

**JEAN EDUARDO DE OLIVEIRA**

**EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE POTÁSSIO PARA FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002

**JEAN EDUARDO DE OLIVEIRA**

**EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE POTÁSSIO PARA FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de março de 2002.

---

Prof. Horácio Santiago Rostagno  
(Conselheiro)

---

Prof. Juarez Lopes Donzele  
(Conselheiro)

---

Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto

---

Prof. George Henrique Kling de Moraes

---

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino  
(Orientador)

*A Deus, meu Criador, Salvador e Guia,  
Aos meus pais José Reis e Geazi, pelo amor sempre presente,  
Aos meus amigos e familiares,  
Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que fielmente me tem cuidado;

Aos meus pais, pelo carinho e confiança em cada passo;

À CAPES, pelo auxílio financeiro;

Ao Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino pela atenção e orientação; aos conselheiros Prof. Horácio Santiago Rostagno e Juarez Lopez Donzele pelas contribuições e ensinamentos, aos demais membros da banca, Prof. Sérgio Luiz de Toledo Barreto e Prof. George Henrique Kling de Moraes pelas sugestões e desprendimento;

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de desenvolver mais esta etapa, e ao Departamento de Zootecnia, principalmente aos funcionários Celeste, Márcia, Venâncio, Raimundo, Adilson, Rosana e Paulon pela atenção dispensada;

Aos colegas do curso de pós-graduação, especialmente Débora Cristine de Oliveira Carvalho, Rodrigo Santana Toledo, José Geraldo Vargas Júnior e Fábio Ferez, que foram companheiros e amigos nesta jornada;

Aos estagiários Weylisson, Carlos, Bruno, Darley, Alexandre, Adriana, Fábria, Érick, Marcela, Sandra, Gladstone e André pela disposição e ajuda indispensáveis;

Aos amigos Samuel da Costa, Jaqueline Cabral, Rogério Condé, Emanuel de Souza, William Nunes, Jair Ferreira, Fernanda de Sá, Fabrício de Andrade, Rogéria Ramos, Soliany da Silva, Larisse dos Santos, Franceline Lopes, Camilla Valtorta, Lauro e Nástia Coelho, Daniel e Joelma Farias, Marina Goebel, Salomão de Carvalho, Tânia Pereira, Alex e Gloria Ruiz, Carlos e

Andréia Vieira, Andréa Lopes, Cleomar Rafael e Cintia Arnond que me socorreram, riram e choraram comigo;

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, Fernando, Monteiro, Waldir, Welington e Vera, que ajudaram nas análises laboratoriais;

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, Elísio, Adriano, Mauro e Zé Lino, pela disposição e ajuda essenciais para a realização deste projeto;

Aos amigos da Igreja Adventista do Sétimo Dia de Viçosa, que calorosamente me receberam e apoiaram durante minha estada em Viçosa;

Aos companheiros de república Ramalho José Barbosa Rodrigues, Nilton Marques e André Caparelli, que dividiram comigo lutas e vitórias, e a Marcinha, que cuidou de nós;

A todos que, de uma forma ou de outra, possibilitaram a realização dessa tese de mestrado,

Meu sincero muito obrigado.

## **BIOGRAFIA**

JEAN EDUARDO DE OLIVEIRA, filho de José Reis de Oliveira e de Geazi Miranda de Oliveira, nasceu em São Paulo, Estado de São Paulo, em 3 de setembro de 1975.

Concluiu o curso de Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, em dezembro de 1998.

Iniciou, em março de 2000, o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em 12 de março de 2002.

## CONTEÚDO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. CAPÍTULO I. Níveis dietéticos de potássio para frangos de corte.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão.....	25
Conclusões.....	30
Literatura Citada.....	31
4. CAPÍTULO II. Efeito do nível de potássio sobre o consumo de água e características da excreta de frangos de corte.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	35
Resultados e Discussão.....	37
Conclusões.....	43
Literatura Citada.....	44
5. CONCLUSÕES.....	45
6. LITERATURA CITADA.....	46
APÊNDICE.....	49

## RESUMO

OLIVEIRA, Jean Eduardo, MS, Universidade Federal de Viçosa, março, 2002, **Exigência Nutricional de Potássio para Frangos de Corte**. Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Conselheiros: Horácio Santiago Rostagno e Juarez Lopes Donzele.

Foram realizados três experimentos para determinar a exigência nutricional de potássio (K) para frangos de corte, Ross, machos, nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade, respectivamente. Foram avaliados o ganho de peso, o consumo de ração, a conversão alimentar, o consumo de água das aves, e os teores de matéria seca, sódio e K nas excretas. Para cada experimento foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (níveis dietéticos de K). As dietas consistiram de uma ração basal deficiente em K e níveis crescentes de potássio adicionados na forma de carbonato de K para a obtenção dos níveis de 0,30; 0,44; 0,58; 0,72; 0,86 e 1,00% de K. Considerando os resultados de ganho de peso estimou-se a exigência em 0,628, 0,714 e 0,798% de K, respectivamente, para os períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade. As aves que consumiram dietas com teores de K abaixo ou acima dos valores estimados ingeriram mais água e apresentaram menor conteúdo de matéria seca nas excretas. O teor de K nas excretas assim como sua retenção aumentaram linearmente com o aumento do teor de K na dieta, enquanto o sódio eliminado e retido não foram afetados pelos níveis de K.

## **ABSTRACT**

OLIVEIRA, Jean Eduardo, MS, Universidade Federal de Viçosa, March, 2002, **Potassium Requirement of Broiler Chickens**. Advisor: Luiz Fernando Teixeira Albino. Committee members: Horácio Santiago Rostagno and Juarez Lopes Donzele.

Three experiments were carried out to determine the nutritional requirements of potassium (K) for male Ross broiler chickens, for the periods of 1-21, 22-42 and 43-53 days of age. The parameters evaluated were weight gain, feed intake, feed conversion, water intake of the birds and dry matter, sodium and K content of the excreta. In each experiment a completely randomized experimental design with six treatments (K levels) was used. Basal diets, deficient for K, were supplemented with K carbonate to result in 0.30, 0.44, 0.58, 0.72, 0.86 e 1.00% K. Considering weight gain, the estimated requirements were 0.628, 0.714 and 0.798% K, for the studied periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age, respectively. The birds which received less or more K than estimated had higher water intake and consequently low excreta's dry matter. The K content of the excreta increased linearly, as well as the K retention, while the sodium excretion or retention were not affected by K levels in the diet.

## 1. INTRODUÇÃO

Os minerais têm sido considerados componentes importantes dos organismos vivos. Os animais superiores, como as aves, podem obter os minerais que necessitam através dos alimentos que consomem e dos dissolvidos na água de bebida. Os minerais apresentam características químicas e físicas que os capacitam a exercer seu papel no organismo vivo. Podem estar ligados entre si e com outras moléculas ou dissociados na forma de íons, e, neste caso, apresentarão carga elétrica quando em solução, recebendo o nome de eletrólitos. Nos organismos vivos os minerais têm sido encontrados dissolvidos tanto nos fluidos internos como externos das células, permitindo ocorrer uma variedade de reações e interações entre eles, e entre outras moléculas orgânicas, as quais são essenciais a manutenção da vida.

Os eletrólitos podem apresentar cargas positivas ou negativas nos fluidos orgânicos. O sódio (Na), o cloro (Cl) e o potássio (K) têm sido considerados os principais eletrólitos envolvidos nos processos metabólicos das aves, sendo que o Na e o K apresentam cargas positivas, e o Cl carga negativa. Estes elementos interagem também com ácidos e bases que são fontes de cargas elétricas. O balanço das cargas no organismo é

chamado de balanço eletrolítico, que pode ser positivo ou negativo. Por outro lado, o pH dos tecidos das aves suporta apenas pequenas variações, precisando ficar em torno da neutralidade para a manutenção da vida, esse pH pode ser expresso pelo equilíbrio ácido-base.

O Na, o K e o Cl são consumidos principalmente na forma de sais. Na formulação das rações para aves, o Na e o Cl têm sido adicionados na forma de cloreto de sódio, ou sal comum. Como este é de baixo custo e é encontrado em abundância, mesmo que a exigência na dieta seja alta em comparação com outros minerais, não tem sido encontrada dificuldade em manipular o conteúdo de sódio e de cloro nas dietas. Quanto ao K, é considerado que seu teor nos ingredientes das rações para aves, principalmente no milho e no farelo de soja, seja suficiente para atender as necessidades dessa espécie.

As recomendações encontradas nas tabelas de exigências nutricionais têm como base resultados de antigos trabalhos de pesquisa. No entanto, hoje, valores maiores obtidos através de cálculos teóricos são recomendados. Por isso existe uma necessidade de mais pesquisas, visando verificar se as mudanças no material genético e no manejo nutricional e ambiental utilizados levaram a mudanças na exigência das aves. Neste caso, haveria a necessidade de atualizar níveis práticos recomendados com base em resultados de pesquisa.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O K é um dos minerais mais importantes dentre os encontrados nos organismos vivos. Junto com o Na e o Cl, o K faz parte dos três principais eletrólitos do organismo, participando em diversas funções metabólicas. O K parece ter dentro das células as mesmas funções que o Na no plasma e no fluido intersticial, como controle da pressão osmótica, transporte do oxigênio e dióxido de carbono no sangue, ativa ou age como co-fator em vários sistemas enzimáticos, auxilia na função olfativa das aves, mantém o equilíbrio ácido-básico e o balanço hídrico ou hidratação (Hooge & Cummings, 1995a). Outra função importante é sua participação no mecanismo de transporte ativo, o qual depende da separação de concentrações específicas de Na e de K pela bomba de Na. A manutenção deste gradiente de concentração é importante para o transporte de substratos, como glicose e aminoácidos, para dentro e fora da célula (McDowell, 1992). Existem dois mecanismos distintos para bombeamento de sódio, o neutro e o eletrogênico. Quando o Na é bombeado contra seu gradiente de concentração, K, aminoácidos e glicose entram tanto pelo transporte ativo como por difusão passiva (Nelson & Cox, 2000).

O transporte neutro é responsável por grande parte do gasto de energia do animal em repouso. O transporte ativo processa Na, K e ATP, e é importante para o equilíbrio eletrolítico e distribuição da água entre os compartimentos fluidos, atividade elétrica nos nervos e músculos, respiração celular e função gastrointestinal (Hooge & Cummings, 1995a).

O organismo não armazena K, uma vez que ele permanece como cátion livre, necessitando ser fornecido diariamente na dieta (McDowell, 1992; Hooge & Cummings, 1995a).

Segundo os estudos de Kravis e Kare (1960), observa-se que não houve diferença aparente no conteúdo de Na e de K, no organismo das aves, que pudesse ser atribuída ao sexo em qualquer idade. Segundo os autores, o nível de sódio diminui rapidamente nos primeiros dez dias de vida e então estabiliza, enquanto o oposto ocorre com o K. Esse efeito é mais drástico no tecido muscular. As possíveis explicações seriam ajustamentos fisiológicos, que incluiriam ajustes na temperatura de conforto, e no volume de água corporal. Assim, os primeiros dez a doze dias seria um período de maturação dos eletrólitos constituintes do organismo da ave, que se daria mais cedo do que a maturação fisiológica. A taxa de desenvolvimento durante essa maturação do Na e do K depende das funções de cada um deles.

No estudo realizado por Rosado (1988), avaliou-se o balanço de Na e K, como forma de estimar a retenção desses minerais no organismo das aves. Os resultados foram que as aves que apresentaram maior retenção de Na e K também apresentaram maior retenção de água na carcaça. Com isso, pode-se supor que havendo maior retenção de água associada a maior retenção de K no organismo, a carcaça dessas aves seria mais pesada, o que seria

interessante para a indústria de carne de aves.

Outra observação importante, é que as aves não aclimatadas, em condição de estresse térmico por calor (35°C) absorveram 50% menos K (Wolfenson et al., 1987). Os autores afirmaram que as razões para isto ainda não foram elucidadas, mas um dos motivos pode ser a menor irrigação sangüínea intestinal em condições de estresse (Bottje & Harrison, 1986).

Segundo Rinehart et al. (1969), frangos de corte necessitam de 0,20% de K para evitar a mortalidade excessiva, e de 0,30% de K para o máximo ganho de peso. Os mesmos autores resumiram que a exigência de K na fase de criação é afetada pela taxa de crescimento, pelo nível de energia, de proteína e de fósforo na dieta. Além disso, as aves submetidas a dietas deficientes em K reduziram o consumo de ração e o ganho de peso logo no primeiro dia e ganharam pouco peso em todo o período experimental. Um fato interessante foi que as aves alimentadas com dietas deficientes em K consumiram e excretaram mais água do que as que receberam nível adequado de K. Esse comportamento estava associado ao apetite depravado, apatia e hipotensão.

Em outro estudo com frangos de corte, Rinehart et al. (1968) mostraram que as aves que receberam dietas deficientes em K apresentaram menor nível de aminoácidos livres no plasma, mas a medida que recebiam K, o nível de arginina e de lisina no plasma aumentava. Isso ocorreu porque os níveis de aminoácidos básicos intracelulares aumentaram durante a deficiência de K, numa tentativa de equilibrar as cargas internas. Quando o teor de K voltou ao normal, este retomou seu lugar, liberando estes aminoácidos no plasma, permitindo assim sua utilização para a síntese protéica. Outro estudo, dos

mesmos autores, mostrou que aves submetidas a dietas deficientes em K incorporaram menos leucina marcada nos tecidos, mostrando ser efeito direto de deficiência de K, e não uma consequência do menor consumo de alimento (Rinehart et al., 1968).

Os sintomas normalmente associados com a deficiência de K são principalmente provenientes de problemas metabólicas, neuromusculares, renais e cardiovasculares, tais como:

- intolerância a glicose (efeito metabólico adverso mais freqüente); liberação de insulina pelas células beta do pâncreas;
- Appetite reduzido, redução do consumo alimentar, depressão do crescimento;
- Acidose intracelular ( $\text{Na}^+$  e íons  $\text{H}^+$ , tomam o lugar do K);
- Aumento dos batimentos cardíacos, diminuição da resistência dos vasos, e redução da pressão sanguínea sistêmica;
- Doenças cardiovasculares e dilatação cardíaca; hiperpolarização elétrica das células do miocárdio podem causar anormalidades no eletrocardiograma, sendo mais comum no excesso do que na deficiência de K;
- Vasoconstrição renal, diminuição do fluxo sanguíneo renal e da taxa de filtração glomerular, e redução da capacidade de concentração da urina (redução na osmolalidade máxima da urina – maior anormalidade renal): diminuição do transporte e recuperação do sódio na medula intersticial renal e resistência a ação do hormônio antidiurético (ADH);
- Fraqueza dos músculos esqueléticos, apatia e paralisia

(diferente da deficiência de tiamina, que está associada com o excesso de tônus muscular); flacidez muscular evidente na paralisia do íleo e atonicidade gástrica;

- Desordens nervosas;
- Degeneração dos órgãos vitais (ex. disfunção renal crônica pela carência de K e hipocalcemia constante)

A deficiência de K em ratos, causa hipertrofia renal, polinúria, proteinúria, diminuição da taxa de filtração glomerular, aumento da amoniogênese renal e maior excreção de amônia.

Por ser um íon solúvel em água e um elemento muito móvel, o K precisa ser suprido como um nutriente essencial na dieta. Tanto em ruminantes como em monogástricos, o nível inadequado de K na dieta reduz o apetite; de fato, este é um dos primeiros indicadores da deficiência de K. Entretanto, os animais prontamente voltam a ingerir normalmente quando o nível K é corrigido na dieta oferecida ( Hooge & Cummings, 1995a).

### **Excreção de Potássio**

A principal forma de excreção de K é a urinária, sendo perdido nos túbulos renais para que o Na seja reabsorvido. Este processo é controlado principalmente pelo hormônio adrenocortical aldosterona (Reece, 1996).

