

INTER-RELAÇÃO ENTRE O BALANÇO CÁTION-ANIÔNICO DO ALIMENTO E O pH URINÁRIO DE GATOS

Carolina Padovani Pires¹, Flávia Maria de Oliveira Borges Saad², Aulus Cavalieri Carciofi³, João Paulo Fernandes Santos¹

¹ Autonomo

² UFLA

³ Unesp Jaboticabal

Endereço para correspondência: Carolina Padovani Pires: carolpadovani83@yahoo.com.br

RESUMO: Estudos para o desenvolvimento de formulações de alimentos para animais de companhia buscam componentes essenciais à manutenção da vida de forma saudável, bem como à segurança de produtos, incorporando nestes, elementos capazes de prevenir os riscos de determinados distúrbios metabólicos associados à dieta. Desordens do trato urinário felino, em destaque as urolitíases, apresentam alta incidência na casuística clínica. Estudos associam fatores dietéticos como, ingredientes, digestibilidade e composição química, a alteração do volume, pH e densidade da urina e conseqüente indução a formação de urólitos uma correlação altamente significativa entre a composição mineral da dieta e o pH urinário de gatos começa a ser estudada, utilizando a associação entre o balanço catiônico-aniônico da dieta (BCAD) e a regulação do equilíbrio ácido-base do organismo. O BCAD pode ser definido como a diferença entre os cátions e ânions fixos totais presentes na dieta, ferramenta importante para estimar o pH urinário e determinar a faixa de pH que o alimento utilizado favorece, podendo, assim, associar o desencadeamento e a prevenção de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio no trato urinário de felinos. Sendo assim, a presente revisão tem como objetivo esclarecer os efeitos da composição nutricional da dieta no pH urinário de gatos.

Palavras-chave: excesso de bases; felinos; nutrição; urina.

INTER-RELATION BETWEEN DIET CATION-ANION BALANCE AND URINARY PH IN CATS

ABSTRACT: Studies for the food development of formulations for pets, look for key components to maintaining healthy way of life and safety of products, including these, elements capable of preventing the risk of certain metabolic disorders associated with diet. Feline urinarytract disorders, highlights the urolithiasis, have high incidence in clinical series. Studies linking dietary factors such as ingredients, digestibility and chemical composition, changing the volume, density and pH of urine and consequent induction training for urolithiasis. A highly significant correlation between the mineral composition of the diet and urine pH of cats began to be studied, using the association between the cation-anion balance of the diet (DCAB) and regulation of acid-base balance of the body. The DCAB can be defined as the difference between the total fixed anions and cations present in the diet, important tool for estimating the urinary pH and to determine the range of pH that favors the food used, thereby linking the trigger and the prevention of struvite and calcium oxalate urolithiasis in the urinary tract of cats. Thus, this review aims to clarify the effects of the nutritional composition of diet on urine pH in cats.

Key Words: base excess; cats; nutrition; urine.

INTRODUÇÃO

Recentes pesquisas enfocam a crescente preocupação por parte das indústrias quanto aos efeitos metabólicos do alimento associados ao desenvolvimento, em longo prazo, de síndromes e doenças de alta incidência clínica. Diversas pesquisas (Jeremias, 2009; Kienzle; Schuknecht; Meyer, 1991; Kienzle; Wilms-Eilers, 1994; Yamka; Friesen; Schakenraad, 2006) têm demonstrado que a urolitíase em gatos pode ser induzida por fatores dietéticos, uma vez que ingredientes da dieta, sua digestibilidade, composição química e padrões alimentares afetam o volume, equilíbrio ácido-básico, pH e densidade específica da urina, predispondo à formação de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio. Estes estudos sugerem correlação altamente significativa entre excesso de base da dieta (EB) e pH urinário. O cálculo para determinação do EB é realizado a partir da soma de componentes alcalogênicos – cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) – menos a soma de componentes acidificantes – fósforo (P), cloro (Cl), enxofre (S), metionina e cisteína.

DESENVOLVIMENTO

Urolitíase em felinos

A urolitíase é uma desordem do trato urinário relativamente comum, caracterizada pelo aparecimento de concreções macroscópicas que se formam no trato urinário, denominados cálculos ou urólitos (Confer; Panciera, 1998). Se a urina encontra-se supersaturada com minerais e o pH urinário é favorável para a cristalização, minerais precipitados saem da solução para formar cristais (Houston *et al.*, 2003; Robertson *et al.*, 2002), os quais, quando acumulados, podem formar urólitos (Houston *et al.*, 2003). Os cristais são compostos neutros

derivados da interação entre um cátion (por exemplo, o cálcio) e um ânion (por exemplo, ácido oxálico) (Osborne; Bartges; Lulich, 2000).

