

NUTRItime

REVISTA ELETRÔNICA

www.nutritime.com.br

ISSN-1983-9006

Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 139

v. 8, n°04 p.1529- 1539 – Julho/Agosto 2011



Artigo Número 139

CÁLCULO DE BALANÇO ELETROLÍTICO EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE

**ARAÚJO, Wagner Azis Garcia de¹; Luís Fernando Teixeira Albino²; Gabriel Borges Sandt
Pessoa³; Guilherme Rodrigues Lelis³**

¹ Zootecnista, Doutorando em Nutrição de Monogástricos, UFV. Bolsista do CNPq.

² Professor Titular, Departamento de Zootecnia, UFV.

³ Zootecnista, Doutorando em Nutrição de Monogástricos, UFV. Bolsista do CNPq.



RESUMO

Os eletrólitos da ração consumida pelos animais exercem influência no equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, afetam processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à sobrevivência, ao estresse e aos parâmetros de desempenho. Durante anos a maioria dos estudos relacionados ao equilíbrio ácido-básico fisiológico, e sua relação com a nutrição utilizaram a metodologia de Mongin. Tal metodologia considera, em mEq/kg de ração, a contribuição dos eletrólitos Na^+ , K^+ e Cl^- no seu cálculo de balanço eletrolítico (BE). Entretanto outros eletrólitos como o Ca^{2+} , PO_4^{3-} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} ; e ingredientes como os aminoácidos sintéticos, podem potencialmente interferir no equilíbrio ácido-básico. Neste trabalho será proposta uma nova metodologia, a fim de contemplar um maior número de elementos na realização do cálculo de BE. Com essa finalidade foram calculadas cinco dietas contendo o mesmo valor de 250 mEq/kg de ração, segundo cálculo de Mongin; e com valores crescentes de 0, 250, 500, 750 e 1000 mEq/kg em cada ração, segundo a metodologia proposta. Através de um índice relativo pode-se observar que à medida que os valores de BE cresciam, a metodologia de Mongin perdia a sensibilidade na detecção de cargas capazes de interferir no equilíbrio ácido-básico fisiológico.

ABSTRACT

Electrolytes in feed consumed by animals influence the acid-base balance and consequently affect metabolic processes related to growth, disease resistance, survival, stress and performance parameters. For years the majority of studies related to acid-base solution and its relation to nutrition used the Mongin methodology. This methodology considers, in mEq / kg diet, the contribution of the electrolytes Na^+ , K^+ and Cl^- its calculation of electrolyte

balance (EB). However, other electrolytes, such as Ca^{2+} , PO_4^{3-} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} ; and ingredients such as synthetic amino acids, can potentially interfere with the acid-base balance. This paper will propose a new methodology to accommodate a larger number of elements in the calculation of BE. To aim this, were calculated five diets containing the same value of 250 mEq / kg diet, according to calculations Mongin, and with increasing values of 0, 250, 500, 750 and 1000 mEq / kg in each diet, using the methodology proposed. Through a relative index can be observed that as the values of BE grew, the methodology Mongin lost sensitivity in the detection of charges that can affect the acid-base solution.

INTRODUÇÃO

Os eletrólitos da ração consumida pelos animais exercem influência no equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, afetam processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à sobrevivência, ao estresse e aos parâmetros de desempenho (Borges, 2006).

A manutenção do equilíbrio ácido-básico do meio interno tem grande importância fisiológica e bioquímica, uma vez que as atividades das enzimas celulares, trocas eletrolíticas e manutenção do estado estrutural das proteínas dos organismos são profundamente influenciadas por pequenas alterações no pH sanguíneo (Macari, 1994).

O distúrbio ácido-básico primário é normalmente indicado pela determinação do pH do sangue e dos componentes respiratório (PCO_2) e metabólico (HCO_3^-), conforme Meyer et al. (1995). O dióxido de carbono total (CO_2 total), excesso de base (EB) e a pressão parcial de O_2 (PO_2) também têm sido determinados, embora em menor escala, com o objetivo de auxiliar na identificação da condição ácido-básico do sangue (Vieira et al., 1979).



Os valores normais de pH do sangue encontram-se entre os limites de pH (7,35 e 7,45) e os extremos compatíveis com a vida são dados pelos extremos, ou seja, pH de 6,8 e 7,8, de acordo com Vieira et al. (1979). A manutenção do equilíbrio ácido-básico é de importância fundamental nos processos fisiológicos e bioquímicos do organismo animal, considerando-se que as enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a manutenção do estado estrutural das proteínas do organismo são diretamente afetadas por pequenas variações no pH sanguíneo (Macari et al., 1994).

