

NOMINANDO ANDRADE DE OLIVEIRA

**EFEITO DO BALANÇO ELETROLÍTICO E DA PROTEÍNA BRUTA
DA DIETA SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E
HISTOLÓGICOS DO FÊMUR DE FRANGOS DE CORTE**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

NOMINANDO ANDRADE DE OLIVEIRA

**EFEITO DO BALANÇO ELETROLÍTICO E DA PROTEÍNA BRUTA
DA DIETA SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E
HISTOLÓGICOS DO FÊMUR DE FRANGOS DE CORTE**

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

APROVADO: 30 de abril de 2004.

Prof. George Henrique Kling de Moraes
(Conselheiro)

Prof. Horácio Santiago Rostagno
(Conselheiro)

Prof. Ricardo Frederico Euclides

Dra. Mellisa Izabel Hannas

Prof. Aloísio Soares Ferreira
(Orientador)

À

Aroldo
Alenuska
Egléubia
Cândida
Letícia
Silvinha
Gabriela
José Miguel
Nominando Gomes
Benita
Maria
Vera
Fabiana
André
Zulmira
Fátima

Dedico

Para Carla

Todos os meus dias.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia (DZO) pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao Departamento de Agropecuária da UFRN, e a todos os colegas que aprovaram minha saída para realizar este sonho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo através do PICDT.

Ao Professor Aloísio Soares Ferreira pela orientação, amizade e paciência durante toda nossa convivência profissional.

Ao Professor George Henrique Kling de Moraes por ter possibilitado a realização deste trabalho.

Ao Professor Horácio Santiago Rostagno pelos ensinamentos e incentivo.

Ao Professor Ricardo Fredrico Euclydes pela amizade.

Aos Professores da Comissão de Pós-Graduação em Zootecnia pelo convívio e respeito mútuos.

Aos colegas Adriano, Kedson, Gérson e Uislei, obrigado.

A Celeste pelo carinho e atenção.

A Cibeles e ao Jefferson pelo apoio e colaboração.

A Márvio pela ajuda na interpretação dos resultados.

A José e Naná pela nova família.

Aos demais professores, colegas e funcionários do DZO que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Nominando Andrade de Oliveira, filho de Aroldo de Andrade e Severina de Oliveira Andrade, nasceu em 03 de maio de 1959 na cidade de Natal, Estado do Rio Grande do Norte.

Em março de 1980 iniciou o curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, colando grau em julho de 1984.

Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Agropecuária, onde ingressou por concurso público de provas e títulos em maio de 1990.

Em abril de 1992 iniciou o curso de mestrado em Produção Animal na UFRPE, defendendo tese em abril de 1994.

Em fevereiro de 2000 iniciou o curso de doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese no dia 30 de abril de 2004.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Sódio.....	6
2.2. Potássio.....	8
2.3. Magnésio.....	11
2.4. Cloro.....	12
2.5. Sistema tampão bicarbonato.....	13
2.6. Dinâmica quantitativa dos sistemas tampões.....	14
2.7. Sistema tampão fosfato.....	17
2.8. Sistema tampão de proteínas.....	19
2.9. Acidose e alcalose.....	20
2.9.1. Efeitos da acidose.....	20

2.9.2. Efeitos da alcalose.....	22
2.9.3. Excreção de ácidos.....	23
2.10. Balanço eletrolítico.....	24
2.11. Eletrólitos e metabolismo de aminoácidos.....	27
2.12. Jejum e realimentação.....	31
2.13. Meio ambiente.....	32
2.14. Tecido ósseo.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1. Análise estatística.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5. CONCLUSÕES.....	92
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
APÊNDICE.....	105

RESUMO

OLIVEIRA, Nominando Andrade de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2004. **Efeito do balanço eletrolítico e da proteína bruta da dieta sobre os parâmetros físicos, químicos e histológicos do fêmur de frangos de corte.** Orientador: Aloísio Soares Ferreira. Conselheiros: George Henrique Kling de Moraes e Horácio Santiago Rostagno.

Foi realizado um experimento nos Departamentos de Zootecnia e Bioquímica e Biologia Molecular da UFV com o objetivo de determinar os efeitos do balanço eletrolítico (BE) e níveis de proteína bruta (PB) nas características físicas (peso, comprimento, diâmetro e resistência à quebra), deposição de minerais (Ca, P e Mg) e relação Ca:P, absorção de proteínas na matriz óssea: colagenosas (PC), proteínas totais (PT) e proteínas não colagenosas (PNC), e análise histológica do disco epifisário e do osso compacto em fêmures de frangos de corte oriundos de ensaio de desempenho realizado no DZO, que foram submetidos à dietas com dois níveis protéicos (20 e 23% PB) e oito níveis de BE (0; 50; 100; 150; 200; 250; 300; e 350 mEq/kg) aos 21 e 42 dias. Foi utilizado um delineamento experimental

inteiramente casualizado em esquema fatorial 8x2 (oito níveis de BE e dois níveis de PB) com regressão polinomial de cada variável estudada, e teste de F de probabilidade na comparação das médias dos tratamentos para cada nível protéico. O nível do BE para o peso e comprimento aos 21 e 42 dias e a resistência à quebra dos fêmures aos 42 dias se situou entre 150 e 200 mEq/kg. O diâmetro dos fêmures não foi afetado pelas variáveis estudadas. O BE e os níveis protéicos não influenciaram a resistência à quebra dos ossos aos 21 dias. O nível de BE obtido para a deposição de cálcio (Ca) nos fêmures aos 21 e 42 dias ficou entre 150 e 200 mEq/kg. As variáveis estudadas não foram importante fonte de variação na deposição de fósforo (P) e magnésio (Mg) aos 21 e 42 dias, e na relação Ca:P dos fêmures aos 21 dias. O nível observado do BE na relação Ca:P aos 42 dias ficou entre 200 e 250 mEq/kg, com uma relação de 2,007:1 (20% PB) e 2,104:1 (23% PB). O nível de BE obtido para a deposição de PNC nos ossos aos 21 dias se situou entre 150 e 200 mEq/kg. O nível protéico afetou a deposição de PC, PNC e PT aos 21 dias. Não houve efeito do BE e dos níveis de PB na deposição de PNC aos 42 dias. O nível de BE afetou a deposição de PC e PT nos fêmures aos 21 e 42 dias. O nível protéico foi importante fonte de variação na espessura e tamanho do disco epifisário (DE) aos 21 dias. O nível de BE não afetou a formação e a espessura do osso compacto, o tamanho e a organização do DE nos fêmures aos 21 e 42 dias.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Nominando Andrade de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, April of 2004. **Effect of electrolyte balance and crude protein of diet about physical, chemical and histological parameters of broiler chickens femur.** Advisor: Aloísio Soares Ferreira. Committee members: George Henrique Kling de Moraes and Horácio Santiago Rostagno.

An experiment was carried out at the Departments of Animal Science and Biochemistry of the Federal University of Viçosa in order to determine the electrolyte balance (EB) effects and crude protein (CP) levels in the physical characteristics (weight, length, diameter and resistance to the break), minerals deposition (Ca, P, Mg) and Ca:P relation, protein absorption in the bony matrix: Collagenous Protein (CPp), Total Protein (TP) and noncollagenous protein (NP), and histologic analysis of the growth disk (GD) and compact bone in the broiler chickens femurs that were submitted to diets containing 20 and 23% of CP combined with 0; 50; 100; 150; 200; 250; 300 e 350 mEq/Kg of EB to the 21 and 42 days. The experiment was analysed as a completely randomised design in a factorial arrangement of treatment (eight levels of EB

and two levels of CP) with polynomial regression of each variety investigated, and a probability test of F in the average comparison of the treatments for each protein level. The EB level for the weight, length to the 21 and 42 days, and for the resistance to the break to the 42 days of the femurs, located between 150 and 200 mEq/Kg. The femurs diameter was not affected by the investigated varieties. The EB and the protein level did not have influence in the resistance to the break to the 21 days. The obtained EB level for Calcium deposition (Ca) in the femurs to the 21 and 42 days was between 150 and 200 mEq/Kg. The investigated varieties were not an important source of variation in the phosphorus (P) and magnesium (Mg) deposition to the 21 and 42 days, and in the relation Ca:P of the femurs to the 21 days. The observed level of EB in the Ca:P relation to the 42 days was between 200 and 250 mEq/Kg, with a relation of 2,007:1 (20% CP) and 2,104:1 (23%CP). The obtained level of EB for NP deposition in the bone to the 21 days was between 150 and 200 mEq/Kg. The protein level affected the CPp, NP and TP to the 21 days. There was not effect of EB and CP levels in the NC deposition to the 42 days. The EB level had effect in the deposition of CPp and TP in the femurs to the 21 and 42 days. The protein level was an important source of variation in the thickness and size of the growth disc (GD) to the 21 days. The EB level had not effect the formation and the compact bone thicknesses, the size and the organization of the GD in the femurs to the 21 and 42 days.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira ocupa uma posição de destaque que é decorrente de um contínuo progresso genético e de avanços nas áreas de nutrição, manejo, adequação ao meio ambiente, sanidade, qualidade, tecnologia das instalações e bem estar animal, redundando em índices de produtividade competitivos e com um produto de alta qualidade, seja para o mercado interno ou para exportação. As pesquisas no campo da nutrição, com o objetivo de estimar as exigências nutricionais para que a ave atinja a máxima expressão do seu potencial genético, visam a formulação de dietas para uma máxima produção. Para isto, é imprescindível que se leve em consideração os nutrientes suas e possíveis interações com os minerais, e um equilíbrio ácido-base, que possam interferir em maior ou menor grau na resposta produtiva das aves.

Os físicos e os químicos definem eletrólitos como sendo todas as substâncias que, uma vez dissolvidas num meio aquoso, permitem a condução de corrente elétrica. Nutricionalmente, Teeter (1997a) define os eletrólitos como elemento indispensável na dieta e que sua concentração deve ser suficiente para influenciar o potencial elétrico, o equilíbrio ácido-básico e a

osmoregulação nos tecidos.

O equilíbrio ácido-básico refere-se à concentração do íon hidrogênio (H^+) presentes nos fluidos corporais. As funções metabólicas das células estão intimamente relacionadas com estas concentrações. Pequenas alterações na concentração de H^+ inicia ou deprime as funções metabólicas das células. Em razão disso, é que a regulação da concentração deste íon constitui-se em um dos aspectos mais importantes para a homeostase orgânica.

Para Macari et al. (1994) as pesquisas têm mostrado que a composição mineral da ração afeta o equilíbrio ácido-básico e vários aspectos do desempenho animal. A manutenção do equilíbrio ácido-básico do meio interno tem grande importância fisiológica e bioquímica, devido à atividade das enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a manutenção do estado estrutural das proteínas, que podem ser influenciadas por pequenas alterações no pH sanguíneo.

Conforme Patience (1990) o equilíbrio ácido-básico está diretamente ligado aos eletrólitos ingeridos pelos animais. O balanço eletrolítico (BE) pode influenciar o crescimento, o apetite, o desenvolvimento ósseo, a resposta ao estresse térmico e o metabolismo de certos nutrientes como aminoácidos, minerais e vitaminas.

O BE pode influenciar a formação óssea e induzir a incidência de doenças locomotoras aumentando a ocorrência de discondroplasia tibial e ainda, o seu aumento pode tornar as aves acidóticas com reflexos na formação da cartilagem metafisária (Saveur, 1984). Diversos autores relatam que frangos em acidose metabólica perdem 50% da capacidade de produzir o 1,25-dihidroxicolecalciferol, metabólito D_3 ativo. A presença de $1,25-(OH)_2D_3$ é requerida para o crescimento normal, maturação, mineralização dos ossos e, para a manutenção do tecido ósseo maduro (Anderson e Toverud 1984).

Anomalias ósseas podem ser reduzidas com o aumento de Na^+ nas dietas devido ao efeito alcalinizante que pode proporcionar um melhor pH para a atividade reformadora dos ossos (Rondón et al., 1999).

O melhoramento genético e a indústria avícola de postura e de corte têm-se baseado, principalmente, em dados de produtividade e desempenho. A seleção para esses parâmetros pode ter contribuído para o aparecimento de diversos transtornos locomotores, incluindo-se a discondroplasia tibial, osteoporose, raquitismo, espondilolistese, síndrome da perna torta, necrose da cabeça do fêmur, pododermatite, doença articular degenerativa, rotação da tibia e a síndrome dos dedos tortos. Além de agentes infecciosos que causam enfermidades tais como: doença de Marek, micoplasmose, artrite viral e salmonelose. Esses efeitos são causados por diferentes fatores, dentre estes podemos destacar: os de ordem nutricional, principalmente, os desequilíbrios envolvendo o metabolismo das vitaminas, minerais e eletrólitos. As micotoxinas, agravando ou influenciando os problemas esqueléticos, através da atuação das aflatoxinas e ocratoxinas que podem reduzir a resistência óssea. Os ingredientes da dieta e a influência dos métodos de processamento dos alimentos com o objetivo de reduzir seus fatores antinutricionais. A genética, através da avaliação das linhagens mais susceptíveis a problemas esqueléticos, a relação peso corporal/taxa de crescimento que possui uma estreita relação com o aparecimento de deformações no sistema locomotor das aves, o BE e sua influência na ocorrência de discondroplasia tibial, no metabolismo de modelagem e remodelagem óssea, através do envolvimento direto dos íons sódio, potássio e cloro.

Para isso, faz-se necessário estudar os efeitos do BE nas características físicas (peso, comprimento, diâmetro e resistência à quebra), deposição de minerais (Ca, P, Mg e relação Ca:P) absorção de proteínas na matriz óssea

(colagenosas, não colagenosas e proteína total) e análise histológica do arranjo do disco epifisário e do osso compacto em fêmures de frangos corte, que foram submetidos a dietas com dois níveis protéicos (20 e 23 % de PB) e oito níveis de BE (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 350 mEq/kg) aos 21 e 42 dias de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os principais elementos envolvidos no BE são os cátions sódio (Na^+), potássio (K^+) e magnésio (Mg^{++}), além dos ânions cloro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-) e o fosfato dibásico (H_2PO_4^-), e ainda algumas proteínas. O sódio e o cloro contribuem principalmente para a pressão osmótica do plasma, enquanto que o magnésio, fosfatos e proteínas contribuem para a pressão osmótica do fluído intracelular (González e Silva, 2003). Assim, os efeitos do balanço iônico da dieta no desempenho de frangos de corte podem estar relacionados a variações no balanço ácido-básico (Hulan et al., 1986). Portanto, é importante ajustar o conteúdo de minerais das dietas para encontrar a exigência do animal e manter o balanço essencial para ótimo desempenho, por que quando o balanço se altera para acidose ou alcalose as vias metabólicas não funcionam apropriadamente (Mongin, 1980).

2.1. Sódio

O sódio é, quantitativamente, o principal cátion do líquido extracelular. Está associado, em grande parte, ao cloreto e ao bicarbonato na regulação do equilíbrio ácido-básico. A outra função importante do sódio é a manutenção da pressão osmótica dos líquidos corporais, protegendo assim o organismo contra a perda excessiva de líquido. Atua também na preservação da irritabilidade normal dos músculos e da permeabilidade das células.

O metabolismo do sódio é influenciado pelos esteróides adrenocorticais. Na insuficiência de esteróides há uma diminuição do sódio sérico e um aumento na excreção do mesmo. Em acidose pode ocorrer a depleção de sódio devido à reabsorção tubular deficiente, bem como a perda de sódio do tamponamento dos ácidos (Harper et al., 1982).

Os níveis de sódio medidos no soro podem não refletir de modo acurado o total de sódio no organismo. Assim, pode haver uma concentração baixa de sódio no soro (hiponatremia) quando grande quantidade de líquido isento de sal, é ingerido. Evidentemente, isso não indica realmente uma depleção de sódio mas, sim o efeito da hidratação excessiva (Harper et al., 1982). Condição semelhante pode ser observada nos animais expostos ao estresse térmico por calor, para isso, Harper et al. (1982) recomendam que as observações de alteração no peso são valiosas na diferenciação entre os estados hiponatrêmicos resultantes da diluição ou hidratação excessiva, nos quais notar-se-á aumento de peso, e os causados por uma verdadeira depleção de sódio nos quais a perda de peso ocorre por desidratação. O aumento de sódio no corpo (hipernatremia) é raro. Pode ocorrer como resultado da administração rápida de sais de sódio, ou pode resultar da hiperatividade do córtex adrenal. Após a administração de corticotropina (ACTH), cortisona ou

desoxicorticosterona, bem como de hormônios sexuais, pode haver um aumento de sódio no soro.

Segundo Harper et al. (1982), foram estudados, em ratos, os efeitos da ingestão crônica de grandes quantidades de cloreto de sódio com dietas que, nos demais aspectos, eram standardizadas. Entre os animais consumindo dietas com 7% ou mais de cloreto de sódio, ocorreu uma síndrome semelhante à nefrose, caracterizada pelo aparecimento súbito de edema maciço e, ainda hipertensão, anemia, lipemia pronunciada, hipoproteinemia grave e azotemia. Todos os animais morreram e a necropsia mostrou evidência de doença arteriolar grave.

O sódio no corpo se encontra dividido em compartimentos com possibilidade ou não de permeabilidade com outras células. O osso contém 43% de sódio, dos quais 68% estão ligados à estrutura cristalina, por isso não pode ser avaliado para outros processos metabólicos. O restante do sódio nos ossos pode ser considerado permeável ou trocável com os vários fluidos corporais. Do total, aproximadamente 70% do sódio existente no corpo participa de um “pool” de trocas metabólicas celulares (Patience, 1992).

O balanço de sódio é monitorado por vários sistemas. Receptores enzimáticos em vários tecidos detectam trocas nos fluidos, pressão sanguínea e outros fenômenos relacionados com a concentração de sódio. Diversos hormônios, inclusive o sistema renina-angiotensina, aldosterona, algumas prostaglandinas, o sistema calicreína-cinina e o hormônio natriurético estão todos envolvidos, em maior ou menor grau (Patience, 1992).

O sódio, juntamente com o cloro, auxilia na passagem de nutrientes para dentro das células, particularmente de açúcares e aminoácidos. Para Larbier e Leclercq (1992) níveis baixos desses minerais podem comprometer o metabolismo energético e protéico

O sódio ocupa o papel mais importante na regulação do balanço hídrico, em particular, no volume de fluido extracelular (Alcântara et al., 1980). Isto lhe configura uma importância crítica no sistema de transporte celular, devido a sua participação na bomba sódio potássio ATPase. Este sistema é responsável em parte pelo gradiente eletroquímico das membranas celulares, e não é só crítico para ambas as funções de transporte, ativo e passivo, como também, para a criação de potencial elétrico necessário para ativar o sistema nervoso e a contração muscular. Claramente, o sódio é fundamental para a homeostase de todo organismo vivo (Patience, 1992).

2.2. Potássio

O potássio é o principal cátion do líquido intracelular, porém, devido à sua influência na atividade muscular, principalmente no músculo cardíaco, é também um constituinte muito importante do líquido extracelular. No interior das células, igual ao sódio no líquido extracelular, funciona influenciando o equilíbrio ácido-básico e a pressão osmótica, incluindo a retenção de água. Concentrações elevadas de potássio intracelular são essenciais para várias funções metabólicas importantes, incluindo a biossíntese de proteínas pelos ribossomos. Inúmeras enzimas, inclusive a enzima glicolítica piruvato-quinase, requerem potássio para sua atividade máxima.

Aproximadamente 90% do potássio do corpo é encontrado nos espaços intercelulares. O potássio extracelular, em sua maioria, está presente no tecido ósseo (Tannem, 1986).

A manutenção constante do potássio extracelular é absolutamente crítica para a vida. A hipocalemia é definida com níveis séricos de potássio <2,4 mEq/l e a hipercalemia com níveis séricos >7,0 mEq/l. A hipercalemia

pode ser particularmente séria devido a vulnerabilidade do tecido cardíaco (Patience 1992).

