sete dias. Na fase de coleta, a qual foi constituída de três dias, os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas. Para a conservação da urina e para evitar sua deterioração, foram instaladas caixas de isopor com garrafas PET mergulhadas em gelo com funis para a captação da mesma. Os animais receberam o alimento no período da manhã (8h00), mesmo horário do início da coleta de urina para determinação do pH. A determinação de pH foi realizado por um pHmetro digital de bancada (QUIMIS, modelo Q400A).

#### **4.4 Análises químicas dos alimentos e fezes**

As análises para a determinação de cálcio, fósforo, sódio, potássio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês foram realizadas no Laboratório de Nutrição (LANA) do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), localizado em Belo Horizonte, MG. As determinações foram realizadas por espectrofotômetro de absorção atômica, SpectraA 220 FS Varian, com lâmpadas de cátodo oco com chama de ar/acetileno, conforme os procedimentos recomendados por Cantle (1982). A determinação da matéria seca, proteína bruta, cinzas, fibra

bruta e energia bruta para a caracterização do alimento foi realizada, de acordo com a Association of the Official Analytical Chemists - AOAC (1995), no Laboratório de Pesquisa Animal (LPA), no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### 4.5 Metodologia dos cálculos

O cálculo do coeficiente de indigestibilidade aparente foi realizado de acordo com a fórmula da Figura 4.

$$100 - \left( \frac{[(VI_{\%MS \text{ definitiva}} \times MiA_{MS}) - (VE_{\%MS \text{ definitiva}} \times MiF_{MS})]}{(VI_{\%MS \text{ definitiva}} \times MiA_{MS})} \right) \times 100$$

FIGURA 4 Coeficiente de indigestibilidade aparente..

- $VI_{\%MS \text{ definitiva}}$  – volume ingerido em base de matéria seca definitiva
- $VE_{\%MS \text{ definitiva}}$  – volume excretado em base de matéria seca definitiva
- $MiA_{MS}$  – mineral presente no alimento em base da matéria seca
- $MiF_{MS}$  – mineral presente nas fezes em base da matéria seca

#### 4.6 Modelo estatístico

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento estatístico General Linear Models (GLM), do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS Institute, 2004). Realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos e teste de F máximo para a homogeneidade do resíduo. Atendendo às premissas, as médias foram comparadas, pelo teste de Student Newman-Keuls (SNK), a 5% de significância. As variáveis que não apresentaram significativas no teste de Shapiro-Wilk e F

máximo foram transformadas (transformação logarítmica) e suas médias posteriormente analisadas. Para a avaliação do comportamento dos aditivos em separado, foi realizada regressão polinomial simples, quando as variáveis apresentaram-se significativas no teste de média, na avaliação dos aditivos de forma conjunta. O modelo utilizado no ensaio com o alimento superpremium foi:

$$Y_{ijk} = u + T_i + P_j + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = valor observado na parcela

$U$  = constante inerente a toda parcela

$T_i$  = efeito do tratamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

$P_j$  = efeito do tempo (período) 1, 2

$e_{ijk}$  = erro do modelo

O modelo utilizado com o alimento standard foi:

$$Y_{ijk} = u + T_i + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = valor observado na parcela

$U$  = constante inerente a toda parcela

$T_i$  = efeito do tratamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

$e_{ijk}$  = erro do modelo

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da aceitabilidade das dietas, por parte dos animais que receberam o alimento superpremium, com inclusão dos níveis de *Yucca schidigera* (125, 250 e 375 ppm) e zeólita (0,5%, 0,75% e 1,0%), não foram observadas sobras de alimento durante todo o período experimental, não havendo, dessa forma, diferença entre o consumo médio diário de matéria seca (142,19 g) das dietas, com e sem inclusão dos aditivos. Com isso, pode-se afirmar que a inclusão da *Yucca schidigera* e da zeólita nos alimentos para cães não apresentou interferência na aceitabilidade dos mesmos, corroborando os resultados reportados por Maia (2008) e Roque (2009), em testes de palatabilidade com os aditivos. Porém, contraria o que foi relatado por Francis et al. (2002), que cita, em sua revisão de literatura, trabalhos que observaram redução no consumo de matéria seca nas dietas com inclusão de *Yucca schidigera* pela sua sensação adstringente e irritante e por uma possível redução na motilidade gastrointestinal. Por outro lado, os resultados deste trabalho vão ao encontro dos relatados por Çabuk et al. (2004) que suplementaram, com 120 ppm de *Yucca schidigera* e 1,5% e 2,5% de zeólita ração para frangos de corte, que também não encontraram diferenças no consumo, bem como Ayassan et al. (2005), ao trabalharem com 120 ppm para codornas; Hauptli & Louvatto (2006), na inserção de 160 ppm de saponina (mistura entre extrato de *Yucca schidigera* e *Quillaja saponaria*) para suínos; Kaya et al. (2006), suplementando 75 e 150 ppm do aditivo para cordeiros e Hussain et al. (1996), ao suplementarem 250 ppm de *Yucca schidigera* para coelhos recebendo dieta de alta e moderada proteína.

Já em relação à zeólita, sua inclusão poderia reduzir o consumo voluntário por tratar-se de um mineral de origem vulcânica, com aspecto argiloso. Porém, Shurson et al. (1984) também não encontraram diferença no

consumo de suínos recebendo 0,5% de clinoptilolita, assim como Pond (1989), trabalhando com cordeiros. Já Grabherr et al. (2009) encontraram redução no consumo em seu nível máximo (4,3%); entretanto, a adição da zeólita no experimento dos pesquisadores citados foi 4,3 vezes superior ao nível mais elevado deste experimento.

Contudo, no experimento com alimento superpremium, para inclusão dos aditivos, foi utilizado um alimento úmido e este pode ter realçado a palatabilidade do composto, dessa forma, impactando em uma “camuflagem” dos efeitos negativos da *Yucca schidigera* e zeólita sobre o consumo. Para descartar essa possibilidade, no segundo experimento, a suplementação dos aditivos se deu por cápsulas, possibilitando, assim, a avaliação do impacto dos aditivos sobre os aspectos gastrintestinais e seus efeitos sobre o consumo, sem a interferência de agentes com capacidade palatabilizante. Dessa forma, os dados de consumo médio diário em base de matéria seca do experimento com o alimento standard estão dispostos na Tabela 7.

TABELA 7 Consumo médio (g/dia) de matéria seca no experimento com alimento standard.

Tratamentos	Consumo médio (g/dia) de matéria seca
Controle	409,89
375ppm YSE	436,50
1,0% zeólita	423,03
CV (%)	13,60
P*	0,7289

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Da mesma forma que no experimento com o alimento superpremium, o consumo médio diário em base de matéria seca não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pela inclusão dos aditivos.

Comprando-se os consumos apresentados nas Tabelas 7 e 8, podem-se observar valores muito elevados no experimento com o alimento standard. Essa diferença deve-se ao fato de, no primeiro experimento, ter sido utilizado um alimento superpremium, com alto conteúdo de energia metabolizável e o cálculo de necessidade energética baseado em cães de baixa atividade  $90 \times PV^{0,75}$  e, no segundo experimento, ter sido utilizado um alimento standard, de baixo conteúdo energético e, para avaliar o consumo de forma mais exata em busca de sobra de alimento, o fator para o cálculo da necessidade energética foi 2,2 vezes maior que a utilizada no experimento com o alimento superpremium.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os dados de produção média de fezes (g/dia) e porcentagem de água nestas no experimento com o alimento superpremium e com o standard, respectivamente.

TABELA 8 Produção média (g/dia) de fezes na matéria natural e porcentagem (%) de água nas fezes no experimento com alimento superpremium.

Tratamentos	Produção de fezes (g/dia)	% de água nas fezes na matéria natural
Controle	40,05	60,35
125ppm YSE	46,42	59,77
250ppm YSE	39,42	60,45
375ppm YSE	37,87	59,61
0,5% zeólita	41,66	59,75
0,75% zeólita	38,07	59,73
1,0% zeólita	38,42	58,68
CV (%)	8,28	2,52
P*	0,1527	0,5401

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) sobre a produção de fezes (g/dia) e sobre a porcentagem de água nas fezes, com a inclusão dos aditivos no alimento superpremium.

TABELA 9 Produção média (g/dia) de fezes na matéria natural e porcentagem (%) de água nas fezes no experimento com alimento standard.

Tratamentos	Produção de fezes (g/dia)	% de água nas fezes na matéria natural
Controle	319,36	71,72
375ppm YSE	312,08	72,06
1,0% zeólita	301,91	71,33
CV (%)	21,40	3,04
P*	0,8966	0,8451

YSE: *Yucca schidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Da mesma forma que no experimento com o alimento superpremium, a produção de fezes e a porcentagem de água nas mesmas não diferiram ( $P > 0,05$ ) com a inclusão dos aditivos no alimento standard.

Lowe & Kershaw (1997), ao suplementarem 250 ppm de *Yucca schidigera* para cães, não encontraram efeito do aditivo sobre a frequência de defecação, produção e formato de fezes, assim como tempo de retenção do bolo fecal. Çabuk et al. (2004) encontraram aumento na porcentagem de água das excretas de frangos recebendo dietas com *Yucca schidigera* e zeólita. Já Hauptli & Lovatto (2006) relataram melhora no escore fecal de suínos. Os últimos autores trabalharam com escore em vez de porcentagem de água nas fezes, contudo, o escore fecal é medida subjetiva.