Os urólitos mais observados são os de estruvita e oxalato de cálcio. Os urólitos de estruvita, também denominados fosfato triplo ou fosfato amônio magnésiano, em geral, estão associados a um pH urinário maior que 6,8 unidades de pH e a urina supersaturada com íons de magnésio, amônio e fosfato (Houston *et al.*, 2003). Já, os de oxalato de cálcio são observados em pH urinário mais ácido (Navarro, 2005). A formação de urólitos de estruvita é mais comum em gatos jovens e adultos de um a sete anos, enquanto a formação de oxalato de cálcio ocorre com maior frequência em gatos idosos de sete a nove anos (Kruger e Allen, 2000).

Distúrbios do trato urinário inferior de gatos não são fenômenos novos. Kirk (1925) citado por Markwell *et al.* (1998), descreveu a obstrução da uretra por um material com cálculos como a causa mais comum da "retenção da urina" em gatos. Markwell *et al.* (1998) cita que Blount (1931) observou sete tipos diferentes de cálculos urinários em gatos e que os "fosfatos triplos" (fosfato de amônio com magnésio) estavam presentes na maioria dos cálculos depositados na urina alcalina.

Segundo Houston *et al.* (2003), a prevalência de urolitíase por estruvita e oxalato de cálcio mudou ao longo dos últimos 20 anos. Em um estudo realizado em 132 gatos com sinais de doença do trato urinário inferior, foi constatada a presença de urólitos em 16 gatos (oito estruvita, sete oxalato de cálcio e um desconhecido), totalizando 14,7% de incidência, sugerindo esses como os dois tipos de urólitos predominantes (Buffington *et al.*, 1997).

Uma análise realizada em felinos em 1981 indicou prevalência de 78% de urólitos de estruvita e apenas 2% de

oxalato de cálcio. Em 2006, essa proporção foi alterada, sendo observados 50% dos urólitos de estruvita e 39% de oxalato de cálcio (Forrester; Roudebush, 2007). No Brasil, estudo realizado em 2003, identificou que 61,1% dos urólitos encontrados em felinos eram de estruvita, sendo os demais mistos, ou seja, de estruvita com oxalato de cálcio, urato de amônio e cálcio apatita (Carciofi, 2007).

O aparecimento de cálculos é imprevisível, tornando a urolitíase uma doença com causas multifatoriais, sendo estas fisiológicas, comportamentais, patológicas e dietéticas, ou seja, alterações subjacentes (Osborne; Bartges; Lulich, 2000). Portanto, não pode ser avaliada e caracterizada como uma doença isolada (Zentek; Scuhz, 2004) ou como uma enfermidade única. Mesmo assim, pesquisas têm demonstrado que a urolitíase em gatos pode ser induzida, principalmente, por fatores dietéticos, já que os ingredientes da dieta, sua digestibilidade, composição química e padrões alimentares afetam o volume, o pH e a densidade específica da urina (Markwell *et al.*, 1998).

A redução do pH urinário é considerada prática eficaz na diminuição da incidência de formação de cristais de estruvita. No entanto, dietas com acidificantes que induzem o pH urinário a valores inferiores a 6,29 e apresentam pouco magnésio podem aumentar o risco de formação de cristais de oxalato de cálcio (Markwell *et al.*, 1998). Para prevenir a formação de urólitos de estruvita em felinos, recomenda-se que os alimentos conduzam à formação de urina com pH entre 6,2 e 6,4, enquanto para dissolução este pH deve estar entre 5,9 e 6,1. Nos casos de urolitíase por oxalato de cálcio, não há dissolução na bexiga, mas, para a prevenção, as dietas devem manter o pH urinário entre 6,6 e 6,8 (Kruger e Allen, 2000).

Devido à grande influência do pH urinário e de fatores dietéticos envolvidos na formação de urólitos, métodos de predição do pH urinário estão sendo desenvolvidos por meio da utilização dos dados de composição de macrominerais e aminoácidos do alimento (Kienzle; Schuknecht; Meyer, 1991; Zentek; Scuhz, 2004). Esta metodologia oferece uma ferramenta para que as indústrias possam formular alimentos para animais de companhia que favoreçam um pH urinário ideal (Yamka; Friesen; Schakenraad, 2006).

Fatores dietéticos e pH urinário

Buffington e Chew (1996) verificaram que variação ao longo do dia é observada no pH urinário de gatos, devido à influência do alimento, do momento da alimentação, do método de alimentação e da quantidade de alimento ingerido. Em consequência, é difícil interpretar apenas um valor de pH, sendo necessárias observações e mensurações na urina colhida em 24 horas.

Em virtude do consumo de alimentos estimular a secreção de ácido clorídrico pelo estômago, ocorre diminuição na concentração de cloro e aumento de bicarbonato no sangue venoso que drena o estômago. A concentração total desse composto aumentada no soro caracteriza alcalose metabólica, a qual se denomina maré alcalina pós-prandial. Consequentemente, o pH urinário aumentará, tornando-se alcalino, a menos que o alimento contenha alguma substância acidificante (Lekcharoensuk *et al.*, 2001).