As variações no potássio extracelular influenciam a atividade dos músculos estriados, de modo que ocorre paralisia dos músculos esqueléticos e anormalidades na condução da atividade do músculo cardíaco. Embora o potássio seja excretado no intestino juntamente com os sucos digestivos, posteriormente é reabsorvido em grande parte. O potássio, além de ser filtrado pelos glomérulos renais, também é secretado pelos túbulos. A excreção do potássio é influenciada de modo acentuado pelo equilíbrio ácido-básico. A capacidade do rim de excretar potássio é tão grande que não haverá hipercalemia mesmo após a ingestão de quantidades relativamente grandes de potássio, se a função renal não estiver prejudicada (Harper et al., 1982).

O potássio atua como co-fator em vários sistemas enzimáticos, auxilia na função olfativa das aves, mantém o equilíbrio ácido-base e o balanço hídrico (Hooge e Cummings, 1995). Participa do mecanismo de transporte ativo, dependente de concentrações de sódio e potássio pela bomba de sódio, permitindo o transporte da glicose e de aminoácidos para dentro e fora da célula (McDowell, 1992).

O potássio é absorvido principalmente por difusão simples no intestino delgado superior e, em pequena escala no intestino delgado inferior e intestino grosso. Diarréia e outros distúrbios do trato gastrointestinal podem interferir na absorção de potássio modificando o equilíbrio ácido-base e aumentando a exigência deste mineral (McDowell, 1992).

O excesso transitório de potássio no líquido extracelular pode resultar da ingestão excessiva de potássio ou de jejum. No jejum, há a utilização pelo organismo de glicogênio e proteínas que contribuem para a manutenção da grande quantidade de potássio dentro da célula. Com o catabolismo de

glicogênio e proteínas, ocorre a passagem de potássio intracelular para o interstício e o plasma, determinando sua excreção em grande quantidade pela urina. Da mesma forma, a inibição da anidrase carbônica, diminui a formação e a excreção de H^+ pelos túbulos renais e provoca maior excreção de potássio quando o sódio é reabsorvido. Como há um excesso de potássio no líquido extracelular e que está sendo eliminado, não há sintoma de hipercalemia (Vieira et al., 1995).

Ocorre uma estreita relação entre potássio e alcalose, de acordo com Vieira et al. (1995), animais tornados alcalóticos por retirada de potássio da alimentação e administração de desoxicorticosterona, mostravam uma normalização do pH do sangue pela administração de potássio e suspensão da desoxicorticosterona mas, eliminavam uma urina muito ácida com aumento de NH_3 e baixa excreção de HCO_3^- . Esses últimos dados indicam que o animal, apesar de ter elevado o pH de seu plasma, globalmente se encontrava em acidose. Esta acidose foi explicada pela verificação de que a falta de potássio e a maior absorção de sódio provocava a saída de potássio do interior das células e a passagem de sódio e de hidrogênio para dentro delas, resultando em uma alcalose extracelular e uma acidose intracelular. Este estado era corrigido com a administração de potássio, que passava para o interior da célula com a saída de sódio e hidrogênio, eliminados pela urina.

Segundo Dari (2002), pode ocorrer redução de potássio metabólico em ambientes com elevadas temperaturas em decorrência da redução no consumo de ração e da alcalose respiratória. O aumento do pH sanguíneo leva a uma baixa concentração de íons H^+ , provocando o aumento da secreção de potássio pelos rins, prejudicando o balanço hídrico, podendo ocorrer um quadro de desidratação, com reflexos no índice de mortalidade das aves. Alguns trabalhos demonstram que a adição de potássio na água para aves desidratadas

pode contribuir para a redução da perda de água via urina, contrariando a teoria de que o aumento no consumo de água leva a perda de eletrólitos (Teeter, 1997).

2.3. Magnésio

O magnésio é o segundo cátion mais importante para as reações intracelulares, com uma concentração em torno de 70% no esqueleto. Está relacionado diretamente com a integridade óssea e dos dentes e normalmente, está associado ao cálcio tanto na distribuição quanto no metabolismo.

As inter-relações entre cálcio, fósforo e magnésio podem ser evidenciadas quando se extrapola os níveis de cálcio e fósforo em rações para cobaias e mantêm-se níveis adequados de magnésio e outros nutrientes, resultando em deficiência de magnésio. A administração de magnésio pode induzir a perda de cálcio na urina, e ainda pode exercer influência no processo de calcificação (Maynard et al., 1984).

O magnésio também é um componente ativo de vários sistemas enzimáticos, atuando em enzimas do ciclo de Krebs e na via das pentoses. Dentro da célula, o magnésio está predominantemente associado à mitocôndria, e está envolvido no metabolismo de carboidratos e lipídios como catalisador enzimático. A fosforilação oxidativa sofre uma grande diminuição na ausência de magnésio, este mineral também intervém na duplicação dos ácidos nucléicos, na excitabilidade neural e na transmissão de influxo nervoso agindo sobre as trocas iônicas da membrana celular (Swenson, 1996).

Em ratos submetidos a dietas muito pobres em magnésio (0,18 mg/100g de alimento), surgiram vasodilatação e hiperímia, hiperirritabilidade, arritmia

cardíaca e convulsões que, posteriormente, foram fatais. A tetania que apareceu quando a dieta era pobre em magnésio foi devida, provavelmente, ao teor baixo de magnésio no soro, porquanto os níveis de cálcio permaneceram normais (Harper et al., 1982).

2.4. Cloro

O cloro é o principal ânion do líquido extracelular. É identificado também, como parte da secreção gástrica formando o ácido clorídico atuando na digestão de proteínas e na ativação da amilase intestinal, com influência na bile, suco pancreático e secreções intestinais (Maynard et al., 1984). Apesar de sua importante participação em diversos sistemas metabólicos, Teeter (1997) alerta que não se deve suplementar o cloro acima da exigência recomendada, já que este mineral reduz o BE, o que pode comprometer a homeostase dos animais. Dari (2002) complementa ressaltando que, para animais em acidose metabólica, o sistema fica comprometido em decorrência da necessidade de uma faixa de pH específica para sua plena expressão. O autor concluiu que o excesso de cloro nas rações pode estar relacionado com a morte súbita, caracterizada por hipertensão pulmonar.

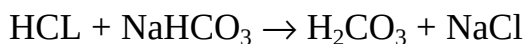
Os efeitos do excesso de cloro tornam-se mais agravantes quando o consumo de sódio é inadequado, sendo necessário o tamponamento desse desajuste pelo organismo. Quando o animal consome baixos níveis de sódio na ração, os processos metabólicos atuam no sentido de conservar este mineral no organismo, excretando níveis muito baixos de sódio na urina, com uma maior demanda no consumo de água e sobrecarregando o sistema renal (Vieites, 2003).

O elemento cloro, fazendo parte do cloreto de sódio, é essencial no equilíbrio hídrico e na regulação da pressão osmótica, assim como no equilíbrio ácido-básico. Em geral, tanto a ingestão quanto à excreção desse elemento são ligadas ao sódio. Com dietas pobres em sal, baixam os níveis urinários de cloreto e de sódio. As alterações do metabolismo do sódio, geralmente, são acompanhadas de perturbações do metabolismo do cloreto. Quando as perdas de sódio são excessivas, como na diarreia, observa-se uma redução no cloreto.

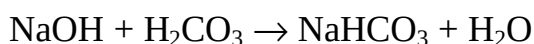
2.5. Sistema tampão bicarbonato

O bicarbonato é formado pela dissociação de dióxido de carbono e água. O CO_2 oriundo do metabolismo atravessa a parede celular, o espaço intersticial, as paredes dos capilares, cai no plasma e finalmente atravessa a membrana dos eritrócitos. No interior destes, sua hidratação é catalisada pela anidrase carbônica, enzima que contém Zn^{++} em sua molécula e que é também particularmente abundante nas células parietais da mucosa gástrica e nas células dos túbulos renais.

Segundo Vieira et al. (1995), nos líquidos biológicos estão dissolvidas substâncias que impedem grandes variações de pH pela adição de H^+ ou de OH^- . Estes sistemas tampões, que geralmente são constituídos por um ácido fraco (pouco dissociado) e um sal deste ácido, cujo ânion, uma base forte, tem grande tendência a captar H^+ do meio. Diante disto, Guyton (1992) explica o sistema tampão bicarbonato como uma mistura de H_2CO_3 e de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) na mesma solução. Quando o ácido clorídrico, é acrescentado à solução tampão de bicarbonato, ocorre a seguinte reação:



Com base nesta equação, verifica-se que o ácido clorídrico forte é convertido em ácido carbônico muito fraco. Por conseguinte, a adição de HCl reduz apenas ligeiramente o pH da solução. Já quando se adiciona uma base forte, como o hidróxido de sódio (NaOH) à solução tampão, ocorre a seguinte reação:



Esta equação mostra que o íon OH^- do NaOH combina-se com o íon H^+ do H_2CO_3 para formar água, enquanto o outro produto formado é o bicarbonato de sódio. O resultado consiste na troca de uma base forte (NaOH) pela base fraca (NaHCO_3).

2.6. Dinâmica quantitativa dos sistemas tampões

Todos os ácidos são ionizados em certo grau, e a percentagem de ionização é conhecida como grau de dissociação. A equação seguinte ilustra a relação reversível entre o ácido carbônico não-dissociado e os dois íons que ele forma, H^+ e HCO_3^- .



Existe uma lei física que se aplica à dissociação de todas as moléculas; quando aplicada especificamente ao ácido carbônico, ela é expressa pela seguinte forma:

$$H^+ \times HCO_3^- / H_2CO_3 = K'$$

Esta fórmula estabelece que, em qualquer solução de ácido carbônico, a concentração de íons H^+ multiplicada pela concentração de íons HCO_3^- e dividida pela concentração das moléculas não-dissociadas de ácido carbônico é igual a uma constante K' .

Todavia, é quase impossível medir a concentração do ácido carbônico não-dissociado em solução, visto que ele também se dissocia rapidamente em CO_2 dissolvido e H_2O , bem como em H^+ e HCO_3^- . Por outro lado, a concentração de CO_2 dissolvido é facilmente medida; e, como a quantidade de ácido carbônico não-dissociado é proporcional à de CO_2 dissolvido, a equação pode ser expressa da seguinte maneira:

$$H^+ \times HCO_3^- / CO_2 = K$$

A única diferença entre as duas fórmulas é que a constante K é aproximadamente 1/400 vezes a constante K' , visto que a relação de proporcionalidade entre o ácido carbônico e o dióxido de carbono é de 1:400. A fórmula pode ser modificada da seguinte forma:

$$H^+ = K \cdot CO_2 / HCO_3^-$$

Se tomarmos o logaritmo de cada termo da equação, obteremos:

$$\log H^+ = \log K + \log CO_2 / HCO_3^-$$

Os sinais de $\log H^+$ e $\log K$ são mudados de positivos para negativos, e o CO_2 e o HCO_3^- são invertidos no último termo, que é o mesmo que mudar seu sinal, resultando na seguinte fórmula:

$$(-\log H^+) = (-\log K) + \log HCO_3^- / CO_2$$

O $(-\log H^+)$ é igual ao pH da solução. De forma semelhante, o $(-\log K)$ é denominado pK do tampão. De maneira que esta fórmula ainda pode ser modificada para:

$$pH = pK + \log HCO_3^- / CO_2$$

Para o sistema tampão de bicarbonato, o pK é de 6,1 e a equação de HENDERSON-HASSELBALCH, pode ser expressa da seguinte maneira:

$$pH = 6,1 + \log HCO_3^- / CO_2$$

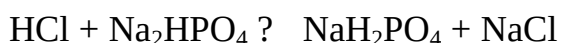
Com esta equação pode-se calcular o pH de uma solução com razoável precisão, se forem conhecidas as concentrações molares dos íons de HCO_3^- e CO_2 dissolvido. Se a concentração de bicarbonato for igual à concentração de dióxido de carbono dissolvido, o segundo membro da parte direita da equação passa a ser log de 1, que é igual a zero. Por conseguinte, para concentrações iguais, o pH da solução é igual ao pK. A partir da equação de HENDERSON-HASSELBALCH, pode-se constatar que aumento da concentração de íon HCO_3^- determina elevação de pH, ou, em outras palavras, desloca o equilíbrio ácido-básico para o lado alcalino. Por outro lado, o aumento da concentração de CO_2 dissolvido diminui o pH, ou desloca o equilíbrio ácido-básico para o

lado ácido.

Para Guyton (1992), o sistema tampão bicarbonato não é um tampão muito forte por duas razões: em primeiro lugar, o pH nos líquidos extracelulares é de cerca de 7,4 já, o pK do sistema tampão bicarbonato é de 6,1. Isso significa que, no tampão bicarbonato, a concentração dos íons HCO_3^- é 20 vezes maior que a do CO_2 dissolvido. Por esse motivo, o sistema opera em trecho de sua curva de tamponamento onde a capacidade de tamponamento é baixa; em segundo lugar, as concentrações dos dois elementos do sistema bicarbonato CO_2 e HCO_3^- , não são grandes. Contudo, apesar do fato de o sistema tampão bicarbonato não ser especialmente potente, ele é realmente mais importante que todos no organismo, visto que a concentração de cada um dos dois componentes pode ser regulada, o dióxido de carbono pelo sistema respiratório, e o íon bicarbonato pelos rins. Como consequência, o pH do sangue pode ser deslocado para cima ou para baixo pelos sistemas respiratório e renal.

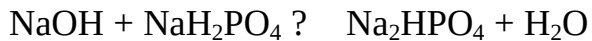
2.7. Sistema tampão fosfato

O sistema tampão fosfato atua de maneira quase idêntica à do bicarbonato, e é composto pelos elementos: H_2PO_4^- e HPO_4^{--} . Quando se acrescenta ácido forte, como o HCl, à mistura dessas duas substâncias, ocorre a seguinte reação:



O resultado final dessa reação consiste na remoção do HCl, com formação de uma quantidade adicional de NaH_2PO_4 . Como o NaH_2PO_4 é um

ácido fraco, o ácido forte acrescentado é imediatamente substituído por um ácido muito fraco, de modo que o pH muda relativamente pouco. Por outro lado, se for adicionada uma base forte, como o NaOH ao sistema tampão, ocorrerá a seguinte reação:



Neste caso, o NaOH é decomposto para formar H₂O e Na₂HPO₄. Isto é, uma base forte é trocada por uma base muito fraca, permitindo apenas ligeiro desvio do pH para o lado alcalino. O sistema tampão fosfato possui pK de 6,8 valor que não se afasta muito do pH normal de 7,4 nos líquidos corporais. Isso permite ao sistema fosfato operar próximo de sua capacidade ótima de tamponamento. Todavia, sua concentração no líquido extracelular é de apenas 1/12 daquela do tampão bicarbonato. Por conseguinte, sua capacidade tamponante no líquido extracelular é bem menor que a do sistema bicarbonato. Por outro lado, o tampão fosfato é especialmente importante nos líquidos tubulares dos rins, por duas razões: em primeiro lugar, o fosfato fica muito concentrado nos túbulos, aumentando a capacidade tamponante do sistema fosfato em segundo lugar, o líquido tubular geralmente é mais ácido do que o líquido extracelular, trazendo a faixa de operação do tampão mais próximo ao pK do sistema.

Para Guyton (1992), o tampão fosfato também é muito importante nos líquidos intracelulares, visto que a concentração de fosfato nesses líquidos é muitas vezes maior que a dos líquidos extracelulares e, também, pelo fato de o pH do líquido intracelular estar geralmente mais próximo ao pK do sistema tampão fosfato do que o pH do líquido extracelular.

2.8. Sistema tampão de proteínas

O tampão mais abundante do organismo dos animais superiores é constituído pelas proteínas da célula e do plasma, principalmente devido às suas concentrações muito altas. Verifica-se pequena difusão dos íons H^+ através da membrana celular; ainda mais importante é a capacidade do CO_2 de difundir-se em poucos segundos através das membranas celulares, enquanto os íons HCO_3^- podem sofrer certo grau de difusão (os íons H^+ e HCO_3^- necessitam de várias horas para entrar em equilíbrio na maioria das células) à exceção dos eritrócitos. A difusão de íons H^+ e dos dois componentes do sistema tampão bicarbonato determina a alteração do pH dos líquidos intracelulares aproximadamente na mesma proporção da alteração observada no pH dos líquidos extracelulares. Por conseguinte, todos os sistemas tampões no interior das células também ajudam a tamponar os líquidos extracelulares, embora possam ser necessárias várias horas. Esses sistemas incluem quantidades muito grandes de proteínas no interior das células. De fato, estudos demonstram que cerca de três quartos de toda a capacidade de tamponamento químico dos líquidos corporais encontram-se no interior das células, sendo a maior parte proveniente das proteínas intracelulares. Todavia, a exceção dos eritrócitos, a lentidão de movimento dos íons H^+ e HCO_3^- através das membranas celulares, quase sempre retarda por várias horas a capacidade dos tampões intracelulares de tamponar as anormalidades ácido-básicas extracelulares (Guyton, 1992). O autor complementa informando que o método pelo qual o sistema tampão de proteínas atua é semelhante ao do sistema bicarbonato. Além disso, o pK de alguns sistemas tampões de aminoácidos não está muito distante de 7,4. Isso também ajuda a tornar o sistema tampão de proteínas o mais potente dos tampões do organismo.

2.9. Acidose e alcalose

Para impedir o desenvolvimento da acidose ou alcalose, o organismo dispõe de diversos sistemas de controle: (1) todos os líquidos corporais possuem sistemas tampões ácido-básico que imediatamente se combinam com qualquer ácido ou base impedindo assim, a ocorrência de mudanças excessivas da concentração de íons H^+ ; (2) se a concentração de íons H^+ sofrer alguma alteração detectável, o centro respiratório é imediatamente estimulado para alterar a frequência respiratória. Em consequência, a velocidade de remoção de CO_2 dos líquidos corporais é automaticamente modificada, esse processo permite a normalização da concentração de íons H^+ ; (3) quando a concentração de íons H^+ afasta-se do normal, os rins excretam urina ácida ou alcalina, ajudando assim a reajustar e a normalizar a concentração de íons H^+ dos líquidos corporais. Os sistemas tampões podem atuar dentro de frações de segundos para impedir a ocorrência de alterações excessivas na concentração de íons H^+ . Por outro lado, são necessários de um a doze minutos para que o sistema respiratório possa fazer ajustes agudos e mais de 24 horas para efetuar ajustes adicionais crônicos. Por fim, os rins apesar de constituírem o mais potente de todo o sistema de regulação ácido-básica, necessitam de muitas horas ou vários dias para reajustar a concentração de íons H^+ (Guyton, 1992).

2.9.1. Efeitos da acidose

O principal efeito clínico da acidose é a depressão do sistema nervoso central. Quando o pH cai abaixo de 7,0 o sistema nervoso fica deprimido, ocasionando desorientação e posterior quadro comatoso.

Na acidose metabólica, a concentração elevada de íons H^+ provoca aumento da frequência e da profundidade respiratória. Por conseguinte, um dos sinais diagnósticos da acidose metabólica é o aumento da ventilação pulmonar.

A acidose metabólica pode resultar da incapacidade dos rins de excretarem os ácidos metabólicos, normalmente formados no organismo; da formação de quantidades excessivas de ácidos metabólicos no organismo; da administração venosa de ácidos metabólicos; do acréscimo de ácidos metabólicos por absorção no tubo gastrintestinal e pela perda de base dos líquidos corporais.

A oxidação protéica tem sido considerada como um fator indutor da acidose. Patience (1990) descreve que o produto dessa oxidação está diretamente ligado aos aminoácidos de origem. A oxidação de aminoácidos neutros não afeta o equilíbrio ácido-base, já a oxidação dos aminoácidos dicarboxílicos (ácidos aspártico e glutâmico) pode causar alcalose metabólica. Caso o aminoácido básico seja lisina ou arginina, ou estiver fosforilado (fosfoserina), sua degradação poderá ocasionar uma acidose metabólica.

A diarreia grave é uma das causas mais freqüente de acidose metabólica pelas seguintes razões: as secreções gastrointestinais contêm normalmente grandes quantidades de bicarbonato de sódio. Por conseguinte, a perda excessiva dessas secreções durante a diarreia equivale à excreção de grandes quantidades de bicarbonato de sódio pela urina. Isso provoca desvio do sistema tampão bicarbonato em direção ao ácido, resultando em acidose metabólica (Guyton, 1992).