Uma ótima produção animal exige evitar a ocorrência do desequilíbrio ácido/básico (acidose e alcalose). O principal determinante do equilíbrio são os cátions Na^+ e K^+ e os ânions cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}). O desequilíbrio é medido calculando a diferença cátion-ânion (CAD). O balanço eletrolítico se define como a diferença entre os principais cátions e ânions da dieta e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da mesma, podendo influenciar o crescimento, o apetite, o desenvolvimento ósseo, a resposta ao estresse térmico e o metabolismo de certos nutrientes como aminoácidos, minerais e vitaminas (Patience, 1990). Devido a estas características as dietas podem desencadear processos no organismo do animal gerando alcalose ou acidose metabólica, resultando em mudanças no pH sanguíneo ($<7,35$ = acidemia; $>7,45$ = alcalemia) (González, 1999).

O balanço cátion/ânion altera o equilíbrio ácido/básico, indicado pelo pH e pelas concentrações de bicarbonato no sangue. Dietas aniônicas, ricas em cloretos, sulfatos e fósforo tendem causar alcalemia, enquanto dietas enriquecidas com sódio e potássio tendem a causar acidemia (Johnson & Karunajeewa, 1985; Halley et al., 1987).

As concentrações relativas dos eletrólitos na alimentação afetam diretamente o equilíbrio ácido-básico das aves (Patience, 1990). A

importância dos eletrólitos no equilíbrio ácido-básico é que estes, quando em solução, comportam-se como íons. Os íons são quantificados em miliequivalentes, que correspondem à milésima parte de um equivalente grama. O equivalente de uma substância é a menor porção da substância, capaz de reagir quimicamente e, corresponde ao peso atômico ou ao peso molecular, dividido pela valência (Patience, 1990). Portanto, quanto maior a valência de um íon menor será a fração da substância capaz de influenciar no pH do organismo. Forragens têm alto CAD (> 100 me/kg MS), cereais baixo CAD (< 20 me/kg MS) e suplementos protéicos alto (farelo de soja) ou baixo (farinha de peixe) CAD (NRC, 1994).

Evidências experimentais da importância da CAD são conflitantes (Borges et al., 2003). Devido em parte a prática de adição de cátions e ânions juntos como sais e ignorando a contribuição dos íons não incorporados na fórmula, como por exemplo, o cálcio (Ca^{2+}) vindo cloreto de cálcio (CaCl_2), amônio (NH_4^+) vindo cloreto de amônio (NH_4Cl) e bicarbonato (HCO_3^-) ou carbonato (CO_3^{2-}) vindos do sais de sódio e potássio. Diferenças na absorção de íons poderiam ser permitidas, mas a escolha dos coeficientes de absorção para o Ca^{2+} e SO_4^{2-} aumenta os problemas, uma vez que dependem de um pH ótimo para expressarem o máximo de sua solubilidade.

Algumas investigações incluem apenas íons fixos no cálculo da CAD em termos de miliequivalente (me) (peso atômico \div valência), excluindo íons metabolizados como SO_4^{2-} . Mongin (1981) estudou os fundamentos do balanço eletrolítico (BE) para aves e suínos. Seu cálculo de balanço eletrolítico era realizado dividindo a concentração de cada íon na ração (mg/kg), por seu miliequivalente (mEq). Assim concluiu que se pode descrever o equilíbrio entre os íons por um cálculo simples envolvendo os principais deles, cuja fórmula representativa é o resultado da soma dos íons Na^+ e K^+ ,



subtraindo-se o íon negativo Cl^- . Sua fórmula foi expressa em mEq/kg de ração.

$$\text{BE, mEq/kg da ração} = (\text{mg/kg de Na}^+ \text{ da ração}/22,990) + (\text{mg/kg de K}^+ \text{ da ração}/39,102) - (\text{mg/kg de Cl}^- \text{ da ração}/35,453)$$

Outros autores consideram um número maior de elementos envolvidos nesse equilíbrio, como os cátions cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), e os ânions sulfato (SO_4^{2-}) e fosfato (PO_4^{3-}), além de alguns aminoácidos. O Na^+ e o Cl^- contribuiriam, sobretudo para a pressão osmótica do plasma, enquanto o magnésio, os fosfatos e aminoácidos, para pressão osmótica do fluido intracelular (González & Silva, 1999).