Alguns fatores intrínsecos à fisiologia animal e à dieta são importantes na variação do pH urinário, como os nutrientes e o nível de magnésio. O gato é um mamífero considerado estritamente carnívoro. Em comparação com a dieta onívora ou herbívora, a dieta carnívora é

responsável por aumentar a excreção de ácido e, com isso, diminuir o pH da urina (Klahr, 1982). Um dos fatores responsáveis por este efeito acidificante é devido à oxidação de aminoácidos sulfurados presentes em grande quantidade em produtos de origem animal, com consequente excreção de sulfato na urina (Chan, 1981). Além disso, na maioria das vezes, a dieta com maior quantidade de ingredientes de origem animal contém menos sais de potássio do que as dietas à base de cereais e soja, sendo estes sais responsáveis pela produção de urina mais alcalina (Holsworth, 1987).

Apesar dessa característica dos ingredientes de origem vegetal, Skoch *et al.* (1991) descrevem que a farinha de glúten de milho se comporta de outra forma quando administrada para gatos, uma vez que proporciona acidez na urina, devido à maior concentração de aminoácidos contendo enxofre em sua composição.

Em estudo realizado por Funaba *et al.* (2001), comparando o efeito de duas fontes de proteína, farinha de peixe e farinha de glúten de milho, não foi observada diferença significativa entre pH urinário dos grupos (6,11 e 6,14 unidades de pH, respectivamente). Os autores sugerem que as fontes proteicas não irão interferir no efeito de acidificação da urina, corroborando com Skoch *et al.* (1991).

Zentek e Schulz (2004) verificaram que a ingestão e a fonte de proteína determinaram a excreção urinária de metabólitos de nitrogênio e oxalato. Os autores alertam sobre a importância do conhecimento das fontes proteicas utilizadas, uma vez que a ingestão destas pode estar relacionada com a doença do trato urinário inferior dos felinos.

A maioria dos alimentos comerciais para gatos utilizam altos teores de cálcio, levando à carga catiônica, que conduz à formação de

urina neutra ou mesmo alcalina, predispondo à formação de urolitíase por estruvita (Case; Carey; Hirakawa, 1998; Gevaert *et al.*, 1991). A influência da dieta sobre o pH urinário e equilíbrio ácido-base foi avaliada em diversas espécies, sendo sugerida correlação altamente significativa entre EB da dieta e a média do pH urinário (Jeremias, 2009; Kienzle; Schuknecht; Meyer, 1991; Kienzle; Wilms-Eilers, 1994; Yamka; Friesen; Schakenraad, 2006).

Kienzle e Wilms-Eilers (1994) realizaram um estudo utilizando dietas com diferentes EB, com o objetivo de avaliar os efeitos da dieta no pH urinário e sanguíneo, balanço mineral e hídrico. Os autores verificaram correlação significativa entre o EB do alimento e o pH urinário. Foi possível verificar também que o pH urinário responde à maré alcalina pós-prandial, observando que houve diferença significativa entre o pH urinário mensurado durante o dia e durante a noite, os quais se apresentaram alcalino e ácido, respectivamente.

O consumo do alimento várias vezes ao dia contribui para a perpetuação da maré alcalina pós-prandial de menor magnitude, mas, quando a refeição é fornecida duas a três vezes por dia, a magnitude dessa maré alcalina é maior, formando urina mais alcalina (Buffington, 1988). A manipulação do pH urinário por meio da nutrição para prevenir a formação de urólitos em gatos está sendo estudada extensivamente, considerando o comportamento alimentar, bem como a composição da dieta (Markwell *et al.*, 1998).

A quantidade de água ingerida irá predizer o volume urinário, o qual deve ser aumentado como medida profilática para casos de urolitíase, de forma que aumentará a frequência de micções, reduzindo o potencial de crescimento de urólitos (Markwell *et al.*, 1998). Em um estudo realizado com o objetivo de

avaliar a proporção de gatos com recorrência da doença do trato urinário inferior, observou-se que o grupo alimentado com dieta úmida enlatada obteve recorrência significativamente menor (11%) que o grupo alimentado com formulação seca do mesmo produto (39%) (Markwell; Buffington; Smith, 1998). O mecanismo para o efeito observado foi o provável resultado das mudanças na concentração ou tipo de solutos na urina e/ou alterações no volume de urina causado pela quantidade de água presente nas dietas. Diante disso, acredita-se que o estímulo para o consumo de água seja de fundamental importância para o tratamento e a prevenção do desenvolvimento e da recorrência da formação de urólitos no trato urinário inferior dos felinos.

Balanço cátion-aniônico da dieta

Eletrólitos da dieta são classificados em ânions (carga negativa) e cátions (carga positiva). As diferenças na absorção da porção catiônica e aniônica são de fundamental importância. Os cátions da dieta mais importantes são sódio, potássio, cálcio e o magnésio, e os ânions, cloro, enxofre e fósforo (Block, 1984).