O vômito pode ter um papel importante no balanço eletrolítico. Esta secreção geralmente contém muito NaCl, é rica em HCl, e possui uma quantidade relativamente grande de K. O vômito geralmente está associado

com alcalose metabólica, depleção de reservas de cloreto, deficiência de potássio e desidratação. Os efeitos mais profundos são associados com hipocloremia e hipocalemia (Weinberg, 1986).

Para Vieites (2003) é difícil prever a acidogenicidade da degradação protéica associada a uma determinada dieta, pois depende do balanço dos aminoácidos oxidados e não do conteúdo dos mesmos na dieta. Entretanto, pode-se recorrer à fórmula proposta por Mongin (1981) para inferir sobre a acidogenia das dietas.

2.9.2. Efeitos da alcalose

O principal efeito clínico da alcalose é a hiperexcitabilidade do sistema nervoso. Isso ocorre tanto no sistema nervoso central quanto nos nervos periféricos; todavia, em geral, os nervos periféricos são afetados antes do sistema nervoso central. Os nervos ficam tão excitáveis que disparam de modo automático e repetitivo, mesmo não sendo excitados por estímulos normais. Em consequência, os músculos entram em estado de tetania, o que significa estado de espasmo tônico.

A alcalose metabólica não ocorre com a mesma frequência que a acidose metabólica. Entretanto, existem várias causas comuns de alcalose: alcalose causada pela administração de diuréticos, pela ingestão excessiva de substâncias alcalinas, pela perda de íons cloreto e pelo excesso de aldosterona (Guyton, 1992).

2.9.3. Excreção de ácidos

A excreção de ácido ou a (conservação de bicarbonato) é uma das funções críticas dos rins (Brosnan et al., 1987).

Segundo Patience (1990), o papel da amônia na excreção renal de ácidos foi bem revisado e detalhado, em decorrência da limitação dos rins de excretarem ácidos e prótons livres. A excreção de amônia reflete um aumento na remoção ácida se acompanhado por Cl^- ou acontecer na troca por Na^+ , e só quando o glutamato gerado pela hidrólise de glutamina é oxidado. Para Walser (1986) a secreção de amônia somente refletiria uma acidose se fosse acompanhada da eliminação de Cl^- ou se este fosse trocado pelo Na^+ , sendo ainda necessário a oxidação completa do glutamato gerado pela hidrólise da glutamina.

Sobre condições normais do equilíbrio ácido-básico, glutamina suficiente está presente na dieta ou pode ser gerada de outros aminoácidos, suprimindo as necessidades para a formação de amônia. No entanto, quando a dieta contribui para diminuir estes requerimentos, a massa corporal pode ser sacrificada para liberar glutamina do tecido ósseo (Patience, 1990). O papel do catabolismo ósseo na acidose foi demonstrado por Hannaford et al. (1982) onde relatam que Na e KHCO_3 podem ajudar a conservar a musculatura em quadro de acidose induzida em humanos.

A passagem da glutamina da síntese de uréia do tecido hepático para o rim para a síntese de amônia, representa uma resposta homeostática importante na perturbação ácido-básica. Squires et al. (1976) demonstraram que, em condições normais, o metabolismo renal da glutamina está bastante limitado, porém pode ser estimulado por qualquer processo ácido-gerador. A junção da função hepática e renal pode ser ilustrada para suínos, quando

ocorre uma diminuição quantitativa de uréia na urina e esta excreção é acompanhada de um aumento de amônia (Patience e Wolynetz, 1987).

A relação entre o sistema renal, hepático, a formação e manutenção do esqueleto com o metabolismo de aminoácidos, demonstra o papel claro no qual o equilíbrio ácido-básico pode influenciar na utilização de aminoácidos. Embora a glutamina seja o precursor primário da síntese de amônia, também podem estar envolvidos outros aminoácidos, como a serina e a glicina (Lowry et al., 1987).

2.10. Balanço eletrolítico

A idéia de manipular as concentrações iônicas das rações com a finalidade de evitar as conseqüências patológicas e produtivas advêm de uma base teórica baseada no equilíbrio entre os ânions que são acidógenos, exceto o fosfato e o bicarbonato, e os cátions que são alcalógenos.

Muitos estudos têm sido direcionados ao desenvolvimento de expressões simplificadas de BE, de forma a identificar a relação crítica de eletrólitos para o uso na formulação de rações. Mongin (1981) utilizou a seguinte fórmula para compor a ingestão de ração e o equilíbrio ácido-básico do animal:

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

(* Equivalente grama do Na, K e Cl)

Segundo Meschy (2000), sobre esta base têm sido propostas várias equações. Para monogástricos, se mantém geralmente, o balanço eletrolítico expressado em mEq/kg de MS (ou por 100g) de alimento. Com todo rigor,

seria preciso ter em conta outros cátions e ânions com a condição de serem metabolizados, traduzidos como íons destinados exclusivamente a homeostase ácido-básica, além de levar em conta sua eficácia de absorção digestiva. Para isso Patience e Wolynetz (1990) sugeriram a equação:

$$BE = (Na/23 + K/39 - Cl/35,5) \times 1000$$

Os primeiros estudos sobre os efeitos de equilíbrio eletrolítico nas dietas sobre o desempenho de aves foram realizados na década de setenta. Sauveur e Mongin (1978) encontraram resposta quadrática para a velocidade de crescimento quando o BE aumentava, sendo o crescimento máximo para o nível de 250 mEq/kg e que a relação $(K^+ + Cl^-)/Na^+$ deve ser maior que 1 (um), e concluem que as aves toleravam mais o excesso de K^+ do que Na^+ .

Segundo Maiorka et al. (1998), as recomendações do nível mais adequado de sódio e a relação entre os eletrólitos (Na, K e Cl), preconizada por Mongin (1989) são poucas e até raras. Os autores, trabalhando com BE de 100, 150, 200, 250 e 300 mEq/kg, determinaram que para o melhor desempenho de aves na primeira semana de vida, a relação entre os íons Na, Cl e K foi de 140 mEq/kg.

Para suínos, e em particular para leitões desmamados, a acidificação do alimento no estômago deve ser suficiente para controlar o desenvolvimento da flora bacteriana, a fim de permitir uma atividade ótima das enzimas digestivas. O poder tampão dos alimentos, definido como a quantidade ótima de HCl necessária para abaixar o pH entre 3 e 4, depende de seu conteúdo de proteínas e minerais. Paralelamente, também depende do balanço eletrolítico da dieta e se tem observado geralmente uma resposta quadrática na velocidade de crescimento ao elevar-se o nível de BE na dieta (Patience e Wolynetz

1990). Assim, para suínos entre 7 a 11 semanas de idade, os autores observaram uma redução significativa no desempenho quando o nível de BE na dieta ultrapassa 300 mEq ou é inferior 80 mEq. Esta redução no desempenho pode estar relacionada com uma diminuição no consumo. Uma maior eficiência pode ser obtida com um BE correspondente a 150-170 mEq/Kg (Meschy, 2000) e entre 200 a 250 mEq/kg (Golz e Crenshaw, 1990).

Para Haydon et al.(1990) o aumento do pH sanguíneo observado com o aumento do BE, em vários estudos, pode ser devido ao aumento na dieta e no sangue de HCO_3^- e nos níveis totais de concentração de CO_2 . O aumento de base quando os níveis de balanço eletrolítico estão próximos de 0 a 250 mEq/kg, indica uma melhoria na regulação homeostática durante o período de alta temperatura; o que, de acordo com Mongin (1981) esta é uma possível razão para o aumento no consumo de ração e na taxa de crescimento.

Dari (2002) afirma que o BE das rações normalmente utilizadas, na prática, para frangos de corte varia de 150 a 230 mEq/kg, semelhante ao encontrado por Teeter (1997) no qual o BE foi de 201 a 182 mEq/kg, para as fases inicial e de crescimento, respectivamente.

Johnson e Karunajeewa (1985) formularam rações variando o BE de -29 a 553 mEq/kg e concluíram que o BE entre 250 e 300 mEq/kg nas dietas proporcionaram um melhor desempenho para frangos de corte até os 42 dias de idade. Os autores informaram que o BE negativo (-29 mEq/kg) prejudicou o crescimento dos animais, e que a retração no desempenho com níveis superiores a 300 mEq/kg foi influenciada pelo tipo de cátion envolvido, sódio ou potássio.

Segundo Vieites (2003) e Patience (1992) alguns trabalhos sugerem que os efeitos do BE dependem do tipo da dieta: purificada, semipurificada ou prática. Karunajeewa et al. (1986) relataram que para rações iniciais práticas

(1 a 21 dias) o aumento do BE de 150 para 300 mEq/kg não influenciou o desempenho, a formação e desenvolvimento do esqueleto e a deposição de minerais nos ossos das aves. Já Mongin e Saveur (1977), utilizando dietas purificadas para frangos de corte de um a 28 dias de idade, observaram que o melhor desempenho foi para um BE entre 250 a 350 mEq/kg. Para Karunajeewa e Baar (1988) essas diferenças nos resultados podem estar relacionadas com a disponibilidade dos minerais nas rações práticas quando comparadas às rações experimentais purificadas.

Segundo Teeter e Belay (1996), o BE pode ser influenciado por condições ambientais quando as aves são submetidas a estresse por calor. Para os autores, as altas temperaturas podem afetar o comportamento, a fisiologia, as secreções hormonais e as trocas moleculares, comprometendo a homeostasia dos animais.

2.11. Eletrólitos e metabolismo de aminoácidos

O metabolismo de aminoácidos influencia e é influenciado pelo equilíbrio ácido-básico no animal. Interações entre a bioquímica e a fisiologia são claramente estabelecidas. Embora, as considerações quantitativas e qualitativas, necessitem de maior esclarecimento (Patience, 1990).

Na síntese de amônia e uréia é essencial que a remoção do ácido ocorra ao mesmo tempo em que se conserva o HCO_3^- , sendo uma responsabilidade importante do rim (Walser, 1986). Isto é de interesse em termos de metabolismo de aminoácido. Na maioria das circunstâncias práticas, a síntese de amônia é quantitativamente sincronizada com a síntese de uréia, neste caso a excreção de nitrogênio (N) permanece constante (Welbourne et al., 1986).

Porém, a excreção de N pode aumentar quando o animal se encontra em acidose metabólica severa (Hannaford et al., 1982).

A oxidação de aminoácidos sulfurados ocorre quando a metionina e a cisteína estão presentes em quantidade maior que a requerida para síntese de proteína. Para suínos em crescimento, consumindo 2 kg/dia de uma dieta com base de milho e soja e 16% de PB, o excesso de aminoácidos sulfurados contribuiria com aproximadamente 26 mEq de ácido por dia. A contribuição exata, do excedente de ácido necessário para a oxidação, dependeria da taxa líquida de crescimento de carne magra alcançada pelos animais individualmente (Patience, 1990).

A excreção ácida líquida para suínos com acesso ad libitum à alimentação não está definida; a maioria das avaliações sugerem que 100 a 200 mEq/dia é uma estimativa razoável (Scott, 1971; Patience e Chaplin, 1997). Então, a oxidação de aminoácidos sulfurados representa um considerável, mas não predominante, volume da produção de ácido total sob condições práticas.

Aminoácidos sintéticos, quando suplementados com sais de Cl^- , representam outra fonte ácida na dieta dos suínos. Este componente pode ser avaliado em termos do Cl^- associado. Quantitativamente, representa pouco porque cada grama de lisina adicionada como lisina-HCl contribuiria somente com 7 mEq de ácido por quilograma de dieta. Assumindo um consumo diário de 2 kg para suínos em crescimento, seriam acrescentados apenas 14 mEq para o equilíbrio ácido global. Diante de uma necessidade total de 100 a 200 mEq/dia, isto não representaria um maior desafio (Patience, 1990).

Segundo Wahlstrom et al. (1983) ocorreu uma melhoria no desempenho de suínos com dietas suplementadas com acetato de potássio na presença ou não de lisina-HCl. De forma interessante, os autores utilizaram uma dieta com

níveis baixos (0,45%), mas não deficiente em potássio. Os resultados confirmam que a resposta para potássio não era consistente.

Uma maior preocupação sobre a alteração acidogênica da dieta está justificada nas pesquisas com o uso de dietas altamente purificadas. A ausência de fontes de proteína vegetais em dietas com níveis não determinados de ânions podem estar associados com depressão no crescimento. A adição de Cl^- , lisina sintética, arginina ou cloreto de colina pode deprimir o desempenho. Consequentemente, pesquisas com dietas suplementadas com NaHCO_3 devem ser realizadas com a finalidade de avaliar possíveis implicações da acidose (Patience, 1990).

Outra interação existente entre eletrólitos e o metabolismo de aminoácidos está relacionada com o antagonismo lisina x arginina. O excesso de lisina dietética poderá acarretar um aumento de sua concentração no plasma sanguíneo, com uma diminuição na concentração de arginina. Em trabalhos realizados com suínos, têm-se observado que a lisina altera a utilização da arginina, aumentando sua degradação via atividade da enzima arginase que converte a arginina em ornitina e uréia nos rins, diminuindo a síntese de creatina a partir da arginina, glicina e metionina. O excesso de lisina poderá causar também, a diminuição no apetite dos animais com efeito no desempenho.

Para aves, a relação entre metabolismo de lisina e o conteúdo dietético de ácido ou sais alcalinos é bem estabelecida (Austic e Calvert, 1981). O'Dell e Savage (1966) foram os primeiros a informar a relação entre conteúdo de cátion dietético fixo e o antagonismo de lisina-arginina. Os autores observaram que o acetato de potássio reduziu os efeitos do antagonismo. Por outro lado, Austic e Calvert (1981) observaram que sais de Cl exacerbaram este antagonismo. A base metabólica para esta relação não foi confirmada,

embora talvez, o potássio possa estimular o catabolismo de lisina (Scott e Austic, 1978).

O metabolismo de aminoácidos é influenciado pelo equilíbrio ácido-básico. O efeito no metabolismo da glutamina está evidenciado, porém, outros aminoácidos também são afetados. May et al. (1986) demonstraram que acidoses metabólicas podem estimular a degradação de proteína e reduzir a retenção de N. Os autores observaram que a glutamina foi condicionante para esta resposta.

A importância de acidoses é delineada pela observação de que a administração de NaHCO_3 em ratos acidóticos promoveu a proteção dos animais do catabolismo protéico (May et al., 1987b), devido a sensibilidade às mudanças no pH. Não é incomum observar-se alterações no metabolismo de aminoácidos, como os aminoácidos de cadeia ramificada, na presença de acidoses metabólicas agudas (May et al., 1987a).

Metabolismo renal e hepático de aminoácidos essenciais, como a lisina e a leucina, também pode ser influenciado pelo equilíbrio ácido-básico (Patience et al., 1986). Embora o metabolismo da glutamina em estado de desequilíbrio ácido-básico, possa ser justificado através da elucidação dos mecanismos associados com a síntese de amônia e uréia (Forsberg et al., 1985).

Outras circunstâncias podem exemplificar a relação entre o equilíbrio ácido-básico e o metabolismo de aminoácidos: a deficiência de potássio dietética e o pH intracelular reduzido na musculatura óssea (Tannen, 1986) associados com a acumulação de aminoácidos básicos (Sanslone et al., 1970). Estas observações demonstram a complexidade de fatores que regulam o equilíbrio ácido-básico e o metabolismo de aminoácidos, sendo apenas

evidenciado que dietas, tanto para aves quanto para suínos, se suplementadas com sais alcalinos, podem melhorar o desempenho dos animais.

2.12. Jejum e realimentação

O jejum pode causar impacto na retenção de eletrólitos. Durante a fase inicial do jejum, ocorre elevação de sódio, na excreção renal. Já o jejum estendido é associado com a conservação de sódio e a subsequente realimentação é acompanhada do acúmulo de sódio. A restrição de sais pode, previamente, reduzir a natriurease, porém o jejum induzido não elimina completamente o fenômeno (Patience, 1992).

A relação entre ganho e perda de peso corporal é importante e tem sido explorada em dietas para humanos, avaliando os efeitos da perda de peso rápida (de água, e não de massa corporal). Durante o início do jejum o incremento das perdas de sódio reduzem a osmolaridade dos fluídos, com concomitante supressão de ADH; a excreção de urina aumenta e a perda de peso corporal é rápida. A realimentação aumenta as reservas de sódio que afetam osmolaridade, estimula a ADH e a produção de urina é reduzida, o que concorre para a elevação de água no corpo, e assim o ganho de peso (Patience, 1992).

O jejum também resulta em perda de potássio e partes da perda estão relacionadas com a perda de massa corporal e associadas às células musculares, porém, também há prejuízo na conservação renal de potássio. Embora outros minerais como cálcio, fósforo e magnésio, também sejam excretados em quantidades crescentes durante jejum, os níveis no soro raramente caem abaixo do normal e nenhum efeito adverso é informado. Em

todos os casos, inclusive nos déficits de sódio e potássio, os suplementos orais desses minerais, são muito efetivos na solução do problema (Patience, 1992).

2.13. Meio ambiente

O uso da suplementação eletrolítica durante situações de estresse é um tópico um pouco confuso, devido em parte, pela dificuldade para definir e quantificar a tensão. Há alguma base fisiológica para a prática, determinada pela elevação de ACTH e/ou glicorticóides, um fenômeno associado com tensão foi demonstrado ao prejudicar a utilização de muitos minerais inclusive potássio e cálcio. Os glicorticóides têm sido apresentados como inibidores da absorção de cálcio no trato intestinal de suínos e aves (Patience, 1992). O autor discutiu como o estresse devido ao frio aumenta a excreção renal de magnésio e potássio, mas, não de sódio. Aparentemente, os efeitos do estresse diminuem após algum tempo, presumivelmente, o animal adapta-se ao ambiente. Porém, o desafio permanece para se determinar até que ponto as exigências de eletrólitos poderiam ser afetadas pelo estresse ambiental, e se a composição das dietas normais satisfazem as necessidades dos animais de criatórios comerciais.

O valor do BE que possa otimizar o desempenho dos monogástricos varia segundo diversos autores. Esta variação pode estar relacionada com as condições em que se realizam os experimentos, idade do animal, instalações e temperatura. De acordo com Meschy (2000) a temperatura corporal pode influenciar o equilíbrio ácido-básico do sangue. Um estado de acidose pode proporcionar um aumento do ritmo respiratório, com a eliminação de CO₂, possibilitando restabelecer o equilíbrio ácido-básico. Nas aves, uma situação de estresse térmico normalmente é acompanhada de níveis reduzidos de CO₂ e

HCO₃⁻. A adição de NH₄Cl e ou NaHCO₃ sugere uma melhora no desempenho devido à redução da alcalose e o aumento da disponibilidade de bicarbonato (Teeter et al.,1985).

Borges et al. (1999) avaliando os efeitos do estresse calórico e da suplementação de KCl sobre o desempenho e algumas características fisiológicas de frangos de corte, informaram que não houve efeito da suplementação de KCl, tanto na ração quanto na água, independentemente dos níveis adicionados às dietas, sobre o desempenho de frangos submetidos à estresse calórico. Estes resultados diferem dos obtidos por Smith e Teeter (1992), Beker e Teeter (1994) e Borges et al. (1996). Para Borges et al. (1999) o ambiente controlado no qual foi conduzido o experimento, permite inferir que a resposta das aves à suplementação com KCl pode estar ligada a tempo (horas), período (dias), e intensidade (temperatura), do estresse e que a concentração de KCl a ser adicionada pode estar relacionada com a intensidade do estresse a que os animais foram submetidos.

Objetivando avaliar desempenho e parâmetros gasométricos em frangos de corte suplementados com seis níveis de KCl, Souza et al. (2002) descreveram o efeito significativo no nível de balanço eletrolítico e no pH do sangue das aves. Teeter et al. (1985) não encontraram variação de pH em frangos de corte suplementados com KCl nas dietas. Já para o bicarbonato total, os resultados são corroborados pelo trabalho de Ait-Boulahsen (1995), com frangos de corte submetidos a estresse calórico.

Para a pressão parcial de CO₂ e pressão parcial de O₂, os resultados diferem dos relatados por Ait-Boulahsen et al. (1995) que avaliou três níveis de KCl na água (0,3; 0,6 e 0,9%), onde ocorreu efeito significativo ao nível de 0,6% de KCl em relação ao controle e de 0,9% de KCl quando comparado com os demais tratamentos.