Pode-se observar que a média geral da produção de fezes no experimento com o alimento superpremium é muito inferior ao com o standard (38,84 e 311,16g, respectivamente) assim como a porcentagem de água na matéria natural (59,76% e 71,70%, respectivamente). Isto se deve ao fato de ter sido escolhido um alimento superpremium e outro standard. De acordo com o PIQ Pet (ANFALPET, 2008), os alimentos standard e econômicos não necessitam de testes comprobatórios de digestibilidade. Nesses segmentos, a formulação é variável, dependente do preço e da disponibilidade das matérias-primas no mercado, com altos teores de fibra bruta e matéria mineral. Já os

alimentos superpremium, de acordo com a ANFALPET (2008), devem possuir análise comprobatória dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca de, no mínimo, 80% e essas diferenças refletem diretamente nas características fecais. Um aumento na quantidade de elemento não digerido leva a um aumento no volume fecal, seguido de maior exposição do bolo à fermentação e, como consequência, maior porcentagem de água nas fezes por um efeito osmótico. Porém, vale ressaltar que, no experimento com o alimento standard, o fator para o cálculo da necessidade energética dos animais foi 2,2 vezes superior ao experimento superpremium.

Para minerais, o termo digestibilidade é utilizado, atualmente, não pelo fato de os minerais serem digeridos, mas pelas fontes de minerais sofrerem processo de digestão. Dessa forma, pode-se observar, na Tabela 10, o coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio no ensaio com o alimento superpremium e, na Tabela 12, o coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, fósforo e mangnésio no experimento com o alimento standard.

Pode-se verificar que o fósforo e o magnésio não sofreram interferência ( $P>0,05$ ) de sua excreção com a inclusão dos aditivos, porém, a inclusão de *Yucca schidigera*, nos níveis de 250 e 375 ppm, aumentam a excreção de cálcio, na comparação com o tratamento controle (12,36% e 13,12%, respectivamente), da mesma forma que os tratamentos com zeólita aumentaram a excreção de cálcio, nos níveis de 0,5% e 1,0% (13,8% e 23,17%, respectivamente). Já os tratamentos 125 ppm de *Yucca schidigera* e 0,75% de zeólita não diferiram do grupo controle, mas foram inferiores ao nível máximo (1,0%) de zeólita (17,66% e 14,17%, respectivamente). Dessa forma, tanto a *Yucca schidigera* como a zeólita apresentam efeito negativo sobre a absorção aparente do mineral, tendo o nível mais elevado de zeólita (1,0%) causado maior impacto.

TABELA 10 Coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio no experimento com o alimento superpremium.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente		
	Cálcio	Fósforo	Magnésio
Controle	48,41 <sup>c</sup>	40,05	15,50
125ppm YSE	53,92 <sup>bc</sup>	40,94	12,75
250ppm YSE	60,77 <sup>ab</sup>	43,72	16,86
375ppm YSE	61,53 <sup>ab</sup>	47,45	15,98
0,5% zeólita	62,21 <sup>ab</sup>	37,86	15,44
0,75% zeólita	56,88 <sup>bc</sup>	42,67	14,20
1,0% zeólita	71,58 <sup>a</sup>	49,91	15,10
CV (%)	15,60	16,97	20,97
P*	0,0002	0,0972	0,4292

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância P<0,05

Para Sonnenholzer (2004), o modelo exponencial é o que melhor explica o comportamento do aluminiosilicato sobre a amônia, quando esta é mantida constante, pois os adsorventes são mais eficientes quando há uma elevada concentração de soluto, relativo à quantidade de adsorventes. O autor apresenta uma tabela, na qual a adsorção de amônia pela zeólita foi de 1,53, 0,91 e 0,70 mg/g, com a adição de 1,0, 10,0 e 15,0 g de zeólita, respectivamente.

Para avaliação do coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio pelos aditivos em separado foi realizada regressão polinomial, a qual é apresentada na Tabela 11.

TABELA 11 Coeficiente de indigestibilidade do cálcio pela *Yucca schidigera* e pela zeólita.

Aditivos	Inclusão (ppm)					P*
	0	125	250	375	CV	L
YSE	48,41	53,92	60,77	61,53	15,20	0,0026
	Inclusão (%)					P*
	0	L	0,75	1,0	C	
Zeólita	48,41	0,0026	56,88	71,58	14,98	0,0067

YSE: *Yucca sachidigera*; CV: coeficiente de variação; L: linear; C: cúbica.

YSE:  $Y = 49,33 + 0,03x$   $R^2 = 39\%$ ;

Zeólita:  $Y = 48,41 + 144,85x - 347,30x^2 + 225,62x^3$   $R^2 = 69\%$ ;

\*Significância P<0,05

Os dados deste trabalho discordam dos de Shurson et al. (1984) que, trabalhando com suínos, avaliaram o efeito de níveis crescentes de zeólita hidratada de sódio (0%, 1%, 2% e 3%) e clinoptilolita (0%, 2,5%, 5,0% e 7,5%) e citam redução linear na retenção de cálcio somente com a zeólita hidratada de sódio, sem ação da clinoptilolita sobre o mineral. Os autores citam que a zeólita hidratada de sódio é menos estável que a clinoptilolita em baixos pH, como o do estômago e que o alumínio de sua estrutura poderia interferir negativamente sobre a absorção de cálcio. Da mesma forma, Barros et al. (2003), trabalhando com zeólita hidratada de sódio para frangos, encontraram aumento na excreção do cálcio e do fósforo com a inclusão do aditivo.

Em relação aos dados de fósforo, o encontrado no presente estudo era esperado, já que a zeólita natural, como a clinoptilolita, apresenta baixa afinidade por ânions, haja vista seu desbalanço de cargas, conforme Paiva et al. (2004), que citam que as cargas negativas dos tetraedros  $AlO_4$  são compensadas pelos cátions alcalinos ou alcalinos terrosos, que podem ser substituídos por outros cátions, durante o processo de troca catiônica.

Já em relação à *Yucca schigera*, diversas teorias podem ser levantadas sobre sua ação no aumento na excreção do cálcio, seja pela sua ação sobre a microbiota intestinal, sobre a redução da digestibilidade de lipídios e ligação com os minerais ou transportadores de membrana. Omoruyi et al. (2006) não encontraram efeito da saponina sobre o cálcio e o magnésio, assim como West et al. (1978) não encontraram complexos formados entre a saponina e o magnésio.

Cheeke (1999) cita que a *Yucca schidigera* tem ação sobre protozoários e bactérias gram-positivas, pela ligação da saponina com o colesterol da membrana celular e também ação semelhante à dos ionóforos, alterando a tensão superficial da matriz extracelular, causando rompimento e lise celular. Dentre as cepas gram-positivas, destaca-se o *Lactobacillus* sp., como microrganismos homofermentativos, que têm, como único produto de sua fermentação, o ácido

lático, produto este de alta capacidade de redução do pH do trato intestinal, esta sendo esta uma condição facilitadora da absorção de cálcio, por sua ionização.

Por fim, a teoria da ação da saponina sobre a redução no coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo e aumento na excreção de cálcio. Potter et al. (1980) e Calvert et al. (1981) encontraram aumento na excreção de sais biliares com a inclusão de saponina na dieta de seres humanos, assim como Story et al. (1984), trabalhando *in vitro*, encontraram tal efeito. Os sais biliares estão diretamente envolvidos no processo digestivo dos lipídios. Dessa forma, o efeito negativo da saponina sobre os sais biliares reflete em redução da formação de micelas e emulsificação dos lipídios da dieta e, conseqüentemente, em sua absorção.

Jenkins & Atwal (1994), trabalhando com dietas com 0,9% de saponina para frangos, encontraram redução na digestibilidade de lipídios, assim como interferência na absorção de vitaminas lipossolúveis. Dessa forma, um aumento na excreção de lipídios poderia refletir em redução da digestibilidade de cálcio, pelo fenômeno conhecido como saponificação (McDowell, 1992). Esses dados corroboram os apresentados por Dell'Isola et al. (2003), ao trabalharem com níveis de lipídio e cálcio em dietas de frangos, que encontraram redução na retenção de cálcio com o aumento do lipídio na dieta.

Na Tabela 12 seguem os coeficientes de indigestibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio no experimento com alimento standard.

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) sobre a excreção aparente de cálcio, fósforo e magnésio, quando utilizado o alimento standard, diferente do ocorrido no experimento anterior.

TABELA 12 Coeficiente de indisponibilidade aparente do cálcio, fósforo e magnésio no experimento standard.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente		
	Cálcio	Fósforo	Magnésio
Controle	78,06 <sup>a</sup>	69,94 <sup>a</sup>	80,63 <sup>a</sup>
375ppm YSE	65,01 <sup>b</sup>	60,09 <sup>b</sup>	52,08 <sup>c</sup>
1,0% zeólita	70,95 <sup>ab</sup>	60,36 <sup>b</sup>	70,41 <sup>b</sup>
CV (%)	12,54	12,41	19,81
P*	0,0219	0,0219	<0,0001

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância P<0,05

Na comparação dos ensaios, pôde-se observar que, no alimento superpremiu, o coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio no tratamento controle foi de 48,41%, enquanto no standard foi de 78,06%. Para o fósforo, a diferença entre os ensaios foi de 29,89% e, para o magnésio, 65,13%. Essa diferença de absorção entre os alimentos (superpremium e standard) pode ser explicado por uma relação negativa entre o aumento do mineral na dieta e sua absorção, corroborando os achados de Hazenwinkel et al. (1991) que citam absorção real de cálcio entre 70%-91%, 23%-43% e 45%-65% para alimentos de baixo, alto e normal porcentagem de cálcio (0,55%, 3,3% e 1,1%, respectivamente). A absorção real de mineral é maior que a aparente pela contabilização da excreção endógena e, a pesar de a excreção de mineral ser muito variável, neste experimento, pôde-se verificar que os dados de absorção aparente de cálcio estão muito próximos dos valores relatados por Hazenwinkel et al. (1991).