O balanço catiôn-aniônico da dieta (BCAD), também denominado EB (Carciofi; Jeremias, 2009), é definido como a diferença entre os cátions e ânions fixos totais presentes na dieta, podendo ser calculado em miliequivalente (mEq) por quilograma de matéria seca (MS) (Correa *et al.*, 2006). A principal ação fisiológica do EB se relaciona à regulação do equilíbrio ácido-base do organismo (Correa *et al.*, 2006; Del Claro *et al.*, 2005). Dentre os macroelementos utilizados nos cálculos do EB estão cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), potássio (K), sódio (Na) e magnésio (Mg), mas também podem ser empregados os

aminoácidos metionina e cisteína, em vez de enxofre.

Os elementos sódio, potássio e cloro têm sido utilizados no cálculo do EB, devido à sua importância no metabolismo, estando associado à participação no balanço osmótico, balanço ácido-básico, mecanismo de bombeamento e integridade da membrana (Block, 1994). O enxofre é empregado no cálculo devido à sua capacidade de acidificar os fluidos onde está presente (Block, 1984). O fósforo é responsável por manter o equilíbrio ácido-básico do organismo. Já o magnésio e o cálcio, por serem macroelementos predominantemente alcalinizantes, são potentes modificadores do pH dos líquidos corporais (DiBartola, 1992).

Um método prático para determinar o EB foi apresentado por Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991). A equação é a soma dos equivalentes dos cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) e dos ânions (fósforo, enxofre e cloro) mais importantes da dieta:

a) EB considerando enxofre (EBs):

$$\text{EBs (mEq/kg MS)} = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (62,4 \times \text{S}) - (28,2 \times \text{Cl})$$

Uma equação alternativa emprega concentrações dos aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), em gramas por quilograma de matéria seca. Esta metodologia apresenta algumas desvantagens, quando comparada com a que utiliza o enxofre, como o maior custo das análises laboratoriais para a determinação desses elementos e a não quantificação de outras fontes de enxofre presentes no alimento que podem interferir no pH urinário (Yamka; Friesen; Schakenraad, 2006). Diante disso a equação proposta é:

b) EB sem enxofre e considerando aminoácidos sulfurados (EBaa):

$$\text{EBaa (mEq/kg MS)} = (49,9 \times \text{Ca}) + (82,3 \times \text{Mg}) + (43,5 \times \text{Na}) + (25,6 \times \text{K}) - (64,6 \times \text{P}) - (13,4 \times \text{metionina}) - (16,6 \times \text{cistina}) - (28,2 \times \text{Cl})$$

Estimativa do pH urinário pelo excesso de base do alimento

A partir da determinação do EB da dieta, é possível estimar o pH urinário. A estimativa do pH da urina pelo BCAD do alimento permite que seja identificada a possível faixa de pH urinário que tal alimento favorece, podendo, assim, prevenir o desenvolvimento de urólitos de estruvita ou oxalato de cálcio, além de compreender o efeito do alimento no equilíbrio ácido-básico, bem como identificar os desbalanços entre os macroelementos.

Depois de calculado o EB do alimento e determinado o pH urinário, é feita uma correlação entre estes dados, gerando, assim, uma equação de regressão para estimativa do pH da urina dos gatos em função do BCAD.

Algumas fórmulas de estimativa do pH da urina de gatos a partir da composição mineral da dieta foram propostas por vários autores (Kienzle.; Schuknecht; Meyer, 1991; Kienzle; Wilms-Eilers, 1994; Yamka; Friesen; Schakenraad, 2006), conforme descrito na tabela 1. Entretanto, as equações publicadas por Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991) e Kienzle e Wilms-Eilers (1994), apresentaram alta constante de associação ($r=0,90$ e $r=0,99$) entre pH estimado e verificado, porém, a fórmula proposta por Yamka, Friesen e Schakenraad (2006) demonstrou menor acurácia, o que pode ser justificado pela menor constante de associação ($r=0,71$).

Em um estudo com gatos, conduzido por Jeremias (2009), utilizando a equação para cálculo de EBs e EBaa, geraram-se equações para estimativa do pH da urina de gatos apresentando constante de associação

$r=0,95$ e $r=0,86$, respectivamente, indicando a grande associação entre a composição da dieta e o pH urinário.

Tabela 1- Equações propostas para estimar pH urinário em função do excesso de base (EB) da dieta.

Equações utilizadas	r	Autores
$\text{pH} = 6,72 + 0,0021 \times \text{EB}_{\text{aa1}}$	0,90	Kienzle, Schuknecht e Meyer (1991)
$\text{pH} = 7,1 + 0,0019 \times \text{EB}_{\text{S1}} + (9,7 \times 10^{-7}) \times \text{EB}_{\text{S1}}^2$	0,99	Kienzle e Wilms-Eilers (1994)
$\text{pH} = 6,42 + \text{EB}_{\text{aa1}}$		Markwell, Buffington e Smith (1998)
$\text{pH} = 6,25 + 0,0023 \times \text{EB}_{\text{aa2}}$	0,74	Wagner, Friesen e Schakenraad (2006)
$\text{pH} = 7,03 + \text{EB}_{\text{S2}}$	0,71	Yamka, Friesen e Schakenraad (2006)
$\text{pH} = 6,472 + 0,00361 \times \text{EB}_{\text{S1}} + 10^{-6} \times \text{EB}_{\text{S1}}^2$	0,95	Jeremias (2009)
$\text{pH} = 6,033 + 0,003069 \times \text{EB}_{\text{aa2}} + 0,000003 \times \text{EB}_{\text{aa2}}^2$	0,86	Jeremias (2009)