Para Melliere & Forbes (1966) nesta relação deveriam ser contabilizados outros íons, gerando um índice denominado nível relativo. Uma grandeza adimensional, descrita pela seguinte equação:

$$\text{Nível Relativo} = \frac{\text{mEq cátions}}{\text{mEq ânions}} = \frac{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+)}{(\text{PO}_4^{3-} + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})}$$

Apesar de considerar um número maior de cargas em seu cálculo, o nível relativo tem sido pouco utilizado em trabalhos recentes, a maioria dos resultados em literatura de balanço eletrolítico (BE) é expressa segundo metodologia desenvolvida por Mongin (1981).

O mesmo raciocínio também seria aplicável à metodologia de Mongin (1981), assim todos estes eletrólitos poderiam ser considerados nestas equações. Utilizando esta metodologia a equação eletrolítica completa seria:

$$\text{BE, mEq/kg de ração} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{PO}_4^{3-})^1$$

¹ calculados em miliequivalentes de carga por quilograma de ração (mEq/kg de ração)

Outros autores ainda defendem a equação resumida de Mongin (1981). Segundo Borges (2006), pode-se dizer que cátions bivalentes não são rapidamente absorvidos como os cátions monovalentes; o magnésio (Mg^{2+}) é "contaminante" nas rações; o fosfato é difícil de ser quantificado, devido ser oriundo de várias fontes; a taxa de absorção do cálcio é controlada pelo sistema endócrino; e o sulfato está presente em pequenas quantidades, estando relacionado com a prevenção do catabolismo da metionina.

Outro argumento é que alguns destes íons não são considerados devido à sua importância secundária no equilíbrio ácido-básico, pois, é o potencial eletrolítico do elemento que pode classificá-lo em termos de importância no equilíbrio acidobásico do organismo (Borges, 2006). Por exemplo, o K^+ , Na^+ e Cl^- têm maior potencial eletrolítico que Mg^{2+} , S^{2-} , P^{5+} e Ca^{2+} , sendo que o potencial eletrolítico destes é maior que Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Se^{2-} , Mo^{2+} , Co^{2+} e I^- . Estes elementos traços têm capacidade de funcionar como eletrólitos, mas estão presentes em pequenas quantidades nas rações e em baixas concentrações nos tecidos das aves o que, naturalmente, reduz seu impacto sobre o equilíbrio ácido-básico (Borges, 2006).

A despeito das controvérsias metodológicas, a grande maioria dos autores trabalhou sob metodologia de Mongin (1981). Assim, também a maioria dos valores de BE encontrados na literatura são expressos por esta metodologia. Sendo difícil a comparação de resultados entre trabalhos que utilizassem metodologias diferentes, maior número de autores optou por esta metodologia.

Butcher e Miles (1994), afirmaram que as dietas para animais devem ter carga neutra, então todas as cargas negativas devem ser balanceadas com as cargas positivas e que a soma total dos eletrólitos fornecidos na ração tem influência direta na regulação do equilíbrio



eletrolítico do animal. Porém, a maioria dos resultados utilizando aves aponta para números de BE para os melhores desempenhos bem acima de zero. Segundo Murakami (2000), tem-se recomendado BE (ou CAD) entre 150 e 350 mEq/kg de ração, em dietas comerciais, para o máximo desempenho das aves. Leeson & Summers (2001) consideram 250 mEq/kg como valor adequado para o bom desenvolvimento das aves.

Avaliando ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar, o rendimento de carcaça, os cortes nobres e a matéria seca na cama das aves aos 42 dias de idade, Vieites et al (2005) recomendaram um valor de BE na faixa de 160 a 190 mEq/kg como ótimo para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Outro trabalho ainda demonstrou que há influência do balanço eletrolítico nos parâmetros de gordura abdominal (Campestrini et al., 2008).

Minafra et al (2009) ao avaliar o efeito do balanço eletrolítico e protéico sobre a atividade de aminotransferases em vários tecidos de frangos de corte durante a fase inicial, trabalhando com BE variando de 0 a 350 e níveis de 20,0 e 23,0% de proteína bruta, concluiu que houve interferência na concentração renal de aminotransferases influenciada pelo BE. A concentração das enzimas aminotransferases no rim é, também, indicativa da boa integridade desse órgão. Outra interessante evidência deste estudo mostra a interação entre níveis de proteínas dietéticas e os balanços eletrolíticos estudados, denotando que poderia haver balanços eletrolíticos ideais para diferentes *status* metabólicos dos animais.