Com relação ao coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, pode-se verificar que houve redução (P<0,05) na excreção de cálcio no tratamento com inclusão de 375 ppm de *Yucca shidigera*, quando comparado ao controle, contrariando Omoruyi et al. (2006), que não encontraram efeito da saponina sobre o mineral.

Uma possível explicação para o achado deste trabalho com o cálcio pode estar relacionada a uma interação entre a porcentagem de extrativo não nitrogenado da dieta (62,3% em base de matéria seca) e a população microbiana. Conforme citado anteriormente, a *Yucca shidigera* apresenta efeito negativo sobre a membrana de microrganismos, como o *Lactobacillus* sp., produtor de ácido lático e, conseqüentemente, redutor do pH do meio. Entretanto, Sen et al. (1998) citam que a suplementação com saponina em baixas concentrações leva a um aumento da translocação de nutrientes pela membrana dos microrganismos e estímulo ao seu crescimento. Dessa forma, a suplementação da saponina em dietas com altas porcentagens de extrativo não nitrogenado poderia elevar o aporte de nutricional dos microrganismos e, assim, sua eficiência, no que tange à produção de metabólitos secundários, como o ácido lático e, conseqüentemente, redução do pH, aumento na ionização do mineral e, em resposta, aumento em sua absorção. Este fato ganha maior importância quando se comparam os dados do ensaio com o alimento superpremium, quando o mesmo nível de inclusão ocasionou redução na digestibilidade aparente do cálcio. Entretanto, a dieta utilizada no primeiro ensaio tinha 30,7% de extrativo não nitrogenado em base de matéria seca, ou seja, 31,6% abaixo do ensaio com alimento standard.

Vale ressaltar que, no ensaio com o alimento superpremium, a dieta utilizada tinha 22,7% de extrato etéreo em base de matéria seca, frente aos 7,74% da dieta standard e o efeito da saponina sobre a excreção de lipídios e a formação de sabões de cálcio, conforme comentado anteriormente, é importante de ser citado. Dessa forma, as porcentagens de extrato etéreo e extrativo não nitrogenado presentes no ensaio com o alimento superpremium e relação inversa no alimento standard podem ser a explicação para os achados no coeficiente de indisponibilidade do cálcio.

Com relação ao fósforo, a diferença ( $P < 0,05$ ) encontrada do tratamento controle para os aditivos pode estar relacionada a uma estratégia metabólica de

regulação da manutenção da relação Ca:P. De acordo com Schoulten et al. (2002), em trabalho com níveis de cálcio para frangos de corte e a porcentagem de fósforo mantida constante, a elevação no nível de cálcio da dieta impacta em redução na absorção do cálcio e de fósforo. Já a redução do nível de cálcio reflete em aumento de sua absorção, assim como na de fósforo.

Já para o magnésio, diferentemente do achado no ensaio com alimento superpremium, foi possível encontrar diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. A inclusão de 375 ppm de *Yucca shidigera* levou a um aumento na absorção do mineral, com coeficiente de indigestibilidade aparente de 52,08%. A explicação para tal fato pode ser a mesma utilizada para o cálcio, com redução no pH do lúmen instestinal, ocasionada por uma interação entre a saponina e o nível de extrativo não nitrogenado da dieta e o consequente aumento da absorção do magnésio. Entretanto, West et al. (1978) não encontraram efeito de diversas fontes de saponina sobre a excreção de magnésio.

A inclusão de 1,0% de zeólita levou à redução na indigestibilidade do magnésio (70,41%), comparada ao tratamento controle (80,63%). Diversos autores, como Case et al. (1997) e McDowell (1992), citam complexos formados entre o magnésio e o fósforo reduzindo a digestibilidade do primeiro. Pôde-se verificar que, da mesma forma como ocorreu com o magnésio, o fósforo no tratamento controle apresentou maior coeficiente de indigestibilidade (69,94%), quando comparado à inclusão de 1,0% de zeólita (60,36%). Assim, um efeito sobre o fósforo, causado pela regulação da manutenção Ca:P, pode ter levado a um aumento na excreção deste e à consequente formação de complexos com o magnésio, reduzindo, dessa forma, sua absorção, conforme verificado no tratamento controle.

Na Tabela 13 pode-se verificar o coeficiente de indigestibilidade aparente de sódio e potássio no experimento com alimento superpremium.

TABELA 13 Coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio e potássio no experimento com alimento superpremium.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente	
	Sódio	Potássio
Controle	6,82	2,54
125ppm YSE	5,50	2,52
250ppm YSE	5,72	2,20
375ppm YSE	5,89	2,91
0,5% zeólita	4,86	2,25
0,75% zeólita	6,34	3,42
1,0% zeólita	6,00	3,16
CV (%)	27,15	21,12
P*	0,6226	0,2618

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância P<0,05

Pelos dados apresentados na Tabela 13, pode-se verificar que não houve diferença ( $P>0,05$ ) sobre o coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio e do potássio. Estes dados vão ao encontro dos achados de Shurson et al. (1984) que também não encontraram redução na absorção de sódio em suplementação de clinoptilolita. Contudo, discordam dos de Omoruyi et al. (2006), sobre suplementação de saponina para coelhos e de Lima et al. (2008), que citam preferência de adsorção da clinoptilolita por  $Cs^+>K^+>NH_4^+>Sr^{2+}>Na^+>Ca^{2+}>Fe^{3+}>Al^{3+}>Mg^{2+}$ , sendo o íon  $K^+$  o principal competidor com o íon  $NH_4^+$  pelos sítios de troca. Pelos dados apresentados na Tabela 10, pode-se verificar redução na absorção aparente do cálcio, possivelmente por uma adsorção, contudo, ausência de resultado sobre o potássio. A adsorção da amônia pela zeólita poderia explicar tal resultado, com blindagem a adsorção do potássio pela competição pelos sítios de troca. Este fato toma maior importância ao se avaliar os trabalhos de Maia (2008) e Roque (2009), com mesmos níveis de zeólita deste estudo e que encontraram redução no odor das fezes de cães e gatos, respectivamente.

Em relação à digestibilidade do sódio e do potássio (94,13% e 97,29%, respectivamente), os achados deste trabalho estão próximos dos citados pelo NRC (2006), com dados muito próximos a 100% e superiores aos de Malafaia & Ribeiro (2002) que citam valores entre 64,2% e 68,3% para o sódio e 86,4% e 87,1% para o potássio. Estes altos coeficientes podem ser justificados pela solubilidade e a fácil dissociação molecular desses minerais no tubo digestivo, além de serem íons que têm transporte exclusivamente por difusão passiva. E este fato pode ter contribuído ainda mais para a falta de resultado dos aditivos sobre os íons.

Na Tabela 14 são apresentados os dados de indigestibilidade aparente do sódio e do potássio no experimento com alimento standard.

TABELA 14 Coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio e do potássio no experimento com alimento standard.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente	
	Sódio	Potássio
Controle	23,45	13,12
375ppm YSE	20,83	13,37
1,0% zeólita	22,14	14,64
CV (%)	25,73	28,27
P*	0,7320	0,7584

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Pode-se verificar que, assim como no ensaio com alimento superpremium não houve diferença ( $P > 0,05$ ) no coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio e do potássio dos cães suplementados com *Yucca shidigera* e zeólita recebendo um alimento do segmento standard.

Na Tabela 15, podem-se observar os dados dos coeficientes de indisponibilidade aparente do ferro, manganês, cobre e zinco, no experimento com alimento superpremium.

TABELA 15 Coeficiente de indigestibilidade aparente do ferro, manganês, cobre e zinco no ensaio com alimento superpremium.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente			
	Ferro	Manganês	Cobre	Zinco
Controle	89,63	63,84	51,96	84,92
125ppm YSE	74,06	55,11	48,60	79,67
250ppm YSE	79,48	62,22	52,24	85,02
375ppm YSE	84,60	64,89	51,32	87,80
0,5% zeólita	71,93	62,02	50,60	83,27
0,75% zeólita	66,71	54,94	48,46	81,37
1,0% zeólita	65,66	56,39	50,22	78,38
CV (%)	21,61	12,91	10,36	10,19
P*	0,1979	0,0765	0,8502	0,4473

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) sobre o coeficiente de indisponibilidade aparente dos microminerais avaliados neste trabalho (ferro, manganês, cobre e zinco), semelhante aos dados obtidos por Shurson et al. (1984) e Omoruyi et al. (2006), porém, discordam dos de West et al. (1978), que encontraram complexo formado entre a saponina da raiz da alfafa e o zinco e o ferro, em estudo *in vitro* e os de Southon et al. (1988) que citam possíveis alterações nos transportadores da membrana e no interior do enterócito ocasionadas pela saponina, que podem interferir de forma diferente sobre os minerais. Estes autores encontraram efeito negativo da saponina sobre a absorção de ferro.

A Clinoptilolita vem ganhando, frente a zeólitas hidratadas e sintéticas pela sua preferência à adsorção da amônia em relação aos demais cátions, assim como possui menor capacidade de adsorção, quando comparada às sintéticas, pela sua maior relação Si/Al. Outro fator a ser considerado é a competição pelos sítios de troca da zeólita. Motsi et al. (2009) encontraram redução na adsorção de  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ , quando avaliados em soluções mistas, ou seja, solução com diversos minerais, em relação às soluções simples. Dessa forma, a condição na

qual os minerais se encontram no lúmen intestinal pode levar à redução na capacidade adsorativa da zeólita pela competição entre cátions.