$$\text{EB}_{\text{aa1}}(\text{mEq/kg MS}) = (2\text{Ca}) + (2\text{Mg}) + \text{K} + \text{Na} - (2\text{P}) - (2\text{Met}) - \text{Cl}$$

$$\text{EB}_{\text{S1}}(\text{mEq/kg MS}) = (49,9\text{Ca}) + (82,3 \text{Mg}) + (43,5\text{Na}) + (25,6\text{K}) - (64,6\text{P}) - (62,4\text{S}) - (28,2\text{Cl})$$

$$\text{EB}_{\text{aa1}}(\text{g}/100\text{g MS}) = (0,572\text{Ca}) + (0,727\text{Na}) + (0,674\text{K}) - (0,731\text{P}) - (0,546\text{Met}) - (0,183\text{Cl})$$

$$\text{EB}_{\text{aa2}}(\text{mEq/kg MS}) = (49,9\text{Ca}) + (82,3\text{Mg}) + (43,5\text{Na}) + (25,6\text{K}) - (64,6\text{P}) - (13,4\text{Met}) - (16,6\text{cis}) - (28,2\text{Cl})$$

$$\text{EB}_{\text{S2}}(\text{mEq/kg MS}) = \text{Na} + \text{K} + (0,89\text{Ca}) + (1,58\text{Mg}) - (0,93\text{Cl}) - (1,61\text{S}) - (1,04\text{P})$$

Os resultados encontrados até então demonstram que a manipulação do equilíbrio de minerais dietéticos baseado nos cálculos do balanço cátion-aniônico da dieta é efetivo na modulação do pH urinário de gatos. As equações propostas para estimativa do pH urinário demonstram-se eficazes para as condições experimentais utilizadas, podendo ser uma ferramenta de grande valia para as empresas, no

momento da formulação de dietas, porém, as mensurações realizadas in vivo ainda são importantes para avaliar o efeito dietético sobre o pH urinário. A Associação Nacional de Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação - ANFAL (2009), em seu guia nutricional, apresenta um protocolo mínimo para experimentação in vivo, objetivando a mensuração do pH urinário.

Balanço mineral do alimento

Durante estudos para a formulação de um alimento, todo balanço mineral deve ser criteriosamente avaliado, uma vez que o pH urinário do animal depende deste processo. Assim, em função de um determinado EB calculado para o alimento, seus parâmetros catiônicos são alterados por meio da adição de sais catiônicos (como óxidos e carbonatos) ou de sais aniônicos (como cloretos, fosfatos e sulfatos). Para se evitar adição excessiva de qualquer um desses componentes, é importante que a quantidade de sal a ser suplementada seja calculada, levando-se em consideração os mEq/kg de MS que se deseja adicionar e o EB do sal. Esta identificação deve ser feita utilizando-se a seguinte fórmula, descrita por Carciofi e Jeremias (2009):

$$\text{Adição do sal (g/kg)} = \frac{1000 \times \text{mEq/kg que se deseja adicionar}}{\text{EB do sal (mEq/kg)}}$$

Nos casos em que há predominância de absorção de ânions, existe mudança no equilíbrio cátion-ânionico para um estado mais negativo, ou de acidose metabólica, o que provoca o aumento na concentração arterial de íons hidrogênio. O organismo tenta, então, manter um pH sanguíneo arterial levemente alcalino (aproximadamente 7,4), por meio de sistemas tampões e pela excreção renal de íons hidrogênio extra. Os tampões agem minimizando o aumento ou a

diminuição da concentração de hidrogênio até os rins restaurarem o equilíbrio ácido-base. Os rins restauram esse equilíbrio eliminando ou retendo íons hidrogênio na urina (Rose; Post, 2000).

A correção dietética com cátions ou ânions em função dos ingredientes utilizados na formulação do alimento comercial é uma ferramenta importante para a obtenção de pH urinários entre 6,2 a 6,8, prevenindo o aparecimento de cálculos de estruvita e diminuindo os fatores de risco para cálculos de oxalato.

Os urólitos de estruvita são formados quando diversos fatores relacionados à dieta e ao animal estão associados. A concentração de macronutrientes, magnésio, fosfato e amônio influenciam tal formação. Devido ao metabolismo de proteína, a urina de gatos, normalmente, contém concentrações altas de amônio e fosfato, suficientes para levar à formação de cálculos, independentemente de sua ingestão. Por sua vez, a concentração de magnésio é normalmente baixa em condições habituais e podem ser marcadamente influenciadas pela dieta. Assim, o controle da ingestão pode ser importante medida profilática (Allen; Kruger, 2000).