Outro aspecto pitoresco a respeito do balanço eletrolítico é que este está vinculado às respostas metabólicas dos animais às altas temperaturas. O estresse calórico provoca um aumento na excreção do K (Belay & Teeter, 1996), conseqüentemente, há redução na retenção de K (Smith & Teeter, 1987), afetando, assim, a concentração de K no plasma (Salvador et al., 1998).

Desta maneira a exposição de frangos de corte a temperatura ambiente elevada resulta em alcalose respiratória, provocando queda de desempenho zootécnico. A formulação de rações com base no conceito de balanço eletrolítico, bem como a adição de sais na água e/ou na ração são práticas que podem ser implementadas para corrigir distorções no equilíbrio ácido-base decorrentes do estresse calórico (Borges et al., 2003).

Em países como o Brasil onde a temperatura média durante o ano normalmente é elevada, este problema se potencializa. Expostos a estas temperaturas elevadas, os frangos de corte apresentam redução no consumo alimentar, diminuição no ganho de peso e piora na conversão alimentar (Teeter & Smith 1986). Devido ao alto custo das instalações com ambiente controlado para minimizar os efeitos das altas temperaturas nos aviários, técnicas alternativas têm sido estudadas, tais como manejo da água de bebida, manipulação de nutrientes e o emprego de aditivos (Borges et al., 2003).

Em várias pesquisas, têm-se demonstrado que a suplementação com sais, quando usados adequadamente, pode melhorar o desempenho dos frangos de corte no verão, sendo o cloreto de potássio um dos mais utilizados (Borges, 1997). Para galinhas, Deetz & Ringrose (1976) sugeriram a suplementação com 0,6% de K para condições de estresse calórico. Teeter e Smith (1986), submetendo frangos de corte a estresse calórico (35°C e Umidade Relativa de 70,0%) durante o período de 28 a 49 dias, observaram maior ganho de peso com o fornecimento de 0,88% de K.

Em frangos de corte estressados por calor, a adição de cloreto de potássio (1,5 g/l), com uma dieta adequada quanto ao nível de potássio (7,3 g/kg de MS) melhorou o crescimento e a eficiência alimentar (Teeter and Smith, 1986); níveis mais altos foram prejudiciais. Beker & Teeter (1994) não verificaram nenhum efeito na adição de cloreto de potássio



na água de bebedouros, sob os parâmetros produtivos.

Entretanto, Souza et al. (2002) concluiu-se que a suplementação de KCl na água dos animais, tem efeito sobre o equilíbrio ácido-básico, porém, não afeta o desempenho de frangos de corte criados no verão. Casado & Virseda (1983), ao suplementarem rações de aves de recria com maior conteúdo de Na em relação ao K, e concluíram que ambos promovem aumento da excreção de água. Com isso, as aves podem ficar mais susceptíveis a doenças e apresentarem queda em seu desempenho produtivo, além de favorecerem o aumento da umidade da cama. Não recomendando a inclusão destes na dieta com o intuito de manipular a excreção de água.

Deyhim & Teeter (1991) confirmaram os benefícios da suplementação na água com 0,067 mol KCl ou NaI/I no crescimento e consumo de água, mas não houve restauração abaixando o sódio e potássio no plasma e os níveis de aldosterona permaneceram altos, concluindo que o estresse não foi aliviado. A evidência de respostas na produção para sódio ou substituição efetiva de sódio por potássio, em dietas aparentemente adequadas em sódio (em aves), infere que a otimização do equilíbrio ácido-básico é mais exata, que as respostas aos efeitos do sódio e potássio por si só.

Com base neste raciocínio pode-se discutir que as metodologias utilizando cálculos de balanço eletrolítico (BE) podem ser mais corretas para se estudar as alterações fisiológicas causadas pelo desequilíbrio entre cátions e ânions, que as baseadas apenas na administração de eletrólitos. Gerando dados menos viesados, e mais precisos de suas respostas no desempenho das aves.

As dietas atuais são repletas de ingredientes capazes de influenciar no balanço eletrolítico que não são contabilizados no modelo proposto por Mongin em 1981, como os aminoácidos sintéticos, por exemplo.

O conceito da proteína ideal foi desenvolvido a partir do conhecimento do requerimento de cada aminoácido para as diferentes funções dos animais (Mitchel, 1964). Impulsionada pelo baixo custo das dietas, e por pressões relativas à diminuição da carga poluente ao meio ambiente, a presença de aminoácidos sintéticos nas dietas de aves tornou-se corriqueira.