Na Tabela 16 seguem os dados do pH urinário dos cães, no experimento com alimento standard.

TABELA 16 pH urinário no experimento com alimento standard.

Tratamentos	pH urinário
Controle	7,55
375ppm YSE	7,44
1,0% zeólita	7,65
CV (%)	5,81
P*	0,7241

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Não foi encontrada diferença ( $P > 0,05$ ) no pH urinário dos cães com a inclusão dos aditivos, corroborando o que foi relatado por Roque (2009). Neste ensaio, dos minerais avaliados, cálcio, fósforo e magnésio apresentaram alteração na digestibilidade com a inclusão dos aditivos às dietas. Entretanto, para Yamka & Mickelsen (2006), no delineamento de equações de predição de pH urinário para cães, não há interferência do cálcio e do magnésio sobre o pH da urina de cães, mas somente de sódio, potássio, cloro, enxofre, fósforo e dos aminoácidos cisteína e metionina (equação predita por Yamka & Mickelsen (2006):  $\text{pH} = 7,30 + (0,54 \times \text{Na}) + (0,63 \times \text{K}) - (0,53 \times \text{Cl}) - (1,67 \times \text{S}) - (0,61 \times \text{P}) + (2,07 \times \text{cisteína})$ ), diferentemente das equações preditas para gatos. Dessa forma, o efeito sobre o fósforo, possivelmente, não foi suficiente para causar alteração sobre o pH urinário dos animais.

Em relação aos valores de pH urinário, sabe-se que estes estão intimamente relacionados ao excesso de bases e, dessa forma, com a composição mineral do alimento, sendo que os do segmento econômico e standard tendem a

elevá-lo. Os achados deste trabalho estão próximos dos de Yamka & Mickelsen (2006) (5,9 e 8,31) e Kawauchi (2009) (6,99-7,42).

## 6 CONCLUSÃO

A inclusão da *Yucca schidigera* e da zeólita tanto no alimento standard como superpremium não interferiu negativamente sobre o consumo de matéria seca e sobre as características fecais. Contudo, pôde-se verificar que os dois aditivos levaram a um aumento na excreção do cálcio, com marcada ação da zeólita. Entretanto, existem diferenças no comportamento dos aditivos na excreção do mineral com relação ao segmento de mercado no qual o alimento está inserido. Dessa forma, em alimentos para cães, a inclusão dos aditivos deve ser acompanhada do extenso conhecimento da digestibilidade e da biodisponibilidade das fontes minerais utilizadas, de forma que não haja desbalanços nutricionais.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PET. **Manual do programa integrado de qualidade pet.** 2. ed. São Paulo, 2008. 238 p.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official and tentative methods of analysis.** 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995.

AYASAN, T.; BAYLA, M.; CANOGULLARI, S. The effects of dietary yucca schidigera on egg yield parameters and egg shell quality of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). **International Journal of Poultry Science**, Pakistan, v. 4, n. 3, p. 159-162, 2005.

BARROS, S. E. C.; CURVELLO, F. A.; MACHADO JÚNIOR, H. F.; GOMES, A. V. C. Efeitos “in vitro” da zeólita NaY sobre fontes de cálcio e fósforo em rações para frangos de corte. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Itaquai, v. 22, n. 2, p. 89-95, dez. 2003.

ÇABUK, M.; ALÇIÇEK, A.; BOZKURT, M.; AKKAN, S. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, Pakistan, v. 3, n. 10, p. 651-654, 2004.

CALVERT, G. D.; BLIGHT, L.; ILLMAN, R. J.; TOPPING, D. L.; POTTER, J. D. A trial of the effects of soyabean flour and soyabean saponins on plasma lipids, faecal bile acid and neutral sterols in hypercholesterolemic men. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 45, n. 2, p. 277-281, Mar. 1981.

CANTLE, J. E. **Atomic absorption spectrometry.** New York: Elsevier Scientific, 1982. v. 5, 448 p.

CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. **Nutrição canina e felina:** manual para profissionais. 7. ed. Barcelona: Harcourt Brace, 1997.

CHEEKE, P. R. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 1-10, Jan. 1999. Supplement.

DELL'ISOTA, A. T. P.; VELOSO, A. J. F.; BAIAO, N. C.; MEDEIROS, S. L. Efeito do óleo de soja em dietas com diferentes níveis de cálcio sobre a absorção e retenção óssea de cálcio e de fósforo em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 4, p. 461-466, ago. 2003.

FRANCIS, G.; KEREM, Z.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems: a review. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 88, n. 6, p. 587-605, Dec. 2002.

GRABHERR, H.; SPOLDERS, M.; FÜRLL, M.; FLACHOWSCKY, G. Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 93, n. 2, p. 221-236, Apr. 2009.

HAUPTLI, L.; LOVATTO, P. A. Alimentação de porcas gestantes e lactantes com dietas contendo saponinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 610-616, mar./abr. 2006.

HAZEWINKEL, H. A. W.; BROM, W. van den; VAN'T KLOOSTER, A.; VOORHOUT, G.; WEES, A. van. Calcium metabolism in great dane dogs fed diets with various calcium and phosphorus levels. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 1, p. 99-106, Jan. 1991.

HUSSAIN, I.; ISMAIL, A. M.; CHEEKE, P. R. Effects of feeding *Yucca schidigera* extract in diets varying in crude protein and urea contents on growth performance and cecum and blood urea and ammonia concentrations of rabbits. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 62, n. 2, p. 121-129, Nov. 1996.

KAWAUCHI, I. M. **Farelo de glúten de milho 21 na alimentação de cães adultos**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

KAYA, S.; KESSKIM, M.; GUL, S. Effects of *Yucca schidigera* extract (Dk 35 powder) on awassi lambs performance. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Antakaya, v. 5, n. 1, p. 57- 59, 2006.

JENKIS, K. J.; ATWAL, A. S. Effects of dietary saponins on fecal bile acids and neutral sterols, and availability of vitamins A and E in the chick. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 5, n. 3, p. 134-147, Mar. 1994.

LIMA, R. M. G.; WILDHAGEN, G. R. S.; CUNHA, J. W. S. D. Remoção de íon amônia de águas produzidas na exploração de petróleo em áreas *offshore* por adsorção em clinoptilolita. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1237-1242, maio 2008.

LOWE, J. A.; KERSHAW, A. S. The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. **Research in Veterinary Science**, London, v. 63, n. 1, p. 61-66, July/Aug. 1997.

MAIA, G. V. C. **Zeólitas (Clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MALAFAIA, M. I. F. R.; RIBEIRO, M. D. Consumo e digestibilidade aparente de minerais em dietas para cães contendo polpa de citrus e folhas de alfafa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 863-867, set./out. 2002.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. London: Academic, 1992. 524 p.

MOTSI, T.; ROWSON, N. A.; SIMMONS, M. J. H. Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite. **International Journal of Mineral Processing**, Amsterdam, v. 92, n. 1/2, p. 42-48, July 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academy of Science, 2006. 398 p.

OMORUYI, F. O.; MCANUFF-HARDING, M.; ASEMOTA, H. N. Intestinal lipids and minerals in streptozotocin-induced diabetic rats fed bitter yam (*Dioscorea polygonoides*) saponin extract. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, Karachi, v. 19, n. 4, p. 269-275, Oct. 2006.

PAIVA, P. R. P.; MONTE, M. B. M.; DUARTE, A. C. P.; SALIM, H.; BARROS, F. S. Aplicação de zeólita natural como fertilizante de liberação lenta. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALÚRGICA EXTRATIVA, 20., 2004, Florianópolis. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2004. p. 1-11.

PAPAIIOANNOU, D.; KATSOULOS, P. D.; PANOUSIS, N.; KARATZIAS, H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: a review. **Microporous and Mesoporous Materials**, Amsterdam, v. 84, n. 1/3, p. 161-170, Sept. 2005.

PIACENTE, S.; PIZZA, C.; OLESZEK, W. Saponins and phenolics of *Yucca schidigera* Roelz: Chemistry and bioactivity. **Phytochemistry Reviews**, Dordrecht, v. 4, n. 2/3, p. 177-190, July 2005.

POND, W. G. Effects of dietary protein level and clinoptilolite on the weight gain and liver and mineral response of growing lambs to copper supplementation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 10, p. 2772-2781, Oct. 1989.

POTTER, J. D.; ILLMAN, R. J.; CALVERT, G. D.; OAKENFULL, D. G.; TOPPING, D. L. Soya saponins, plasma lipids, lipoproteins and fecal bile acids- a double blind cross-over study. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 22, p. 521-528, 1980.

ROQUE, N. C. **Níveis de Zeólita (Clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações para gatos**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**, Verão 5. Cary, 1985.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**, Versão 9.1.1. Cary, 2004.

SCHOULTEN, N. A.; TEXEIRA, A. S.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. T. F.; CONTE, A. J.; SILVA, H. O. Efeito nos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1313-1321, nov./dez. 2002.

SEN, S.; MAKKAR, H. P. S.; MUETZEL, M.; BECKER, K. Effect of *Quillaja saponaria* saponins and *Yucca schidigera* plant extract on growth *Escherichia coli*. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 35-39, July 1998.

SHURSON, G. C.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. T. Effects of zeolite a or clinoptilolite in diets of growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 6, p. 1536-1545, Dec. 1984.