Uma vez que o estresse resulta em maior produção deste hormônio, ele levaria também a uma maior perda de K. Segundo Smith & Teeter (1987), isto pode ser um dos motivos porque o desempenho das aves sob condições de estresse térmico melhora com a suplementação de K, mas Leeson & Summers (2001) afirmaram que os efeitos da suplementação com sais de K para aves

durante e após o estresse severo ainda não foram adequadamente estudados.

As diversas substâncias dissolvidas no filtrado tubular durante a formação da urina são reabsorvidas acopladas com carregadores específicos, que requerem ligação com o Na e, por isso, dependem da bomba de sódio (Na-K-ATPase). O transporte renal de K é único, pois ele é a única substância que é reabsorvida em algumas partes e secretada em outras, permitindo estreito controle do nível a ser perdido. O aumento da ingestão de K estimula a secreção de aldosterona, que aumenta a atividade da bomba de sódio, o transporte de substâncias associadas ao Na, e a perda de K na urina (Reece, 1993).

A reabsorção de água está ligada ao hormônio ADH do hipotálamo, que altera a permeabilidade tubular para a água. A sua secreção depende de receptores sensíveis a mudanças na osmolalidade plasmática. Quando a concentração de Na extracelular aumenta pela sua reabsorção, ocorre liberação de ADH e a água é reabsorvida para reduzir a pressão osmótica. Nas aves isto ocorre independente da influência do ácido úrico, uma vez que este precipita, não interferindo na pressão osmótica, que é aumentada pela reabsorção de NaCl (Reece, 1996).

Os receptores neurais são muito sensíveis às variações da osmolalidade, principalmente na presença de Na. Apenas 1% de variação da osmolalidade é capaz de alterar a secreção de ADH. Junto com estas mudanças nos rins, o centro da sede também é acionado, levando ao aumento do consumo de água (Granner, 1998).

Um outro mecanismo envolvido é a mudança do volume sanguíneo. Quando este diminui, ocorre estímulo da secreção de ADH, e mais água é

reabsorvida. Quando o volume aumenta, o inverso acontece. A resposta dos receptores as mudanças no volume plasmático é menos sensível, ocorrendo apenas com variações da ordem de 10%. Assim, a variação da osmolalidade por meio dos sais afeta mais prontamente o volume de água consumido e excretado.

Na função renal normal qualquer excesso de K é removido do plasma, mas parece existir uma capacidade limitada para a conservação deste na sua deficiência. De fato, a excreção renal de K continua mesmo quando o nível no organismo é perigosamente baixo. A perda deste elemento está associada à perda intracelular de água. O aumento da excreção urinária causada pelo consumo excessivo de água no calor ou pelo excesso de sal, leva a maior perda de K. Isto ocorre porque excreção de solutos requer água, e sendo limitada a capacidade dos rins de concentrar solutos, os solutos renais afetam o balanço hídrico (Hooge & Cummings, 1995a). Assim, o K em excesso estimula o consumo de água, podendo aumentar a umidade das excretas.

De acordo com Leeson & Summers (2001), o potássio advindo do metabolismo dos tecidos protéicos pode repor as perdas urinárias de K não supridas pela dieta. Nessas condições a exigência de K seria menor. Ainda segundo os mesmos autores, a razão entre K e nitrogênio (N) na urina é relativamente constante, e é a mesma encontrada nos tecidos musculares. Assim, nos tecidos metabolizados o N e K seriam eliminados juntos.

A tolerância de Na e de K envolve também o balanço entre eles. Quando altos níveis de K foram administrados, as aves apresentaram depressão do crescimento, mas quando este foi associado com altos níveis de Na, as aves tiveram um desempenho normal. Assim, foi demonstrado que a adição

equimolar de Na e K torna-se menos tóxica quando comparada com a mesma quantidade administrada de apenas um deles (Nelson & Cox, 2000).

Dentro de certos limites, a suplementação de K primeiro aumentaria a atividade da bomba de Na facilitando a reabsorção de substâncias importantes (como aminoácidos e intermediários do ciclo de Krebs) junto com o Na, levando a maior absorção de água para igualar a pressão osmótica extracelular (Hooge & Cummings, 1995a). Num segundo momento, se o K for suplementado em excesso, a necessidade de excretá-lo aumentaria o consumo de água e também a sua perda urinária, e isso aumentaria a umidade das excretas.

Sabendo disso o desafio do nutricionista será indicar qual a dosagem certa a ser utilizada, pois o excesso, além de sobrecarregar os rins, levaria a um aumento de umidade da cama, piorando a sua qualidade e prejudicando o desempenho das aves.

Nesheim et al. (1964) destacaram a necessidade de se medir a excreção tanto de Na, quanto de K e a de Cl, independente de qual deles está sendo estudado.

A forma final da excreção do nitrogênio nas aves é o ácido úrico, que é precipitado nos túbulos renais (Reece, 1996). A exigência de K e sua excreção parecem estar relacionadas com a própria excreção do ácido úrico. Isso porque o K é necessário para o transporte transepitelial do ácido úrico. Estudos realizados por Austic & Cole (1976) e Austic (1983) mostraram que aves contendo altos níveis de ácido úrico sangüíneo tiveram menor capacidade de captação de ácido úrico nos rins, excretaram menos K e apresentaram menor exigência de K. Estas aves também se desenvolveram melhor quando a deficiência de K era mais aguda. A possível explicação para isso, seria que

devido a menor secreção tubular de ácido úrico, uma proporção maior do ácido úrico plasmático dependeria da filtração glomerular, modificando a exigência e a excreção do K. Neste estudo o ganho de peso aumentou até o maior nível de K utilizado, que foi de 0,40%. Isso indica que a exigência para o máximo ganho poderia ser maior que 0,40% uma vez que a curva da equação quadrática não chegou a fase descendente.

Chavez & Kratzer (1979) estudaram a deficiência de K em galos, e concluíram que as aves deficientes excretavam menos K, cerca de um décimo da excreção das aves suplementadas com K. Além disso, eles estudaram a meia vida biológica do K nas aves e encontraram que esta era de 18 dias nas aves suplementadas e de 134 para as aves deficientes. Isso indica que o turnover de K diminuiu com a sua deficiência, e para isso, o organismo precisou recuperar ao máximo o K a nível renal. As aves deficientes tiveram o teor de K muscular diminuído e o teor aumentado no intestino, mostrando haver compensação eletrolítica. A massa muscular reduziu significativamente nas aves deficientes. Observou-se também uma ordem no decréscimo do turnover de K, começando com plasma, pele, coração, fígado, intestino e por fim ossos.

### **Balço Eletrolítico e o Equilíbrio Ácido-básico**

O equilíbrio ácido-básico do organismo animal está localizado nos compartimentos líquidos. A água representa aproximadamente 60% do peso vivo de um animal adulto, e se distribui em líquido intracelular (60%), líquido intersticial, com 7 a 8% da água total formando a água plasmática (Meschy, 1999)

Os diversos minerais ingeridos assumem diferentes funções no

organismo. Quando ingeridos na forma de sais, eles se dissociam e passam a apresentar cargas nos fluidos orgânicos. Para o bom funcionamento do organismo é necessário um balanço entre as cargas geradas, pois elas refletem em mudanças na ação das enzimas, que varia de acordo com as variações no pH. Este mecanismo é tão sensível que as mudanças fisiológicas são grandes, mesmo com pequenas mudanças no pH, assim, alguns pesquisadores preferem trabalhar em nmoles por litro para captar pequenas mudanças nas cargas que passariam despercebidas na escala logarítmica de pH (Patience, 1990).

A homeostase acido-básica se refere a tendência do animal manter uma concentração intra e extra celular constante de prótons ( $H^+$ ). Quando isso ocorre, o balanço externo de prótons é zero, porque a formação será equivalente a excreção (Patience, 1990).

Muitas reações do organismo produzem ácidos, tendendo a levá-lo a acidose. Isso não ocorre devido aos mecanismos de ajuste, como o respiratório para os ácidos voláteis ( $H_2CO_3$ ), e as funções renais para os ácidos fixos. Algumas situações podem levar a alcalose, como no desequilíbrio dos eletrólitos consumidos ou na alcalose respiratória induzida durante o estresse pelo calor (Patience, 1990; Smith & Teeter, 1987).

A ingestão de água ou de eletrólitos afeta este equilíbrio e pode gerar mudanças temporárias no tamanho dos compartimentos líquidos, e a sua recuperação se consegue pelos mecanismos osmóticos e pela regulação renal, dependente do controle hormonal (Meschy, 1999).

A absorção de íons no tubo digestivo se dá por mecanismos de troca com os íons sangüíneos. Os cátions ( $Na^+$ ,  $K^+$ ) são trocados por íons  $H^+$ , tendo

efeito alcalinizante. Os ânions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ) são trocados por bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), tendo efeito acidificante (Meschy, 1999).

É possível prever, teoricamente, se uma dieta tenderia a levar o animal a acidose ou a alcalose, através do cálculo da soma das cargas presentes. Desse modo, controlando as quantidades de cada íon na dieta, poderíamos recomendar uma dieta com um balanço ideal.

A idéia de manipular as concentrações iônicas da ração a fim de evitar conseqüências patológicas da acidose e da alcalose é bastante antiga, e encontrou seu primeiro campo de aplicação nos anos 70, na avicultura (Meschy, 1999).

Mogin (1981) propôs um cálculo simplificado para ser utilizado na avaliação dos eletrólitos das dietas. Este cálculo leva em conta os três principais íons responsáveis pelo equilíbrio eletrolítico,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . O valor encontrado foi chamado de balanço eletrolítico e é expresso pela fórmula:

$$\text{BE} = (\% \text{ Na} \times 100/22,990^*) + (\% \text{ K} \times 100/39,102^*) - (\% \text{ Cl} \times 100/35,453^*)$$

(\* Equivalente grama do Na, K ou Cl, respectivamente)

Onde:

BE= balanço eletrolítico (mEq/kg)

Os resultados obtidos pela manipulação destes três elementos têm sido alvo de muitas pesquisas, na busca de uma recomendação. Entretanto, isso não é simples, pois existem vários mecanismos interagindo no processo, advindos da fisiologia do animal, que podem gerar ácidos, bases, ou eliminá-los em maior ou menor quantidade, dependendo do “status” metabólico do animal. Como exemplo, respostas hormonais podem afetar a síntese protéica e o catabolismo de aminoácidos, e se tornar uma fonte potencial de ácidos no

organismo.

Por isso, Meschy (1999) afirmou que o balanço eletrolítico das dietas depende principalmente do conteúdo de proteína e do tipo de suplementação de Na utilizado. Isso porque o metabolismo dos aminoácidos produzem íons, e utilizam bicarbonato na ureogênese. O autor destaca também, que a redução do nível protéico das dietas para evitar a perda de nitrogênio, que causa impacto ambiental, e a utilização de aminoácidos sintéticos, se traduzem em redução do valor do balanço eletrolítico.

Ainda que não se possa prever com precisão o que ocorrerá no organismo animal em resposta a uma determinada dieta, pode-se discutir o que poderia ocorrer com base em conhecimentos da fisiologia e nas características da dieta fornecida.

Sendo assim, se pode supor que, quando a ave consome pouco K, a produção do hormônio aldosterona é inibida para evitar a perda deste elemento. Com a produção de aldosterona inibida, a recuperação do Na do filtrado glomerular diminui e este será perdido pela urina em maiores quantidades. A água está envolvida no processo, seguindo no sentido da maior concentração osmótica, e por isso acompanhará o sódio, e menos água será recuperada do filtrado, sendo também perdida na urina. Para equilibrar a perda de água, o centro da sede é estimulado levando a ave a beber mais água.

Quando o inverso ocorre, isto é, havendo consumo excessivo de K, a produção do hormônio aldosterona será estimulada, e a troca de Na por K no filtrado será maior, levando a perda de K na urina. A água seguirá o caminho da maior pressão osmótica, em direção ao filtrado, dessa vez acompanhando o K. Desse modo o centro da sede será estimulado, induzindo a ave a beber

mais água (Reece, 1996).

Através dos mecanismos citados, pode-se entender que, tanto a carência como o excesso de K, poderiam levar a um maior consumo de água.

Se nestes casos o sódio fornecido na dieta for constante, pode-se esperar que na carência de K a ave procure consumir menos Na, uma vez que este teria de ser excretado, o que realmente pode ocorrer uma vez que há depressão do consumo de ração (Rinehart et al., 1969). Assim, ainda que consumindo pouco Na, a nível renal a perda de Na seria alta. Ao atingir o balanço ideal, o consumo seria máximo e a perda de sódio não diminuiria pelo maior total de sódio consumido. No caso do excesso de K o consumo seria inibido para restringir o consumo de K, e a perda de Na seria no limite mínimo do mecanismo de troca.

Assim, é possível compreender, que mesmo mantendo o Na constante na dieta ele ainda assim seria perdido na urina para compensar as mudanças no consumo de ração, e as limitações dos mecanismos renais de troca.

Quanto ao equilíbrio ácido-básico, sabe-se que o Na e o K tem funções parecidas, contribuir como bases (cargas positivas), sendo que o sódio age no fluido extracelular e o K no fluido intracelular. Assim, em uma situação de carência de K, o organismo tenderia a uma acidose, com maior prejuízo intracelular. De forma limitada a célula acumula prótons de hidrogênio ( $H^+$ ), e aminoácidos com radicais básicos, principalmente lisina (Patience, 1990; Savage, 1972; Nesheim et al., 1964; O'Dell & Savage, 1957).

Quando há excesso de K, o organismo deixa de eliminar prótons para eliminar K, o que levaria o organismo a alcalose. A resposta fisiológica poderia ser através da inibição do consumo.

Numa situação ideal, o Na e o K devem manter uma relação menor do que um, o que faz sentido, uma vez que o volume do fluido extra celular é pequeno quando comparado ao intracelular, onde predomina o K (Granner, 1998).

Para se obter um balanço ideal entre os eletrólitos, não basta simplesmente somar as cargas positivas e negativas. É preciso respeitar uma proporção entre as fontes de cargas positivas, e delas com as negativas pois elas tem diferenças funcionais importantes.

### **Formulação das Rações ao Estudar Potássio**

O maior desafio ao se estudar a exigência de K para aves é formular dietas com baixos níveis deste mineral. Isso porque o farelo de soja, que é o principal ingrediente protéico utilizado em rações para aves, apresenta elevada concentração desse elemento. Assim, para formular uma ração deficiente em K o uso do farelo de soja precisa ser extremamente limitado, necessitando buscar fontes de proteína alternativas, contendo baixo K.

Os ingredientes mais utilizados nas pesquisas com K são a caseína, que não contém K (Rostagno et al., 2000) e isolados protéicos de soja (Nesheim et al., 1964).

Estudos mostraram que, quando a dieta continha excesso de Cl, maiores quantidades de Na e de K foram necessárias para evitar a acidez. Nestes casos seria conveniente balancear o excesso de Cl com quantidade equimolar de Na ou K na forma de carbonato. Por isso ao se estudar níveis de Na e K, é necessário observar cuidadosamente o nível de Cl, especialmente quando este vem acompanhando outros elementos como aminoácidos

sintéticos e os próprios sais de Na e K (Nesheim et al., 1964). O uso de aminoácidos sintéticos em dietas semipurificadas tende a baixar o valor calculado para o balanço eletrolítico (Patience, 1990). Nesheim et al. (1964) alertaram que o desequilíbrio dos eletrólitos pode ser responsável por alguns resultados de pesquisa com alta exigência de K, como no caso de se usar dietas purificadas com níveis elevados de arginina e lisina na forma de cloreto. Além disso, a exigência de Na pode ser diminuída por altos níveis de K e vice-versa.