Segundo Lehninger (2000), aminoácidos ácidos têm cadeias laterais polares contendo grupos carboxila (-COOH), enquanto aminoácidos básicos possuem grupos amino (-NH₂) em suas cadeias laterais. Aminoácidos neutros têm cadeias laterais apolares.

As reações químicas das quais os aminoácidos podem participar são determinadas pelos grupos funcionais que eles possuem (funções ácidas ou básicas). Cada grupo funcional é capaz de participar de suas reações químicas características. Após a síntese protéica são importantes, dando estabilidade à estrutura da proteína e através de suas interações químicas (Lehninger, 2000).

Os aminoácidos sintéticos estão dispostos na forma de moléculas livres, prontamente solúveis e absorvíveis (Bequete, 2003). Isto pode potencializar o seu efeito de interferir no equilíbrio ácido básico fisiológico. Outro problema é o grau de pureza de certos aminoácidos comerciais, que devido à metodologia utilizada em sua síntese podem possuir grande inclusão de ácidos em sua composição, como a Lisina-HCl com até 21,0% de ácido clorídrico (NRC, 1994).

Outro ingrediente que vem sendo utilizado em larga escala pela indústria na alimentação animal é a colina. A colina é a principal fonte de grupos-metil na dieta (Zeisel & Blusztajn, 1994). Um de seus metabólitos, a betaína, participa da metilação da homocisteína para formar metionina (Zeisel, 1981). Com isso a suplementação de colina na dieta diminui o percentual de gordura e eleva o percentual de proteína na



carcaça dos animais (Daily et al., 1998).

A colina é suplementada aos animais na forma de sais de cloreto ou de citrato de colina, variando de pureza entre 25,0 e 60,0%, além disso, a colina pura é fortemente alcalina (McDowell, 2000). Assim o consumo de colina pelos animais, como é praticado, poderia interferir no equilíbrio ácido/base fisiológico. A partir deste raciocínio pode-se ponderar a inclusão de sua contribuição, em miliequivalentes de carga, para o cálculo do BE.

Com base nesses fatos demandou-se um novo cálculo de balanço eletrolítico (BE) onde estes ingredientes fossem contabilizados. Objetivando a inclusão destes componentes no cálculo de BE foi desenvolvido um novo sistema de equações neste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Para isto o presente trabalho utilizou da mesma metodologia de Mongin (1981), calculando-se a diferença cátion-ânion (CAD). Porém desta vez com a adição de maior quantidade de cargas que potencialmente poderiam interferir no metabolismo dos animais.

A exemplo do cálculo de Mongin (1981), este cálculo também resultaria em dados tendo como unidade o miliequivalente de carga por quilograma de ração (mEq/kg de ração). Seriam contabilizados a contribuição em mEq/kg de ração de cada elemento, a partir daí seriam somadas as cargas positivas e subtraídas das cargas negativas. A equação proposta para o novo cálculo do balanço eletrolítico seria expressa então da seguinte forma:

$$\text{BE, mEq/kg de ração} = [(mEq^+/kg \text{ Ca}^{2+} + mEq^+/kg \text{ K}^+ + mEq^+/kg \text{ Na}^+ + mEq^+/kg \text{ Mg}^{2+}) + (mEq^+/kg \text{ Lys} + mEq^+/kg \text{ Met} + mEq^+/kg \text{ Tre} + mEq^+/kg \text{ Trp} + mEq^+/kg \text{ Val} + mEq^+/kg \text{ Glu})] - [(mEq^-/kg \text{ PO}_4^{3-} + mEq^-/kg \text{ SO}_4^{2-} + mEq^-/kg \text{ Cl}^-) + (mEq^-$$

$$/kg \text{ Lys} + mEq^-/kg \text{ Met} + mEq^-/kg \text{ Tre} + mEq^-/kg \text{ Trp} + mEq^-/kg \text{ Val} + mEq^-/kg \text{ Glu} + mEq^-/kg \text{ Chol})]$$

Devido ao seu caráter anfótero, os aminoácidos possuem tanto cargas positivas (-COOH) quanto negativas (-NH₂). Ao se calcular a contribuição dos aminoácidos nesta equação acaba-se por gerar miliequivalentes de cargas negativas e positivas por kg de ração. Assim os miliequivalentes de cargas positivas seriam contabilizados no minuendo, e os das cargas negativas no subtraendo da equação. Apenas aminoácidos sintéticos foram contabilizados, uma vez que os aminoácidos que estão contidos na estrutura protéica possuem baixo contato com a superfície exposta às soluções biológicas Lehninger (2000).