Para poedeiras comerciais diversos compostos têm sido adicionados na dieta ou na água com o objetivo de minimizar os efeitos do estresse ao calor e melhorar a qualidade da casca do ovo. Muitos desses compostos têm sido direcionados a corrigir o equilíbrio ácido-básico, principalmente na alcalose respiratória, como resultado da pressão de CO₂, durante a fase de palpitação (Belay et al., 1980).

A alcalose induzida pelo estresse calórico tem sido relacionada ao elevado nível de corticosterona plasmático e ao balanço mineral negativo do potássio e do sódio (Bowen e Washburn, 1985; Belay et al., 1980). Conseqüentemente, o KCl e o NaCl, quando adicionados na água de bebida podem reduzir a severidade do estresse calórico. A deposição de carbonato de cálcio para formar a casca do ovo é dependente de pH sanguíneo e é diminuída de maneira diretamente proporcional ao pH, como resultado de alcalose respiratória (Frank e Burger, 1965).

Miles e Harns (1982), registraram que a adição de bicarbonato de sódio às dietas de poedeiras, proporcionou significativa melhoria na taxa de produção e qualidade da casca dos ovos. Por outro lado, Filho (1996) trabalhando com poedeiras comerciais, analisando desempenho e parâmetros sanguíneos com diferentes relações (Na + K)/Cl, utilizando fontes como o bicarbonato de sódio, o cloreto de sódio e o cloreto de potássio, não encontraram resposta significativa na produção de ovos. Porém, os resultados mostraram uma tendência em melhorar o desempenho produtivo das aves que receberam ração contendo 0,67% de bicarbonato de sódio e 0,38% de cloreto de potássio. Grizzle et al. (1992), observaram que o aumento na relação (Na + K)/Cl resultou em melhor produção de ovos, porém os outros índices produtivos foram diminuídos. Houve uma diminuição do peso dos ovos e do consumo de ração à medida que se elevou a relação dos íons na dieta.

Junqueira et al. (2000) trabalhando com poedeiras comerciais e utilizando diversas fontes de sódio, observaram que o número de MONGIN nas dietas experimentais, não exerceu influência sobre a gravidade específica, a espessura da casca, conversão alimentar e massa dos ovos, assim como a relação $(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Hunt e Aitken (1962), os quais relataram que a adição de NH_4Cl não afetou a taxa de produção de ovos. No entanto, o peso médio dos ovos aumentou com a adição de 0,30% de NaCl e 0,47% de NaHCO_3 mais 0,19% de NH_4Cl , respectivamente nas relações $(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$ iguais a 3,46 e 4,46. Verificaram ainda, que houve diminuição no peso dos ovos, à medida que se elevou a relação iônica, com a adição de bicarbonato de sódio, o que discorda, dos relatos de Patience (1992), em que a relação iônica não exerceu qualquer efeito sobre este parâmetro.

2.14. Tecido ósseo

O tecido ósseo é um tecido ativamente metabolizado. A atividade das células de degradação ou reabsorção – os osteoclastos – e de formação – os osteoblastos – estão constantemente renovando tecido ósseo velho ou danificado. Os ossos também são reservatórios de cálcio para o organismo, o qual é reabsorvido para a manutenção dos níveis adequados na circulação. Os sinais gerados pela necessidade de cálcio e a substituição de tecido ósseo velho recrutam os precursores dos osteoclastos. Estes escavam um ponto de absorção criando um ambiente ácido para desmineralizar o osso e liberam enzimas que degradam a matriz orgânica. Os osteoblastos chegam na sequência, produzindo as proteínas da matriz óssea e facilitando a calcificação do osso. Este processo metabólico é denominado remodelagem óssea.

Sob condições normais, o osso compacto é depositado pelos osteoblastos no interior da borda subperiosteal com o objetivo de prevenir excessiva mineralização; os osteoclastos reabsorvem material dessa borda através da cavidade medular. Portanto, no desenvolvimento normal ocorre uma contínua deposição e absorção do osso, sendo importante observar que a maior parte das anormalidades do esqueleto está relacionada com a deposição e não com a absorção (Leeson e Summers, 1988).

O osso é uma forma especializada de tecido conjuntivo constituído por células e matriz extracelular mineralizada, a qual produz um tecido extremamente duro, capaz de desempenhar funções de sustentação e proteção (Ross e Rowrell, 1993). O cálcio ósseo é encontrado na forma de cristais de hidroxiapatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ e pode ser mobilizado e captado pelo sangue para manter níveis apropriados em todos os tecidos do corpo, caso seja necessário (Guyton, 1992).

Segundo Swenson (1988), no adulto o osso contém, com base no seu peso líquido, cerca de 25% de água, 45% de cinzas e 30% de matéria orgânica. O cálcio responde por cerca de 37% do conteúdo de cinzas e o fósforo por aproximadamente 18,5%. Com base no peso seco, o conteúdo mineral do osso está entre 65 e 70%, com fração orgânica em torno de 30 a 35%. Da fração orgânica, 95 a 99% é colágeno que, sob aquecimento em solução aquosa converte-se em gelatina.

Quanto aos constituintes minerais do osso, estes estão em troca constante com os constituintes do plasma. A desmineralização do osso ocorre quando a ingestão de minerais é inadequada, ou quando sua perda é excessiva. A ossificação envolve a precipitação dos sais do osso na matriz, por meio de um equilíbrio físico-químico, envolvendo o Ca^{++} , o $\text{HPO}_4^{=}$ e o $\text{PO}_4^{=}$. A fosfatase alcalina, enzima que libera o fosfato dos ésteres orgânicos, pode

produzir o fosfato inorgânico, que reage com o cálcio para formar o fosfato de cálcio insolúvel. A fosfatase não é encontrada na matriz mas sim, nos osteoblastos do osso em crescimento (Albuquerque, 1988).

De acordo com Pines e Hurwitz (1991) o crescimento longitudinal dos ossos é iniciado pelo desenvolvimento das cartilagens. A cartilagem formada é degradada e calcificada. Os condrócitos (células que formam as cartilagens) sofrem um processo de degeneração e são substituídas pelos osteoblastos (células produtoras da matriz óssea). Essas mudanças ocorrem na cartilagem epifisária, também denominada zona de crescimento. No animal adulto não ocorre crescimento longitudinal dos ossos devido ao desaparecimento das cartilagens na placa de crescimento. Já os ganhos na espessura são consequência da formação de lamelas concêntricas pela camada subperiosteal.

O crescimento longitudinal do osso depende de várias etapas no metabolismo e diferenciação dos condrócitos da placa de crescimento epifiseal, que envolvem proliferação celular e síntese de produtos específicos para a substituição da cartilagem pela matriz óssea. Os condrócitos são, então, removidos pelos capilares metafiseais e substituídos por osso trabecular. Isto aparentemente, induz a produção de fatores de crescimento IGF-I (fator de crescimento I – semelhante à insulina), bFGF (fator de crescimento fibroblático) e TGF- β (fator de crescimento β transformado) que possuem funções autócrinas e parácrinas no processo. Todos esses fatores são ativos em cultura de condrócitos e estão presentes em sítios específicos na placa de crescimento (Leach e Twal, 1994).

O crescimento ósseo ocorre em uma região de cartilagem especializada, a placa de crescimento, situada nas epífises dos ossos longos. A placa de crescimento consiste de condrócitos e matriz extracelular composta de proteoglicanas e colágeno tipo II, principalmente.

A característica do crescimento ósseo endocondral é a precisa organização espacial e temporal de condrócitos que exibem uma série de estágios de maturação bem definida. Os condrócitos são distinguidos por mudanças na sua taxa de proliferação e morfologia, e pela síntese de proteínas que formam a matriz extracelular (Farquharson e Jefferies, 2000).

Os ossos longos crescem por ossificação endocondral. No interior das placas de crescimento, os condrócitos proliferam-se e depois hipertrofiam-se. A matriz de cartilagem dos condócitos hipertrofiados é então mineralizada, reabsorvida e substituída por osso. A largura de um osso aumenta por aposição de crescimento ósseo. Existe uma variação acentuada na histologia dos tecidos esqueléticos das aves, dependendo da linhagem, idade, sexo e nutrição. A placa de crescimento normal possui cerca de 0,5 a 1 mm de espessura e reflete a taxa de crescimento (Thorp, 1999).

Uma variedade de fatores pode contribuir para as anormalidades do tecido ósseo e pernas das aves, cuja etiologia e patogênese são complexas e inadequadamente definidas (Thorp e Waddington, 1997). A deficiência de vitamina D₃ em frangos jovens produz raquitismo e, é caracterizada pelo alongamento do disco epifisário e pela falha na mineralização da cartilagem do disco epifisário, causando desorganização, hipertrofia dos condrócitos e defeitos na mineralização, resultando em deformidades ósseas (Perry et al., 1991). A cartilagem do disco epifisário regula a velocidade de crescimento e comprimento de vários ossos do esqueleto. Pouco se conhece sobre a regulação da degradação terminal da cartilagem anterior à formação do osso (Silva, 1995). Comparado com as espécies de mamíferos, o disco de crescimento das aves contém mais células, é menos organizado e parece mais susceptível à má formação (Pines e Hurwitz, 1991).

Para Rodrigues (2001) o ciclo de remodelação se inicia quando uma superfície óssea não remodelada é ativada. Embora o mecanismo de ativação não esteja elucidado, sabe-se que a retração das células de revestimento do osso que, normalmente, revestem a superfície inativa é um elemento chave. Durante a fase de reabsorção, osteoclastos ligam-se à superfície do osso reabsorvendo-o em discretas unidades. A ligação dos osteoclastos à superfície do osso é mediada pela zona clara, uma estrutura da membrana que isola a área de reabsorção do ambiente circundante. Este mecanismo permite ao osteoclasto criar uma membrana demarcando um microambiente que pode otimizar as ações de enzimas e ativadores celulares associados com a dissolução da matriz mineralizada. Com o abrandamento da atividade dos osteoclastos, células mononucleares aparecem no local de reabsorção com a finalidade de aplainar as lacunas desgastadas antes da chegada dos osteoblastos. Esta é a fase reversa. É durante esta fase que os osteoblastos são mobilizados para o início da fase de remodelagem óssea. Os osteoblastos irão sintetizar e depositar nova matriz óssea dentro da cavidade escavada. A matriz orgânica ou osteóides servem como suporte para a mineralização. Após o ciclo de remodelação completar-se, a superfície óssea retorna ao estado normal.

A atividade das células ósseas pode ser detectada através de marcadores bioquímicos específicos que são liberados na circulação durante o processo de remodelagem. Esses marcadores de reabsorção óssea adquiriram importância específica a partir do indicativo de que estão associados com o risco de fraturas e perda óssea. Tais marcadores refletem a degradação osteoclástica do colágeno ósseo. Os marcadores incluem a hidroxipropilina (Hyp) e a galactosil hidroxilisina (GHyl), que são aminoácidos modificados predominantes no colágeno e na ligação cruzada do piridinium ao colágeno. A força e a rigidez estrutural da matriz óssea resulta da ligação cruzada entre

moléculas de colágeno adjacentes, como na montagem das fibrilas. Como produto do processo de maturação, a ligação cruzada do piridinium não pode ser reutilizada na síntese de colágeno novo, nem são liberadas como resíduo do processo de formação (Robins, 1995).

Segundo Freitas (2002), a matriz orgânica contém diversas proteínas, sendo o colágeno a principal delas. As glicoproteínas, chamadas de osseomucóides e osseoalbuminóides, são também constituintes do tecido ósseo. A composição primária do colágeno de diferentes espécies, contém, em média, 35% de glicina, 12% de prolina, 11% de alanina e 9% de hidroxiprolina.

A lisina e a prolina presentes no colágeno são precursoras dos aminoácidos modificados, exclusivos dos tecidos conectivos (hidroxiprolina e hidroxilisina), já a glicina substitui a cisteína e participa do metabolismo do ácido úrico, com importância fundamental no metabolismo de nitrogênio das aves (Vougham, 1970; Prockop e Williams, 1982).

Em estudos realizados por Vetter et al. (1991) observou-se que as mudanças na concentração de proteínas não colagenosas podem contribuir para a fragilidade do osso por interferência na mineralização e arquitetura normal.

Gla-proteínas têm sido identificadas no tecido ósseo, entre estas a osteocalcina e a Gla-proteína da matriz. A osteocalcina é a que se apresenta em maior quantidade, sendo considerada a principal proteína não colagenosa (PNC) da matriz óssea, e corresponde à cerca de 10 a 20 % da PNC e 1 % do total da proteína do osso. É formada por 49 aminoácidos e apresenta dois sítios de ligação para Ca^{++} . Esta proteína em ossos embrionários está relacionada com o aparecimento de depósitos minerais histologicamente definidos (Hauschka et al., 1975).

A osteocalcina é uma proteína de baixo peso molecular que contém resíduos de γ -carboxiglutâmico que conferem à proteína suas propriedades de ligação ao mineral. “In vitro”, a osteocalcina liga-se fortemente a cristais de hidroapatita e é um potente inibidor da formação desses cristais. No osso, a osteocalcina ocorre em associação com a matriz mineralizada a qual se liga via α hélice Gla (Rodrigues, 2001).

Para explicar a função da osteocalcina são apresentadas duas hipóteses. A primeira foi proposta por Hauschka et al. (1982), na qual relacionam a Gla-proteína com a mineralização do tecido ósseo em aves. Ao se comparar ossos de animais com dietas com baixo nível de mineralização com ossos normais, não ocorreu variação do nível de Gla-proteínas totais, mas um grande aumento de outra Gla-proteína de maior peso molecular. Esta molécula maior poderia ser um precursor da osteocalcina, que se acumula nos ossos das aves com deficiência de vitamina D. Esses autores levantam a hipótese de que Gla-proteínas, apesar de terem função na mineralização, aparecem primeiro como precursor de uma proteína de maior peso molecular, requerendo vitamina D para sua conversão em osteocalcina. Na segunda hipótese, (Price, 1985) sugere que Gla-proteínas inibem a mineralização óssea através da ação do metabólito ativo da vitamina D, induzindo o aumento da síntese de Gla-proteínas, o que pode, não somente, inibir a cristalização, mas também, estimular o aumento da liberação de cálcio no osso.

Os níveis de osteocalcina na circulação têm sido correlacionados com a formação óssea, com a avaliação do crescimento ósseo e com a elevação do turnover ósseo. Como a osteocalcina é produzida unicamente pelos osteoblastos no osso, seus níveis séricos têm sido freqüentemente usados como marcador específico da atividade do osteoblasto (Parthemore et al., 1993).

Alguns fatores, já conhecidos, podem causar desordens no esqueleto, como: deficiências de vitaminas (colina, biotina, niacina, ácido fólico, piridoxina e vitamina D) e de alguns elementos químicos (manganês, zinco e níquel). Atualmente, essas deficiências são raras, e as anomalias ósseas ainda são observadas. As rações comerciais são formuladas para conter todos os nutrientes conhecidos em quantidades necessárias ao crescimento normal das aves e, também, para que o esqueleto desempenhe suas funções (Tardin, 1995). No entanto, algumas hipóteses são apresentadas, como: a inexistência de associação entre os fatores nutricionais e a formação do tecido ósseo; interação de vários fatores dietéticos; fatores antinutricionais desconhecidos contidos nos ingredientes das rações; conteúdos de energia e proteína da dieta; relação Ca : P; equilíbrio entre sódio, potássio e cloro; relação entre elementos traços; vitaminas; aminoácidos e ácidos graxos; efeitos particulares de alguns ingredientes e ação de micotoxinas (Sauveur, 1984).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de desempenho foi conduzido no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia, as análises de Laboratório foram realizadas nos de Bioquímica Animal do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, no Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal e, no laboratório de Histologia Animal do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Foram utilizados fêmuress de aves da marca comercial Ross, machos, oriundos do ensaio de desempenho e que foram alojados em galpão de alvenaria, subdividido em boxes de 1,25 x 1,80 m (2,25 m²) com piso de cimento coberto com maravalha como cama (altura de 10 cm), pé direito de 3,0 m, cobertos com telha de cimento amianto provido de lanternim e muretas com laterais de 0,5 m, tela ½". As aves que morreram até o quinto dia, foram substituídas por outras, mantidas em boxes extras sob as mesmas condições de manejo das aves em experimento.

Durante o ensaio de desempenho foi adotado programa de luz contínuo. Para aquecimento das aves, do primeiro ao décimo quinto dia. Foram utilizadas lâmpadas infravermelhas de 250 W, com altura regulável.

As variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa do ar, foram medidas com termômetros de máxima e mínima, termômetro de bulbo seco e úmido e termômetro de globo negro para obtenção do ITGU (Índice de Temperatura de Globo e Umidade). A temperatura do galpão foi registrada diariamente e as leituras foram feitas às 7:00 h e às 19:00 h, por termômetros de máxima e mínima (Tabela 1). As leituras dos termômetros das demais variáveis foram realizadas cinco vezes ao dia (7:00, 10:00, 13:00, 16:00 e 19:00 h) e suas médias podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 1. Temperatura registrada no período experimental

Table 1. Temperature observed in the experimental period

Período (dias) Period (days)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) Temperature ($^{\circ}\text{C}$)			
	Máxima High		Mínima Low	
	Absoluta Absolute	Média Average	Absoluta Absolute	Média Average
1 a 7	31	30	18	20
8 a 14	32	30	18	22
15 a 21	30	29	14	18
22 a 28	28	27	19	21
29 a 35	32	30	20	21
36 a 42	32	28	21	22
Média Average	-	29	-	21

Tabela 2. Condições ambientais durante o período experimental

Table 2. Environmental conditions during the experimental period

Período (dias) Period (days)	Umidade relativa (%) Relative humidity (%)	ITGU Black globe humidity index
1 a 7	67 $\pm$ 5,9	74 $\pm$ 0,9
8 a 14	71 $\pm$ 6,1	75 $\pm$ 1,0
15 a 21	61 $\pm$ 3,5	73 $\pm$ 1,7
22 a 28	64 $\pm$ 8,7	73 $\pm$ 0,8
29 a 35	79 $\pm$ 6,7	76 $\pm$ 2,0
36 a 42	83 $\pm$ 8,6	75 $\pm$ 1,7
Média Average	73 $\pm$ 6,6	74 $\pm$ 1,3

ITGU = $T_{gm} + 6,36 T_{po} - 330,08$

Black globe humidity index

Onde: T_{gm} = temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{K}$) T_{gm} = temperature of black globe ($^{\circ}\text{K}$)

T_{po} = temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}\text{K}$) T_{po} = temperature of dew point ($^{\circ}\text{K}$)

No período de um a 21 e de 22 a 42 dias de idade, as aves receberam rações com 20 e 23 % de PB a base de milho, farelo de soja e glúten de milho, de forma a atender as recomendações nutricionais segundo Rostagno et al. (2000), exceto para potássio e cloro (Tabela 3). Essas rações foram formuladas de forma a conter BE de 150 mEq/kg, sendo utilizado como fonte de cloro o cloreto de amônia (NH_3Cl).

Os valores de BE foram calculados segundo Mongin (1981):

$$\text{BE} = (\% \text{ Na}^+ \times 10.000/22,990^*) + (\% \text{ K}^+ \times 10.000/39,102^*) - (\% \text{ Cl}^- \times 10.000/35,453^*)$$

* Equivalente grama

As rações nas fases inicial e de crescimento foram suplementadas com cloreto de amônio (NH_4Cl) ou carbonato de potássio (K_2CO_3), em substituição ao material inerte, de forma a se obter oito níveis de BE (0; 50; 100; 150; 200; 250; 300 e 350 mEq/kg). As aves foram distribuídas uniformemente nas unidades experimentais com um dia de idade e com peso médio de 45 g.

O cloreto de amônio foi utilizado para se obter o BE de 0, 50 e 100 mEq/kg e o carbonato de potássio para se atingir um BE de 200, 250, 300 e 350 mEq/kg. Os tratamentos experimentais podem ser observados na tabela 4.