Segundo Hooge & Cummings (1995b), as pesquisas que estudaram K foram feitas com uso de dietas purificadas e semi-purificadas e seriam, portanto, diferentes das dietas comerciais. Por este motivo, haveriam dúvidas no uso dessas recomendações ao formular dietas práticas. Esse fato se deve principalmente a dúvidas quanto a composição em aminoácidos dessas fontes não convencionais de proteína, o que poderia afetar o desempenho das aves.

Leach et al. (1959) quando determinaram a exigência de K para frangos de corte, utilizaram como fonte protéica uma proteína de soja com baixo K. O produto era chamado de proteína purificada de soja e o procedimento chamado de "Drackett Assay Protein C-1". O processo consistia em lavar a proteína de soja com água de torneira pH 4,6 por repetidas vezes, e depois lavar com água desmineralizada, prensando o material para retirar o excesso de água, e secá-lo em estufa ventilada a 65 °C.

Um procedimento parecido foi utilizado por Supple & Combs (1959) utilizando como fonte protéica a proteína de soja lavada. Segundo o autor, o produto chamado Drackett C-1, foi obtido após a lavagem da proteína de soja por três vezes com água destilada a um pH de 4,6, seguida da secagem do

material em estufa a 55 °C, e por fim moída para obter o produto final. Segundo estes autores, foi possível abaixar o nível de K para quase zero através desse procedimento, permitindo assim, obter uma ração com baixo nível de K.

Um estudo interessante foi realizado por O'Dell & Savage (1957), onde foram avaliadas dietas purificadas e a suplementação com K e zinco. Os resultados mostraram que o desempenho das aves com estas dietas melhorou em mais de 10% com a suplementação de K, e mais ainda com a adição de 50 ppm. de zinco, apresentando efeito sinérgico. Isso ocorreria porque durante a lavagem da soja parte do zinco seria perdido. Segundo o NRC (1994), o nível de zinco da soja é de cerca de 40 ppm, enquanto o do isolado protéico de soja é de 23 ppm, parecendo fazer sentido a afirmação de Nesheim et al. (1964).

Ao escolher fontes protéicas com baixo K seria importante então notar que elas não sejam pobres em zinco, ricas em Cl ou Na, e com bom perfil de aminoácidos. Por esses motivos o mais aconselhável seria uma combinação de ingredientes, como por exemplo: glúten de milho, farinha de carne e o próprio isolado protéico de soja.

Apesar de parecer pouco provável que uma dieta prática possa não atender as necessidades de K das aves, Meschy (1999) afirmou que a tendência atual de utilizar dietas com menor conteúdo protéico é acompanhado pelo abaixamento do balanço eletrolítico, devido, principalmente, ocorrer redução do K nas dietas.

Em suma, o balanço entre os eletrólitos pode alterar o desempenho, o consumo de água e a excreção de minerais. A forma como agem o Na e o Cl tem sido estudada. Muitas dúvidas ainda restam quanto a participação do K e sobre a interação entre eles. De acordo com os conhecimentos teóricos das

funções renais, podemos supor o que ocorreria no caso do K, como descrito anteriormente, mas existe a necessidade de confirmar estas suposições através de experimentos. As mudanças no manejo nutricional, ambiental e no material genético das aves utilizados hoje podem ter alterado a exigência de K. Assim, os objetivos deste estudo foram verificar se houve alteração na exigência de K para frangos de corte, quais seriam os níveis recomendados, e estudar como o nível de K na dieta afeta o consumo e a excreção da água, e a excreção do próprio K e do Na.

## CAPÍTULO I

### Níveis Dietéticos de Potássio para Frangos de Corte

**Resumo** – Foram realizados três experimentos para determinar a exigência nutricional de potássio para frangos de corte Ross, machos, nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade. Foram avaliados o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar. Para cada experimento foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (níveis dietéticos de potássio), seis, oito e oito repetições por tratamento, e oito, cinco e quatro aves por unidade experimental, respectivamente para cada período. As dietas consistiram de uma ração basal deficiente em potássio, suplementada com níveis crescentes de potássio na forma de carbonato de potássio para a obtenção dos níveis de 0,30; 0,44; 0,58; 0,72; 0,86 e 1,00% de K. Com base no ganho de peso estimou-se a exigência em 0,628, 0,714 e 0,798% de K, respectivamente, para os períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade.

Palavras-chave: frangos de corte, exigência, ganho de peso, potássio

### Dietary Levels of Potassium for Broiler Chickens

**Abstract** – Three experiments were carried out to determine the nutritional requirement of potassium for male Ross broiler chickens, for the periods of 1-21, 22-42 and 43-53 days of age. The parameters evaluated were weight gain, feed intake and feed conversion. In each experiment a completely randomized experimental design was used, with six treatments (potassium levels), and six, eight and eight number of replicates, and eight, five and four birds per pen, respectively. The experimental diets were basal diets, deficient for potassium, supplemented with potassium carbonate to result in 0.30, 0.44, 0.58, 0.72, 0.86 e 1.00% K. Considering weight gain, the estimated requirements were 0.628, 0.714 and 0.798 % K, for the studied periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age, respectively.

Key words: broiler chickens, requirement, weight gain, potassium

## Introdução

O potássio é o terceiro elemento mais abundante no organismo (McDowell, 1992) e o principal cátion intracelular, participando em processos essenciais ao seu funcionamento, como manutenção do equilíbrio ácido-básico, regulação da pressão osmótica, desenvolvimento dos potenciais de membrana celular (transmissão nervosa, atividade muscular, função cardíaca), ativação de numerosas enzimas intracelulares e absorção e transporte de glicose e aminoácidos (Rinehart et al., 1968; Reece, 1996; Leeson & Summers, 2001). Uma vez que não age sozinho, o balanço correto entre Na, K e Cl é necessário para o desempenho do animal, desenvolvimento ósseo, qualidade da casca e utilização dos aminoácidos (NRC, 1994).

Mogin (1980; 1981) estudou os fundamentos do balanço cátion-ânion para aves e suínos e concluiu que pode-se descrever o equilíbrio entre os eletrólitos por um cálculo envolvendo os principais eletrólitos envolvidos. A fórmula reduzida é o resultado da soma dos íons positivos (Na e K) subtraindo o principal íon negativo (Cl), sendo chamado de balanço eletrolítico.

Segundo Murakami (2000), diversos pesquisadores recomendam um balanço eletrolítico entre 150 e 350 mEq/kg em dietas comerciais, para o máximo desempenho das aves. Leeson & Summers (2001) consideraram 250 mEq/kg como valor adequado para um bom desenvolvimento das aves.

Segundo Hooge & Cummings (1995), os níveis de K recomendados pelo NRC (1994) para aves em crescimento e matrizes é consideravelmente baixo quando comparado aos das dietas comerciais típicas, e nenhum K suplementar é indicado para situações como elevação da temperatura ambiente, consumo de água, estresse ou outros fatores. Os autores afirmaram ainda que devido a falta de pesquisas publicadas em periódicos de referência, muito das exigências de K foram estimadas e são apresentadas

em itálico.

Outro estudo estimou a exigência de K para frangos de 7 a 21 dias em 0,824%, com sódio entre 0,15-0,17%, usando uma dieta prática, concluindo que a relação entre Na e Cl deveria ser 1:1, e o balanço eletrolítico 242 mEq/kg (Hurwitz et al., 1973, citados por Hooge & Cummings, 1995). Este estudo indica que a exigência para o máximo ganho pode ser maior do que o recomendado pelo NRC (1994), que é de 0,30%. Rostagno et al. (2000) recomendaram 0,501, 0,471 e 0,454% de K para as fases de 1 a 21, 22 a 42 e 43 a 49 dias de vida das aves, respectivamente, sendo níveis sugeridos para adequado balanço eletrolítico.

Ainda não se sabe com detalhes como a suplementação de potássio ajuda a melhorar o ganho de peso, mas algumas pesquisas mostraram que dietas com altos níveis de lisina e arginina na forma que acompanha HCl, pode precisar de suplementação com K e Na na forma de acetato ou carbonato para aliviar o antagonismo entre as cargas destes íons no metabolismo (O'Dell & Savage, 1957, O'Dell et al., 1962; Nesheim et al. 1964; Savage, 1972).

Outros estudos mostraram que sais de K interferiram no catabolismo da lisina, resultando em uma baixa relação lisina:arginina (Scott & Austic, 1978). A síntese de proteína e o ganho de peso reduzem a concentração de lisina nos tecidos. Uma explicação seria a redução da atividade da arginase nos rins e da urease no intestino (de origem microbiana), reduzindo o catabolismo da arginina e deixando-a disponível para a síntese protéica (Stutz et al., 1972).

Young (1995), em comunicação pessoal a Hooge & Cummings (1995), declarou que o nível de K em alguns ingredientes são consideravelmente mais baixos do que os apresentados nas tabelas de composição de alimentos, alterando os níveis calculados de K e o balanço eletrolítico das dietas.

Por todos estes motivos há necessidade de se estudar o efeito do nível de potássio sobre o desempenho de frangos de corte para obter uma recomendação para o máximo ganho de peso e avaliar a necessidade de suplementação deste mineral.

### **Material e Métodos**

Foram conduzidos três experimentos na sala de metabolismo do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, correspondendo a três períodos de vida das aves, sendo 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias. No primeiro experimento foram utilizados 288 pintos de corte Ross, machos, de 8 a 21 dias de idade, com peso médio inicial de 0,148 g, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (níveis de potássio), seis repetições por tratamento e oito aves por unidade experimental. Para o segundo experimento, foram utilizados 240 frangos de corte Ross, machos, de 22 a 42 dias de idade, com peso médio inicial de 0,768 g, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (níveis de potássio), e oito repetições com cinco aves por unidade experimental. No terceiro experimento, foram utilizados 192 frangos de corte Ross, machos, de 43 a 53 dias de idade, com peso médio inicial de 2,295 g, distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos (níveis de potássio), oito repetições e quatro aves por unidade experimental. Nos três experimentos os níveis de K utilizados foram 0,30; 0,44; 0,58; 0,72; 0,86 e 1,0%.

As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo, agrupadas em baterias metálicas que correspondiam as unidades experimentais. Cada uma delas dispunha de um comedouro e um bebedouro independentes. As aves foram criadas em galpão a parte até o início de cada experimento, onde receberam alimentação com rações formuladas de acordo com a idade, para atender as exigências nutricionais segundo Rostagno et al. (2000).

Em todos os experimentos, os tratamentos consistiram em uma dieta basal formulada para atender as exigências nutricionais de acordo com a idade, segundo Rostagno et al (2000), para todos os nutrientes exceto para potássio. Para a formular a dieta basal deficiente em potássio foi necessária a substituição do farelo de soja por outros alimentos com menor teor de potássio. A composição das dietas basais para cada experimento pode ser vistas na Tabela 1. O farelo de soja lavado, utilizado como alimento protéico, foi obtido depois de três lavagens do farelo de soja com solução ácida ajustada ao pH 4,6 com ácido clorídrico (HCl), seguida por duas lavagens com água destilada. Após as lavagens o produto foi seco em estufa a 55°C por 24 horas e moído. O produto obtido continha 90% MS, 56% PB e 0,70% K. Este procedimento foi uma adaptação da técnica utilizada nas décadas de 50 e 60 para produção do isolado protéico de soja, no qual parte do potássio era perdido nas lavagens (Supple & Combs, 1959; Leach et al., 1959). Para obtenção dos níveis crescentes de potássio foi adicionado carbonato de potássio ( $K_2CO_3$ ) (56,5% de K) em substituição a areia lavada. Os níveis de potássio nas dietas experimentais foi conferido através de análises laboratoriais, para comparação com os valores calculados.

A dieta de cada unidade experimental foi pesada ao início e ao final de cada experimento, e feitas as correções para a mortalidade. As aves foram pesadas individualmente no início e ao final de cada experimento. Os dados obtidos foram utilizados para a obtenção dos parâmetros consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA). As temperaturas máximas e mínimas foram registradas diariamente e as médias podem ser vistas na Tabela 2.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (1999), e a estimativa da exigência de potássio foi estabelecida por modelos

de regressão polinomial.

Tabela 1 – Composição percentual das dietas basais de cada experimento.

*Table 1 – Percentage composition of the basal diets for each experiment.*

<i>Ingredientes (%) (Ingredients)</i>	<i>8-21 dias (8-21 days)</i>	<i>22-42 dias (22-42 days)</i>	<i>43-53 dias (43-53 days)</i>
<i>Milho (Corn)</i>	58,500	63,000	66,731
Farelo de soja lavado <sup>1</sup> <i>(Washed soybean meal)</i>	13,500	14,000	11,734
Farelo de glúten de milho 60% <i>(Corn gluten meal)</i>	10,950	9,972	8,054
Amido <i>(Starch)</i>	3,974	2,792	4,000
Farinha de carne e ossos <i>(Meat and bone meal)</i>	5,660	1,790	2,000
Calcário <i>(Limestone)</i>	0,188	0,016	0,652
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,050	2,190	0,824
Óleo de soja <i>(Soybean oil)</i>	1,000	1,000	1,653
DL-Metionina <i>(DL-Methionine)</i>	0,171	0,145	0,123
L-Lisina HCl <i>(L-Lysine)</i>	0,632	0,567	0,527
L-Arginina <i>(L-Arginine)</i>	0,217	0,300	0,226
L-Treonina <i>(L-Threonine)</i>	0,070	0,060	0,012
L-Triptofano <i>(L-Tryptophan)</i>	0,066	0,042	0,048
Cloreto de colina 60% <i>(Choline Chlorine)</i>	0,100	0,100	0,100
Sal <i>(Salt)</i>	0,394	0,300	0,381
Suplemento Vit. Min. e Aditivos* <i>(Vitamin mineral and aditive supplement)</i>	0,238	0,238	0,238
Areia Lavada <i>(Washed sand)</i>	4,290	3,405	2,698
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição (Composition)</b>			
Energia Metabolizável (kcal EM/kg) <i>(Metabolizable energy)</i>	3.096	3.102	3.200
Proteína bruta (%) <i>(Crude protein)</i>	21,605	20,000	18,000
Lisina (%) <i>(Lysine)</i>	1,263	1,156	1,050
Metionina (%) <i>(Methionine)</i>	0,542	0,494	0,437
Metionina+cistina (%) <i>(Methionine+cystine)</i>	0,897	0,825	0,742
Triptofano (%) <i>(Tryptophan)</i>	0,230	0,202	0,190
Treonina (%) <i>(Threonine)</i>	0,798	0,747	0,634
Arginina (%) <i>(Arginine)</i>	1,290	1,265	1,101
Glicina+serina (%) <i>(Glycine+serine)</i>	2,093	1,804	1,642
Ca (%)	0,960	0,874	0,800
P total (%) <i>(Total P)</i>	0,632	0,797	0,544
P disponível (%) <i>(available P)</i>	0,450	0,609	0,365
Potássio (%) <i>(Potassium)</i>	0,305	0,306	0,300
Sódio (%) <i>(Sodium)</i>	0,222	0,192	0,192
Cloro(%) <i>(Chlorine)</i>	0,305	0,277	0,278
Balanço eletrolítico (mEq/kg) <sup>2</sup> <i>(Eletrolitic Balance)</i>	88,53	83,64	81,82

\* Níveis de suplementação de vitaminas, minerais e aditivos, quantidade por kg/ração *(supplementation of vitamins, minerals and additives levels, amount by kg/feed)*: vit A 10.000.000 UI, vit D3 2.000.000 UI, vit E 30.000 UI, vit k3 3.000,0 mg, vit B1 2.000,0 mg, vit B2 6.000,0 mg, vit B6 4.000,0 mg, vit B12 15.000,0 mcg, ácido nicotínico *(nicotinic acid)* 50.000,0 mg, ácido pantotênico *(pantotenic acid)* 12.000,0 mg, biotina *(biotin)* 100,0 mg, ácido fólico *(folic acid)* 1.000,0 mg, Selênio *(selenium)* 250,0 mg, manganês *(manganese)* 160.000,0 mg, ferro *(Iron)* 100.000,0 mg, zinco *(zinc)* 100.000,0 mg, cobre *(copper)* 20.000,0 mg, cobalto *(cobalt)* 2.000,0 mg, iodo *(iodine)* 2.000,0 mg, excipiente q. s. p. 1.000,0 g.