Com posse desta equação e do teor dos constituintes em ingredientes tabelados por Rostagno (2005) e pelo NRC (1994), foram calculadas cinco rações (tabela 1) com balanços eletrolíticos utilizando a metodologia de Mongin (1981) e também com a nova proposta. Todas as rações possuíram o BE de 250 mEq/kg. Ao se combinar valores médios de vários autores, o valor de 250 mEq/kg, pareceu ser o mais próximo do adequado, apesar da pouca precisão dos dados de BE reportados em literatura (Murakami, 2000; Leeson & Summers, 2001; Vieites et al, 2005; Minafra et al, 2009). Entretanto, de posse da equação acima, as dietas possuíram 0, 250, 500, 750 e 1000 mEq/kg respectivamente, segundo a nova metodologia proposta (tabela 1).

Detmann et al. (2005) utilizaram o índice relativo (IR) para avaliar quais dentre dois autovalores gerados qual seria o que expressasse maior quantidade de informação a respeito do fenômeno. Isto avaliaria qual destes, seria inserido no sistema de equações, resultando em variáveis canônicas. Com base no mesmo embasamento, foram gerados índices relativos dividindo-se os $\sum |mEq/kg|$ (tanto positivas quanto negativas) de Mongin (1981), pelos $\sum |mEq/kg|$ gerados pela nova metodologia.



Devido ao fato de um sistema de equações estar contido no outro, a elucidação seria a respeito de quanto a nova metodologia agregaria, em comparação à sugerida por Mongin em 1981:

$$IR = [\sum |mEq/kg| \text{ Mongin (1981)}] / [\sum |mEq/kg| \text{ Nova Proposta}]$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse dos dados deste índice relativo (IR) (tabela 2) pode-se tecer comentários a respeito da representatividade do número de Mongin (1981) em relação à nova metodologia. Na melhor das hipóteses o BE de Mongin (1981) considerou apenas 53,3 % do total em mEq/kg contido na dieta. Outro fato interessante foi que, à medida que os balanços eletrolíticos calculados pela nova proposta subiam numa escala de 0 a 1000 mEq/kg de ração, a proposta de Mongin (1981) perdia a sua sensibilidade na detecção dos mEq de carga contidos na ração.

É claro que tais afirmativas foram baseadas em observações meramente descritivas, sem o embasamento de resultados práticos de ganho de peso e outros parâmetros utilizados na avaliação deste tipo de fenômeno. Porém, a pouca sensibilidade do método de Mongin (1981) na avaliação de mEq de carga chega a preocupar. A grande parte das pesquisas sobre BE utilizou desta metodologia, representando a maioria dos resultados que temos disponíveis em pesquisa.

Uma evidência já observada em trabalhos anteriores, é que os resultados gerados eram pouco precisos com alta variação entre si (Smith e Teeter, 1987; Belay & Teeter, 1996; Salvador et al., 1998; Murakami, 2000; Leeson & Summers, 2001; Vieites et al, 2005; Campestrini et al., 2008; Minafra et al, 2009).

Talvez a baixa sensibilidade do método fosse a causa da variação.

A importância fisiológica de cada íon em específico pode refutar trabalhos baseados somente em valores quantitativos de carga. Fatores qualitativos devido às propriedades químicas inerentes a cada elemento, são desconsiderados nestes tipos de cálculo. Somente um estudo maior poderia esclarecer com maior exatidão, gerando equações que expressem melhor as características eletrolíticas de uma ração.

Esta metodologia ainda necessita de resultados *in vivo* de parâmetros de desempenho e fisiológicos para que haja sua validação. Somente de posse destes resultados poderíamos aprofundar a discussão sobre qual seria o melhor modelo de cálculo de BE. Outra peculiaridade seria caso os dois descrevessem o fenômeno de forma semelhante. Por ser um método clássico provavelmente o método de Mongin (1981) perdurará uma vez quem já tem um volume considerável de publicações.

CONCLUSÕES

O método proposto demonstrou maior sensibilidade na avaliação da quantidade de miliequivalentes de carga por quilograma de ração que o proposto por Mongin (1981). Entretanto, somente estudos mais detalhados poderiam elucidar com maior clareza o fenômeno.



Tabela 1 - Composição percentual e química das rações de frango de corte (base na Matéria Natural) formuladas segundo Rostagno (2005) e NRC (1994), e respectivos balanços eletrolíticos.