Tabela 3. Composição percentual das rações experimentais (*Calculated composition of the experimental diets*)

Ingredientes (<i>Ingredients</i>)	Rações PB (<i>Diets CP</i>)			
	1 a 21 dias (<i>days</i>)		22 a 42 dias (<i>days</i>)	
	20%	23%	20%	23%
Milho (<i>Corn</i>)	60,870	55,913	61,785	55,913
Farelo de soja (<i>Soybean meal</i>)	30,128	28,853	25,582	28,853
Farelo de glúten de milho (<i>Corn glúten meal</i>)	-	7,941	4,100	7,941
Oleo de soja (<i>Soybean oil</i>)	2,571	1,632	2,998	1,632
Calcáreo (<i>Limestone</i>)	1,000	1,027	0,957	1,027
Fosfato bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	1,860	1,826	1,629	1,826
DL-Metionina (<i>DL-Methionine</i>) (99%)	0,285	0,130	0,163	0,130
L-Arginina (<i>L-Arginine</i>) (99%)	0,097	-	0,153	-
Glicina (<i>Glycine</i>)	0,296	-	-	-
L-Lisina HCl (<i>L-Lysine HCL</i>) (98%)	0,332	0,295	0,308	0,295
L-Treonina (<i>L-Threonine</i>) (98,5%)	0,139	0,007	-	0,007
L-Triptofano (<i>L-Tryptophan</i>) (99%)	0,012	-	0,006	-
Sal (<i>Salt</i>)	0,469	0,460	0,392	0,460
Cloreto de amônia (<i>Chloride of ammonia</i>)	0,122	0,134	0,129	0,134
Cloreto de colina (<i>Chloride of choline</i>) (60%)	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura vitamínica ¹ (<i>Vitamin mix</i>)	0,100	0,100	0,100	0,100
Mistura mineral ² (<i>Mineral mix</i>)	0,050	0,050	0,050	0,050
Virginiamicina ³ (<i>Virginiamicin</i>)	0,050	0,050	0,050	0,050
Anticoccidiano ⁴ (<i>Anticoccidian</i>)	0,055	0,055	0,055	0,055
Antioxidante ⁵ (<i>Antioxidant</i>)	0,010	0,010	0,010	0,010
Areia lavada (<i>Washed sand</i>)	1,500	1,500	1,500	1,500
Total (<i>Whole</i>)	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição calculada (<i>Calculated composition</i>)				
Energia metabolizável (<i>Met. energy</i>) (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000
Proteína Bruta (<i>Crude protein</i>) (%)	20,00	23,00	20,00	23,00
Cálcio (<i>Calcium</i>) (%)	0,960	0,960	0,874	0,960
Fósforo total (<i>Phosphorus</i>) (%)	0,668	0,679	0,603	0,679
Fósforo disponível (<i>Phosphorus available</i>) (%)	0,450	0,450	0,406	0,450
Sódio (<i>Sodium</i>) (%)	0,225	0,222	0,192	0,222
Potássio (<i>Potassium</i>) (%)	0,737	0,712	0,663	0,712
Cloro (<i>Chlorine</i>) (%)	0,484	0,457	0,366	0,457
Arginina total (<i>Total arginine</i>) (%)	1,324	1,321	1,250	1,321
Arginina digestível (<i>Digestible arginine</i>) (%)	1,260	1,260	1,178	1,260
Glicina+serina (<i>Glycine+serine</i>) (%)	2,096	2,096	1,808	2,096
Metionina+cistina total (<i>Meth + total cys</i>) (%)	0,890	0,901	0,817	0,901
Metionina+cistina digestível (<i>Dig meth + cys</i>) (%)	0,815	0,815	0,741	0,815
Lisina total (<i>Total lysine</i>) (%)	1,250	1,252	1,148	1,252
Lisina digestível (<i>Digestible lysine</i>) (%)	1,143	1,143	1,045	1,143
Treonina total (<i>Total threonine</i>) (%)	0,874	0,873	0,746	0,873
Treonina digestível (<i>Digestible threonine</i>) (%)	0,766	0,766	0,650	0,766
Triptofano total (<i>Total Tryptophan</i>) (%)	0,245	0,243	0,746	0,243
Triptofano digestível (<i>Digestible tryptophan</i>) (%)	0,221	0,221	0,650	0,221
Balanço eletrolítico (<i>Electrolyte balance</i>) (mEq/kg)	150	150	150	150

¹ Conteúdo/kg (*Content/kg*) - vit. A - 10.000.000 UI, vit. D₃ - 2.000.000 UI, vit. E - 30.000 UI, vit. B₁ - 2,0 g, vit. B₆ - 4,0 g, ácido pantotênico (*pantothenic acid*) - 12,0 g, biotina (*biotin*) - 0,10 g, vit. K₃ - 3,0 g, ácido fólico (*folic acid*) - 1,0 g, ácido nicotínico (*nicotinic acid*) - 50,0 g, vit. B₁₂ - 0,015 g, selênio (*selenium*) - 0,25 g, e veículo (*vehicle*) q.s.p. - 1.000 g.

² Conteúdo/kg (*Content/kg*) Mn, 16 g; Fe, 100 g; Zn, 100 g; Cu, 20 g; Co, 2 g; I, 2 g e veículo (*vehicle*) q.s.p. - 1.000 g.

³ Princípio ativo (*active principle*) - 50 %

⁴ Princípio ativo - salinomicina 12 % (*active principle - salinomycin*)

⁵ BHT

Tabela 4 - Tratamentos constituídos pelas rações inicial e de crescimento (20 e 23% de PB) suplementadas com NH_4Cl ou K_2CO_3

Table 4 - Treatments constituted by the initial and growth diets (20 and 23% of CP) supplemented with NH_4Cl ou K_2CO_3

BE (mEq/kg) <i>EB (mEq/kg)</i>	Ração basal (kg) <i>Basal diet (kg)</i>	Inerte (kg) <i>Inert (kg)</i>	NH_4Cl (kg) <i>NH_4Cl (kg)</i>	K_2CO_3 (kg) <i>K_2CO_3 (kg)</i>	Total (kg) <i>Total(kg)</i>
0	98,5	0,693	0,807	-	100
50	98,5	0,962	0,535	-	100
100	98,5	1,231	0,269	-	100
150	98,5	1,500	-	-	100
200	98,5	1,151	-	0,349	100
250	98,5	0,802	-	0,698	100
300	98,5	0,453	-	1,047	100
350	98,5	0,104	-	1,396	100

NH_4Cl – peso molecular 53,45; pureza 66,3% - weight molecular 53,45; purity 66,3%.

K_2CO_3 – peso molecular 138,20; pureza 56,44% - weight molecular 138,20; purity 56,44%.

Tendo como base o ensaio de desempenho descrito foi realizado um experimento para avaliar o efeito do balanço eletrolítico e da proteína bruta da dieta nos parâmetros físicos, químicos e histológicos do fêmur frangos de corte.

Aos 21 e 42 dias de idade, uma ave de cada repetição, com o peso médio da unidade experimental, foi sacrificada por deslocamento cervical, e os ossos do fêmur de ambas as pernas foram integralmente removidos. Os ossos foram acondicionados em sacos plásticos, identificados por idade, tratamento e lacrados imediatamente após a coleta. Foram transferidos para caixas térmicas, resfriados e congelados a uma temperatura de -5°C e armazenados no Setor de Conservação Térmica do Laboratório de Bioquímica Animal da UFV.

Para iniciar a limpeza, retirada dos resíduos de penas e da musculatura, os ossos foram descongelados em duas fases: geladeira convencional a 5°C

durante 12 horas, e em temperatura ambiente por duas horas. Sequencialmente, os ossos foram descarnados e limpos de todo o tecido aderente.

Foi medido o comprimento no sentido craneal-caudal, observando-se as laterais paralelas com maior extremidade, marcado o centro médio do osso para aferição do diâmetro dos mesmos e, posteriormente pesados. As medidas foram tomadas com paquímetro de alta precisão, sempre na mesma posição,

Para a análise da resistência óssea foram utilizados os fêmures do lado esquerdo. Os ossos foram acondicionados em adaptadores de prensa INSTRON-modelo 4204, acoplada a computador com programa específico para detectar a resistência no limite da tensão anterior ao rompimento dos ossos, leitura dos dados e emissão de relatório, no Laboratório de Papel e Celulose do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

As variáveis estudadas foram à influência do BE no peso, comprimento, diâmetro e resistência dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo dois níveis protéicos (20 e 23% de PB), nível de proteína bruta das rações e sua interação com oito níveis de BE.

Metade dos fêmures do lado esquerdo proveniente da avaliação dos parâmetros físicos, foram desengordurados com éter de petróleo, em aparelho Soxhlet, por 12 horas, acondicionados em cadinhos de peso constante e calcinados em mufla, a 600⁰ C, por duas horas, para determinação dos teores de cinzas segundo Gardiner et al. (1961).

Foi preparada uma solução mineral para dissolver as cinzas do cadinho em 5ml de HCl (1:1), e o ácido evaporado, em banho maria. Essa operação foi repetida por três vezes. O material obtido no cadinho foi transferido para um balão volumétrico de 100ml, lavado com água destilada e deionizada e o seu

volume completado. Os teores de cálcio (Ca), fósforo (P) e magnésio (Mg) foram determinados nesta solução mineral, através de kits comerciais.

Para a determinação dos teores de Ca foi utilizada a metodologia da Cresolftaleína-complexona. Os dados foram obtidos por colorimetria, medindo-se em 578 nm a intensidade da cor produzida pelo complexo formado entre a orto-cresolftaleína complexona e o Ca em pH alcalino.

Os teores de P foram obtidos por colorimetria. O P inorgânico reage com o molibdato de amônio, formando fosfomolibdato de amônio, que posteriormente é reduzido a azul de molibdênio, cuja intensidade de cor desenvolvida é proporcional à concentração de P presente na amostra no ponto de absorção máxima a 650 nm.

Para determinação dos teores de Mg utilizou-se a metodologia de Mann-Yoe. O corante de Mann e Yoe, em pH alcalino e em presença de Mg desenvolve coloração vermelha. A intensidade da cor vermelha do complexo é proporcional à concentração de Mg.

As variáveis estudadas foram à influência do BE na deposição de cálcio, fósforo, magnésio e a relação Ca:P nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, consumindo dietas com dois níveis protéicos (20 e 23 % de PB), a influência do nível protéico nos teores médios dos minerais e a interação entre BE e o nível de PB das rações.

Os fêmures excedentes foram utilizados para determinação de proteínas não-colagenosas ou Gla-proteínas (PNC), proteínas colagenosas (PC) e proteínas totais (PT).

Os ossos foram pesados e desmineralizados com volume constante de uma solução de sal dissódico de EDTA (ácido etilenodiamina tetracético), 0,5 molar com 8,2 de pH, de acordo com o método proposto por Hauschka e Gallop (1977), para extração das Gla-proteínas ósseas ou PNC. O fim da

extração foi determinado com o ácido oxálico, que permite identificar a desmineralização completa. Os extratos de EDTA obtidos foram utilizados para determinação dos teores de PNC, pelo método de Bradford (1976) utilizando albumina sérica bovina como padrão.

Os ossos, após terem sido desmineralizados, foram exaustivamente lavados, com água destilada e deionizada para eliminar o EDTA e, usados para determinar o teor de PC, pelo método proposto por Berthelot, modificado por Pezemk e Nielsen citados por Guimarães (1988). O teor final de PC foi obtido multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator 6,25. Os teores de PT foram obtidos pela soma dos teores de PNC e PC encontrados anteriormente.

As variáveis estudadas foram à influência do BE na deposição de PNC, PC e PT nos fêmures de aves de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentadas com dietas contendo dois níveis protéicos (20 e 23 % de PB), o efeito dos níveis protéicos nos teores dos minerais nos ossos e sua interação com os níveis de BE.

Foram reservados três fêmures das pernas direitas de cada tratamento para análises histológicas. Esses ossos foram devidamente limpos de todos tecidos aderentes, desidratados em série crescente de álcoois e fixados em líquido de Bouin por 48 horas. Após esse procedimento, foram descalcificados em mistura descalcificadora contendo ácido clorídrico por 10 dias.

Os fragmentos ósseos sofreram processo histológico de rotina, desde a desidratação em série decrescente de álcoois (100, 95, 80 e 70%), diafanização em xilol, até a inclusão em parafina. Três cortes semi-seriados de cinco μ m de espessura foram obtidos de cada fragmento ósseo e corados segundo a técnica de Hematoxilina-Eosina.

Os parâmetros, espessura e organização do disco epifisário, espessura e formação do osso compacto da diáfase, foram avaliados a partir de cortes longitudinais.

As medidas foram determinadas no Laboratório de Histologia Animal do Departamento de Veterinária da UFV, utilizando-se de Microscópio Quimis K 106-1, com objetiva de 40 X, régua milimetrada e calibrada com subdivisão de 0,025 mm. Observou-se e procedeu-se a leitura de 10 pontos aleatórios para cada lâmina e parâmetro, a fim de se obter a média final do comprimento do disco epifisário e da espessura do osso compacto.

As variáveis estudadas foram a influência do BE na espessura, comprimento e organização do disco epifisário, na espessura e formação do osso compacto de fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo dois níveis protéicos (20 e 23 % de PB), o efeito dos níveis protéicos nos valores médios (comprimento e espessura) encontrados e sua interação com o BE.

3.1. Análise estatística

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas através do programa SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV – 2000). O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 2 x 8, com regressão polinomial de cada variável estudada, além do teste de F de probabilidade na comparação das médias dos tratamentos para cada nível protéico.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + P_j + N_i / P_j + E_{ijk}$$

Onde: Y_{ijk} = parâmetro observado na unidade experimental k, do nível de balanço eletrolítico i, dentro do nível de proteína bruta j;

μ = média geral observada;

N_i = efeito do balanço eletrolítico i ; $i = 0; 50; 100; 150; 200; 250; 300; 350$;

P_j = efeito do nível de proteína bruta j ; $j = 20$ e 23% ;

N_i / P_j = efeito do balanço eletrolítico i , dentro do nível de proteína bruta j ;

E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos pesos absolutos dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade alimentadas com dietas contendo 20 e 23% de PB e oito níveis de BE, podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1. Médias dos pesos dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 1. Averages of the weights of broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age

BE (mEq/kg)	Peso 21 dias <i>Weight 21 dias</i>		Média 21 dias <i>Average 21 days</i>	Peso 42 dias <i>Weight 42 dias</i>		Média 42 dias <i>Average 42 days</i>
<i>EB</i>	20% PB	23 % PB	20/23% PB	20% PB	23 % PB	20/23% PB
	<i>CP</i>	<i>CP</i>	<i>CP</i>	<i>CP</i>	<i>CP</i>	<i>CP</i>
0	5.11	5.10	5.10	14.63	14.77	14.70
50	5.43	5.54	5.48	16.06	16.30	16.18
100	5.48	5.68	5.58	15.95	15.14	15.54
150	5.50	5.41	5.45	16.10	16.46	16.28
200	5.57	5.51	5.54	15.96	16.53	16.24
250	5.52	5.51	5.51	15.73	16.00	15.86
300	5.10	5.39	5.24	15.37	15.82	15.59
350	5.02	5.16	5.09	14.96	14.87	14.91
Média <i>Average</i>	5.34	5.41	-	15.60	15.74	-
Efeito <i>Effect</i>	Q*	Q*	r ² =0,86	Q*	Q*	r ² = 0,74
CV <i>CV</i>	7.37			7.43		

Q* - efeito quadrático

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) do BE sobre os pesos dos fêmures das aves aos 21 dias de idade (Figura 1). O nível protéico não afetou o peso dos ossos ($P > 0,05$) e não houve interação entre o BE e os níveis de PB.

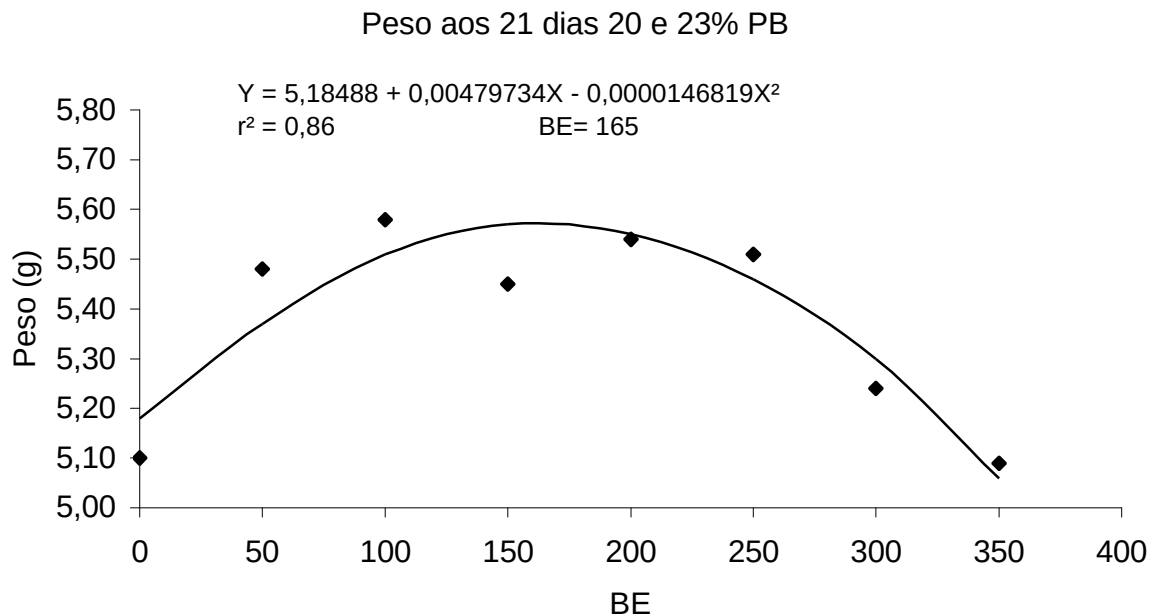


Figura 1. Níveis de BE e peso dos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com dieta contendo 20 e 23% de PB.

Observou-se uma evolução nos pesos dos ossos das aves aos 21 dias de idade na medida em que se alcalinizou a dieta, até o patamar de 165 mEq/kg onde foram detectadas as maiores médias dos pesos dos fêmures nos dois níveis protéicos analisados.

Ocorreu efeito quadrático ($P < 0,01$) do BE no peso absoluto dos fêmures, descarnados e limpos, das aves aos 42 dias de idade (Figura 2). O nível protéico não foi importante fonte de variação e o BE não interagiu com os níveis protéicos analisados ($P > 0,05$).

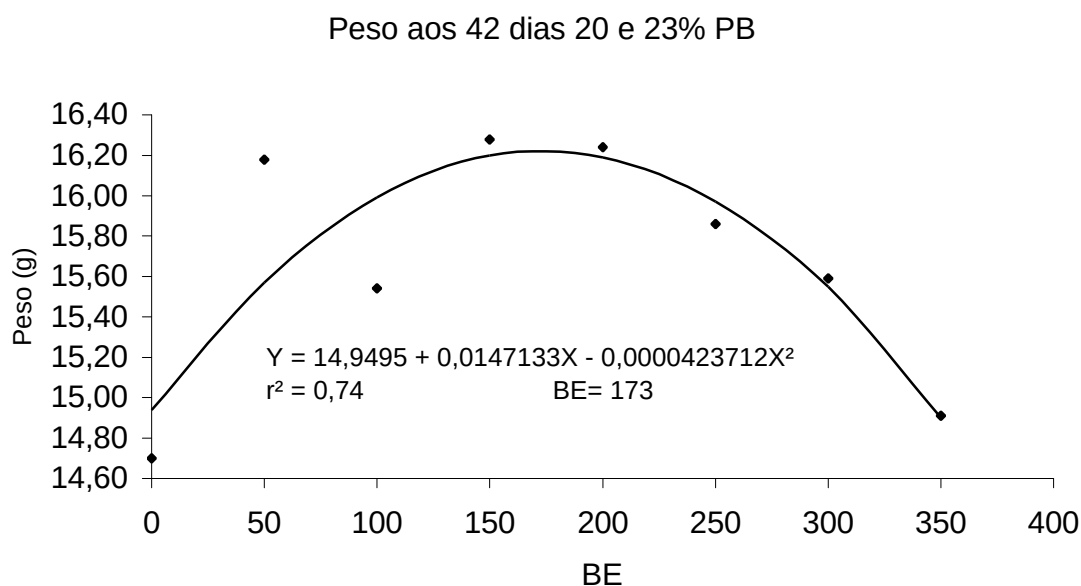


Figura 2. Níveis de BE e peso dos fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dieta contendo 20 e 23% de PB.