1- Composição *(composition)*: 90% MS *(Dry matter)*, 56 % PB *(Crude protein)* e 0,70 % K.

2- [Na]+[K] – [Cl]

Tabela 2 – Temperaturas máxima e mínima (°C) médias registradas em cada experimento.  
*Table 2 – Maximum and minimum mean temperatures (°C) recorded for each trial.*

Fase (dias) <i>Days of Age</i>	Máxima <i>Maximum</i>	Mínima <i>Minimum</i>	Média <i>Mean</i>
8 a 21	25,00	17,31	21,16
22 a 42	27,11	21,32	24,21
43 a 53	27,22	19,11	23,17

## Resultados e Discussão

Na Tabela 3 encontram-se os resultados das análises dos níveis de potássio nas rações experimentais obtidas em laboratório. Pode-se observar que os níveis de potássio encontrados foram bastante próximos aos valores calculados, por isso optou-se por trabalhar com os valores calculados.

Os resultados obtidos para os parâmetros de desempenho em cada experimento encontram-se na Tabela 4. No período de 8 a 21 dias, pode-se observar que houve efeito quadrático tanto para ganho de peso como para o consumo de ração. A exigência estimada foi de 0,628% de K para ganho de peso e 0,640% de K para o consumo de ração (Tabela 5). Não houve efeito significativo do nível de K sobre a conversão alimentar.

Os níveis de exigência encontrados estão acima dos 0,40 e 0,30% de K recomendados pelo NRC (1984 e 1994, respectivamente), representando 57% e 109% de aumento, respectivamente. Um dos possíveis motivos para essa diferença é que as linhagens atuais têm um potencial de crescimento, principalmente em massa muscular, maior do que o das aves do cruzamento Vantress x White Plymouth Rock utilizados no estudo de Leach et al. (1959), o qual serve de base para os níveis recomendados pelo NRC (1994). Outro motivo pode ser atribuído ao nível protéico das dietas utilizadas. No estudo de Leach et al. (1959) foram utilizados níveis protéicos de 25,8 a 37,9% de proteína bruta contra os 21,4 % de proteína bruta recomendados atualmente para as aves nesta fase inicial (Rostagno et al., 2000), ainda que não seja este o efeito esperado, uma

vez que teoricamente a exigência de K aumentaria com o excesso de nitrogênio (Leach et al., 1959; Sullivan, 1963; Chavez & Kratzer, 1979; Austic, 1983; Hooge & Cummings, 1995). Por outro lado este resultado está mais próximo ao recomendado por Rostagno et al. (2000), que é de 0,501%, ainda que sugerido para adequado balanço eletrolítico.

No período de 22 a 42 dias de idade, também observou-se efeito quadrático para o ganho de peso e para o consumo de ração (Tabela 4), com níveis estimados em 0,714% e 0,767% de K, respectivamente (Tabela 5). Estes valores são maiores do que os obtidos no primeiro experimento. Esse aumento da exigência indica que as aves ainda estavam em pleno desenvolvimento muscular, e exigiram mais K pois ele estaria intimamente ligado a síntese protéica (Rinehart et al., 1968). Mais uma vez os níveis encontrados estão acima dos recomendados pelo NRC para esta fase, que são de 0,35 e 0,30% de K (NRC, 1984 e 1994, respectivamente). Isto representa um aumento da ordem de 104% e 138% na exigência de K em comparação com as recomendações do NRC (1984 e 1994, respectivamente). Desta vez, além dos motivos já citados para a fase inicial, pode-se considerar que a temperatura ambiente esteve bem próximo ao limiar do conforto térmico (Tabela 2), o que poderia aumentar a exigência de potássio devido a menor irrigação sangüínea intestinal (Bottje & Harrison, 1986; Wolfenson et al., 1987). Conforme verificado no primeiro experimento, não houve diferença significativa para conversão alimentar ( $P>0,05$ ).

No último período estudado, de 43 a 53 dias de vida, também foram observados efeitos quadráticos para o ganho de peso e para o consumo de ração (Tabela 4). Os níveis estimados foram 0,798% e 0,924% de K para ganho de peso e para o consumo de ração respectivamente (tabela 5). Estes resultados confirmaram a tendência de aumento da exigência, mas já num ritmo menor devido a diminuição da taxa de crescimento.

Como nos experimentos anteriores, a exigência estimada neste estudo está acima (166%) da recomendação de 0,30 do NRC (1984; 1994) para este período. Do mesmo modo, conforme os experimentos anteriores, não foram significativas as diferenças para conversão alimentar no período.

A exigência de K para o máximo ganho de peso é preferencialmente utilizada para determinar as exigências nutricionais. De maneira geral, o comportamento dos valores estimados para este parâmetro neste estudo estão de acordo com as curvas de composição corporal para K encontradas por Kravis & Kare (1960). Os estudos destes autores mostraram que o conteúdo de K é baixo, enquanto que o de Na é elevado no organismo das aves ao nascer. Porém, tais valores oscilam até se inverterm por volta dos 12 dias de vida, mantendo-se, a partir desta idade, constantes no restante da vida da ave. Esse comportamento ocorre em quase todos os tecidos, mas principalmente no tecido muscular, onde o conteúdo de K ao nascer era de 30 mEq/kg, atingindo o pico de 110 mEq/kg aos 12 dias, e depois mantendo-se constante por volta de 90 mEq/kg. Tal fato suporta a teoria da diminuição das exigências com o avanço da idade, que não foi observada nestes experimentos, talvez por causa do balanço eletrolítico, talvez pelo sistema de regulação renal ainda estar amadurecendo ou ainda pelo menor período de vida das aves criadas hoje. De qualquer forma, a maior exigência de K dos frangos de hoje, pode ser explicada pelo maior potencial de acúmulo de massa muscular em comparação com o das aves utilizados nos estudos anteriores, o que justifica a maior necessidade de K.

Os valores obtidos para o BE, calculados com os valores estimados de K para o maior ganho de peso, foram 161, 188 e 209 mEq/kg, respectivamente para as três fases (8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias), estando acima do valor mínimo do intervalo recomendado pela maioria dos autores que é de 150 mEq/kg (Murakami, 2000). Isso

mostra a necessidade de se entender melhor os processos envolvidos, e o efeito individual de cada eletrólito. Como os níveis de Na e Cl nestes experimentos foram mantidos constantes e de acordo com as recomendações para cada fase (Rostagno et al., 2000), é possível considerar que as diferenças encontradas neste estudo, são resultantes principalmente das interações destes com o K.

Com base nas exigências estimadas para cada fase, foi possível estabelecer uma equação de predição da exigência de K, para cada KCal de energia metabolizável, em função da idade das aves. A reta e a equação estão apresentados na Figura 1. Com base nessa equação podemos confirmar a tendência de aumento da exigência de K com o aumento da idade, até o período estudado. De forma geral é possível observar também que o nível de 0,72% de K foi dos níveis estudados o que apresentou maior ganho de peso ao longo dos três períodos. É possível supor que passado esse período de intensa produção de massa muscular a exigência deve manter-se ou cair no restante da vida da aves, mas são necessários mais estudos para confirmar esta suposição.

Tabela 3 – Níveis de potássio (%) calculados e analisados em laboratório para as dietas experimentais.  
*Table 3 – Potassium levels (%) estimated and analyzed for the experimental diets.*

Calculado (%) <i>Estimated</i>	Analisado (%) <i>Analyzed</i>		
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
	<i>First Trial</i>	<i>Second Trial</i>	<i>Third Trial</i>
0,30	0,334	0,315	0,320
0,44	0,484	0,440	0,395
0,58	0,547	0,585	0,510
0,72	0,718	0,735	0,670
0,86	0,795	0,865	0,763
1,00	1,041	0,994	0,938

Tabela 4 – Efeito dos níveis de potássio sobre o desempenho de frangos de corte nos períodos de 8 a 21, 22 a 24 e 43 a 53 dias de idade.

Table 4 – Effect of potassium levels on birds performance at the end of the periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age.

Níveis de Potássio (%) <i>Potassium levels</i>	Consumo de Ração (g) <i>Feed intake</i>	Ganho de Peso (g) <i>Weight gain</i>	Conversão alimentar <i>Feed:gain ratio</i>
8 a 21 dias ( <i>days</i> )			
0,30	883	616	1,432
0,44	926	639	1,451
0,58	933	646	1,445
0,72	932	650	1,435
0,86	917	634	1,448
1,00	879	604	1,457
Média ( <i>Mean</i> )	911	631	1,445
Regressão ( <i>Regression</i> )	Q*	Q*	NS
C.V. (%)	3,42	4,02	3,36
22 a 42 dias ( <i>days</i> )			
0,30	2622	1467	1,791
0,44	2751	1575	1,749
0,58	2843	1625	1,749
0,72	2861	1626	1,802
0,86	2962	1646	1,800
1,00	2791	1553	1,799
Média ( <i>Mean</i> )	2805	1582	1,782
Regressão ( <i>Regression</i> )	Q*	Q*	NS
C.V. (%)	3,46	4,08	3,94
43 a 53 dias ( <i>days</i> )			
0,30	1293	539	2,421
0,44	1316	615	2,153
0,58	1402	599	2,364
0,72	1457	652	2,257
0,86	1385	616	2,251
1,00	1439	627	2,302
Média ( <i>Mean</i> )	1383	608	2,293
Regressão ( <i>Regression</i> )	Q*	Q*	NS
C.V. (%)	8,16	12,46	8,36

L\* - Efeito linear (P<0,05), (L\* - linear effect [P<.05]).

Q\* - Efeito quadrático (P<0,05), (Q\* - quadratic effect [P<.05]).

N.S. – Não significativo (*not significant*).

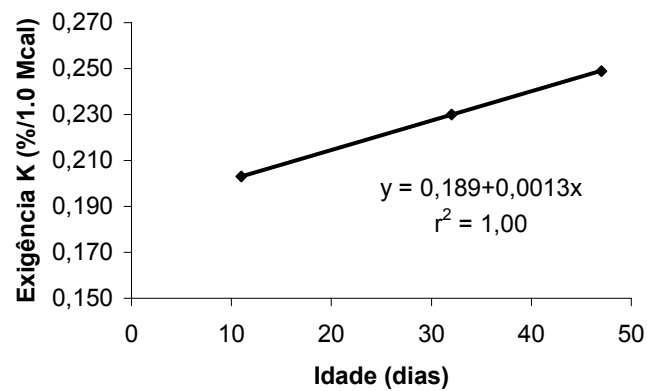
Tabela 5 – Estimativas de exigência de potássio e regressões para as variáveis ganho de peso e consumo de ração nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade.

Table 5 – Estimates of potassium requirements and regressions for weight gain and feed intake for broiler chickens from 8-21, 22-42 and 43-53 days of age.

	Exigência (%) <i>Requirement</i>	BE <sup>1</sup>	Regressão <i>Regression</i>	r <sup>2</sup>
8 a 21 dias ( <i>days</i> )				
Ganho de peso <i>Weight gain</i>	0,628	161	y=522,164*+406,81*x-323,511*x <sup>2</sup>	0,99
Consumo de ração <i>Feed intake</i>	0,640	174	y=754,471*+570,886*x-445,821*x <sup>2</sup>	0,98
22 a 42 dias ( <i>days</i> )				
Ganho de peso <i>Weight gain</i>	0,714	188	y=1119,05*+1475,65*x-1033,64*x <sup>2</sup>	0,96
Consumo de ração <i>Feed intake</i>	0,767	201	y=2131,11*+1993,64*x-1299,43*x <sup>2</sup>	0,87
43 a 53 dias ( <i>days</i> )				
Ganho de peso <i>Weight gain</i>	0,798	209	y=404,724*+577,567*x-361,598*x <sup>2</sup>	0,77
Consumo de ração <i>Feed intake</i>	0,924	241	y=1111,48*+687,004*x-371,363*x <sup>2</sup>	0,78

<sup>1</sup>BE= balanço eletrolítico (*electrolitic balance*), mEq/kg

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade (*significant*).



**Figura 1** – Equação para estimar as exigências nutricionais de K para frangos de corte machos em % por Mcal de EM em função da idade (média).

### Conclusões

Os níveis de potássio utilizados afetaram o desempenho das aves. A exigência nutricional de potássio para o máximo ganho de peso das aves nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias foi de 0,628, 0,714 e 0,798% de K, respectivamente.

## Literatura Citada

- AUSTIC, R. E. Variation in the potassium needs of chickens selected genetically for variation in blood uric acid concentrations. **Poultry Science**, v. 62, n. 2, p. 365-370, 1983.
- BOTTJE, W. G.; HARRISON, P. C. The effect of high ambient temperature and hypercapnia on postprandial intestinal hyperemia in domestic cockerels. **Poultry Science**, v. 65, n. 8, p.1606-1614, 1986.
- CHAVEZ, E.; KRATZER, F. H. Potassium deficiency in the adult male chicken. **Poultry Science**, v. 58, n. 3, p. 652-658, 1979.
- HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Dietary potassium requirements for poultry explored. **Feedstuffs**, v. 67, n. 37, p. 12-16, 1995.
- KRAVIS, E. M., KARE, M. R. Changes with age in tissue levels of sodium and potassium in the fowl. **Poultry Science**. v. 39, n. 1, p.13-15, 1960.
- LEACH, R. M. Jr., et al. The effect of protein and energy on the potassium requirement of the chick. **Journal of Nutrition**, v.68, n.1, p.89-100, 1959.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4<sup>th</sup> ed. University Books: Ghelph, 2001, p. 363-377.
- MCDOWELL, L. R. Potassium. In: MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992, p.98-113.
- MOGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. In: PROCEEDINGS OF THE NUTRITION SOCIETY, 1981. **Anais...** v. 40, 1981, p. 285-294.
- MOGIN, P. Role of sodium, potassium and chloride in eggshell quality. In: PROCEEDINGS OF THE NUTRION CONFERENCE OF FLORIDA, 1980, Gainesville. **Anais...** p. 213-223, 1980.
- MURAKAMI, A. E. Balanço eletrolítico e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p.33-61.

- NESHEIM, M. C.; LEACH JR., R. M.; ZEIGLER, T. R. et al. Interrelationships between dietary levels of sodium, chlorine and potassium. **Journal of Nutrition**, v. 84, n. 4, p. 361-366, 1964.
- NRC, NATIONAL RESEARCH CONCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 8. ed. Washington: National Academic Press, 1984, 155 p.
- NRC, NATIONAL RESEARCH CONCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academic Press, 1994, 155 p.
- O'DELL, B. L. ; SAVAGE, J. E. Potassium, zinc and distillers dried solubles as supplements to a purified diet. **Poultry Science**, v. 36, n. 2, p. 459-460, 1957.
- O'DELL, B. L.; LIMBAUGH, C. L.; SAVAGE, J. E. Arginine-lysine antagonism and deficiencies of casein for the chick. In: Federation Proceedings. **Anais...** v. 21, p. 8, 1962.
- RINEHART, K. E.; FEATHERSTON, W. R.; ROGLER, J. C. Effects of a dietary potassium deficiency on protein synthesis in the young chick. **Journal of Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 627-632, 1968.
- ROSTAGNO, H. S., et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2000. 141p.
- SAVAGE, J. E. Amino acids and mineral interrelationships. **Poultry Science**, v. 51, n. 1, p. 35-43, 1972.
- SCOTT, R. L.; AUSTIC, R. E. Influence of dietary potassium on lysine metabolism in the chick. **Journal of Nutrition**, v. 108, n. 1, p.137-144, 1978.
- STUTZ, M. W.; SAVAGE, J. E.; O'DELL, B. L. Cation-anion balance in relation to arginine metabolism in the chick. **Journal of Nutrition**, v. 102, n. 4, p. 449-458, 1972.
- SULLIVAN, T. W. Studies on the potassium requirement of turkeys to 4 weeks of age. **Poultry Science**, v. 42, n. 5, p. 1072-1075. 1963.
- SUPPLE, W. C.; COMBS, G. F. Studies of the potassium requirement of turkey poults fed purified diets. **Poultry Science**, v.38, n. 4, p.833-835, 1959.