Ingredientes (%)	Balanços Eletrolíticos (mEq/kg)			
	0	250	500	750
Milho	55,690	55,648	54,671	53,611
Farelo de soja	36,548	36,556	36,556	36,938
Óleo de soja	2,817	2,831	3,160	3,518
Óxido de magnésio	0,000	0,000	0,465	0,970
Carbonato de potássio	0,835	0,900	0,900	0,900
Bicarbonato de cálcio	0,538	0,032	0,000	0,000
Fosfato bicálcico	1,828	1,8278	1,828	1,828
Calcário	0,374	0,896	0,925	0,925
Sal comum	0,518	0,518	0,518	0,518
DL-Metionina 99%	0,246	0,246	0,247	0,248
L-Lisina HCl 79%	0,155	0,155	0,155	0,155
L-Treonina 98%	0,074	0,074	0,074	0,074
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,100	0,100	0,100	0,100
Anticoccidiano (salinomicina 12%)	0,060	0,060	0,060	0,060
Antioxidante³	0,010	0,010	0,010	0,010
Energia metabolizável, kcal/kg	2975	2975	2975	2975
Proteína bruta, %	21,500	21,500	21,500	21,500
Lisina digestível, %	1,170	1,170	1,170	1,170
Metionina digestível, %	0,542	0,542	0,543	0,544
Metionina + cistina digestível, %	0,831	0,831	0,831	0,831
Treonina digestível, %	0,796	0,796	0,796	0,796
Triptofano digestível, %	0,238	0,238	0,239	0,239
Glicina+Serina total, %	1,929	1,929	1,929	1,930
Valina digestível, %	0,900	0,900	0,900	0,901
Isoleucina digestível, %	0,847	0,847	0,848	0,849
Arginina digestível, %	1,370	1,370	1,372	1,375
Fenilalanina+ Tirosina digestível, %	1,659	1,659	1,660	1,660
Histitidina digestível, %	0,539	0,539	0,539	0,539
Ácido Linoléico, %	1,371	1,370	1,350	1,327
Cálcio, %	0,910	0,910	0,910	0,910
Fósforo disponível, %	0,450	0,450	0,450	0,450
Sódio, %	0,224	0,224	0,224	0,224
Fibra bruta, %	3,230	3,237	3,334	3,440
Fibra em detergente neutro, %	12,114	12,120	12,241	12,372
Fibra em detergente ácido, %	5,335	5,350	5,430	5,516

¹ Mistura vitamínica (kg do produto): vit. A - 10.000.000 U.I.; vit. D3 - 2.000.000 U.I.; vit. E - 30.000 U.I. A;

³ Antioxidante: BHT (Butil hidroxi tolueno).



Tabela 2 – Valores calculados de balanços eletrolíticos (BE), e o índice relativo (IR) entre eles.

Valores calculados	0	250	500	750	1000
BE, mEq/kg (Mongin, 1981)	250	250	250	250	250
BE, mEq/kg proposto	0	250	500	750	1000
Índice Relativo (%)	53,297	51,350	35,750	26,985	21,469

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEKER, A.; TEETER, R. G. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broilers temperature and performance during reat stress. **J. Appl. Poultry Res.** v. 3, p.87-92, 1994.

BELAY, T.; TEETER, R. G. Effects of ambient temperature on broiler mineral balance partione into urinary and faecal loss. **British Poultry Science**, v. 37, p. 423-433, 1996.

BEQUETE, B.J. **Amino acid metabolism in animals: a overview.** In: Amino acids in animal nutrition. Editora CAB International 2º edição, 2003.

BORGES, S. A. **Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão.** 1997. 84 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.975-981, 2003.

BORGES, S.A. Aplicação do conceito de balanço eletrolítico para aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, Santos. **Anais...** Campinas: Facta, p. 123-137, 2006.

BUTCHER, G.D.; MILES JR., R.D. Origin of acids in animals. **Poultry Digest.** v.53, n.1, 1994.

CAMPESTRINI, E.; BARBOSA, M.J.B.; NUNES, R.V.; BRUNO, L.D.G.; SILVA, W.T.M.; APPELT, M.D. Níveis de lisina com dois balanços eletrolíticos para frangos de corte na fase de crescimento (22 a 40 dias). **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.8, p.1405-1411, 2008.



CASADO, E.S.; VIRSEDA, T.A. Influencia e los minerales y otros nutrientes sobre la humedad de las deyecciones de los broilers, In: SIMPOSIUM DE LA SECCIÓN ESPAÑOLA DE LA WPSA, 21., 1983, Barcelona. **Anais...** Barcelona: 1983.