Observou-se que as maiores médias de peso dos fêmures aos 42 dias de idade foram para um BE de 173 mEq/kg nos dois níveis protéicos analisados, semelhante ao que foi observado nos resultados do efeito do BE no peso dos ossos das aves aos 21 dias de idade, ocorreu uma redução nos pesos dos fêmures das aves com 42 dias de idade, consumindo dietas com BE superior a 300mEq/kg.

O peso do osso desengordurado e seco (PDOS) foi afetado significativamente pelo BE ($P < 0,05$) aos 21 e 42 dias de idade. No entanto, os resultados são ainda inconsistentes em decorrência do $r^2 = 0,35$ (20% PB) e $r^2 = 0,56$ (23% PB) encontrados. O nível protéico influenciou significativamente ($P < 0,01$) o PODS aos 21 dias de idade, com médias de

2,41g nas dietas com 20% de PB e de 2,14g para as dietas contendo 23% de PB.

O peso dos ossos pode ser considerado um indicativo de que a modelagem e a remodelagem óssea se encontram em equilíbrio, devendo estes, evoluir até a idade adulta do animal de forma linear e estável.

Para poedeiras é um importante indicativo da presença da osteoporose, caracterizada, ao iniciar-se um lento balanço negativo que vai provocar, ao final de cada ativação das unidades de remodelamento, discreta perda de massa óssea.

A avaliação do comportamento do peso dos ossos e a criação de dados referenciais de evolução destes, tendo como base as diferentes idades dos animais, pode ser uma importante referência na seleção de linhagens de poedeiras com maior capacidade de remodelagem dos ossos.

A metodologia para armazenagem, congelamento, descongelamento e limpeza dos ossos no laboratório precisa ser unificada para se evitar a influência de choques térmicos e da matéria orgânica aderida aos ossos e ainda, a possibilidade de se usar como referência o PDOS que serve como base de cálculo para a análise da composição química na deposição de proteínas, objetivando avaliar quais os fatores que, somados, podem vir a influenciar no peso dos ossos longos, e se ocorre interação entre peso, comprimento, diâmetro e resistência óssea.

Na tabela 2 pode ser observado o comprimento médio dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade alimentadas com dietas contendo 20 e 23% de PB e oito níveis de BE.

Tabela 2. Comprimento (COMP) dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 2. Length of broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	COMP 21 dias				COMP 42 dias			
	Length 21 days (cm)				Length 42 days (cm)			
EB	20% PB	CP	23% PB	CP	20% PB	CP	23% PB	CP
0	5.51		5.53		8.26		8.25	
50	5.70		5.61		8.40		8.28	
100	5.60		5.50		8.41		8.23	
150	5.58		5.60		8.26		8.56	
200	5.60		5.60		8.31		8.56	
250	5.58		5.53		8.36		8.36	
300	5.58		5.61		8.36		8.31	
350	5.56		5.53		8.23		8.35	
Média Average	5.59		5.56		8.32		8.36	
Efeito Effect	ns		ns		Q* r ² = 0.81		Q* r ² = 0.43	
CV CV	2.51		2.50 (BE x PB)		2.70 (BE x PB)			

Q* - efeito quadrático

ns – não significativo (P>0,05)

(BE x PB) - Interação

Não houve efeito (P>0,05) do BE dos tratamentos sobre o comprimento dos ossos das aves aos 21 dias de idade nos dois níveis protéicos, o que está de acordo com os resultados obtidos por Freitas (2002) e discordante dos resultados apresentados por Tafuri et al. (1993) nos quais as aves alimentadas com dietas de 22% de PB apresentaram tíbias maiores do que aquelas alimentadas com nível sub ótimo (15% de PB) sem suplementação de aminoácidos sintéticos. Neste caso, o nível protéico mínimo de 20% de PB parece ter suprido as exigências dos animais quanto ao comprimento dos fêmures aos 21 dias de idade.

Observou-se efeito quadrático (P<0,05) do BE sobre o comprimento dos fêmures dos frangos de corte aos 42 dias de idade (Figura 3) e a interação entre os níveis de BE e os níveis protéicos estudados, o que está de acordo com Tafuri et al. (1993) que relataram um aumento do comprimento de tíbias com o aumento da proteína nas dietas. O maior comprimento dos ossos das

aves aos 42 dias de idade e dieta com 20% de PB, foi observado para um BE de 186 mEq/kg.

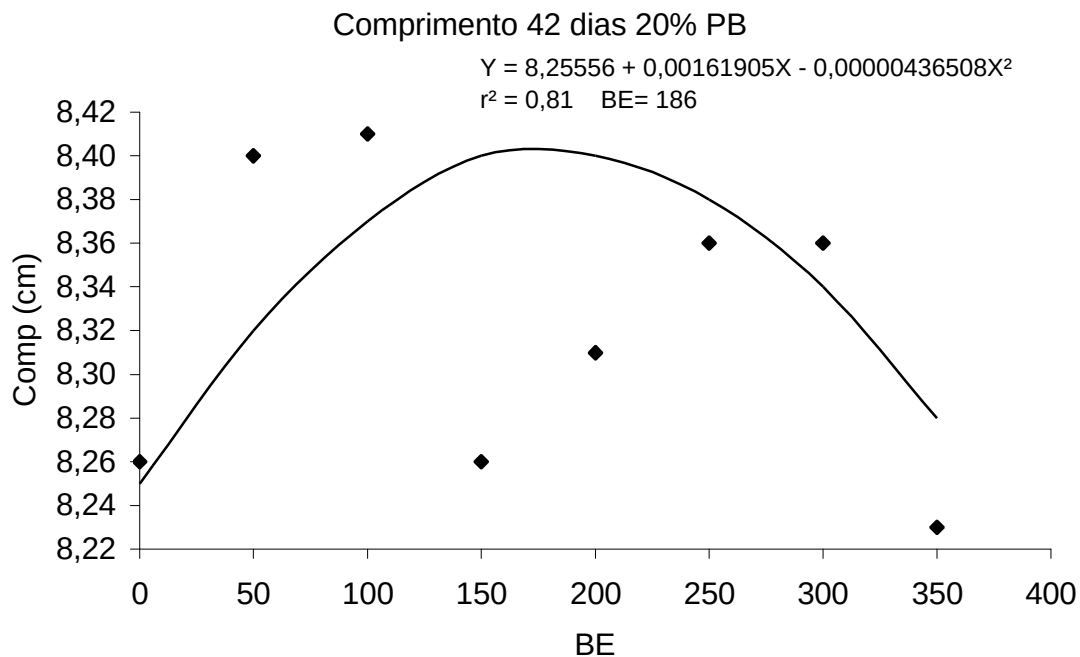


Figura 3. Níveis de BE e comprimento dos fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade consumindo dieta com 20% de PB.

De acordo com Pines e Hurwitz (1991) um maior crescimento dos ossos longos está relacionado com a formação e degradação da cartilagem, com a degeneração dos condrócitos e conseqüentemente formação das células produtoras da matriz óssea. Para Silva (1995), é a cartilagem do disco epifisário que regula a velocidade de crescimento e comprimento dos ossos, e pouco se conhece sobre a regulação da degradação terminal da cartilagem anterior à formação do osso. Para os autores, comparado com as espécies de mamíferos, o disco de crescimento das aves contém mais células, é menos organizado e parece mais susceptível à má formação.

Neste estudo as aves que consumiram dietas com 23% de PB apresentaram resultados menos consistentes para o comprimento dos fêmures do que àquelas que se alimentaram com dietas contendo 20% de PB (figura 4). O nível do BE encontrado foi de 200 mEq/kg na dieta.

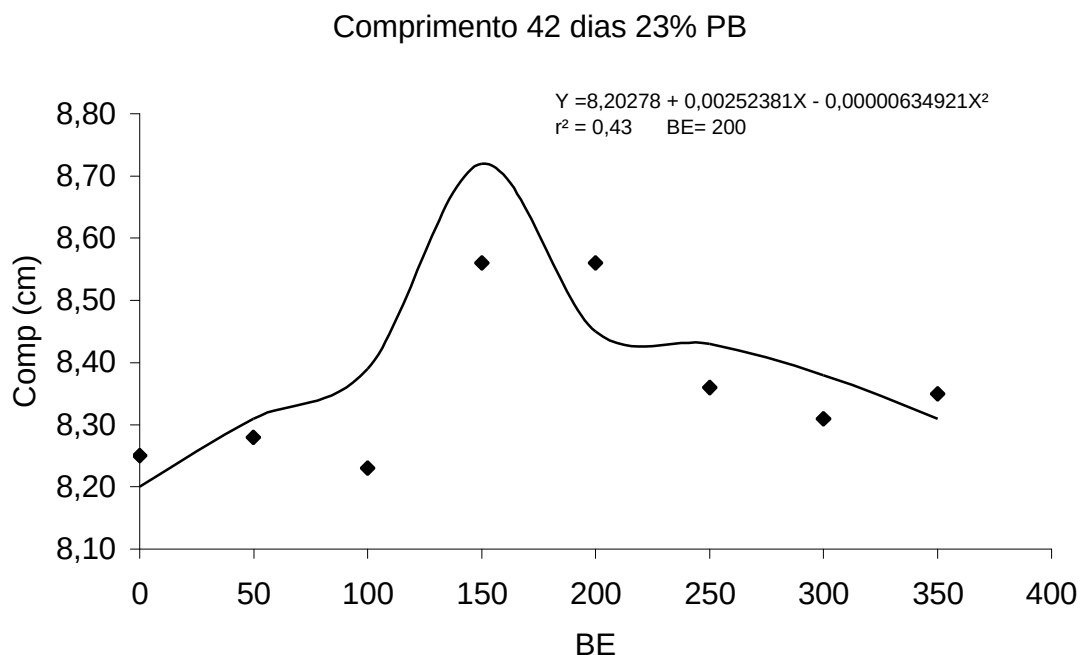


Figura 4. Comprimento médio dos fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade com dieta contendo 23% de PB e oito níveis de BE.

Para Lilburn (1994) o comprimento e a largura de tíbias de frangos são consideravelmente menores quando comparados com patos e perus da mesma idade, sugerindo que os frangos devam ter grande potencial para problemas biomecânicos o que pode resultar em distorção dos ossos longos. Para Rodrigues (2001) pode-se ainda supor que o comprimento ósseo seja reflexo do ganho de peso, ou seja, aves que apresentaram melhor desempenho podem apresentar ossos mais longos.

O comprimento dos ossos longos pode vir a sofrer influência das vitaminas A e D do nível de L-Glutâmico, do BE, dos níveis protéicos das dietas e do metabolismo de aminoácidos na placa de cristalização óssea. Portanto, este equilíbrio parece ser fundamental para que as aves expressem todo o seu potencial de desenvolvimento longitudinal dos ossos longos, com reflexos no tamanho e concentração dos músculos esqueléticos ligados a esses ossos que compõem os cortes nobres na indústria avícola.

Na tabela 3 estão apresentados os diâmetros médios dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade alimentadas com dietas contendo 20 e 23 % de PB e oito níveis de BE.

Tabela 3. Diâmetro médio (DM) dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 3. Medium diameter (MD) of broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	DM <i>MD</i> (cm) 21 dias <i>days</i>				DM <i>MD</i> (cm) 42 dias <i>days</i>			
<i>EB</i>	20 % PB	<i>CP</i>	23 % PB	<i>CP</i>	20 % PB	<i>CP</i>	23 % PB	<i>CP</i>
0	0.716		0.683		0.966		0.966	
50	0.683		0.716		0.983		1.016	
100	0.700		0.700		0.983		0.983	
150	0.766		0.700		1.016		1.033	
200	0.716		0.750		0.983		0.983	
250	0.750		0.733		1.000		1.033	
300	0.700		0.700		1.000		0.966	
350	0.716		0.750		1.000		1.000	
Média <i>Average</i>	0.718		0.716		0.991		0.997	
Efeito <i>Effect</i>	ns		ns		ns		ns	
CV <i>CV</i>	7.39				7.05			

ns – não significativo (P>0,05)

O BE não afetou significativamente (P>0,05) o diâmetro dos fêmures. As demais variáveis testadas (PB e BE x PB) não influíram (P>0,05) no diâmetro dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Para os ossos dos frangos de corte aos 21 dias de idade, alimentados com dietas contendo 20% de PB, o maior diâmetro médio foi observado no

tratamento quatro (150 mEq/kg de BE) com uma variação de 10,83% quando comparado ao tratamento com o menor diâmetro médio (50 mEq/kg de BE). Para as aves que consumiram rações com 23% de PB, o maior diâmetro médio ocorreu no tratamento cinco (200 mEq/kg de BE) sendo superior em 8,93% ao tratamento um (0 mEq/kg de BE).

O BE e o nível de PB nas dietas não influenciaram ($P>0,05$) o diâmetro dos fêmures das aves aos 42 dias de idade. Não foi observada interação entre BE e PB.

Os maiores diâmetros dos fêmures foram observados nos níveis de 150 e 250 mEq/kg de BE, com uma variação percentual, entre a maior e a menor média, de 4,92 e 6,48% para os níveis de 20 e 23% de PB, respectivamente.

Os valores médios da resistência à quebra dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade consumindo dietas com 20 e 23% de PB e oito níveis de BE, podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4. Resistência à quebra (Rq) dos fêmures dos frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 4. Resistance to the break (Rq) of broiler chickens femurs the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	RQ 21 dias <i>RB 21 days</i> (Newton)		RQ 42 dias <i>RB 42 days</i> (Newton)		RQ média 42 dias <i>RB average 42 days</i>
<i>EB</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>	20 e 23% PB <i>CP</i>
0	182.16	176.91	250.30	266.20	258.25
50	184.51	190.46	278.10	286.48	282.29

100	182.05	191.26	286.06	272.08	279.07
150	187.91	183.30	308.90	296.00	302.45
200	188.30	192.08	297.30	278.80	288.05
250	210.08	173.45	317.10	289.28	303.19
300	186.38	181.88	280.33	307.70	294.01
350	180.11	183.26	260.23	254.26	270.79
Média <i>Average</i>	187.69	184.07	284.79	281.35	
Efeito <i>Effect</i>	ns	ns	Q*	Q*	r ² =0.74
CV CV	13.02		17.96		

Q*- efeito quadrático

ns – não significativo (P>0,05)

O BE não foi importante fonte de variação (P>0,05) na resistência à quebra dos fêmures das aves aos 21 dias de idade, o que está de acordo com Vieites (2003) analisando a resistência à quebra de tiobiotarsos de frangos de corte. Os ossos das aves foram mais resistentes à quebra e com resultados mais consistentes no nível de 20 % de PB e de 200 a 250 mEq/kg de BE para essa idade, sendo superior em 14,26 % quando comparado com o tratamento que expressou a menor resistência à quebra (350 mEq/kg de BE).

Para os dois níveis de proteína analisados, observou-se que o aumento no nível de BE dos tratamentos propiciou um incremento na resistência à quebra dos fêmures até o nível de 250 mEq/kg de BE, e que a partir deste patamar (dietas alcalogênicas) ocorreu redução da resistência à quebra dos ossos longos das aves aos 21 dias de idade.

Observou-se efeito quadrático (P<0,01) do BE sobre a resistência à quebra dos fêmures das aves aos 42 dias de idade (Figura 5). O nível protéico não foi importante fonte e não ocorreu interação entre o BE e os níveis de PB.

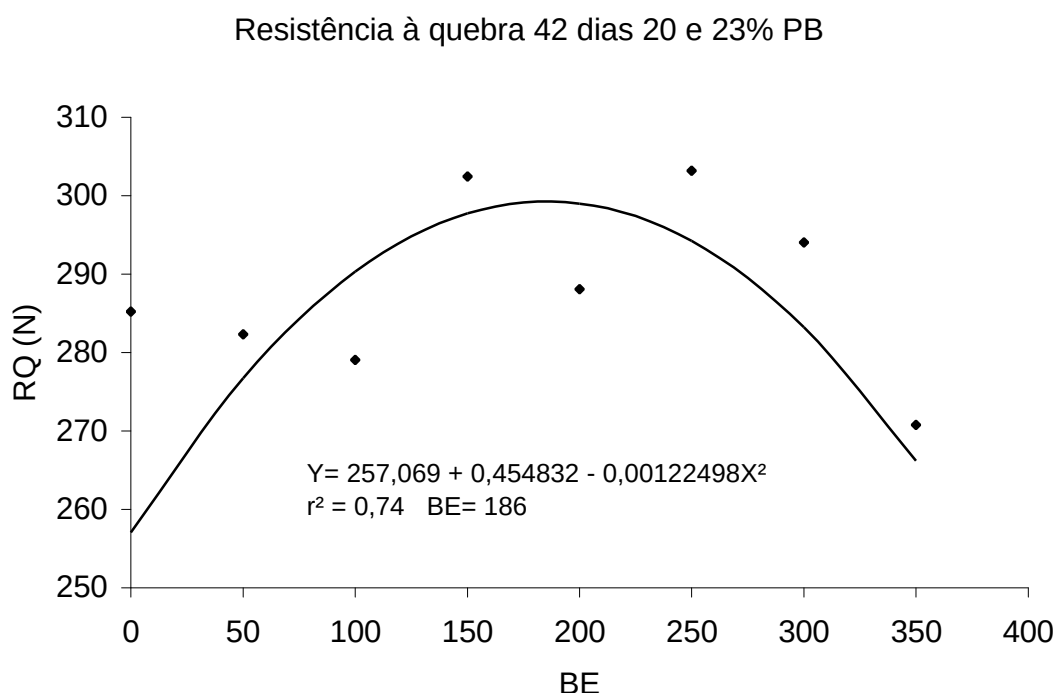


Figura 5. Resistência óssea de fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade consumindo dietas com 20 e 23% de PB e oito níveis de BE.

O melhor nível de BE para a resistência à quebra aos 42 dias de idade, foi de 186 mEq/kg sendo inclusive, numericamente superior à resistência óssea aos 21 dias de idade em função do maior grau de mineralização.

A resistência óssea pode estar relacionada com o nível de cálcio nas dietas (Vargas Jr., 2002), e as exigências para aumentar a resistência óssea são superiores às exigências de desempenho das aves (Brugalli et al., 1999 e Rostagno et al., 2000), caracterizando que o processo de absorção metabólica dos minerais nos ossos só poderá afetar a resistência óssea quando ocorrer uma deficiência prolongada, ou a exigência traumática de uma maior resistência for acentuada, sendo necessário, neste caso, suplementação com cálcio (Zollitsch et al., 1996; Narvaez et al., 1997) e vitamina D₃ (Silva, 2000).

Os níveis de L-Glutâmico podem aumentar a resistência à quebra dos ossos (Rodrigues, 2001). O excesso de vitamina K pode aumentar o volume do osso e alterar a resistência (Fleming et al., 1998) e esta, pode estar relacionada com o comprimento e o peso dos ossos (Yalçin et al., 1998).

Para Rodrigues (2001) a resistência óssea está relacionada com as propriedades constituintes. O colágeno que constitui aproximadamente 90% da matriz orgânica do osso contribui com sua força tensil e propriedades plásticas, enquanto que os minerais contribuem com a rigidez do osso e as propriedades de compressão. Para Rath et al. (2000) a suplementação com minerais e vitaminas pode melhorar a mineralização óssea, e o teor de cinzas tem correlação positiva com a resistência óssea, porém, pouco se conhece acerca das mudanças na matriz extracelular e sua regulação, e a influência que pode exercer na resistência óssea.

O elevado coeficiente de variação encontrado está de acordo com Brugalli et al. (1999); Lima (1995) e Crenshaw et al. (1991), que sugerem aprimoramento da metodologia utilizada, levando em consideração a força e a área aonde é aplicada. Neste aspecto em particular, é importante salientar que, neste estudo, utilizou-se de adaptadores metálicos para estabilizar os ossos na prensa, o que, em alguns casos, a leitura pode não ocorrer exatamente no mesmo local em cada osso, isto pode levar a uma maior variação dos dados encontrados.