SONNENHOLZER, S. **Ensayo de remoción de amonio por mineral zeolita:** efecto del radio del soluto (amonio) com respecto al absorbente (zeolita). Equador: Fundação Cenaim, 2004. (Cenaim Informa – Boletín Informativo, v. 110).

SOUTHON, S.; WRIGHT, A. J. A.; PRICE, K. R.; FAIRWEATHER-TAIT, S. J.; FENWICK, G. R. The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 59, n. 3, p. 389-396, May 1988.

STORY, J. A.; LEPAGE, S. L.; PETRO, M. S.; WEST, L. G.; CASSIDY, M. M.; LIGHTFOOT, F. G.; VAHOUNY, G. V. Interactions of alfalfa plant and sprout saponins with cholesterol *in vitro* and in cholesterol-fed rats. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 39, n. 6, p. 917-929, June 1984.

THILSING-HANSEN, T.; JORGENSEN, R. J.; ENEMARK, J. M. D.; LARSEN, T. The effect of Zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1855-1862, July 2002.

WARD, T. L.; WATKINS, K. L.; SOUTHERN, L. L.; HOYT, P. G.; FRENCH, D. D. Interactive effects of sodium zeolite-A and copper in growing swine: growth, and boné and tissue mineral concentrations. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 2, p. 726-733, Feb. 1991.

WEST, L. G.; GREGER, J. L.; WHITE, A.; NONNAMAKER, B. J. In vitro studies on saponin-mineral complexation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 4, p. 1342-1343, July 1978.

YAMKA, R. M.; MICKELSEN, S. L. The prediction of urine pH using dietary cations and anions in dogs fed dry and wet foods. **Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, Newtown, v. 4, n. 4, p. 355-361, 2006.

**CAPÍTULO 3: Inclusão de *Yucca schidigera* e zéolita (clinoptilolita) em alimento comercial para gatos e seus efeitos sobre a excreção de minerais**

## 1 RESUMO

A relação entre os gatos e os seres humanos é cada vez mais próxima e muito se deve à alteração no estilo de vida da população. Este fato leva a indústria de *pet food* a incorporar cada vez mais aditivos às suas formulações, dentre eles os redutores de odor fecal. Porém, torna-se necessário conhecer o seu impacto sobre os nutrientes da dieta. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de *Yucca schidigera* e zeólita (Clinoptilolita) em alimento comercial úmido para gatos adultos sobre a aceitabilidade das dietas, pelo consumo de matéria seca, produção fecal média diária e porcentagem de águas nas fezes e o coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro e manganês. O ensaio foi realizado no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Para tanto, foram utilizados 21 gatos adultos SRD, machos e fêmeas, com quatro anos e meio de idade e peso médio de 3,56 kg, distribuídos em sete tratamentos (dieta úmida denominada controle, controle com adição de 125, 250 e 375 ppm de *Yucca schidigera* e 0,5%, 0,75% e 1,0% de zeólita) em delineamento inteiramente casualizado. Não foram observadas diferenças significativas na aceitabilidade das dietas, nas características fecais, ou seja, produção fecal média diária e porcentagem de água nas fezes e sobre o coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro e manganês ( $P>0,05$ ). Dessa forma, pode-se perceber que a inclusão dos aditivos que apresentam como função principal a redução de odor fecal pode ser inserida nos alimentos para gatos adultos sem interferências negativas sobre a saúde dos animais, do ponto de vista da nutrição mineral.

## 2 ABSTRACT

The relationship between cats and humans is becoming much closer due to the change of lifestyle's population. And this fact leads to the pet food industry to incorporate more and more additives to their formulations, among them reducing fecal odor. But it is necessary to know the impact of this on the nutrients. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of including *Yucca schidigera* and zeolite (clinoptilolite) on commercial wet food for adult cats, on the acceptability of the diets, the dry matter intake, fecal production and average daily percentage of water in the stool and the coefficient of apparent indigestible calcium, phosphorus, magnesium, sodium, potassium, iron and trollops. The test was conducted at the Center for Studies in Animal Nutrition Company (CENAC), Department of Animal Science, Federal University of Lavras (UFLA). Therefore, we used 21 adult mongrel cats males and females, 4.5 years old and average weight of 3.56 kg, distributed in seven treatments (called wet diet control, control with addition of 125, 250 and 375ppm of *Yucca schidigera* and 0, 5, 0.75 and 1.0% of zeolite) randomly. It was not observed significant differences in the acceptability of the diets, fecal characteristics, in other words, fecal production and average daily percentage of water in the stool and the coefficient of apparent indigestible calcium, phosphorus, magnesium, sodium, potassium, iron and manganese ( $P > 0.05$ ). Thus, we noticed that the inclusion of additives which have as main function the reduction of fecal odor can be inserted into food for adult cats without negative interferences on the health of animals ready for the sight of mineral nutrition.

### 3 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população de animais de companhia, o Brasil mostra-se como uma potência na produção de alimentos *pet*, com a instalação de diversas empresas e marcas, com as mais variadas formulações. Nesse sentido, surge a inclusão dos mais diversos aditivos, dentre eles a *Yucca schidigera* e a zeólita, cuja principal função é a redução do odor fecal (Lowe & Kershaw, 1997; Maia, 2008), de grande valia pela relação cada vez mais próxima entre os animais de companhia e os proprietários, com as caixas sanitárias desses animais normalmente localizadas no interior das residências.

Porém, é de grande importância o estudo do impacto desses aditivos sobre a saúde dos animais, pois, quando se buscam publicações com *Yucca schidigera* e zeólita, diversos trabalhos são encontrados em animais de produção, principalmente aves (Barros et al., 2003; Çabuk et al., 2004), suínos (Shurson et al., 1984; Colina et al., 2000), vacas de leite (Grabherr et al., 2009) e ovinos (Pond, 1989; Kaya et al., 2006), pela redução na emissão de amônia. Entretanto, poucos trabalhos avaliam o impacto desses aditivos sobre a digestibilidade de nutrientes em alimentos para gatos. E, quando se pensa em sua inter-relação com o processo digestivo de minerais, esses dados tornam-se ainda mais escassos.

Desta forma, este trabalho foi realizado o objetivo de avaliar o efeito da inclusão da *Yucca schidigera* e da zeólita natural (Clinoptilolita) sobre a aceitabilidade dos alimentos, pelo consumo de matéria seca, características fecais, pela produção fecal média diária e porcentagem de água nas fezes e coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro e manganês.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local, animais, delineamento experimental

O experimento foi realizado no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia (CENAC) no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG.

Os animais foram alojados, durante todo o período experimental, em gaiolas metabólicas de 60x50x70 cm (altura x largura x profundidade), de arame galvanizado, dispostas em uma sala de metabolismo de 51 m<sup>2</sup>, recebendo água *ad libitum* por meio de bebedouros tipo “nipple” e alimento em vasilhas plásticas.

Foram utilizados 21 gatos adultos, com peso de 3,56 ±0,78 kg, com idade de três anos e meio, pertencentes à população permanente do gatil experimental. Os animais passaram por exame clínico, sanguíneo e coproparasitológico, que atestaram seu estado de saúde. O experimento foi dividido em dois períodos, devido ao número reduzido de animais, seguindo o preconizado pelo comitê de ética. Em cada período, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, constituído de 7 tratamentos (Quadro 3), considerando um animal como parcela experimental, totalizando 42 parcelas experimentais e considerando o período como fonte de variação no modelo estatístico.

A quantidade de alimento fornecido baseou-se na fórmula de predição de necessidade energética do National Research Council - NRC (2006), dada por  $100 \times PV^{0,67}$ .

QUADRO 3 Tratamentos experimentais.

<b>Tratamento 1</b>	Dieta controle
<b>Tratamento 2</b>	Dieta controle + 125 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 3</b>	Dieta controle + 250 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 4</b>	Dieta controle + 375 ppm de <i>Yucca schidigera</i> em base da matéria seca
<b>Tratamento 5</b>	Dieta controle + 0,50% de Zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca
<b>Tratamento 6</b>	Dieta controle + 0,75% de Zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca
<b>Tratamento 7</b>	Dieta controle + 1,00% de zeólita (Clinoptilolita) em base da matéria seca

Os níveis de garantia e a composição da dieta comercial utilizada no experimento estão dispostos na Tabela 17.

TABELA 17 Composição do alimento comercial em base da matéria natural (MN) e em base da matéria seca (MS) e obtidos por meio de análise laboratorial<sup>5</sup>.

Níveis nutricionais	Informações do rótulo em base da MN (%)	Informações do rótulo em base da MS (%)	Análise laboratorial em base da MS (%)
Umidade	78,0	-	-
Proteína bruta	8,0	36,4	34,18
Extrato etéreo	4,7	21,4	-
Matéria fibrosa	0,7	3,2	5,70
Matéria mineral	3,0	13,6	11,89
Cálcio	0,66	3,0	2,56
Fósforo	0,45	2,0	1,94
Magnésio	-	-	0,10
Sódio	-	-	1,15
Potássio	-	-	0,78
Ferro	-	-	0,015
Manganês	-	-	0,002
Energia Metabolizável	967 kcal/kg	4395,5 kcal/kg	4452,7 kcal/kg

<sup>5</sup> Composição: água, subprodutos animais, farelo de arroz, glúten de arroz, celulose em pó, óleo vegetal, fosfato de sódio, taurina, ácido ascórbico, fruto-oligossacarídeo, premix vitamínico mineral e premix micromineral transquelatado.