DAILY, J. W., HONGU, N., MYNATT, R. L., SACHAN, D. S. Choline supplementation increases tissue concentrations of carnitine and lowers body fat in guinea pigs. **J. Nutr. Biochem.**, v. 9, p. 464-470, 1998.

DEETZ, L. E.; RINGROSE, R. C. Effects of heat stress on the potassium requirement of the hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, p. 1765-1770, 1976.

DEYHIM, F.; TEETER, R. G. Research note: sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environments. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 2551-2553, Dec. 1991.

DETMANN, E.; CECON, P.R.; ANDREOTTI, M.O. et al. Aplicação da primeira variável canônica na avaliação de experimentos de desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2417-2426, 2005.

GONZÁLES, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 1999. Acessado 1 de novembro de 2009.
Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/favet/bioquimica/>>

HALLEY, J.T.; NELSON, T.S.; KIRBY, L.K. Effect of altering dietary mineral balance on growth, leg abnormalities, and blood base excess in broiler chicks. **Poultry Science**, v.66, p.1684-1692, 1987.

JOHNSON, R.J.; KARUNAJEEWA, H. The effects of dietary minerals and electrolytes on the growth and physiology of the young chick. **Journal Nutrition**, v.115, p.1680-1690, 1985.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4.ed. Ontario: University Books, 2001. 591p.

LEHNINGER, A.L; NELSON, D. L; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. Editora Sarvier, 3ª edição, 893p., 2000.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALEZ, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1994.

MCDOWELL, L.R. **Vitamins in animal and human nutrition**. 2000. 795 p.

MEYER, D. J.; COLES, E. H.; RICH, L. J. **Medicina de laboratório veterinária: interpretação e diagnóstico**. Tradução de Paulo Marcos Oliveira. São Paulo: Roca, 1995. 308 p.

MELLIÈRE, A. L.; FORBES, R.M. Effect of altering the dietary cation-anion ratio on food consumption and growth of young chicks. **Journal of Nutrition**, v.90, p.310-314, 1966.

MITCHELL, H.H. En: **Comparative nutrition of man and domestic animals**. Academic Press, pp 567-647, 1964.

MINAFRA, C. S.; MORAES, G. H. K.; LOPES, A. C. C.; LOPES JÚNIOR, C. O.; VIEITES, F. M.; REZENDE, C. S. M.; VIU, M. A. O. Balanço eletrolítico e protéico



dietéticos sobre as aminotransferases hepáticas, renais e séricas e teores séricos de magnésio e cloro de frangos de corte, **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 425-437, 2009.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Procedure Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.

MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Palestras...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000. p.33-61.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. Washington: National Academy, 1994. 155 p.

PATIENCE, J.F. A Review of the Role of Acid-Base Balance in Amino Acid Nutrition. **Journal of Animal Science**, n. 68, p. 398-408. 1990.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: **Universidade Federal de Viçosa**, 2005. 186p.

SALVADOR, D.; ARIKI, J.; PEDRO, A. A.; BORGES, S. A. Efeitos do estresse calórico e do bicarbonato de sódio na ração e fisiológicos de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 312-313.

SMITH, M. O.; TEETER, R. G. Potassium balance of the 5 to 8-week-old Broiler Exposed to constante heat or cycling high temperatur stress and the effects of supplemental potassium chloride on Body weight gain and feed efficiency. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, p. 487-492, 1987.

SOUZA, B.B.; BERTECHINI, A.G.; TEIXEIRA, A.S.; LIMA, J.A.F.; PEREIRA, S.L.; FASSANI, E.J. Efeitos dos cloretos de potássio e de amônia sobre o desempenho e deposição de gordura na carcaça de frangos de corte criados no verão. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.3, p. 209-218, 2002.

TEETER, R. G.; SMITH, M. High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride potassium chloride, and potassium carbonate. **Poultry Science**, v. 65, n. 9, p. 1777-1781, 1986.

VIEIRA, E. C.; GAZZINELLI, G.; MARES-GUIA, M. **Química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1979. 345 p.

VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; ATENCIO, A.; VARGAS JUNIOR, J.G. Balanço Eletrolítico e Níveis de Proteína Bruta sobre o Desempenho, o Rendimento de Carcaça e a Umidade da Cama de Frangos de Corte de 1 a 42 dias de Idade. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.6, p.1990-1999, 2005.

ZEISEL, S.H. Dietary choline: Biochemistry, physiology, and pharmacology. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 1, p.95-121, 1981.

ZEISEL, S.H., BLUSZTAJN, J.K. Choline and human nutrition. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 14, p. 269-296, 1994.