Acidificantes dietéticos

Indústrias de alimentos para cães e gatos utilizam os acidificantes em suas formulações, a fim de garantir um balanço cátion-aniônico adequado para a prevenção da formação de urólitos por estruvita e oxalato. Desse modo, diversos acidificantes vêm sendo estudados para felinos, como o cloreto de amônio, cloreto de cálcio, bissulfato de sódio e ácido fosfórico (Carciofi; Jeremias, 2009).

Ainda que acidificantes sejam utilizados em alimentos para gatos para prevenir a formação de cristais de

estruvita, seu uso em quantidades excessivas pode conduzir à acidose metabólica, causando depressão de reservas corporais de potássio, disfunção renal, transtorno da homeostase óssea normal e risco de urolitíase por oxalato de cálcio (Buffington, 1993).

Um estudo com gatos adultos, realizado por Dow *et al.* (1990), utilizando uma dieta restrita em potássio com adição de cloreto de amônio, induziu uma severa acidose metabólica e afetou negativamente a função renal, refletindo em 20% de declínio na taxa de filtração glomerular. Estas conclusões têm implicações importantes para a formulação de alimentos para gatos com disfunção renal, uma vez que esses são predispostos para desenvolver depleção de potássio e maior deterioração da função renal.

Em experimentos conduzidos por Izquierdo e Czarnecki-Maulden (1991), trabalhando com gatos adultos, determinou-se o potencial de acidificação urinária do ácido fosfórico, cloreto de cálcio e ácido glutâmico adicionados à dieta. O pH urinário de 6,4 foi escolhido como desejável pelos autores, uma vez que impede precipitação de cristais de estruvita sem causar alterações metabólicas.

Segundo Knechelbein (1986) citado por Allen e Kruger (2000), o sal de oxalato de cálcio é tão insolúvel no conteúdo luminal intestinal quanto em outras soluções complexas, como a urina. Os mesmos autores descrevem que um terço dos gatos que apresentam urólitos de oxalato de cálcio tem hipercalemia. Pressume-se que a hipercalemia eleva o risco de formação de urólitos com conteúdo de cálcio ao aumentar a excreção urinária deste elemento e, assim, acidificar a urina.

O efeito do cloreto e do carbonato de cálcio dietético foi estudado no metabolismo mineral de gatos (Pastoor *et al.*, 1994). Neste estudo, o pH urinário

dos animais que receberam carbonato de cálcio atingiu valores elevados e, quando substituído por cloreto de cálcio, o pH apresentou valores baixos. Segundo os autores, o excesso de ingestão de cálcio, por si só, pode elevar o pH e concentrações urinária dos constituintes da estruvita em gatos.

Em estudos realizados por Khan, Shevock e Hackett (1993), verificou-se que o magnésio é um potente inibidor da cristalização do oxalato de cálcio *in vitro* e da formação de urólitos de oxalato de cálcio em modelos experimentais. Porém, o efeito do magnésio depende, obviamente, do sal utilizado, e o óxido de magnésio (cátion) tem efeito alcalinizante da urina, enquanto o sulfato de magnésio (ânion) apresenta efeito acidificante.

A absorção intestinal de cálcio e magnésio é relativamente baixa, porém, a absorção dos ânions associados pode ser alta e influencia o pH urinário. A absorção dos ânions não metabolizáveis, em excesso a seus cátions associados, produz efeito acidificante, sendo o inverso verdadeiro (Swenson; Reece, 1996).

Gatos adultos com função renal normal foram utilizados em um ensaio experimental, com duração de seis meses, objetivando estudar os efeitos de uma alimentação crônica, com suplementação do acidificante cloreto de amônio (Ching *et al.*, 1989). Foram coletadas amostras mensais de sangue e urina para a determinação de parâmetros do equilíbrio ácido-base e do metabolismo de alguns minerais. Os animais que receberam dieta por longo período com acidificação de 1,5% de cloreto de amônio apresentaram pH urinário significativamente menor, balanço negativo de cálcio e potássio e balanço positivo de cloreto, implicando no desenvolvimento de acidose metabólica crônica.

Nesta perspectiva, acidificante, como a DL-metionina, pode ser misturado às

dietas, visando reduzir a alcalinização pós-prandial da urina. No entanto, é importante um monitoramento do pH urinário, especialmente no início da administração deste produto, tendo-se o cuidado de evitar doses tóxicas de metionina, visto que já foi descrito como causa de anemia em gatos (Osborne *et al.*, 1995).

O ácido cítrico é um ácido orgânico tricarbônico presente na maioria das frutas cítricas e, na forma de citrato, é o ácido orgânico mais abundante na urina. Sua cadeia curta, contendo três grupos carboxila, confere poder complexante (fixa cátions como cálcio, ferro, potássio e magnésio) e tamponante (estabiliza o pH de soluções aquosas), sendo ele o principal agente de alcalinização do metabolismo orgânico de animais.