O alimento comercial utilizado neste trabalho foi escolhido e adquirido no mercado por não conter, em sua composição, nenhum dos dois aditivos avaliados.

#### **4.2 Condução experimental**

A fase de adaptação foi constituída de cinco dias, nos quais os animais foram alojados nas gaiolas metabólicas, onde permaneceram recebendo água *ad libitum* e os respectivos alimentos experimentais disponíveis durante 24 horas do dia, controlado em base da necessidade energética. As gaiolas foram lavadas uma vez ao dia, sendo as fezes, a urina e as sobras descartadas.

A fase de coleta constituiu-se de sete dias, nos quais os animais receberam o alimento no período da manhã (8h00) e as sobras referentes ao dia anterior foram recolhidas, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao freezer, à temperatura de -20°C. Passados os sete dias, as sobras foram pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas, posteriormente pesadas, após atingirem equilíbrio com a temperatura do ambiente, moídas em moinho martelo com peneira de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos previamente identificados, procedimento este recomendado para alimentos úmidos. A coleta de fezes, por sua vez, foi realizada duas vezes ao dia, no período da manhã (8h00) e no período da tarde (17h00), sendo, em cada coleta, realizada a pesagem do material, acondicionado em sacos plásticos e levado ao freezer, à temperatura de -20°C. Ao final do período experimental, o processamento seguiu conforme descrito anteriormente para as sobras de alimento.

#### **4.3 Análises químicas de alimento e fezes**

As análises para a determinação de cálcio, fósforo, sódio, potássio, magnésio, ferro e manganês foram realizadas no Laboratório de Nutrição

(LANA) do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), em Belo Horizonte, MG. As determinações foram realizadas por espectrofotômetro de absorção atômica SpectraA 220 FS Varian, com lâmpadas de cátodo oco, com chama de ar/acetileno, conforme os procedimentos recomendados por Cantle (1982). A determinação de matéria seca, proteína bruta, cinzas, fibra bruta e energia bruta, para a caracterização do alimento, foi realizada, de acordo com a Association of the Official Analytical Chemists - AOAC (1995), no Laboratório de Pesquisa Animal (LPA) no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### 4.4 Metodologia dos cálculos

No cálculo do coeficiente de indigestibilidade aparente foi utilizada a fórmula constante na Figura 5.

$$100 - \left( \frac{[(VI_{\%MS \text{ definitiva}} \times MiA_{MS}) - (VE_{\%MS \text{ definitiva}} \times MiF_{MS})]}{(VI_{\%MS \text{ definitiva}} \times MiA_{MS})} \right) \times 100$$

FIGURA 5 Coeficiente indigestibilidade aparente.

- $VI_{\%MS \text{ definitiva}}$  – volume ingerido em base de matéria seca definitiva
- $VE_{\%MS \text{ definitiva}}$  – volume excretado em base de matéria seca definitiva
- $MiA_{MS}$  – mineral presente no alimento em base da matéria seca
- $MiF_{MS}$  – mineral presente nas fezes em base da matéria seca

#### 4.5 Modelo estatístico

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento estatístico General Linear Models (GLM) do pacote estatístico Statistical Analysis System (SAS Institute, 2004). Realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos e teste de F máximo para homogeneidade do resíduo. Atendendo às premissas, as médias foram comparadas pelo teste de Student Newman-Keuls (SNK), a 5% de significância. As variáveis que não apresentaram significativas nos testes de Shapiro-Wilk e F máximo foram transformadas (transformação logarítmica) e suas médias posteriormente analisadas. O modelo utilizado foi:

$$Y_{ijk} = u + T_i + P_j + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = valor observado na parcela

$U$  = constante inerente a toda parcela

$T_i$  = efeito do tratamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

$P_j$  = efeito do tempo (período) 1, 2

$e_{ijk}$  = erro do modelo

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de consumo de matéria seca, produção de fezes e porcentagem de água nas fezes são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 Consumo médio diário (g/dia), em base de matéria seca, produção média (g/dia) de fezes na matéria natural e porcentagem (%) de água nas fezes.

Tratamentos	Consumo médio (g/dia) de matéria seca	Produção de fezes (g/dia)	% de água nas fezes
Controle	46,46	23,14	52,21
125ppm YSE	45,42	20,86	50,51
250ppm YSE	56,13	26,38	51,00
375ppm YSE	52,16	25,74	54,83
0,5% zeólita	43,01	22,89	49,78
0,75% zeólita	38,42	17,88	49,59
1,0% zeólita	49,98	24,99	52,86
CV (%)	23,86	28,30	9,95
P*	0,1393	0,2466	0,5473

YSE: *Yucca schidigera*

\*Significância  $P < 0,05$

Pode-se verificar que o consumo de matéria seca médio diário, a produção média de fezes e a porcentagem de água nas fezes não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ), corroborando os resultados apresentados por Shurson et al. (1984), Çabuk et al. (2004) e Ayassan et al. (2005), com animais monogástricos e por Pond (1989) com ruminantes, ao trabalharem com zeólita ou extrato de *Yucca schidigera*. Estes dados vão ao encontro também dos achados de Maia (2008) e Roque (2009), ao avaliarem a palatabilidade dos aditivos nas doses mais elevadas (375 ppm de *Yucca schidigera* e 1% de zeólita) em cães e gatos adultos, respectivamente.

Dessa forma, pode-se presumir que o efeito adstringente da *Yucca schidigera*, citado por Francis (2002) e o aspecto argiloso das zeólitas não

interferem negativamente sobre a aceitabilidade dos alimentos pelos gatos. Este dado é de fundamental importância, do ponto de vista comercial, já que a aceitabilidade por parte dos animais é o primeiro ponto a ser avaliado pelo proprietário na escolha dos alimentos.

Avaliar os impactos dos aditivos sobre a qualidade fecal é de suma importância. Neste trabalho, tanto a produção de fezes (g/dia) como a porcentagem de água não sofreram interferência ( $p > 0,05$ ) da adição da *Yucca schidigera* e da zeólita, corroborando os achados de Lowe & Kershaw (1997), que não encontraram diferença da inclusão da *Yucca schidigera* sobre a matéria seca das fezes. Já Çabuk et al. (2004) encontraram redução na matéria seca das excretas de frangos suplementados com 120 ppm de *Yucca schidigera* e 2,5% de zeólita, assim como Ferreira et al. (2005), que citam aumento na porcentagem de água com a inclusão de aluminossilicato, porém, para os autores, a água é carregada adsorvida com a zeólita, não representando, dessa forma, água livre.

Diversos autores demonstraram o efeito da suplementação da zeólita sobre o tratamento da diarreia, como Papaioannou et al. (2005), que citam medicamentos baseados em zeólita para humanos com função de proteção da mucosa intestinal de microrganismos como a *E. coli*.

Para minerais, o termo digestibilidade é utilizado, atualmente, não pelo fato de os minerais serem digeridos, mas pelo fato de as fontes de minerais sofrerem processo de digestão. Dessa forma, na Tabela 19 podem ser verificados os coeficientes de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo e magnésio.

O coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo e magnésio, não diferiu ( $P > 0,05$ ) estatisticamente. Esses dados vão ao encontro dos citados por Lima et al. (2008) que afirmam que o destaque que a clinoptilolita vem ganhando em relação a outras zeólitas naturais pode ser explicado pela preferência desta pelos íons de  $\text{NH}_4$ , comparado a outros cátions, tais como o  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , corroborando dados de Shurson et al. (1984),

trabalhando com clinoptilolita para suínos em crescimento e de Papaiannou et al. (2002), que avaliaram o efeito da clinoptilolita em porcas e não encontraram diferença significativa sobre os minerais no plasma e em sua concentração no fígado e no rim. Barros et al. (2003) encontraram adsorção do cálcio e do fósforo em dietas para frangos quando suplementados com zeólita. Entretanto, os autores avaliaram a zeólita hidratada de sódio (NaY) e esta apresenta capacidade adsorptiva muito mais elevada que a clinoptilolita, pela sua baixa relação Si/Al.

TABELA 19 Coeficiente de indigestibilidade aparente de cálcio, fósforo e magnésio.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente		
	Cálcio	Fósforo	Magnésio
Controle	80,82	67,47	73,70
125ppm YSE	88,23	72,86	79,46
250ppm YSE	96,04	73,81	94,55
375ppm YSE	93,57	76,59	77,33
0,5% zeólita	89,01	72,68	85,60
0,75% zeólita	96,06	71,68	85,87
1,0% zeólita	92,36	72,36	93,26
CV (%)	14,53	15,32	18,15
P*	0,7706	0,9532	0,5483

\* YSE: *Yucca schidigera*

\*Significância P<0,05

Para a *Yucca schidigera*, os resultados também são similares aos de Omoruyi et al. (2006), que não encontraram efeito da saponina sobre a absorção de cálcio e magnésio em ratos e de West et al. (1978), que não encontraram efeito da saponina da raiz da alfafa ou da *Quillaja saponaria*, na formação de complexo com o magnésio em estudo *in vitro*.

Outra explicação para o ocorrido com o cálcio, fósforo e magnésio pode estar relacionado às suas baixas digestibilidades, em que o efeito dos aditivos pode ter sido mascarado pela alta indigestibilidade dos minerais avaliados.

O coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo (27,5%) está muito próximo dos relatados de Malafaia et al. (2002), que trabalharam com suplementação de fontes de fibras para cães e obtiveram coeficiente de digestibilidade aparente de 32,5% no tratamento controle. Já em relação ao cálcio, em um primeiro momento, este parece baixo (9,13%). Porém, uma das condições para absorção do mineral é o conteúdo deste na dieta (McDowell, 1992; Swenson & Reece, 1996). O alimento utilizado neste experimento continha 2,56% de cálcio na matéria seca, ou seja, 0,06% acima do máximo recomendado para cães pela Association of American Feed Control Officials - AAFCO (2007), porém, não é citada recomendação máxima para gatos. Partindo deste princípio, os dados de digestibilidade encontrados neste trabalho são relativamente próximos dos achados de Pastoor et al. (1995) citados por NRC (2006), que, ao trabalharem com gatos de três anos, encontraram absorção aparente de 0%-9% em suplementação de 1,3% de fontes de cálcio.

Na Tabela 20 podem ser observados os coeficientes de indigestibilidade aparente de sódio, potássio, ferro e manganês.

TABELA 20 Coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio, potássio, ferro e manganês.

Tratamentos	Coeficiente de indigestibilidade aparente			
	Sódio	Potássio	Ferro	Manganês
Controle	5,94	5,94	82,66	81,41
125ppm YSE	4,48	4,48	71,03	76,35
250ppm YSE	6,40	6,40	89,60	85,18
375ppm YSE	6,75	6,75	97,72	85,70
0,5% zeólita	6,60	6,60	94,17	92,75
0,75% zeólita	4,51	4,51	94,48	98,66
1,0% zeólita	5,57	5,57	84,24	90,84
CV (%)	37,09	41,77	20,40	17,18
P*	0,1233	0,4970	0,4077	0,4923

YSE: *Yucca sachidigera*

\*Significância P<0,05

Observa-se que não houve diferença ( $P>0,05$ ) nos coeficientes de indigestibilidade aparente de sódio, potássio, ferro e manganês.

Papaioannou et al. (2002) não encontraram diferença no sódio e no potássio plasmático e em deposição no fígado e no rim. De acordo com Lima et al. (2008), a seletividade da clinoptilolita segue o esquema:  $Cs^+>K^+>NH_4^+>Sr^{2+}>Na^+>Ca^{2+}>Fe^{3+}>Al^{3+}>Mg^{2+}$ , sendo o íon  $K^+$  o principal competidor com o íon  $NH_4^+$  pelos sítios de troca, posto que ambos têm praticamente o mesmo raio iônico. Roque (2009), avaliando redução de odor fecal em gatos alimentados com adição de zeólita, encontrou efeito nas dietas com 0,5% e 0,75% do aluminiossilicato, o que pode ser explicado pelo efeito da Clinoptilolita sobre a adsorção da amônia.

Dessa forma, pode-se presumir que a inclusão da zeólita é eficiente na adsorção da amônia, levando à blindagem à adsorção de demais cátions, conforme citado por Pond (1989), que não encontraram ação do aditivo sobre o cobre em ovinos. Entretanto, animais alimentados com dietas com alta proteína e inclusão do aluminiossilicato elevaram o ganho de peso, o que pode estar relacionado à adsorção da amônia, proteção à intoxicação pela mesma e consequente blindagem à adsorção do cobre.

No presente trabalho, a ação da zeólita sobre a amônia e a consequente inibição à adsorção dos demais cátions da dieta toma maior importância, por se tratar de um alimento úmido para felinos com alta porcentagem de proteína bruta (34,18% em base de matéria seca).

Pelos dados de Lima et al. (2008), pode-se verificar, ainda, que o ferro é um mineral de baixa afinidade com a zeólita, corroborando, dessa forma, com os dados encontrados no presente trabalho, no qual não houve efeito da zeólita ( $P>0,05$ ) sobre o coeficiente de indigestibilidade aparente do mesmo.

Neste trabalho, a inclusão de *Yucca schidigera* não apresentou efeito sobre ao coeficiente de indigestibilidade aparente dos minerais. Entretanto, sua

ação não está completamente elucidada. Omoruyi et al. (2006) encontraram aumento na absorção de sódio e de potássio e redução na absorção de ferro na primeira semana de suplementação de saponina para ratos, assim como West et al. (1978) encontraram complexos insolúveis da saponina com o zinco e o ferro em trabalho *in vitro*. Para Southon et al. (1988), a ação da saponina na indigestibilidade de minerais nos animais concentra-se em sua ação sobre os transportadores presentes na membrana, já que o composto apresenta ação marcante na membrana e, em sua permeabilidade.

## 6 CONCLUSÃO

A inclusão dos aditivos (*Yucca schidigera* e zeólita) nos níveis utilizados não afeta negativamente a excreção aparente de minerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio, ferro e manganês) e não apresenta impacto indesejável sobre as características fecais (volume excretado e porcentagem de água nas fezes).

Dessa forma, a inclusão dos aditivos, que apresentam como função principal a redução de odor fecal nos alimentos para gatos adultos não apresentam interferência negativa sobre a saúde do ponto de vista da nutrição mineral.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **AAFCO official publication**. Atlanta, 2007. 512 p.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. **Official and tentative methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995.

AYASAN, T.; BAYLA, M.; CANOGULLARI, S. The effects of dietary yucca schidigera on egg yield parameters and egg shell quality of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). **International Journal of Poultry Science**, Pakistan, v. 4, n. 3, p. 159-162, 2005.

BARROS, S. E. C.; CURVELLO, F. A.; MACHADO JÚNIOR, H. F.; GOMES, A. V. C. Efeitos “in vitro” da zeólita NaY sobre fontes de cálcio e fósforo em rações para frangos de corte. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Itaquai, v. 22, n. 2, p. 89-95, dez. 2003.

ÇABUK, M.; ALÇIÇEK, A.; BOZKURT, M.; AKKAN, S. Effect of *Yucca schidigera* and natural zeolite on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, Pakistan, v. 3, n. 10, p. 651-654, 2004.

CANTLE, J. E. **Atomic absorption spectrometry**. New York: Elsevier Scientific, 1982. v. 5, 448 p.

CHEEKE, P. R. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 3, p. 1-10, Jan. 1999. Supplement.

COLINA, J.; LEWIS, A.; MILLER, P. S. **A review of the ammonia issue and pork production**. Nebraska: Nebraska Swine Reports. 2000. 24 p.

FERREIRA, A. C. K.; ALFARO, D. M.; SILVA, L. C. C.; ROMANI, F.; LOURENÇO, M. C.; VARGAS, F.; SANTIN, E. O uso de aluminossilicato (SILVET®) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 117-122, jan./jun. 2005.

FRANCIS, G.; KEREM, Z.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems: a review. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 88, n. 6, p. 587-605, Dec. 2002.

GRABHERR, H.; SPOLDERS, M.; FÜRL, M.; FLACHOWSCKY, G. Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 93, n. 2, p. 221-236, Apr. 2009.

KAYA, S.; KESSKIM, M.; GUL, S. Effects of *Yucca schidigera* extract (Dk 35 powder) on awassi lambs performance. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Antakaya, v. 5, n. 1, p. 57- 59, 2006.

LIMA, R. M. G.; WILDHAGEN, G. R. S.; CUNHA, J. W. S. D. Remoção de íon amônia de águas produzidas na exploração de petróleo em áreas *offshore* por adsorção em clinoptilolita. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1237-1242, maio 2008.

LINS, F. A. **Remoção de níquel e zinco utilizando zeólita natural estilbita através do processo de troca iônica**. 2003. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

LOWE, J. A.; KERSHAW, A. S. The ameliorating effect of *Yucca schidigera* extract on canine and feline faecal aroma. **Research in Veterinary Science**, London, v. 63, n. 1, p. 61-66, July/Aug. 1997.

MAIA, G. V. C. **Zeólitas (Clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações para cães: palatabilidade, digestibilidade e redução de odores fecais**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MALAFAIA, M. I. F. R.; RIBEIRO, M. D. Consumo e digestibilidade aparente de minerais em dietas para cães contendo polpa de citrus e folhas de alfafa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 863-867, set./out. 2002.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. London: Academic, 1992. 524 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academy of Science, 2006. 398 p.

OMORURY, F. O.; MCANUFF-HARDING, M.; ASEMOTA, H. N. Intestinal lipids and minerals in streptozotocin-induced diabetic rats fed bitter yam (*Dioscorea polygonoides*) saponin extract. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, Karachi, v. 19, n. 4, p. 269-275, Oct. 2006.

PAPAIOANNOU, D.; KATSOULOS, P. D.; PANOUSIS, N.; KARATZIAS, H. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: a review. **Microporous and Mesoporous Materials**, Amsterdam, v. 84, n. 1/3, p. 161-170, Sept. 2005.

PAPAIOANNOU, D.; KYRIAKIS, S. C.; PAPASTERIADIS, A.; ROUMBIES, N.; YANNAKOPOULOS, A.; ALEXOPOULOS, C. Effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on certain vitamin, macro and trace element concentrations in the blood, liver, and kidney tissues of sows. **Research in Veterinary Science**, London, v. 72, n. 1, p. 61-68, Feb. 2002.

POND, W. G. Effects of dietary protein level and clinoptilolite on the weight gain and liver and mineral response of growing lambs to copper supplementation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 10, p. 2772-2781, Oct. 1989.

ROQUE, N. C. **Níveis de Zeólita (Clinoptilolita) e *Yucca schidigera* em rações para gatos**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAS INSTITUTE. **User's guide: statistics**, Versão 5. Cary, 1985.

SHURSON, G. C.; KU, P. K.; MILLER, E. R.; YOKOYAMA, M. T. Effects of zeolite a or clinoptilolite in diets of growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 59, n. 6, p. 1536-1545, Dec. 1984.