REECE, W. O. Os rins. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes, fisiologia dos animais domésticos**. 11 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1996, p.521-548.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Central de Processamento de Dados (UFV/CPD). **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa: UFV, 1999. 59p.

WOLFENSON, D., et al. Absorption of protein, fatty acids and minerals in young turkeys under heat and cold stress. **British Poultry Science**, v. 28, n. 4, p. 739-742, 1987.

## CAPÍTULO II

### **Efeito do Nível de Potássio sobre o Consumo de Água e Características da Excreta de Frangos de Corte**

**Resumo** – Foram realizados três experimentos estudando os efeitos de níveis crescentes de potássio na dieta sobre o consumo de água, a matéria seca das excretas, o conteúdo e o balanço de sódio e potássio das excretas. Os experimentos corresponderam aos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade das aves. Frangos de corte Ross, machos, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (0,30; 0,44; 0,58; 0,72; 0,86 e 1,00% de K). Foram medidos o consumo de água por ave (ml) nos respectivos períodos, e determinadas matéria seca (%), sódio (%) e potássio (%) e o balanço de sódio e potássio (mg/ave) das excretas. Tanto a deficiência, como o excesso de potássio levaram ao aumento no consumo de água, de água por grama de ração e a diminuição da matéria seca das excretas. O conteúdo e o balanço de potássio nas excretas elevou-se linearmente com o aumento do potássio consumido. O conteúdo e o balanço de sódio nas excretas não se alterou com os níveis crescentes de potássio na dieta.

Palavras-chave: frangos de corte, potássio, consumo de água, excretas, sódio

### **Effect of Potassium Levels on Water Intake and Excreta Characteristics of Broiler Chickens**

**Abstract** – Three experiments were carried out to determine the effect of increasing dietary potassium levels on water intake (ml), water intake by gram of feed (ml/g), excreta dry matter (%), sodium and potassium content (%) and balance (mg/bird). The experiments corresponded to the periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age. Ross strain, male, broiler chickens, were distributed in a completely randomized design, with six treatments (0,30; 0,44; 0,58; 0,72; 0,86 e 1,00% K). Deficiency as well as a high dietary potassium level increased water intake, water intake by gram of feed and decreased the excreta dry matter. The excreta potassium content and balance increased linearly as potassium level increased in the diet. The sodium excretion and balance did not change with the increase of potassium levels.

Key words: broiler chickens, potassium, water intake, excreta, sodium

## Introdução

O potássio (K) é um dos elementos mais importantes nos organismos vivos. Junto com sódio (Na) e cloro (Cl), faz parte dos três principais eletrólitos do organismo, participando em diversas funções metabólicas, como controle da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico (McDowell, 1992; Leeson & Summers, 2001). Outra função importante é sua participação no mecanismo de transporte ativo, pela ação da bomba de Na. (McDowell, 1992; Reece, 1996).

O equilíbrio entre os íons positivos e negativos na dieta pode ser resumido segundo o cálculo sugerido por Mogin (1981), conhecido como balanço eletrolítico (Na+K-Cl, mEq/kg).

Tem sido sugerido valores entre 150 e 350 mEq/kg (Murakami, 2001), como sendo razoáveis para o melhor desempenho, e 250 mEq/kg como um valor adequado (Leeson & Summers, 2001). Um desequilíbrio entre os eletrólitos pode levar as aves a acidose ou a alcalose metabólica (Patience, 1990). O organismo não armazena K, uma vez que ele permanece como um cátion livre, necessitando ser fornecido diariamente na dieta (McDowell, 1992).

O conteúdo corporal de K é mantido mediante sua absorção intestinal e excreção urinária. Na formação da urina os solutos dissolvidos são reabsorvidos ligados ao Na, dependendo da bomba de Na trocar Na por K, o qual é perdido na urina pelo estímulo do hormônio adrenocortical aldosterona (Champe & Harvey, 1996). Assim, quando aumenta a ingestão de K, há estímulo para o funcionamento da bomba de Na e maior reabsorção das substâncias dissolvidas, como os aminoácidos (Reece, 1996).

A reabsorção de água é estimulada pela diminuição do volume plasmático, mas principalmente pelo aumento da pressão osmótica, por ação do hormônio antidiurético (ADH). De forma paralela o centro da sede é estimulado aumentando o consumo de

água. O Na pode afetar a reabsorção e excreção da água, mas pouco se sabe como o K interfere neste processo (Reece, 1996).

Rinehart et al. (1969) observaram que aves recebendo dieta deficiente em K consumiram e excretaram mais água do que as que receberam níveis adequados de K.

Assim, este trabalho foi conduzido para estudar a influência do nível de K na dieta sobre o consumo e a excreção de água, e sobre a excreção de Na e K.

### **Material e Métodos**

Fora realizados três experimentos na sala de metabolismo do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, correspondendo aos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de vida das aves. No primeiro experimento foram utilizados 288 pintos de corte Ross, machos, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (níveis de K) e seis repetições de oito aves por unidade experimental. No segundo e terceiro experimentos foram utilizados 240 e 192 frangos de corte Ross, machos, respectivamente, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (níveis de K) e oito repetições de cinco e quatro aves, respectivamente, por unidade experimental. Para o consumo de água foram quatro repetições, com dez e oito aves por unidade experimental para o segundo e terceiro experimentos, respectivamente.

As dietas experimentais eram constituídas por uma dieta basal deficiente em K, formulada para atender as exigências nutricionais em cada fase de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2000), exceto para K, suplementadas com níveis crescentes de K na forma de carbonato de K ( $K_2CO_3$ ) (56,5% de K), de forma a resultar nos níveis de 0,30, 0,44, 0,58, 0,72, 0,86 e 1,00% de K nos três experimentos.

Para a análise das excretas, cada unidade experimental correspondia a uma

gaiola metálica, com comedouro e bebedouro individual, e equipada com uma bandeja metálica para coleta total de excretas. Foram realizados três dias de coleta total de excretas, em cada experimento, aproximadamente na metade do período experimental. As excretas foram mantidas congeladas até o processamento, quando foram descongeladas, homogeneizadas e pesadas. Uma alíquota de cerca de 200 g foi retirada de cada amostra, e acondicionadas em pratos de alumínio para a secagem em estufa a 55 °C por 72 h. Ao término da secagem, as amostras foram deixadas em repouso por uma hora para equilibrar a temperatura e a umidade com o ambiente, e posteriormente pesadas para obtenção da amostra seca ao ar. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho de bola e utilizadas para a produção da solução mineral por via úmida para determinação dos teores de K e de Na segundo metodologia citada por Silva & Queiroz (2002).

Para a avaliação do consumo de água, no primeiro experimento cada unidade experimental continha um bebedouro de pressão. Todos os dias os bebedouros eram completados com um volume conhecido de água e o volume restante era medido ao final do dia, descontando-se a evaporação.

No segundo e terceiro experimentos cada conjunto de duas gaiolas teve seus bebedouros, tipo nipple, conectados a um balde com tampa. Cada conjunto era composto por duas repetições do mesmo tratamento, respeitando a distribuição ao acaso. A cada dia o volume acrescentado de água era registrado e ao final do período foi medido o volume restante nos baldes. Nos três experimentos, o volume registrado foi utilizado para calcular o volume (ml) total de água consumido por ave no período, e o consumo de água por grama de ração (ml/g).

O balanço de K e Na expressa a retenção destes no organismo da ave, e foi calculado como ingerido menos excretado em miligramas por ave, com base na matéria

seca, de acordo com procedimento utilizado por Rosado (1988).

As análises estatísticas foram realizadas com a ajuda do programa computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas) produzido pela Universidade Federal de Viçosa (1999).

### **Resultados e Discussão**

Os dados de consumo de água, consumo de ração e de consumo de água por grama de ração em cada período estão apresentados na Tabela 1. Nos três períodos o consumo de água foi afetado pelos níveis de K ( $P < 0,05$ ), variando de forma quadrática. Os valores mínimos estimados foram 0,450%, 0,183% e 0,424% de K, respectivamente, para os três períodos (Tabela 2). O consumo de ração também apresentou comportamento quadrático em todos os períodos. A relação consumo de água por grama de ração teve efeito quadrático nos dois primeiros períodos seguindo o consumo de água, e não foi significativo no período final ( $P > 0,05$ ). As aves que consumiram menos K consumiram mais água do que as que receberam nível adequado de K. Esse comportamento indica que na deficiência de K o consumo de água foi estimulado. Esse resultado está de acordo com o observado por Rinehart et al. (1969). Após os valores mínimos estimados, o consumo de água voltou a aumentar com o aumento do nível de K na dieta (Tabela 1).

Os resultados obtidos para os teores de matéria seca, porcentagem e balanço de K e de Na nas excretas encontram-se na Tabela 3. Quanto à matéria seca, houve efeito quadrático para todos os experimentos, com máximos estimados em 0,513%, 0,560% e 0,205% de K para os respectivos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade. Isto indica que as excretas das aves que consumiram pouco ou muito K apresentaram menor conteúdo de matéria seca. Tal fato se deve ao maior consumo de água e

conseqüente maior excreção de água pelas aves.

As diferenças observadas na excreção e no balanço de Na não foram significativas ( $P > 0,05$ ) (Tabela 3), indicando que este se manteve constante com o aumento do K. É possível dizer que, proporcionalmente, a excreção de Na foi alta, uma vez aves alimentadas com dietas deficientes em K consomem menos ração (Rinehart, 1969). Essa necessidade de excretar Na foi provavelmente um reflexo do desequilíbrio causado pelo baixo K. Assim, as aves que recebiam dietas deficientes em K precisaram excretar mais Na para recuperar o K a nível renal (Sweson & Reece, 1993), e este é o provável motivo do maior consumo de água e conseqüente menor teor de matéria seca das excretas observados. O valor estimado para menor consumo de água, representaria o ponto de melhor balanço eletrolítico, onde o balanço de água também seria ideal. Abaixo destes valores (Tabela 2), diminuindo o K, ocorre desequilíbrio que leva ao excesso de Na (proporcionalmente) que deve ser excretado, o que estimulou o maior consumo de água. Acima dos valores estimados (Tabela 2), também ocorre um desequilíbrio eletrolítico, mas agora pelo excesso de K, que também levou ao maior consumo de água para a sua excreção.

Para o conteúdo e balanço de K nas excretas, há evidente efeito linear em todos os períodos, indicando que quanto maior o consumo de K, maior a sua perda nas excretas (Tabela 3). Esse fato está de acordo com a afirmativa de que o organismo não armazena K (MacDowell, 1992) e, assim, quando este é pouco na dieta o organismo evitará a sua perda, mas quando há excesso é prontamente excretado (Reece, 1996).

Os valores do balanço de Na e de K estão de acordo com os encontrados por Rosado (1988) para o mesmo nível de potássio utilizado, sendo 0,471 (mg/ave) para Na contra 0,444 (mg/ave) encontrado neste trabalho e 1,995 (mg/ave) para K, contra 1,872 (mg/ave) encontrado no presente trabalho. Estes resultados mostram que as aves que

consumiram mais K também retiveram mais K, apesar do aumento linear na excreção. Por outro lado a retenção de Na manteve-se constante. Rosado (1988) mostrou que as aves que retiveram mais Na ou K na carcaça, também retiveram mais água na carcaça. Podemos supor então que neste experimento o mesmo tenha ocorrido, ainda que este parâmetro não tenha sido avaliado.

Os sinais de excesso de K encontrados não foram considerados como toxidez por K, pois o aumento linear na excreção mostra que até o nível testado o organismo das aves pôde responder ao aumento de consumo de K, o que está de acordo com McDowell (1992) que afirmou que o nível tóxico seria acima de 3% de K, com sintomas como edemas, fraqueza muscular e morte.

Tabela 1 – Efeito do nível de potássio na dieta (%) sobre o consumo de água (ml), consumo de ração (g) e relação consumo de água por grama de ração (ml/g) nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade.  
 Table 1 – Effect of potassium levels (%) on water intake (ml), feed consumption (g) and water/feed intake relation for the periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age.

Níveis de Potássio (%) <i>Potassium levels</i>	Consumo de água (ml) <i>Water intake</i>	Consumo de Ração (g) <i>Feed intake</i>	Consumo água/ração (ml/g) <i>water/feed intake relation</i>
<b>8 a 21 dias (days)</b>			
0,30	1311	883	1,491
0,44	1212	926	1,308
0,58	1295	933	1,389
0,72	1312	932	1,408
0,86	1328	917	1,447
1,00	1340	879	1,525
Média <i>Mean</i>	1299	911	1,428
Regressão <i>Regression</i>	Q*	Q*	Q*
C.V. (%)	5,71	3,42	6,26
<b>22 a 42 dias (days)</b>			
0,30	4343	2622	1,889
0,44	3830	2751	1,393
0,58	4575	2843	1,608
0,72	4450	2861	1,558
0,86	4897	2962	1,653
1,00	4993	2791	1,790
Média <i>Mean</i>	4619	2805	1,648
Regressão <i>Regression</i>	Q*	Q*	Q*
C.V. (%)	12,44	3,46	15,66
<b>43 a 53 dias (days)</b>			
0,30	3800	1293	2,942
0,44	3226	1316	2,469
0,58	3462	1402	2,512
0,72	3951	1457	2,703
0,86	4229	1385	3,058
1,00	4131	1439	2,865
Média <i>Mean</i>	3799	1383	2,758
Regressão <i>Regression</i>	Q*	Q*	NS
C.V. (%)	13,99	8,16	12,98

L\* - Efeito linear (P<0,05), (L\* - linear effect [P<.05])

Q\* - Efeito quadrático (P<0,05), (Q\* - quadratic effect [P<.05]).

NS – Não significativo (not significant).

Tabela 2 – Regressões para as variáveis consumo de água, consumo de ração e relação consumo de água por grama de ração nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade das aves.

*Table 2 – Regressions for water intake, feed intake and water/feed intake for the periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age.*

Variável <i>Variables</i>	% K	Regressão <i>Regression</i>	r <sup>2</sup>
<b>8 a 21 dias (days)</b>			
Consumo de água (ml) <i>Water intake</i>	0,450	$y=1327,78^* -236,681^* x +262,599^* x^2$	0,45
Consumo de ração (g) <i>Feed intake</i>	0,640	$y=754,471^* +570,886^* x -445,821^* x^2$	0,98
Água/ração (ml/g) <i>Water/feed</i>	0,591	$y=1,72756^* -1,22668^* x +1,03825^* x^2$	0,69
<b>22 a 42 dias (days)</b>			
Consumo de água (ml) <i>Water intake (ml)</i>	0,183	$y=4157,72^* -528,485^* x +1441,71^* x^2$	0,70
Consumo de ração (g) <i>Feed intake (g)</i>	0,767	$y=2131,11^* +1993,64^* x -1299,43^* x^2$	0,87
Água/ração (ml/g) <i>Water/feed (ml/g)</i>	0,538	$y=1,92119^* -1,50693^* x +1,3997^* x^2$	0,57
<b>43 a 53 dias (days)</b>			
Consumo de água (ml) <i>Water intake (ml)</i>	0,424	$y=3965,53^* -1969,47^* x -2323,41^* x^2$	0,60
Consumo de ração (g) <i>Feed intake (g)</i>	0,924	$y=1111,48^* +687,004^* x -371,363^* x^2$	0,78

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade (*significant, 5% probability*)

Tabela 3 – Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre a matéria seca, porcentagem e balanço de potássio e porcentagem e balanço de sódio nas excretas de frangos de corte nos períodos de 8 a 21, 22 a 24 e 43 a 53 dias de idade.