Em um estudo utilizando o ácido cítrico como agente acidificante urinário, Kienzle e Maiwald (1998), verificaram que, na dose de 100 mg/kg, não houve efeito sobre a concentração de citrato urinário. Isso se deve ao fato de que, em gatos, a concentração de citrato ingerido com a dieta causa pouco efeito na concentração urinária do mesmo. Apenas uma porção do citrato circulante na corrente sanguínea, filtrada pelos glomérulos, é reabsorvida pelos túbulos proximais. Já, o estado ácido-básico do animal influencia a excreção de citrato. A alcalose metabólica induz rápido aumento e proeminente da excreção urinária de citrato, causando inibição do metabolismo nas células tubulares renais. Já, a acidose metabólica se associa com a redução da excreção e o aumento do metabolismo em células tubulares (Allen; Kruger, 2000).

CONCLUSÃO

Diante da correlação altamente significativa entre o balanço catiônico-aniônico da dieta e o pH urinário de felinos, as indústrias de alimentos para

animais de companhia podem formular alimentos que favoreçam pH urinário na faixa ideal (6,2 a 6,8), permitindo queda na ocorrência de urólitos de estruvita e oxalato de cálcio, além de garantir a segurança dos produtos comerciais

REFERÊNCIAS

ALLEN, T. A.; KRUGER, J. M. Enfermedad felina de las vias urinarias. In: HAND, M. S. *et al.* Nutrición clínica en pequeños animales. 4th ed. Bogotá: Panamericana, 2000. chap. 46, p. 811-845.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. Manual do Programa Integrado de Qualidade Pet. São Paulo, 2009. 239 p.

BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 12, p. 2939-2948, Dec. 1984.

BUFFINGTON, C. A. T. Acid questions: potential dangers associated with cat food acidification. **Pet Food Industry**, Illinois, v. 35, n. 5, p. 4-8, Sept./Oct. 1993.

BUFFINGTON, C. A. T.; CHEW, D. J. Intermittent alkaline urine in a cat fed and acidifying diet. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 209, n. 1, p. 103-104, July 1996.

BUFFINGTON, C. A. T. *et al.* Clinical evaluation of cats with non-obstructive lower urinary tract disease: 109 cases (1993-1995). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 210, n. 1, p. 45-50, Dec. 1997.

CARCIOFI, A. C.; JEREMIAS, J. T. Formulação de macronutrientes e pH urinário de cães e gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 1.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 7., 2009, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2009. p. 87-96.

- 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 Especial.
- CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. Nutrição canina e felina: manual para profissionais. 7th ed. Barcelona: Harcourt Brace, 1998. p. 247-267.
- CHAN, J. C. M. Nutrition and acid-base metabolism. *Federation Proceedings*, Bethesda, v. 40, n. 9, p. 2423-2428, July 1981.
- CHING, S. V. *et al.* The effect of chronic dietary acidification using ammonium chloride on acid-base balance and mineral metabolism in the adult cat. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 119, n. 6, p. 902-915, June 1989.
- CONFER, A. W.; PANCIERA, R. J. Sistema urinário. In: CARLTON, W. W.; MCGAVIN, M. D. *Patologia veterinária especial de Thomson*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998. cap. 5, p. 228-265.
- CORREA, L. B. *et al.* Balanço cátion-aniônico da dieta na composição do leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1589-1593, set./out. 2006.
- DEL CLARO, G. R. *et al.* Influência do balanço cátion-aniônico da dieta sobre o pH da urina em ovinos. *Revista de Ensaios e Ciência*, Valinhos, v. 3, n. 3, p. 27-32, 2005.
- DIBARTOLA, S. P. Fluid therapy in small animal practice. Philadelphia: W. B. Saunders, 1992. 719 p.
- DOW, S.W. *et al.* Effects of dietary acidification and potassium depletion on acid- base balance, mineral metabolism and renal function in adult cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 120, n. 6, p. 569-578, June 1990.
- FORRESTER, S. D.; ROUDEBUSH, P. Evidence-based management of feline lower urinary tract disease. **Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 37, n. 3, p. 533-558, May 2007.
- FUNABA, M. *et al.* Fish meal vs. corn gluten meal as a protein source for dry cat food. **The Japanese Society of Veterinary Science**, Tokyo, v. 63, n. 12, p. 1355-1357, Dec. 2001.
- GEVAERT, D. M. *et al.* Effect of macromineral composition of diets on blood acid-base equilibrium and Urinary acidity in dogs. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, p. 93-94, Nov. 1991. Supplement11.
- HOLSWORTH, J. Nutrition and nutritional disorders. In: _____. *Diseases of the cat: medicine and surgery*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1987. v. 1, p. 37-38.
- HOUSTON, D. M. *et al.* Feline urethral plugs and bladder uroliths: a review of 5484 submissions 1998-2003. **The Canadian Veterinary Journal**, Bethesda, v. 44, n. 12, p. 974-977, Dec. 2003.
- IZQUIERDO, J. V.; CZARNECKI-MAULDEN, G. L. Effect of various acidifying agents on urine pH and acid-base balance in adult cats. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 121, n. 1, p. 89-90, Jan. 1991.
- JEREMIAS, J. T. *et al.* Manipulação do balanço mineral da dieta e seus efeitos no pH urinário e equilíbrio ácido-básico de gatos adultos In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 1.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 7., 2009, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2009. p. 87-96.
- KHAN, S. R.; SHEVOCK, P. N.; HACKETT, R. L. Magnesium oxide administration and prevention of calcium oxalate nephrolithiasis. **Journal of Urology**, Baltimore, v. 149, n. 2, p. 412-416, Feb. 1993.
- KIENZLE, E.; SCHUKNECHT, A.; MEYER, H. Influence of food composition on the urine pH in cats. *The Journal of Nutrition*, Philadelphia, v. 121, n. 1, p. 87-88, Jan. 1991.
- KIENZLE, E.; WILMS-EILERS, S. Struvite diet in cats: effect of ammonium chloride and