SOUTHON, S.; WRIGHT, A. J. A.; PRICE, K. R.; FAIRWEATHER-TAIT, S. J.; FENWICK, G. R. The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 59, n. 3, p. 389-396, May 1988.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. N. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 1996. 856 p.

WEST, L. G.; GREGER, J. L.; WHITE, A.; NONNAMAKER, B. J. In vitro studies on saponin-mineral complexation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 4, p. 1342-1343, July 1978.

## **ANEXOS**

ANEXO A

TABELA 1A Análise de variância e coeficiente de variação de porcentagem (%) de água nas fezes, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	12,0932	2,0155	0,85	0,5401
Período	1	0,6892	0,6892	0,29	0,5931
Erro	34	80,5150	2,3681		
Total	41	93,2973			
CV (%)	2,52				

TABELA 2A Análise de variância e coeficiente de variação de produção total (g/dia) de fezes na matéria natural, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	93,2886	15,5481	1,71	0,1527
Período	1	14,9349	14,9349	1,64	0,2100
Erro	31	282,4788	9,1122		
Total	38	389,9277			
CV (%)	8,28				

Tabela 3A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	1792,1018	298,6836	6,08	0,0002
Período	1	2,6957	2,6957	0,05	0,8163
Erro	32	1571,5626	49,1113		
Total	39	3363,9654			
CV (%)	15,60				

TABELA 4A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do fósforo, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	574,5377	95,7563	1,99	0,0972
Período	1	17,1371	17,1371	0,36	0,5549
Erro	32	1490,6784	48,0864		
Total	39	2077,9257			
CV (%)	16,97				

TABELA 5A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do magnésio, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	62,6320	10,4387	1,02	0,4292
Período	1	1,4601	1,4601	0,14	0,7079
Erro	32	326,9615	10,2175		
Total	39	391,0604			
CV (%)	20,97				

TABELA 6A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	12,0652	2,0109	0,074	0,6226
Período	1	0,0068	0,0068	0,00	0,9605
Erro	32	87,1360	2,7230		
Total	39				
CV (%)	27,15				

TABELA 7A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do potássio\*, no experimento com alimento superpremium

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	0,5730	0,0955	1,35	0,2618
Período	1	0,0111	0,0111	0,16	0,6928
Erro	32	2,3268	0,0705		
Total	39	2,9124			
CV (%)	21,12				

\* Transformação logarítmica

TABELA 8A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do ferro, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	2262,9163	377,1527	1,56	0,1979
Período	1	8,1911	8,1911	0,03	0,8553
Erro	26	6275,1420	241,3516		
Total	33	8578,8909			
CV (%)	21,61				

TABELA 9A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do manganês, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	635,6930	105,9488	2,13	0,0765
Período	1	93,9338	93,9338	1,89	0,1785
Erro	32	1588,8598	49,6519		
Total	39	2323,1802			
CV (%)	12,91				

TABELA 10A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do cobre, no experimento com alimento superpremium

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	77,6238	12,9373	0,43	0,8502
Período	1	33,1944	33,1944	1,12	0,2988
Erro	32	952,4356	29,7636		
Total	39	1065,4410			
CV (%)	10,36				

TABELA 11A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do zinco, no experimento com alimento superpremium.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	389,2797	64,8799	0,99	0,4473
Período	1	311,1979	311,1976	4,76	0,0368
Erro	31	2025,5979	65,3417		
Total	38	2702,6288			
CV (%)	10,19				

Tabela 12A Análise de variância e coeficiente de variação do consumo médio (g/dia) de matéria seca no experimento com alimento *Standard*.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	2291,7791	1145,8896	0,32	0,7289
Erro	17	60469,6829	3557,0402		
Total	19	62761,4620			
CV (%)	13,60				

TABELA 13A Análise de variância e coeficiente de variação de porcentagem (%) de água nas fezes, no experimento com alimento standard.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	1,7652	0,8826	0,17	0,8451
Erro	17	88,2758	5,1927		
Total	19	90,0411			
CV (%)	3,04				

TABELA 14A Análise de variância e coeficiente de variação de produção média (g/dia) de fezes na matéria natural, no experimento com alimento standard

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	1073,6880	536,8470	0,11	0,8966
Erro	17	83114,5946	4889,0938		
Total	19	84188,2826			
CV (%)	21,40				

TABELA 15A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, no experimento com alimento standard

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	555,7350	277,8675	4,82	0,0219
Erro	17	979,5299	57,6194		
Total	19	1535,2650			
CV (%)	12,54				

TABELA 16A Análise de variância e coeficiente de variação de ingestibilidade aparente do fósforo, no experimento com alimento standard.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	429,3329	214,6664	4,83	0,0219
Erro	17	755,9688	44,4687		
Total	19	1185,3017			
CV (%)	12,41				

TABELA 17A Análise de variância e coeficiente de variação do pH urinário, no experimento com alimento standard

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	0,1364	0,0682	0,33	0,7241
Erro	17	3,5241	0,2073		
Total	19	3,6605			
CV (%)	5,81				

TABELA 18A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do magnésio, no experimento com alimento standard

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	2672,9092	1336,4546	27,54	<0,0001
Erro	17	824,9250	48,5250		
Total	19	3497,8342			
CV (%)	19,81				

TABELA 19A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio, no experimento com alimento standard

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	22,3560	11,1780	0,32	0,7320
Erro	17	598,0964	35,1821		
Total	19	620,4525			
CV (%)	25,73				

TABELA 20A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade do potássio, no experimento com alimento standard

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	9,1630	4,5815	0,28	0,7584
Erro	17	277,0238	16,2955		
Total	19	286,1868			
CV (%)	28,27				

TABELA 21A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indisponibilidade do zinco, no experimento com alimento standard.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	2	36,7980	18,3990	0,16	0,8528
Erro	17	1946,7097	114,5123		
Total	19	1983,5077			
CV (%)	11,40				

TABELA 23A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio, no experimento com alimento superpremium na inclusão de *Yucca schidigera*

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	3	640,2407	160,0601	2,95	0,0488
Linear	1	578,7017	578,7017	11,71	0,0026
Desvio	2	61,5390	30,7695	0,57	>0,0005
Erro	18	976,1167			
Total	21	1616,3575			
CV (%)	15,17				

TABELA 24A Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade do cálcio, no experimento com alimento superpremium na inclusão de zeólita.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	3	1558,1845	519,3948	13,33	<0,0001
Linear	1	1169,4403	1169,4403	30,01	<0,0001
Quadrática	1	22,9003	22,9003	0,59	0,4533
Cúbica	1	365,8438	365,8438	9,39	0,0067
Erro	18	701,4158	38,9675		
Total	21	2259,6003			
CV (%)	17,04				

ANEXO B

TABELA 1B Análise de variância e coeficiente de variação do consumo médio (g/dia) de matéria seca.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	1208,0707	201,3451	1,76	0,1393
Período	1	94,2522	94,2522	0,82	0,3713
Erro	33	3785,8033	114,7213		
Total	40	5062,5178			
CV (%)	23,86				

TABELA 2B Análise de variância e coeficiente de variação de porcentagem (%) de água nas fezes.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	127,7195	21,2866	0,84	0,5473
Período	1	91,1109	91,1109	3,60	0,0663
Erro	34	860,7343	25,3157		
Total	41	1079,5648			
CV (%)	9,95				

TABELA 3B Análise de variância e coeficiente de variação de produção total (g/dia) de fezes na matéria natural.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	321,5961	53,5993	1,39	0,2466
Período	1	124,3904	124,3904	3,23	0,0813
Erro	34	1310,3297	38,5391		
Total	41	1756,3163			
CV (%)	28,30				

TABELA 4B Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do cálcio.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	603,3206	100,5534	0,54	0,7706
Período	1	298,3377	298,3377	1,61	0,2195
Erro	20	3714,1956	185,7098		
Total	27	4711,4164			
CV (%)	14,53				

TABELA 5B Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do fósforo.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	214,6634	35,7772	0,25	0,9532
Período	1	171,3262	171,3262	1,22	0,2795
Erro	27	3798,6643	140,6912		
Total	34	4193,0730			
CV (%)	15,32				

TABELA 6B Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do magnésio.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	1212,9037	202,1506	0,85	0,5483
Período	1	50,7376	50,7376	0,21	0,6495
Erro	20	4766,4280	238,3214		
Total	27	6312,9696			
CV (%)	18,15				

TABELA 7B Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do sódio\*.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	0,8696	0,1449	1,83	0,1233
Período	1	0,3200	0,3200	4,03	0,0527
Erro	34	2,6996	0,0794		
Total	41	3,8893			
CV (%)	37,09				

\* Transformação logarítmica

TABELA 8B Análise de variância e coeficiente de variação do coeficiente de indigestibilidade aparente do potássio.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	14,0124	2,3354	0,91	0,4970
Período	1	14,3617	14,3617	5,62	0,0236
Erro	34	86,8988	2,5585		
Total	41	115,2730			
CV (%)	41,77				

TABELA 9B Análise de variação e coeficiente de indigestibilidade de indisponibilidade aparente do ferro.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	2045,6900	340,9483	1,08	0,4077
Período	1	296,0956	296,0956	0,94	0,3446
Erro	20	6319,2667	315,9633		
Total	27	8643,4350			
CV (%)	20,40				

TABELA 10B Análise de variação e coeficiente de indigestibilidade aparente do manganês.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Fc	Prob<F
Tratamento	6	1328,4980	221,4163	0,93	0,4923
Período	1	0,0000	0,0000	0,00	1,00
Erro	20	4739,5638	236,9782		
Total	27	6071,5860			
CV (%)	17,18				