*Table 3 – Effect of diet potassium levels on dry matter, potassium percent and balance and sodium percent and balance of excreta from broilers on the periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age.*

Níveis de Potássio (%) <i>Potassium levels</i>	Matéria Seca (%) <i>Dry Matter</i>	Potássio (%) <i>Potassium</i>	BK (mg/ave)	Sódio (%) <i>Sodium</i>	BNa (mg/ave)
<i>8 a 21 dias (days)</i>					
0,30	33,24	0,490	0,165	0,243	0,310
0,44	36,90	0,732	0,552	0,221	0,339
0,58	35,47	1,081	0,687	0,212	0,344
0,72	32,76	1,427	0,806	0,289	0,311
0,86	33,06	1,580	0,999	0,279	0,310
1,00	31,67	1,922	1,171	0,225	0,316
Média <i>Mean</i>	33,84	1,205	0,730	0,245	0,322
Regressão <i>Regression</i>	Q*	L*	L*	N.S.	NS
C.V. (%)	6,12	20,70	27,10	18,25	7,88
<i>22 a 42 dias (days)</i>					
0,30	19,62	0,669	0,725	0,440	0,466
0,44	20,19	1,113	0,967	0,490	0,447
0,58	19,91	1,517	1,247	0,467	0,460
0,72	20,29	1,877	1,561	0,466	0,461
0,86	19,76	2,296	1,872	0,499	0,451
1,00	16,64	2,695	2,015	0,535	0,378
Média <i>Mean</i>	19,40	1,694	1,368	0,483	0,444
Regressão <i>Regression</i>	Q*	L*	L*	NS	NS
C.V. (%)	11,95	11,08	16,48	19,60	20,30
<i>43 a 53 dias (days)</i>					
0,30	20,98	0,882	0,387	0,585	0,228
0,44	20,64	1,112	0,754	0,588	0,258
0,58	20,90	1,329	1,177	0,584	0,277
0,72	20,07	1,647	1,444	0,569	0,267
0,86	19,15	1,760	1,971	0,580	0,263
1,00	18,99	2,062	2,294	0,614	0,250
Média <i>Mean</i>	20,12	1,465	1,338	0,587	0,257
Regressão <i>Regression</i>	Q*	L*	L*	NS	NS
C.V. (%)	8,73	13,26	18,16	16,06	35,02

L\* - Efeito linear (P<0,05), (L\* - linear effect [P<.05]).

Q\* - Efeito quadrático (P<0,05), (Q\* - quadratic effect [P<.05]).

NS – Não significativo (not significant).

Tabela 4 – Regressões para as variáveis matéria seca (%), potássio (%) e balanço de potássio das excretas das aves nos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade das aves.

*Table 4 – Regressions for excreta's dry matter (%), potassium (%), and K balance for the periods of 8-21, 22-42 and 43-53 days of age of the birds.*

	Nível de K (%) <i>K Level</i>	Regressão <i>Regression</i>	r <sup>2</sup>
8 a 21 dias ( <i>days</i> )			
Matéria seca <i>Dry matter</i>	0,513	$y=32,8559^*+16,8198^*x-16,3797^*x^2$	0,58
Potássio (%) <i>Potassium</i>		$y=-0,124288^*+2,0468^*x$	0,99
Balanço K <i>K balance</i>		$y=-0,14319^*+1,33693^*x$	0,98
22 a 42 dias ( <i>days</i> )			
Matéria seca <i>Dry matter</i>	0,560	$y=14,931^*+20,2056^*x-18,0232^*x^2$	0,87
Potássio (%) <i>Potassium</i>		$y=-0,169452^*+2,86688^*x$	1,00
Balanço K <i>K balance</i>		$y=0,24617^*+1,79266^*x$	0,99
43 – 53 dias ( <i>days</i> )			
Matéria seca <i>Dry matter</i>	0,205	$y=20,8698^*+1,41946^*x-3,46341^*x^2$	0,91
Potássio (%) <i>Potassium</i>		$y=0,381083^*+1,6721^*x$	0,99
Balanço K <i>K balance</i>		$y=-0,283642^*+2,52497^*x$	1,00

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade (*significant, 5% probability*)

## Conclusões

O consumo de água das aves foi afetado pelo nível de K da dieta, sendo que as aves consumiram mais água com os níveis inadequados de K. Os valores estimados para menor consumo de água foram 0,414 %, 0,456 % e 0,312 % K para os respectivos períodos de 8 a 21, 22 a 42 e 43 a 53 dias. As aves que consumiram mais água mostraram conseqüente diminuição da umidade das excretas. O aumento do nível de K foi seguido por aumento linear na excreção de K, mas também da sua retenção, enquanto a excreção e a retenção de Na não foram afetados.

## Literatura Citada

- CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2 ed. Artes Médicas: Porto Alegre, 1996.p. 232.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Minerals. In: LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4<sup>th</sup> ed. Guelph: University Books, 2001, p. 331-428.
- MCDOWELL, L. R. Potassium. In: MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992, p.98-113.
- MOGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. In: PROCEEDINGS OF NUTRITION SOCIETY, 1981. **Anais...** v. 40, 1981, p. 285-294.
- MURAKAMI, A. E. Balanço eletrolítico e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000, p.33-61.
- PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 398-408, 1990
- RINEHART, K. E.; FEATHERSON, W. R.; ROGER, J. C. Influence of dietary potassium on chick growth, food consumption and blood and tissue composition. **Poultry Science**, v. 48, n. , p. 320-325, 1969.
- ROSADO, A. M. S. **Efeitos de coccidídeos ionóforos sobre o desempenho e o balanço de eletrólitos em frangos de corte**. Viçosa: UFV, 1988. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- ROSTAGNO, H. S., et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2000. 141p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Preparo de solução mineral. In: SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos – métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002, p. 83-86.
- REECE, W. O. Os rins. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes, fisiologia dos animais domésticos**. 11 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1996, p.521-548.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Central de Processamento de Dados (UFV/CPD). **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa: UFV, 1999. 59p.

## **5. CONCLUSÕES**

O aumento dos níveis de potássio na dieta afetou o desempenho das aves e as características das excretas. As exigências estimadas para o maior ganho de peso foram 0,628% K para o período de 8 a 21 dias de idade, 0,714% K para o período de 22 a 42 dias de idade e de 0,798% K para o período de 43 a 53 dias de idade. Estes níveis correspondem aos balanços eletrolíticos de 161, 188 e 209 mEq/kg para os três períodos, respectivamente.

## 6. LITERATURA CITADA

- AUSTIC, R. E. Variation in the potassium needs of chickens selected genetically for variation in blood uric acid concentrations. **Poultry Science**, v. 62, n. 2, p. 365-370, 1983.
- AUSTIC, R. E.; COLE, R. K. Hereditary variation in uric acid transport by avian kidney slices. **American Journal of Physiology**. V. 231, p. 1147-1151, 1976.
- BOTTLE, W. G.; HARRISON, P. C. The effect of high ambient temperature and hypercapnia on postprandial intestinal hyperemia in domestic cockerels. **Poultry Science**, v. 65, n. 8, p. 1606-1614, 1986.
- CHAVEZ, E.; KRATZER, F. H. Potassium deficiency in the adult male chicken. **Poultry Science**, v. 58, n. 3, p. 652-658, 1979.
- GRANNER, K. D. Hormônios da córtex da adrenal. In: MURRAY, R. K, et al. **Harper: bioquímica**. 8 ed. São Paulo: Atheneu, 1998. p. 547-559.
- HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Metabolic functions of potassium in animals explored. **Feedstuffs**, v. 67, n. 36, p. 14-17, 1995a.
- HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Dietary potassium requirements for poultry explored. **Feedstuffs**, v. 67, n. 37, p. 12-16, 1995b.
- KRAVIS, E. M., KARE, M. R. Changes with age in tissue levels of sodium and potassium in the fowl. **Poultry Science**. v. 39, n. 1, p.13-15, 1960.

- LEACH, R. M. Jr.; DAM, R.; ZEIGLER, T. R.; NORRIS, L. C. The effect of protein and energy on the potassium requirement of the chick. **Journal of Nutrition**, v.68, n. 1, p.89-100, 1959.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Minerals. In: LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4<sup>th</sup>. Guelph: University Books, 2001. p.331-428.
- MCDOWELL, L. R. Potassium. In: MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992, p.98-113.
- MESCHY, F. Balance eletrolítico y productividad en animales monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 11, 1999. **Resumos...** FEDNA, 1999. p.1-13.
- MOGIN, P. Recent advences in dietary anion-cation balance: applications in poultry. In: PROCEEDINGS OF NUTRITION SOCIETY, 1981. **Anais...** v. 40, 1981, p. 285-294.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. Biological membranes and transport. In: NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Worth Publishers, 2000. p.389-436.
- NESHEIM, M. C.; LEACH JR., R. M.; ZEIGLER, T. R. et al. Interrelationships between deiatary levels of sodium, chorine and potassium. **Journal of Nutrition**, v. 84, n. 4, p. 361-366, 1964.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington: National Academic Press, 1994. 155 p.
- O'DELL, B. L. ; SAVAGE, J. E. Potassium, zinc and distillers dried solubles as supplements to a purified diet. **Poultry Science**, v. 36, n. 2, p. 459-460, 1957.
- PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 398-408, 1990
- REECE, W. O. Os rins. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes, fisiologia dos animais domésticos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, p.521-548.

- RINEHART, K. E.; FEATHERSON, W. R.; ROGER, J. C. Influence of dietary potassium on chick growth, food consumption and blood and tissue composition. **Poultry Science**, v. 48, n. 1, p. 320-325, 1969.
- RINEHART, K. E.; FEATHERSTON, W. R.; ROGLER, J. C. Effects of a dietary potassium deficiency on protein synthesis in the young chick. **Journal of Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 627-632, 1968.
- ROSADO, A. M. S. **Efeitos de coccidicidas ionóforos sobre o desempenho e o balanço de eletrólitos em frangos de corte**. 1988. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ROSTAGNO, H. S., et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2000. 141p.
- SAVAGE, J. E. Amino acids and mineral interrelationships. **Poultry Science**, v. 51, n. 1, p. 35-43, 1972.
- SMITH, M. O.; TEETER, R. G. Potassium balance of 5-8 week old broiler exposed to constant heat and cycling high temperature stress. **Poultry Science**, v. 66, n. 3, p.487-492, 1987.
- SUPPLE, W. C.; COMBS, G. F. Studies of the potassium requirement of turkey poults fed purified diets. **Poultry Science**, v.38, n. 4, p.833-835, 1959.
- WOLFENSON, D.; SKLAN, D.; GRABER, Y.; et al. Absorption of protein, fatty acids and minerals in young turkeys under heat and cold stress. **British Poultry Science**, v. 28, n. 4, p. 739-742, 1987.

## APÊNDICE

Tabela 1 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves no período de 8 a 21 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		CR	GP	CA
Tratamento	5	3531,881	1901,077	0,0005338
Linear	1	155,1251*	389,3423 <sup>ns</sup>	0,0009350 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	17103,37 <sup>ns</sup>	9006,133*	0,7851973 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	68,00093 <sup>ns</sup>	39,83068 <sup>ns</sup>	0,1077759 <sup>ns</sup>
Quártico	1	304,0238 <sup>ns</sup>	7,355496 <sup>ns</sup>	0,4777927 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	28,88955 <sup>ns</sup>	62,72154 <sup>ns</sup>	0,1001540 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	975,7899	643,4602	0,2362669
C.V. (%)		3,43	4,02	3,36

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 2 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e da conversão alimentar (CA) das aves no período de 22 a 42 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		CR	GP	CA
Tratamento	5	0,105146	0,03101354	0,004644368
Linear	1	0,3502777*	0,08174998*	0,001847749 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,1308169*	0,05151794*	0,001009802 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,01097819 <sup>ns</sup>	0,0035774 <sup>ns</sup>	0,01838559 <sup>ns</sup>
Quártico	1	0,02006746 <sup>ns</sup>	0,0073505 <sup>ns</sup>	0,0000652 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,01358977 <sup>ns</sup>	0,0108718 <sup>ns</sup>	0,001913457 <sup>ns</sup>
Resíduo	39	0,3473091	0,0034231	0,00474424
C.V. (%)		3,36	3,70	3,87

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 3 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e da conversão alimentar (CA) das aves no período de 43 a 53 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		CR	GP	CA
Tratamento	5	0,03349848	0,01141517	0,06573439
Linear	1	0,1096571*	0,02843198*	0,02380338 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,02058489*	0,01538481*	0,05347424*
Cúbico	1	0,00013217 <sup>ns</sup>	0,00205631 <sup>ns</sup>	0,02840752 <sup>ns</sup>
Quártico	1	0,0332408*	0,00005506 <sup>ns</sup>	0,1393491*
Quíntico	1	0,00387737 <sup>ns</sup>	0,01114769*	0,08363774*
Resíduo	40	0,0127573	0,005753061	0,0374867
C.V. (%)		8,16	12,47	8,36

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 4 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do consumo de água (CG) e do consumo de água por grama de ração (G/R) das aves no período de 8 a 21 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		CG	G/R
Tratamento	5	1206,50	0,0360073
Linear	1	22559,0*	0,0311584*
Quadrático	1	5934,004*	0,0927602*
Cúbico	1	18002,40*	0,0258003*
Quártico	1	13128,55*	0,0250207*
Quíntico	1	3408,378 <sup>ns</sup>	0,0052967 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	5516,238	0,0079986
C.V. (%)		5,71	6,26

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 5 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do consumo de água das aves nos períodos de 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		22-42 dias	43-53 dias
Tratamento	5	0,7954244	0,608334
Linear	1	0,5779423*	1,515414*
Quadrático	1	1,188691*	0,3096862*
Cúbico	1	1,047981*	1,194034*
Quártico	1	0,4795914 <sup>ns</sup>	0,02192801 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,6829168*	0,00061022 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,5629588	0,2826523
C.V. (%)		16,242	13,99

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 6 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação da matéria seca (MS), potássio na excreta (KE) e sódio na excreta (NE) das aves no período de 8 a 21 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		MS	KE	NE
Tratamento	5	19,24042	0,8000	0,005549321
Linear	1	32,48729*	3,344321*	0,001012529 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	19,28145*	0,1083876 <sup>ns</sup>	0,005314834 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	28,17176*	0,4173562*	0,02161515*
Quártico	1	14,40037*	0,1299673 <sup>ns</sup>	0,000009358 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	1,866237 <sup>ns</sup>	0,0000674 <sup>ns</sup>	0,004578*
Resíduo	28	4,292372	0,2173708	0,002075881
C.V. (%)		6,14	36,44	18,20

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 7 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação da matéria seca (MS), potássio na excreta (KE) e sódio na excreta (NE) das aves no período de 22 a 42 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		MS	KE	NE
Tratamento	5	15,03424	4,432115	0,000855058
Linear	1	29,21839*	22,14669*	0,02844487*
Quadrático	1	35,81781*	0,00224566 <sup>ns</sup>	0,00781037 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	7,154506*	0,00737673 <sup>ns</sup>	0,00445574 <sup>ns</sup>
Quártico	1	2,727410 <sup>ns</sup>	0,00172110 <sup>ns</sup>	0,00004612 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,2530949 <sup>ns</sup>	0,00254331 <sup>ns</sup>	0,00896654 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	5,368297	0,03488145	0,00896654
C.V. (%)		11,95	11,08	19,60