Na tabela 5 observa-se o percentual de cálcio nas cinzas dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo 20 e 23 % de PB e oito níveis de BE.

Tabela 5. Percentual de cálcio nas cinzas dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 5. Percentile of calcium in the ashes of broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	Ca (%) 21 dias (<i>days</i>)		Ca (%) média <i>mean</i>	Ca (%) 42 dias (<i>days</i>)		Ca (%) média <i>mean</i>
<i>EB</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>	20 e 23% PB <i>CP</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>	20 e 23% PB <i>CP</i>
0	29.37	30.30	29.83	21.39	23.12	22.25
50	33.54	35.29	34.41	23.14	22.89	23.01
100	35.52	33.52	34.52	24.39	27.52	25.95
150	31.56	38.77	35.16	26.56	25.90	26.23
200	38.68	33.27	35.97	25.75	23.81	24.78
250	34.92	30.41	32.66	27.62	28.46	28.04
300	34.42	34.37	34.39	27.01	26.73	26.87
350	31.59	32.03	31.81	23.45	21.87	22.66
Média <i>Average</i>	33.70	33.49	-	24.91	25.04	-
Efeito <i>Effect</i>	Q*	Q*	r ² = 0.69	Q*	Q*	r ² = 0.65
CV <i>CV</i>	12.33		-	8.70		-

Q* efeito quadrático

Foi observado efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de BE na deposição de cálcio nos fêmures das aves aos 21 dias de idade (Figura 6), o que está de acordo com Vieites (2003) que relatou o efeito do BE nos teores de cálcio no tibiotarso de frangos de corte aos 21 dias de idade. Os níveis protéicos não tiveram efeito significativo e não ocorreu interação entre a PB e o BE. A maior deposição de cálcio ocorreu com o BE de 183 mEq/kg.

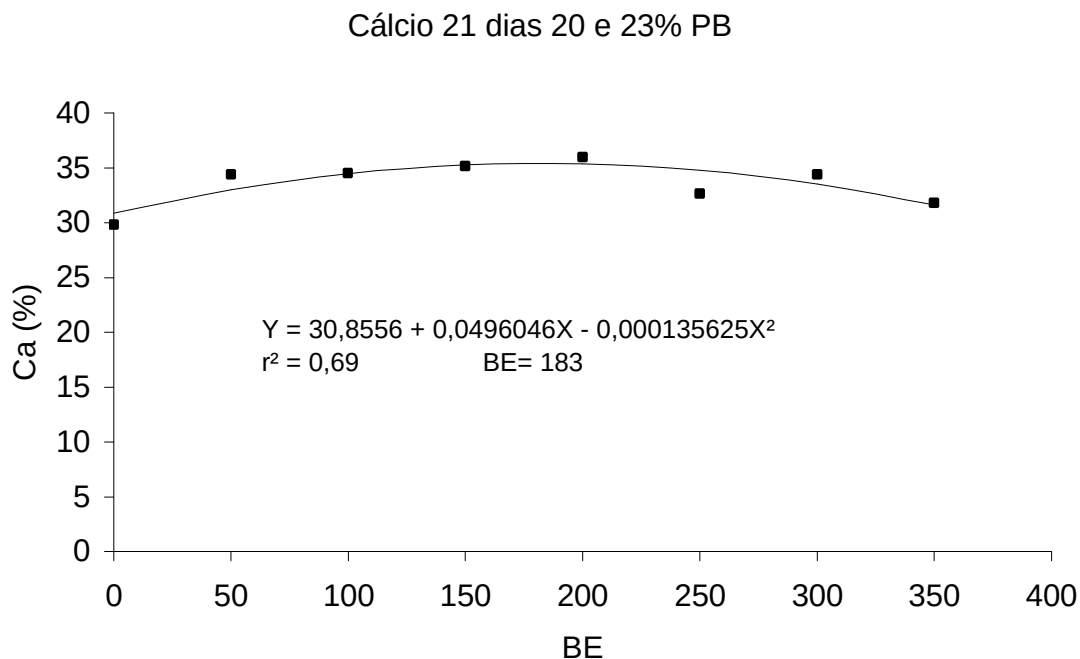


Figura 6. Percentual de cálcio e balanço eletrolítico nos fêmures das aves aos 21 dias de idade consumindo dieta com 20 e 23% de PB.

Os valores de cálcio encontrados estão de acordo com Silva (1995) que observou teores médios variando de 30,13 e 32,24 %, e Rodrigues (2001) que relatou teores médios de 37,82 e 39,00 % de cálcio nas cinzas de tíbias e fêmures de frangos de corte.

A definição de dietas com a relação cátion-ânion pré-estabelecida pode contribuir para uma maior deposição de cálcio nos ossos das aves, principalmente nas aves jovens que possuem baixa capacidade de metabolizar os precursores da vitamina D, com conseqüências no metabolismo e desenvolvimento, principalmente dos ossos longos.

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,01$) do BE sobre a deposição de cálcio nos fêmures das aves aos 42 dias de idade (Figura 7), as demais

variáveis (PB e BE x PB) não foram afetadas significativamente pelos tratamentos.

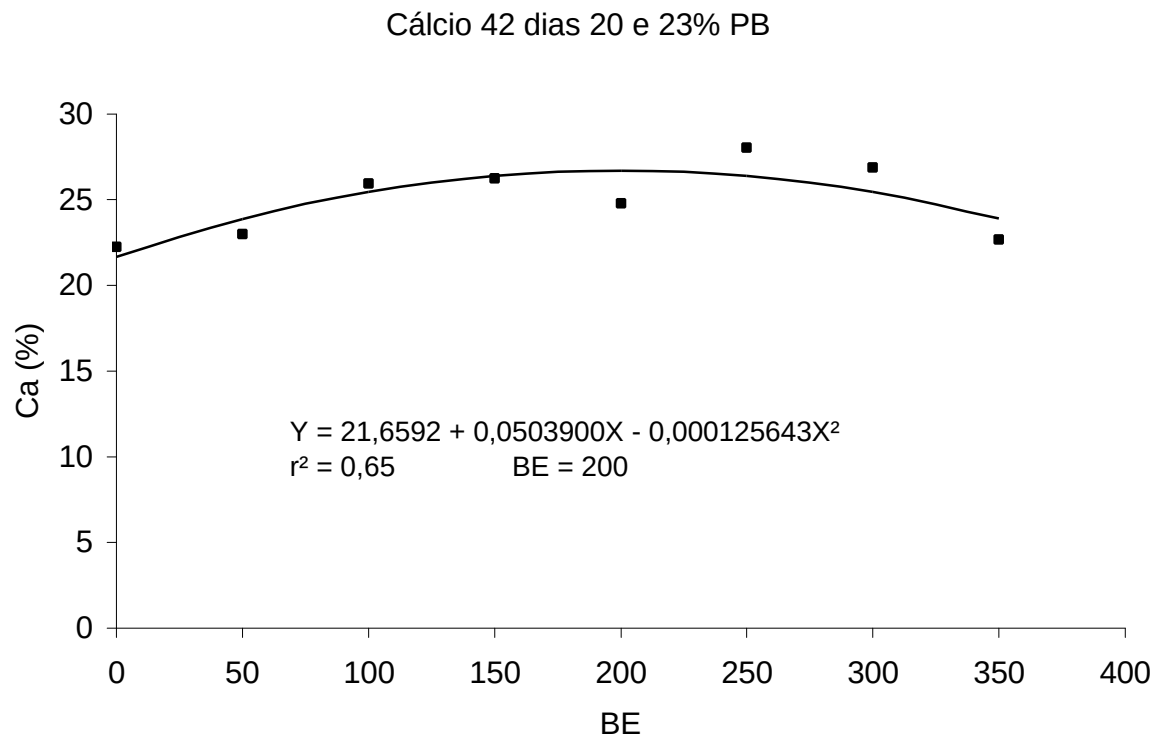


Figura 7. Percentual de cálcio e balanço eletrolítico nos fêmures das aves aos 42 dias de idade consumindo dieta com 20 e 23% de PB.

O melhor nível de BE para a deposição de Ca aos 42 dias de idade foi de 200 mEq/kg nas dietas com 20 e 23% de PB (38,73%), resultado semelhante ao relatado por Vieites (2003) com deposição de 34,33% deste mineral. O nível de BE encontrado está de acordo com Mongin (1981) 250 mEq/kg, Patience e Wolynetz (1990) estudando BE entre 300 e 80 mEq/kg e Golz e Crenshaw (1990) 200 a 250 mEq/kg de BE para animais em

homeostase orgânica. Já Maiorka et al. (1998), determinaram que a relação entre os íons Na, Cl e K era de 140 mEq/kg, diferindo da maioria dos resultados apresentados. Para Johnson e Karunajeewa (1985) o BE negativo pode prejudicar o desempenho dos animais, e ainda que pode ocorrer retração neste desempenho com BE superior a 300 mEq/kg. Para Karunajeewa et al. (1986) o aumento de 150 para 300 mEq/kg de BE não afetou o desempenho, a formação e o desenvolvimento do esqueleto e a deposição de minerais em frangos de corte.

Convém analisar sob a ótica do melhoramento genético das aves que nas últimas décadas disponibilizaram, para a indústria avícola, linhagens de alto desempenho e grande capacidade de acúmulo de massa muscular, exigindo uma estrutura óssea capaz de suportar esses novos desafios, sendo fundamental a informação do efeito e do nível de BE nas dietas que possibilite uma maior deposição dos minerais nos ossos.

Para Patience (1990) o BE pode influenciar o crescimento, o apetite, o desenvolvimento ósseo, através de sua influência na deposição de minerais nos mesmos, a resposta ao estresse térmico e, ainda o metabolismo de aminoácidos, minerais e vitaminas.

Os teores médios de fósforo (P) nas cinzas dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade alimentadas com dietas contendo 20 e 23% de PB, podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6. Percentual de fósforo (P) nas cinzas de fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 6. Percentile of phosphorus (P) in the ashes of broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg) <i>EB</i>	P (%) 21 dias <i>P 21 days</i>		P (%) 42 dias <i>P 42 days</i>	
	20 % PB <i>CP</i>	23 % PB <i>CP</i>	20 % PB <i>CP</i>	23 % PB <i>CP</i>
0	16.22	15.47	11.37	12.52
50	17.61	17.69	11.82	10.72
100	18.14	16.51	11.35	12.44
150	15.80	19.51	11.61	12.04
200	18.22	19.29	10.64	11.34
250	17.97	15.64	13.82	11.96
300	17.68	16.50	14.19	12.01
350	16.87	17.52	12.25	11.07
Média <i>Average</i>	17.31	17.27	12.13	11.77
Efeito <i>Effect</i>	ns	ns	ns	ns
CV <i>CV</i>	12.56		8.34	BE x PB*

ns – não significativo

* Interação (P<0,05)

O BE não foi importante fonte de variação (P>0,05) na deposição de fósforo nos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade. Ocorreu interação BE x PB aos 42 dias de idade, o nível protéico não influenciou a deposição de fósforo nos fêmures nas idades avaliadas.

Os teores médios de fósforo encontrados nos fêmures das aves nas idades referenciadas estão de acordo com Rodrigues (2001); Freitas (2002); Silva (1995), e inferiores aos relatados por Rodrigues (1992). No entanto, os valores encontrados estão dentro do padrão fisiológico dos animais.

Analisando a influência do BE nos teores médios de fósforo das aves com 21 dias de idade, observou-se que a maior deposição deste mineral ocorreu com o BE no nível de 200 mEq/kg (20% PB) e 150 mEq/kg (23% PB), com uma superioridade de 13,27 e 20,71% para os dois níveis protéicos, quando comparados ao nível de menor absorção do mineral.

Nos fêmures das aves aos 42 dias de idade os maiores teores de fósforo foram observados no tratamento sete (300 mEq/kg de BE) para a dieta

contendo 20% de PB e no tratamento um (0 mEq/kg de BE) para a ração com 23% de PB. Os resultados se mostraram inconsistentes e não apresentaram a tendência observada na deposição de fósforo nos ossos dos frangos de corte aos 21 dias de idade.

A observação de que o BE não afetou a deposição de fósforo nos fêmures aos 21 e 42 dias de idade, provavelmente, está relacionada com a compensação renal e respiratória das aves em alcalose e acidose metabólica, que foram suficientes apenas para alterar o perfil sanguíneo, não influenciando no metabolismo deste mineral nos ossos das aves.

Na tabela 7 estão apresentados os teores médios de magnésio nas cinzas dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade alimentadas com dietas contendo 20 e 23% de PB e oito níveis de BE.

Tabela 7. Percentual de magnésio (Mg) nas cinzas dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 7. Percentile of magnesium (Mg) in the ashes of broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg) <i>EB</i>	Mg Mg (%) 21 dias <i>days</i>				Mg Mg (%) 42 dias <i>days</i>			
	20 % PB	CP	23 % PB	CP	20 % PB	CP	23 % PB	CP
0	4.66		7.01		4.23		5.09	
50	6.83		6.50		4.38		4.40	
100	6.15		6.11		4.50		5.69	
150	6.22		9.64		4.69		6.05	
200	8.40		7.99		5.05		5.25	
250	5.53		6.14		4.55		5.23	
300	6.87		6.05		5.16		5.23	
350	7.03		9.16		5.08		5.98	
Média <i>Average</i>	6.46a		7.33b		4.70a		5.37b	
Efeito <i>Effect</i>	**		**		**		**	
CV <i>CV</i>	19.99				13.32			

** (P<0,05)

Médias com letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (P<0,05)

Não foi observado efeito quadrático significativo do BE na deposição de magnésio nos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade. Estes resultados

estão de acordo com Vieites (2003) estudando o efeito do BE na deposição de magnésio no tibiotarso de frangos de corte, e Silva (1995) analisando dietas com diferentes níveis de nitrogênio não específico. Para o nível de 20% de PB observou-se que o BE de 200 mEq/kg foi superior em 44,53% (21 dias de idade) quando comparado com o nível de menor deposição (100 mEq/kg). Já para a dieta contendo 23% de PB, o BE de 150 mEq/kg foi o de maior deposição de magnésio, sendo superior em 37,24% ao nível de menor absorção (300 mEq/kg de BE).

Aos 42 dias de idade os maiores teores de magnésio foram observados com um BE de 300 mEq/kg (20% PB) 150 mEq/kg (23% PB). Ocorreu ainda uma tendência de aumento da deposição de magnésio quando o BE ultrapassou 300 mEq/kg, especificamente, para as aves com 42 dias de idade.

O nível protéico foi importante fonte de variação ($P < 0,05$) na deposição de magnésio nos ossos das aves aos 21 e 42 dias de idade. Contrariamente ao que foi relatado por Freitas (2002) e Vieites (2003) que não observaram efeito de diferentes níveis protéicos na deposição deste mineral. Para Nelson et al. (1981) e Halley et al. (1987) o maior conteúdo de magnésio indicaria uma menor incidência de problemas de pernas. Não foi observada interação ($P > 0,05$) entre o BE e os níveis protéicos. A dieta com 23% de PB foi a que apresentou os maiores níveis de deposição do mineral, com uma variação de 11,81% (21 dias) e de 12,4% (42 dias) quando comparado à dieta contendo 20% de PB.

Parece haver uma relação da deposição de magnésio com o grau de alcalinidade das dietas, caracterizada pelo efeito linear ($P < 0,05$) observado aos 42 dias de idade, para os dois níveis protéicos ($r^2 = 0,53$). O ponto de equilíbrio entre perfil alcalino ideal, para a otimização da deposição do mineral, e o nível protéico das dietas precisa ser analisado com maior grau de especificidade.

Na tabela 8 observa-se a relação Ca:P nos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade consumindo dietas com 20 e 23% de PB e oito níveis de BE.

Tabela 8. Relação Ca:P nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 12. Relationship Ca:P in the broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	Ca:P aos 21 dias		Ca:P aos 42 dias	
<i>EB</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>
0	1.812	1.961	1.880	1.841
50	1.912	1.996	1.957	2.132
100	1.956	2.038	2.159	2.213
150	1.995	1.987	2.286	2.154
200	2.113	1.739	2.429	2.104
250	1.951	1.943	2.007	2.380
300	1.945	2.097	1.909	2.226
350	1.876	1.825	1.913	1.974
Média <i>Average</i>	1.945	1.948	2.068	2.128
Efeito <i>Effect</i>	ns	ns	Q*	Q*
CV <i>CV</i>	7.72		8,83 (BE x PB)	5,40 (BE x PB)

Q* Efeito quadrático

ns – não significativo (P>0,05)

BE x PB – interação (P<0,05)

Não houve efeito significativo do BE na relação Ca:P nos fêmures das aves aos 21 dias de idade. As demais variáveis estudadas (PB e BE x PB) não foram afetadas pelos tratamentos.

Para os dois níveis de PB a média da relação Ca:P foi de 1,94:1, estes resultados estão de acordo com Rodrigues (1992) e Rodrigues (2001), e são superiores aos relatados por Freitas (2002), sendo o BE de 150 mEq/kg o que apresentou a relação mais próxima de 2:1 (1,99:1 e 1,98:1) para 20 e 23% de PB, respectivamente.

Observou-se efeito quadrático (P<0,01) do BE na relação Ca:P dos fêmures das aves aos 42 dias de idade (Figuras 8 e 9), com teores médios de 2,06:1 e 2,12:1 nos níveis de 20 e 23% de PB, respectivamente.

Ocorreu interação entre BE e PB, sendo que no nível de 20% de PB foi observado resultado médio mais próximo da relação 2:1, considerada a que melhor responde fisiologicamente. Nas dietas contendo 23% de PB a média da relação observada foi 2,82% superior à dieta com 20% de PB.

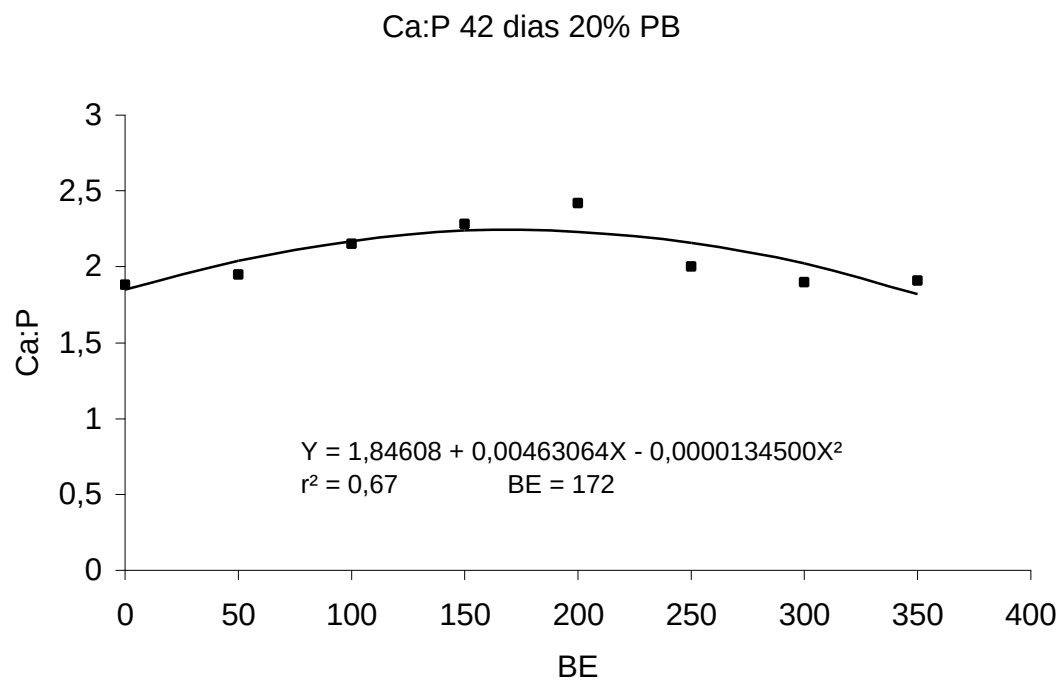


Figura 8. Relação Ca:P e BE nos fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dieta contendo 20% de PB

O melhor nível de BE para a relação Ca:P aos 42 dias e 20% de PB foi de 172 mEq/kg.