- carbonates on acid balance of cats. *The Journal of Nutrition*, Philadelphia, v. 124, n. 12, p. 2652-2659, Dec. 1994.
- KIENZLE, E.; MAIWALD, E. Effect of vitamin C on urine pH in cats. ***Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition***, v.80, p. 134-139. 1998
- KLAHR, S. D. Disorders of acid-base metabolism. In: CHAN, J. C. M.; GILL, J. R. Disorders of mineral, water, and acid-base metabolism. New York: J. Wiley, 1982. chap. 4, p. 183-185.
- KRUGER, J. M.; ALLEN, T. A. Feline lower urinary tract disease. In: HAND, M. S. *et al.* Small animal clinical nutrition. 4th ed. Missouri: Mark Morris Institute, 2000. chap. 46, p. 689-724.
- LEKCHAROENSUK, C. *et al.* Association between dietary factors and calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate uroliths in cats. ***Journal of the American Veterinary Medical Association***, Schaumburg, v. 219, n. 9, p. 1228-1237, Nov. 2001.
- MARKWELL, P. J.; BUFFINGTON, C. A. T.; SMITH, B. H. E. The effect of diet on lower urinary tract diseases in cats. ***The Journal of Nutrition***, Philadelphia, v. 128, n. 12, p. 2753-2755, Dec. 1998.
- MARKWELL, P. J. *et al.* Clinical evaluation of commercial acidified diets in the management of idiopathic cystitis in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, Lawrence, v. 12, n. 12, p. 123-256, May 1998.
- NAVARRO, C. E. K. G. Exame do sedimento urinário. In: NAVARRO, C. E. K. G. Manual de urinálise veterinária. 2. ed. São Paulo: Varela, 2005. cap. 26, p. 61-89.
- OSBORNE, C.A.; KRUGER, J.M.; LULICH, J.P. *et al.* Feline lower urinary tract diseases. In: ETTINGER, S. J. & FELDMAN, E.C. Textbook of veterinary internal medicine. 4 ed. Philadelphia: Saunders Company, v. 2, 1995. Cap. 140, p. 1805 - 1832.
- OSBORNE, C. A.; BARTGES, J. W.; LULICH, J. P. Prevalence of cystine and urate uroliths in bulldogs and urate uroliths in dalmatians. ***Journal of the American Veterinary Medical Association***, Schaumburg, v. 204, n. 12, p. 1914-1918, June 2000.
- PASTOOR, F. J. H. *et al.* Increasing calcium intakes lower urinary concentrations of phosphorus and magnesium in adult ovariectomized cats. ***The Journal of Nutrition***, Philadelphia, v. 124, n. 2, p. 299-04, Feb. 1994.
- ROBERTSON, W. G. *et al.* Predicting the crystallization of urine from cats and dogs with respect to calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate (struvite). ***The Journal of Nutrition***, Philadelphia, v. 132, n. 6, p. 1637-1641, June 2002.
- ROSE, B. D.; POST, T. W. Clinical physiology of acid-base and electrolyte disorders. New York: McGraw-Hill Medical, 2000. 992 p.
- SKOCH, E. R. *et al.* Influence of diet on urine pH and the feline urological syndrome. ***Journal of Small Animal Practice***, Oxford, v. 32, n. 8, p. 413-419, Aug. 1991.
- SWENSON, M. J.; REECE, W. O. N. Dukes: fisiologia dos animais domésticos. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Kogan, 1996. 856 p.
- WAGNER, E.; FRIESEN, K. G.; SCHAKENRAAD, H. Influence of the feed Base Excess on urine parameters in cats. ***Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition***, New York, v. 90, n. 1/2, p. 10-24, Feb. 2006.
- YAMKA, R. M.; FRIESEN, K. G.; SCHAKENRAAD, H. The Prediction of urine pH using dietary cations and anions in cats fed dry and wet foods. ***Journal of Applied Research in Veterinary Medicine***, Washington, v. 4, n. 1, p. 58-66, 2006.
- ZENTEK, J.; SCHULZ, A. Urinary composition of cats la affected by the source of dietary protein. ***The Journal of Nutrition***, Philadelphia, v. 134, n. 8, p. 2162-2165, Aug. 2004.