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 8 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação da matéria seca (MS), potássio na excreta (KE) e sódio na excreta (NE) das aves no período de 43 a 53 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		MS	KE	NE
Tratamento	5	6,921279	1,515274	0,001854443
Linear	1	27,57622*	7,392239*	0,0007318 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	2,223644 <sup>ns</sup>	0,002731 <sup>ns</sup>	0,003881142 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,663535 <sup>ns</sup>	0,0041309 <sup>ns</sup>	0,003965173 <sup>ns</sup>
Quártico	1	4,089335*	0,0773318*	0,000944083 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,053654 <sup>ns</sup>	0,0999367*	0,000249966 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	2,976347	0,0388128	0,008878066
C.V. (%)		8,56	13,46	16,06

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 9 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do balanço de K (BK) e do balanço de Na (BNa) nos períodos de 8 a 21 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		BK	BNa
Tratamento	5	0,7429382	0,00128931
Linear	1	3,586718*	0,00045525 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,04623727 <sup>ns</sup>	0,00107725 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,0602392 <sup>ns</sup>	0,00407826*
Quártico	1	0,02145572 <sup>ns</sup>	0,0000495 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,00004046 <sup>ns</sup>	0,00078525 <sup>ns</sup>
Resíduo	28	0,03987	0,00063893
C.V. (%)		27,10	7,88

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 10 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do balanço de K (BN) e do balanço de Na (BNa) nos períodos de 22 a 42 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		BK	BNa
Tratamento	5	1,72442	0,00750745
Linear	1	8,559069*	0,01876037 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,0120823 <sup>ns</sup>	0,01087167 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,0449799 <sup>ns</sup>	0,00763409 <sup>ns</sup>
Quártico	1	0,0057628 <sup>ns</sup>	0,00002036 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,0002115 <sup>ns</sup>	0,00025077 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	0,0533127	0,00811040
C.V. (%)		16,48	20,31

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 11 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do balanço de K (BN) e do balanço de Na (BNa) nos períodos de 43 a 53 dias de idade.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		BK	BNa
Tratamento	5	3,417431	0,0019743
Linear	1	17,00745*	0,0014459 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,0034236 <sup>ns</sup>	0,0076833 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,0000177 <sup>ns</sup>	0,0004732 <sup>ns</sup>
Quártico	1	0,0156604 <sup>ns</sup>	0,0000013 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,0606005 <sup>ns</sup>	0,0002676 <sup>ns</sup>
Resíduo	33	0,0606005	0,0081176
C.V. (%)		18,16	35,02

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

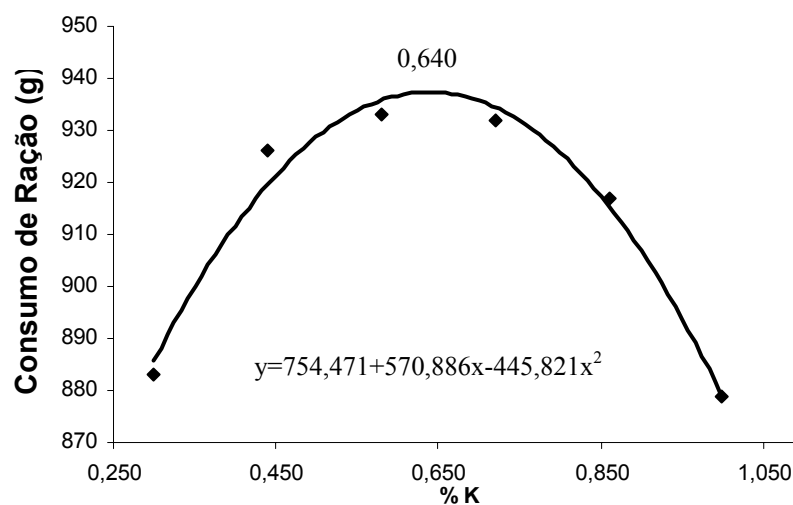
ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).

Tabela 12 – Resumo das análises de variância e coeficientes de variação do consumo de água por grama de ração (G/R) nos períodos de 22 a 42 e 43 a 53 dias de idade.

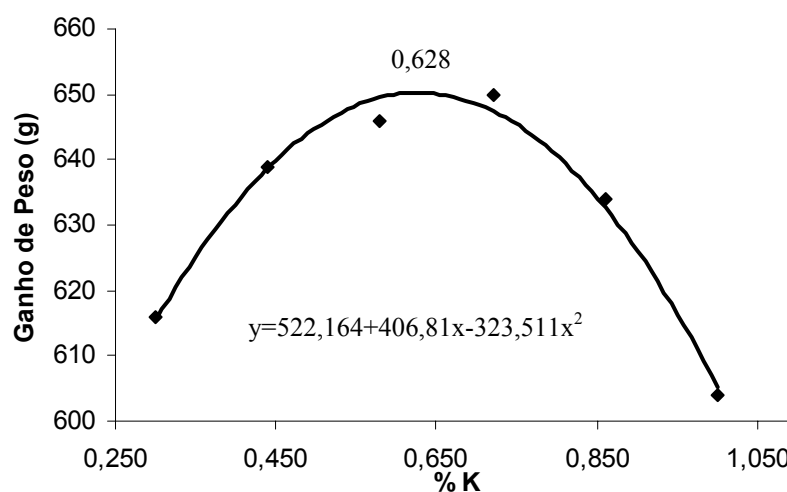
Fonte de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		G/R	
		22-42	43-53
Tratamento	5	0,1227768	0,2258260
Linear	1	0,0013111 <sup>ns</sup>	0,1416940 <sup>ns</sup>
Quadrático	1	0,3441702*	0,3325325 <sup>ns</sup>
Cúbico	1	0,1001653 <sup>ns</sup>	0,6180766*
Quártico	1	0,1090379 <sup>ns</sup>	0,0170440 <sup>ns</sup>
Quíntico	1	0,0573993 <sup>ns</sup>	0,0197827 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,0666940	0,1281320
C.V. (%)		15,66	12,98

\*Efeito significativo pelo teste F (P<0,05).

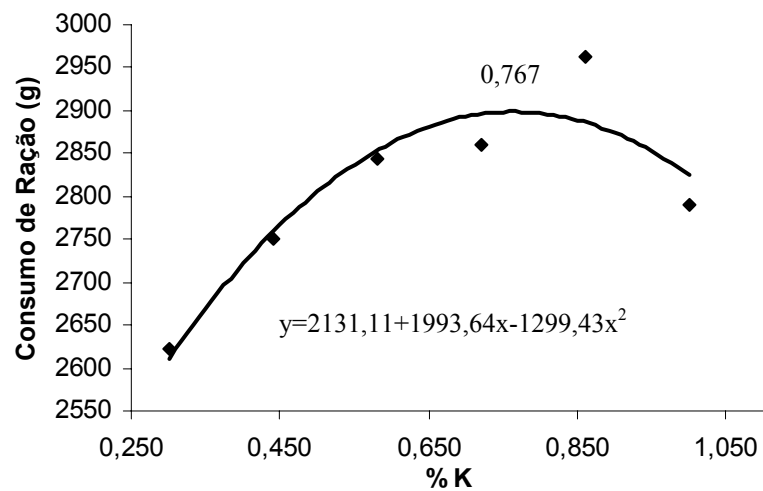
ns – Não significativo pelo teste F (P>0,05).



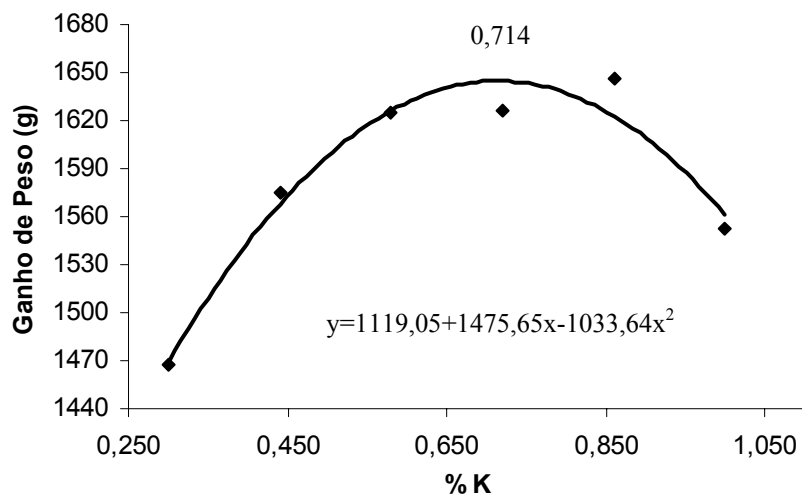
**Figura 1.** Efeito do nível de potássio sobre o consumo de ração das aves no período de 8 a 21 dias de idade.



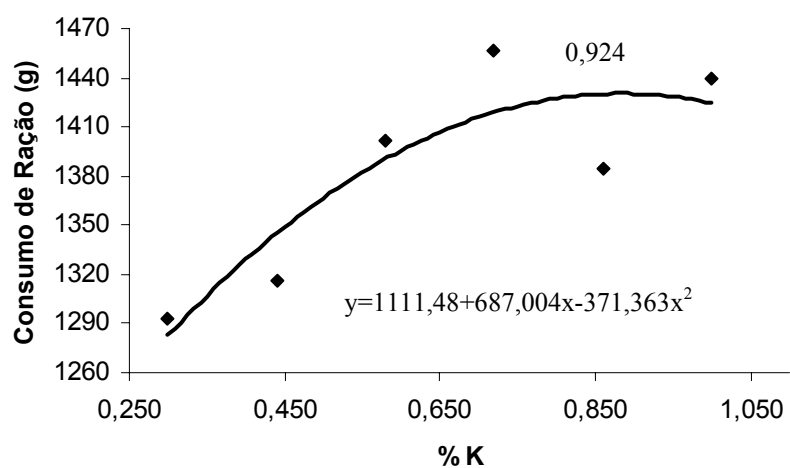
**Figura 2.** Efeito do nível de potássio sobre o ganho de peso das aves no período de 8 a 21 dias.



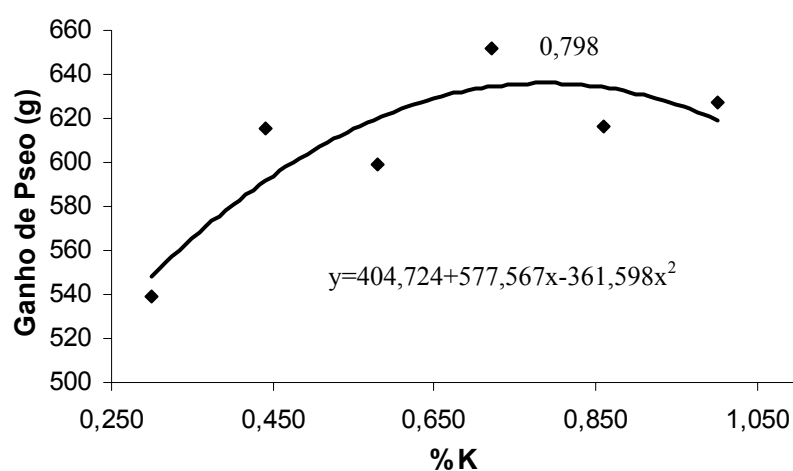
**Figura 3.** Efeito dos níveis de potássio sobre o consumo de ração das aves no período de 22 a 42 dias de idade.



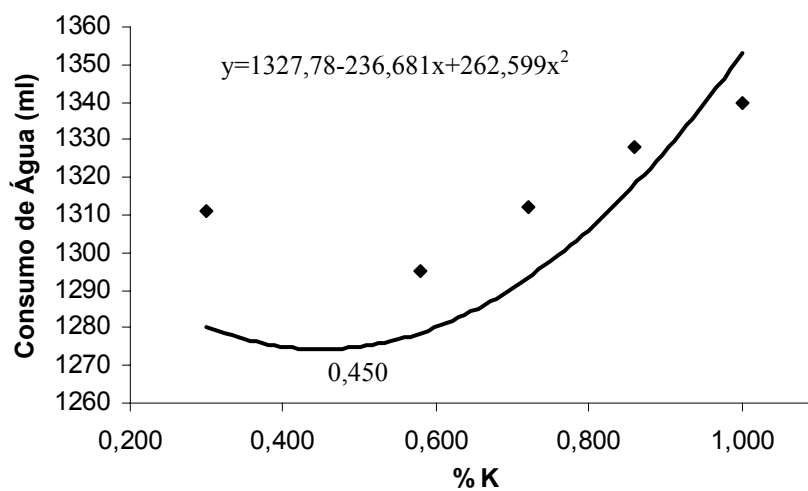
**Figura 4.** Efeito dos níveis de potássio sobre o ganho de peso das aves no período de 22 a 42 dias de idade.



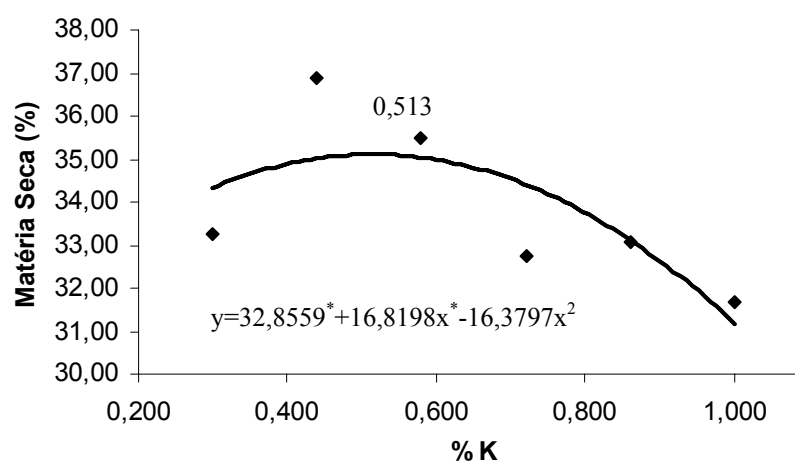
**Figura 5.** Efeito dos níveis de potássio sobre o consumo de ração das aves no período de 43 a 53 dias de idade.



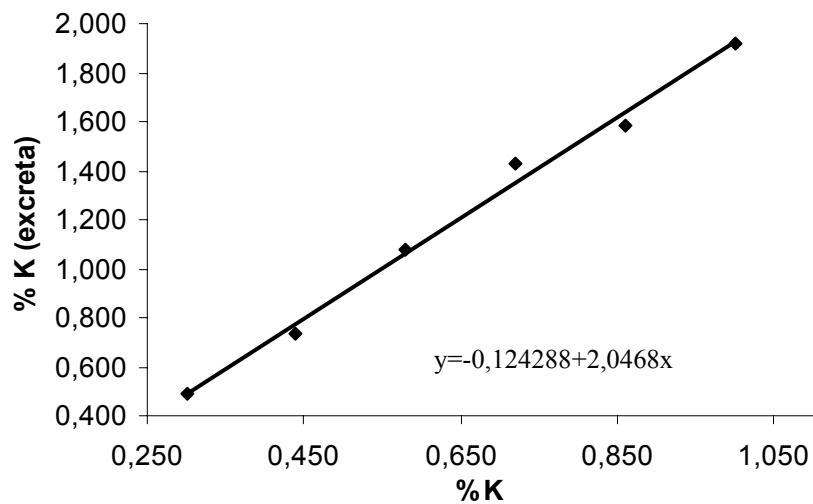
**Figura 6.** Efeito dos níveis de potássio sobre o ganho de peso das aves no período de 43 a 53 dias de idade.



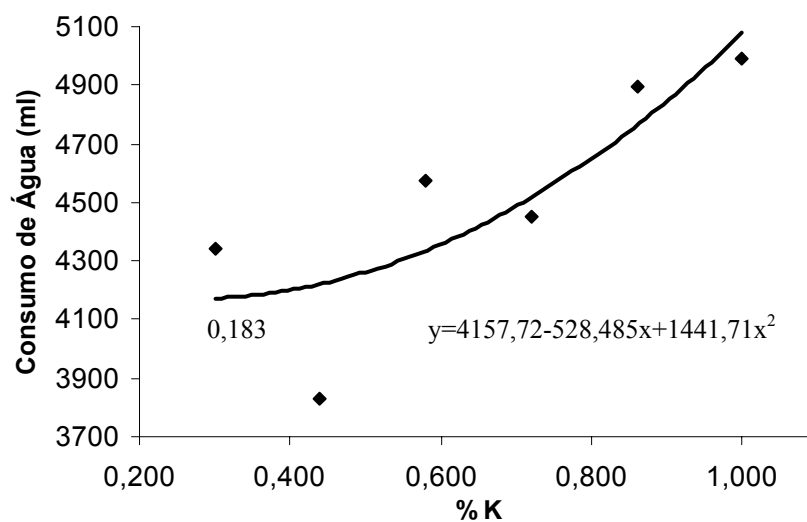
**Figura 7.** Efeito dos níveis de potássio sobre o consumo de água das aves no período de 8 a 21 dias de idade.



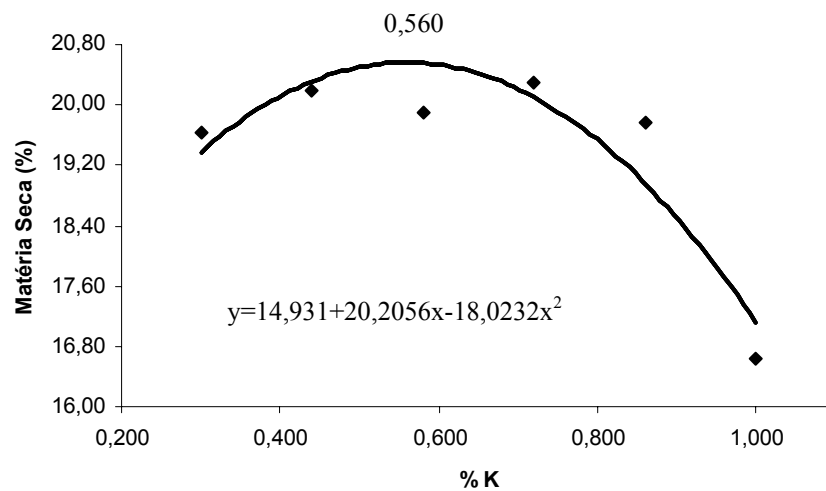
**Figura 8.** Efeito do nível de potássio sobre o conteúdo de matéria seca da excreta das aves no período de 8 a 21 dias de idade.



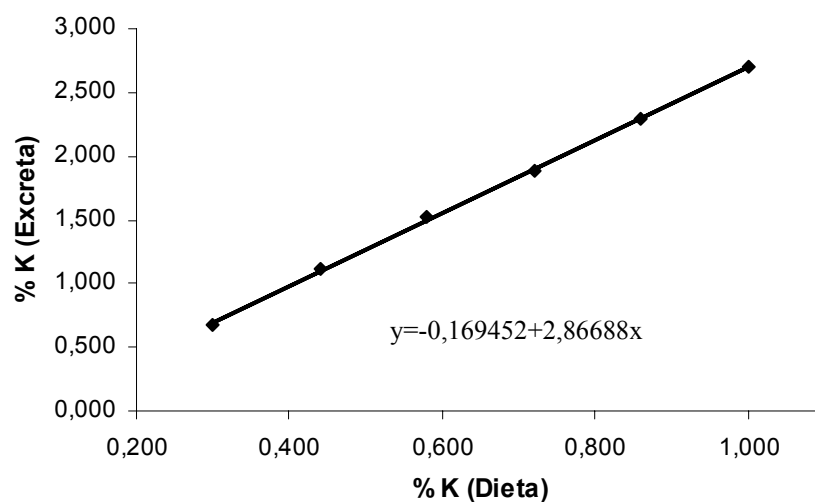
**Figura 9.** Efeito do nível de potássio na dieta sobre o conteúdo de potássio das excretas das aves no período de 8 a 21 dias de idade.



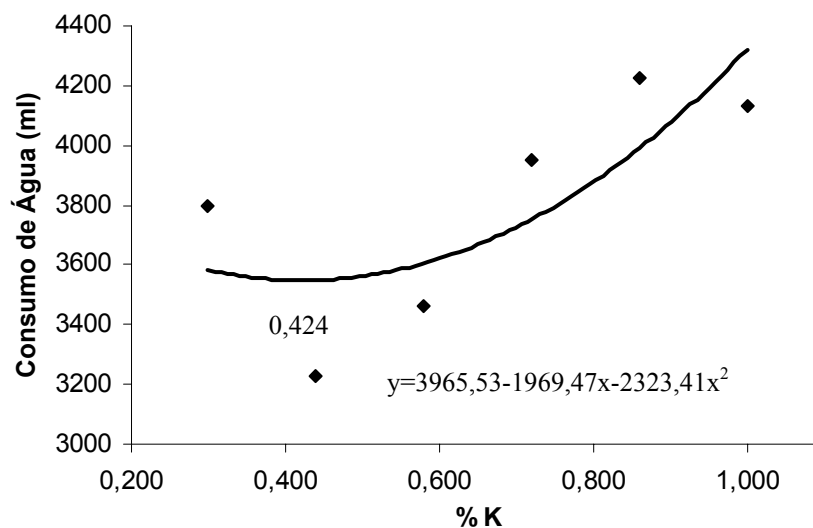
**Figura 10.** Efeito dos níveis de potássio sobre o consumo de água das aves no período de 22 a 42 dias de idade.



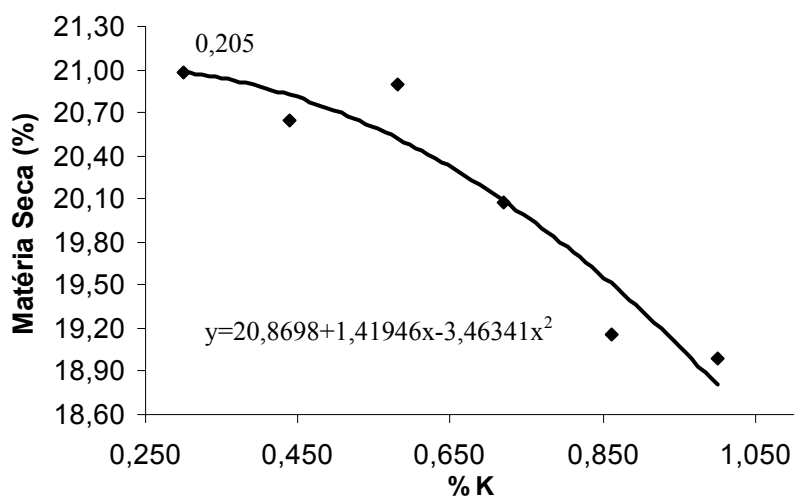
**Figura 11.** Efeito dos níveis de potássio sobre o conteúdo de matéria seca das excretas das aves no período de 22 a 42 dias de idade.



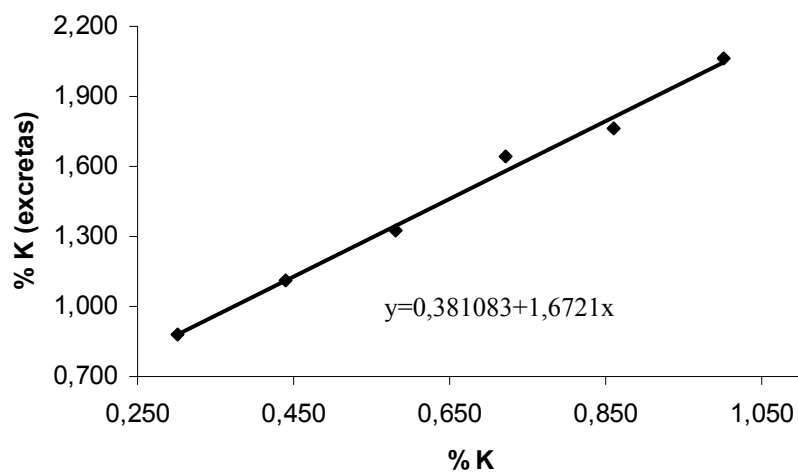
**Figura 12.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o conteúdo de potássio nas excretas das aves no período de 22 a 42 dias de idade.



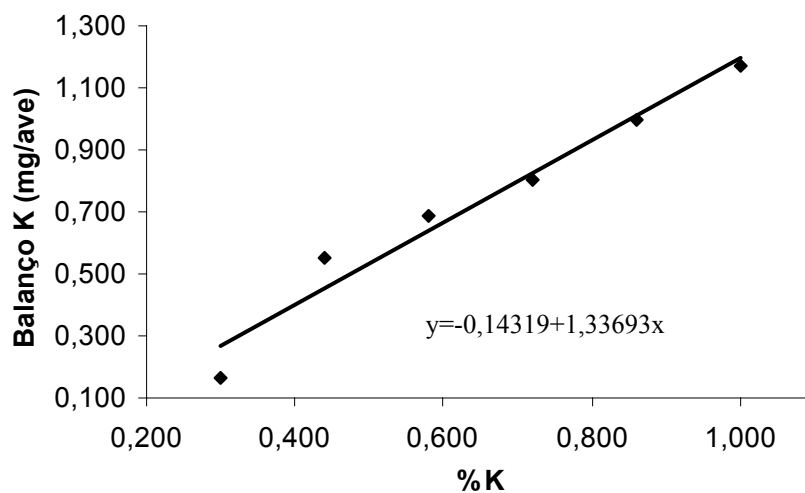
**Figura 13.** Efeito dos níveis de potássio sobre o consumo de água das aves no período de 43 a 53 dias de idade.



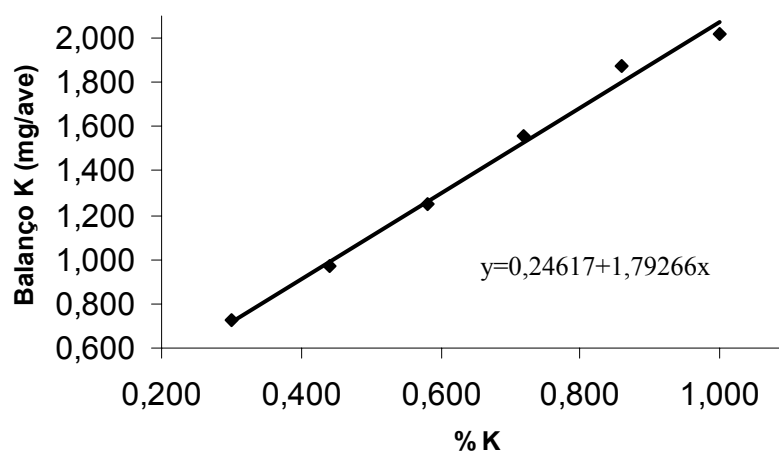
**Figura 14.** Efeito dos níveis de potássio sobre o conteúdo de matéria seca das excretas das aves no período de 43 a 53 dias de idade.



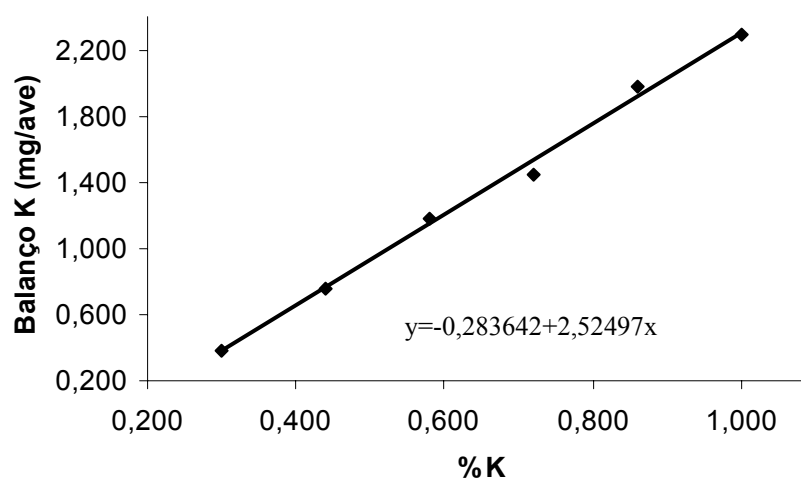
**Figura 15.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o conteúdo de potássio nas excretas das aves no período de 43 a 53 dias de idade.



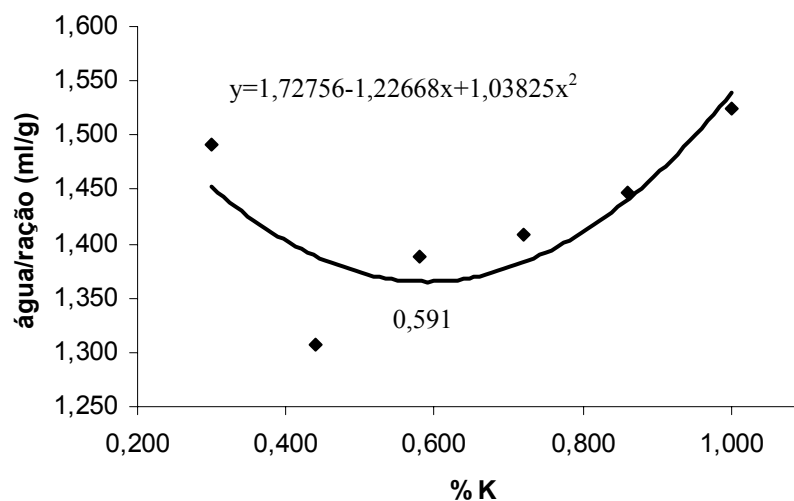
**Figura 16.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o balanço de potássio no período de 8 a 21 dias de idade.



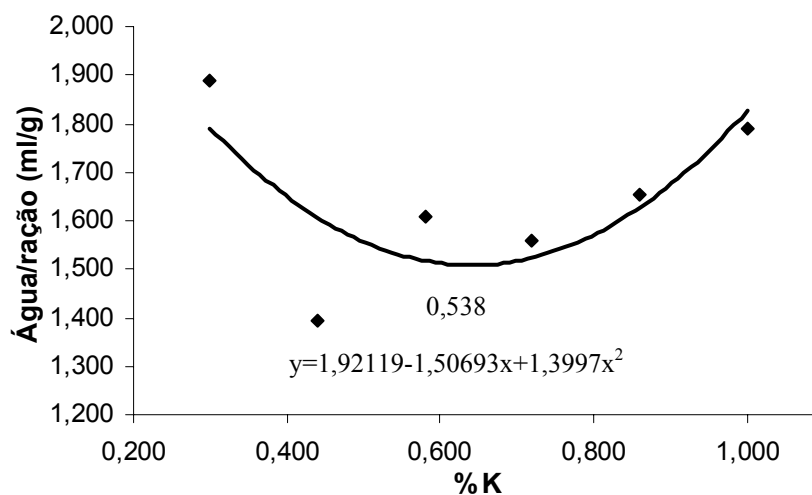
**Figura 17.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o balanço de potássio no período de 22 a 42 dias de idade.



**Figura 18.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o balanço de potássio no período de 43 a 53 dias de idade.



**Figura 19.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o consumo de água por grama de ração das aves no período de 8 a 21 dias de idade.



**Figura 20.** Efeito dos níveis de potássio na dieta sobre o consumo de água por grama de ração das aves no período de 22 a 42 dias de idade.