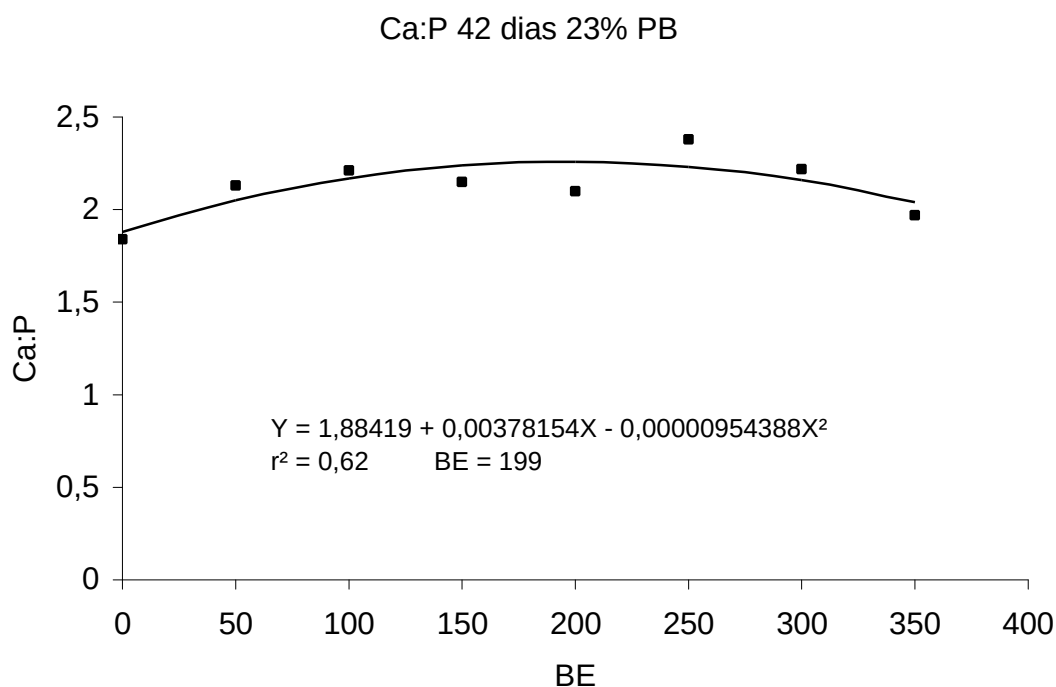


Figura 9. Relação Ca:P e BE nos fêmures das aves aos 42 dias de idade alimentadas com ração contendo 23% de PB

Na medida em que se aumentou os níveis de BE nas rações observou-se um incremento na relação Ca:P até o patamar de 250 mEq/kg, a partir deste nível de BE ocorreu a redução na relação entre os minerais. Parece ter havido uma adaptação das aves durante toda a fase de criação às variações do BE com ciclos de acidose e alcalose dentro dos diferentes tratamentos testados, consonante com o que foi observado por Budde e Crenshaw (2003) ao avaliarem os parâmetros ósseos de suínos submetidos a três dietas: acidogênica (-35 mEq/kg), controle (112 mEq/kg) e alcalinogênica (212 mEq/kg). Conforme os autores, os minerais nos ossos não foram afetados na tentativa de tamponar a carga ácida da dieta. Houve apenas uma maior retenção de cloro no organismo dos animais, e não nos ossos.

O desequilíbrio na relação Ca:P pode acarretar em prejuízo na absorção de outros elementos minerais. Existem evidências de que dietas com altos teores de cálcio e fósforo e relação Ca:P desproporcional, podem causar deficiência de manganês, induzindo a perose e anomalias ósseas (Maynard et al., 1984 e Scott, 1976). Ocorre uma interdependência de requerimento entre os nutrientes, evidenciada pela relação Ca:P (Hurwitz et al., 1987) e seu desequilíbrio é fator considerado crítico no desenvolvimento de anomalias ósseas em aves de corte Long et al. (1983), e na qualidade e resistência da casca do ovo (Junqueira et al., 2000)

Na tabela 9 estão apresentados os teores médios de PNC depositados nos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade consumindo dietas contendo 20 e 23 % de PB e oito níveis de BE.

Tabela 9. Percentual de proteínas não colagenosas (PNC) nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 9. Percentile of noncollagens proteins (NP) in the broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	PNC 21 dias		NP 21 days (%)		PNC 21 dias		PNC 42 dias		NP 42 days	
					media mean				CP	
EB	20% PB	CP	23% PB	CP	20 e 23% PB	20% PB	CP	23% PB	CP	
0	2.017		1.946		1.97	1.233		1.181		
50	1.829		2.233		2.02	1.173		1.193		
100	1.960		2.600		2.28	1.355		1.073		
150	2.309		2.163		2.23	1.164		0.988		
200	2.181		2.168		2.17	1.176		1.108		
250	1.840		2.471		2.15	1.011		1.305		
300	1.781		2.166		1.97	1.172		1.143		
350	1.725		1.764		1.74	1.007		1.380		
Média Average	1.955a		2.189b		-	1.162		1.171		
Efeito Effect	Q*		Q*		r ² = 0.93	ns		ns		
CV CV	14.33				15.56					

Q* - quadrático

ns – não significativo (P>0,05)

Médias com letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (P<0,05)

Foi observado efeito quadrático ($P < 0,01$) do BE na deposição de PNC nos fêmures das aves aos 21 dias de idade (Figura 10). O nível protéico foi importante fonte de variação ($P < 0,05$), não ocorreu interação entre o BE e os níveis de PB para as idades analisadas.

Os teores médios de PNC encontrados estão de acordo com Freitas (2002) analisando a deposição de PNC nos ossos de frangos de corte aos 21 dias de idade; Silva (1995) utilizando diferentes níveis de nitrogênio não específico e Rodrigues (2001) quando avaliou o nível de 12,5% de L-Glutâmico para pintos de corte.

O nível de PB foi importante fonte de variação, sendo a dieta com 23% de PB 10,87% superior para a deposição de PNC nos fêmures das aves aos 21 dias de idade. Os resultados contrariam os relatados por Freitas (2002), porém o autor utilizou como nível máximo 21% de PB o que pode ter inibido o efeito do nível protéico, e são concordantes com os resultados observados por Silva (1995) demonstrando que o aumento de nitrogênio não específico elevou os teores de PNC nos fêmures de pintos de corte. Entretanto, Rodrigues (2001) informa que os teores de PNC foram maiores nas aves alimentadas com 6,25% de L-Glu do que àquelas alimentadas com dietas com 12,5% de L-Glu.

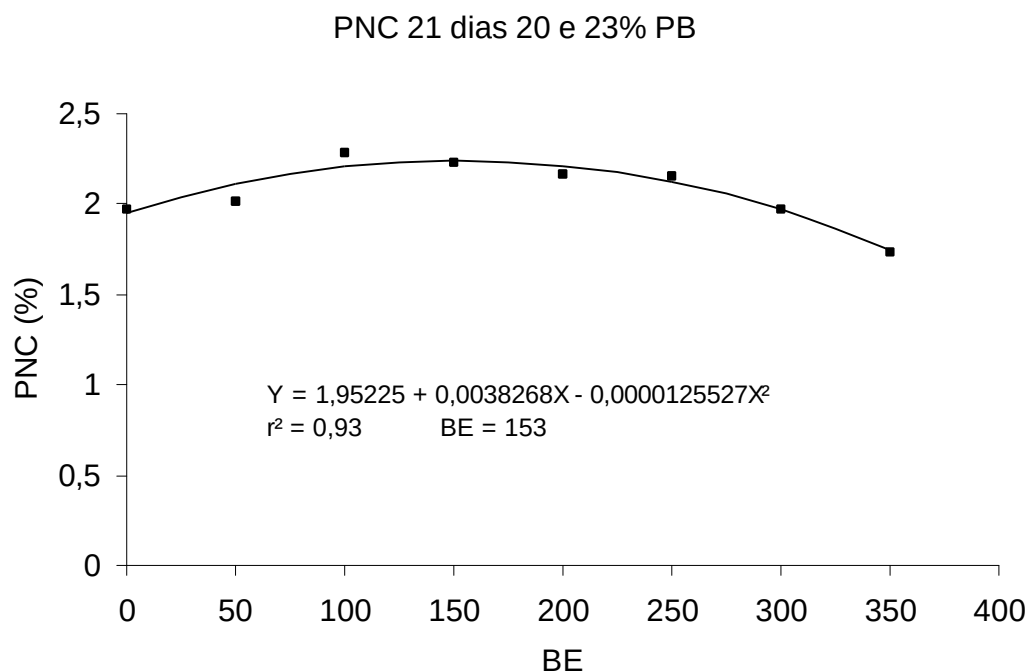


Figura 10. Percentual de PNC e BE nos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com dieta contendo 20 e 23% de PB

O nível do BE que possibilitou uma maior deposição de PNC nos ossos das aves aos 21 dias de idade, foi de 153 mEq/kg para os dois níveis protéicos. Ao analisar a curva gráfica observa-se que à medida que se alcalinizou a dieta ocorreu um incremento na deposição de PNC ($r^2 = 0,93$) até o nível de 153 mEq/kg de BE, e uma tendência de redução acentuada a partir do BE superior a 300 mEq/kg (25,2 e 23,0%) para as dietas com 20 e 23% de PB, respectivamente. Sugerindo que dietas alcalinas, até um determinado nível de BE, pode propiciar uma maior deposição de PNC nos ossos longos de frangos de corte. Este resultado está de acordo com Ribeiro (1990) e Patience (1990), ao relatarem a influência da acidificação em dietas purificadas na redução dos teores de PNC nos ossos longos de aves de corte, e Rondón et al. (1999) ao sugerir que o efeito alcalinizante nas dietas pode proporcionar um melhor pH para a atividade reformadora dos ossos de aves de corte.

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) do BE na deposição de PNC nos fêmures das aves aos 42 dias de idade. O nível protéico não foi importante fonte de variação na absorção de PNC e não foi detectada interação entre BE e PB.

Os teores médios de PNC nos fêmures das aves aos 42 dias de idade foram de 1,16% para a dieta com 20% de PB, e de 1,17% na dieta com 23% de PB, acordantes com os relatados por Silva (1995) e inferiores aos informados por Rodrigues (2001).

Observou-se que houve maior deposição de PNC nos ossos com BE entre 0 e 100 mEq/kg, com queda acentuada na deposição das proteínas com BE entre 150 e 200 mEq/kg e um aumento linear na deposição de PNC com BE entre 250 e 350 mEq/kg. A inconsistência dos resultados, principalmente no aumento da deposição de PNC com BE superior a 250 mEq/kg, contradiz a maioria dos trabalhos com dietas acidogênicas, padrão e alcalogênicas.

A acidificação das dietas com nitrogênio não específico pode diminuir a deposição de PNC e com isso reduzir os problemas de perna em frangos de corte jovens, em decorrência da atividade das PNC na inibição da mineralização óssea (Price, 1985; Price e Baukol, 1980). Esta relação entre os teores de PNC e a mineralização óssea é explicável, considerando que, o aumento das Gla-proteínas (componentes da PNC), não somente pode inibir a mineralização dos ossos, como também, pode estimular a liberação de cálcio do osso (Vermeer et al., 1995). Contrariamente, Rath et al. (2000) sugerem que a osteocalcina tem a propriedade de ligar-se ao Ca^{++} através dos resíduos de Gla e pode associar-se com micelas de fosfolípidos do plasma. Essa interação de íons Ca^{++} com componentes da matriz do osso e de outros tecidos mineralizados parece ser fundamental para a organização e integridade desses tecidos.

Muitos trabalhos de pesquisa evidenciam a Gla-proteína (osteocalcina) como importante na modulação e turnover ósseo. A expressão da osteocalcina é restrita ao osso, especificamente às regiões destinadas a mineralização. Esta proteína possui a habilidade ligação com a hidroxiapatita e é expressa em níveis altos no tecido ósseo e na placa de crescimento (Young et al., 1992) e as mudanças na concentração das PNC podem contribuir para a fragilidade do osso por interferir com a completa mineralização e/ou a arquitetura normal do osso (Vetter et al., 1991).

Portanto, as PNC podem contribuir para uma variedade de funções no osso, como estabilização da matriz, calcificação e outras atividades metabólicas regulatórias, e sua redução pode resultar em anormalidades no tecido ósseo.

Os resultados sugerem que o BE exerce maior efeito na deposição de PNC nos ossos das aves jovens (21 dias de idade), em cuja faixa etária, o pH da dieta influenciou significativamente a deposição de PNC nos fêmures das mesmas.

Na tabela 10 estão apresentados os teores médios de PC nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo 20 e 23 % de PB e oito níveis de BE.

Tabela 10. Percentual de proteínas colagenosas (PC) nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 10. Percentile of collagens proteins (CP) in the broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	PC CP (%) 21 dias <i>days</i>				PC CP (%) 42 dias <i>days</i>				PC CP média <i>Average</i>
<i>EB</i>	20% PB	CP	23% PB	CP	20% PB	CP	23% PB	CP	20 e 23% PB
0	13.75		18.65		11.08		12.36		11.72
50	11.51		17.45		8.72		8.07		8.39
100	12.19		17.61		8.68		9.71		9.28
150	15.03		21.82		9.94		9.48		9.71
200	14.56		20.75		10.36		9.35		9.85
250	16.95		18.20		9.18		8.84		9.01
300	15.22		19.95		7.98		10.84		9.41
350	16.23		14.77		9.12		10.65		9.88
Média <i>Average</i>	14.43		18.65		9.38		9.91		-
Efeito <i>Effect</i>	*L $r^2= 0.60$		*Q $r^2= 0.45$		*Q		*Q		$r^2= 0.31$
CV <i>CV</i>	9.51		14.18		13.90				-

*L – efeito linear (P<0,05)

*Q – efeito quadrático (P<0,05).

Ocorreu interação entre o BE e os níveis de PB na deposição de PC aos 21 dias de idade, apresentando efeito linear (P<0,05) para a dieta com 20% de PB (Figura 11) e efeito quadrático ($r^2= 0.31$) para a dieta com 23% de PB (Figura 12).

O nível protéico (23% PB) foi importante fonte de variação (P<0,01) para a deposição de PC nos fêmures das aves. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Freitas (2002) com frangos de corte aos 21 dias de idade consumindo dietas com três níveis (19, 22 e 25%) de PB.

Observou-se efeito quadrático do BE na deposição de PC aos 42 dias de idade (Figura 13), não ocorreu interação entre BE e PB e o nível protéico não foi importante fonte de variação (P>0,05).

Os resultados dos teores médios de PC encontrados são inferiores aos relatados por Rodrigues (2001) e Silva (1995) para pintos aos 14 dias de idade, porém, além do fator idade do osso, a relação Ca:P determinada neste

estudo foi muito próxima da ideal, sugerindo um equilíbrio no metabolismo de deposição dos minerais, o que poderia explicar os teores de PC encontrados.

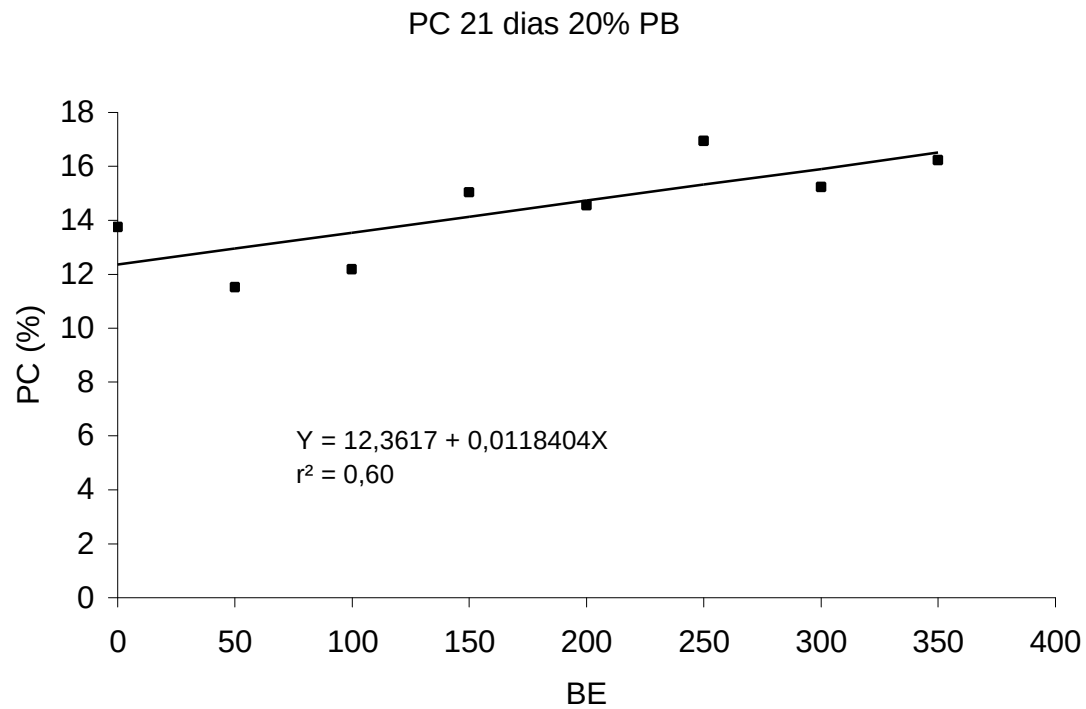


Figura 11. Percentual de PC e nível de BE nos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade alimentados com dieta contendo 20% de PB

O nível de 20% de PB parece não ter sido suficiente para possibilitar uma resposta biológica conclusiva na deposição de PC nos ossos das aves.

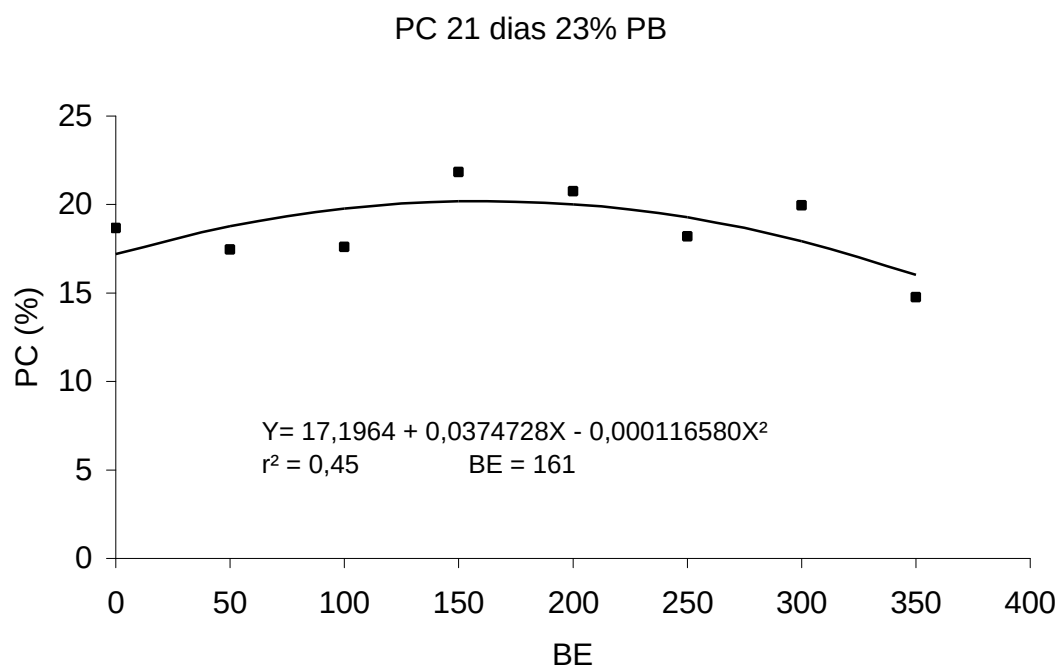


Figura 12. Percentual de PC e nível de BE nos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade consumindo dieta com 23% de PB

O melhor nível de BE para deposição de PC nos ossos das aves aos 21 dias de idade alimentadas com ração contendo 23% de PB foi 161 mEq/kg. O teor de 23% de PB na dieta foi suficiente para se obter uma resposta biológica do nível de BE na deposição desta proteína, o que não ocorreu com a dieta com 20% de PB.

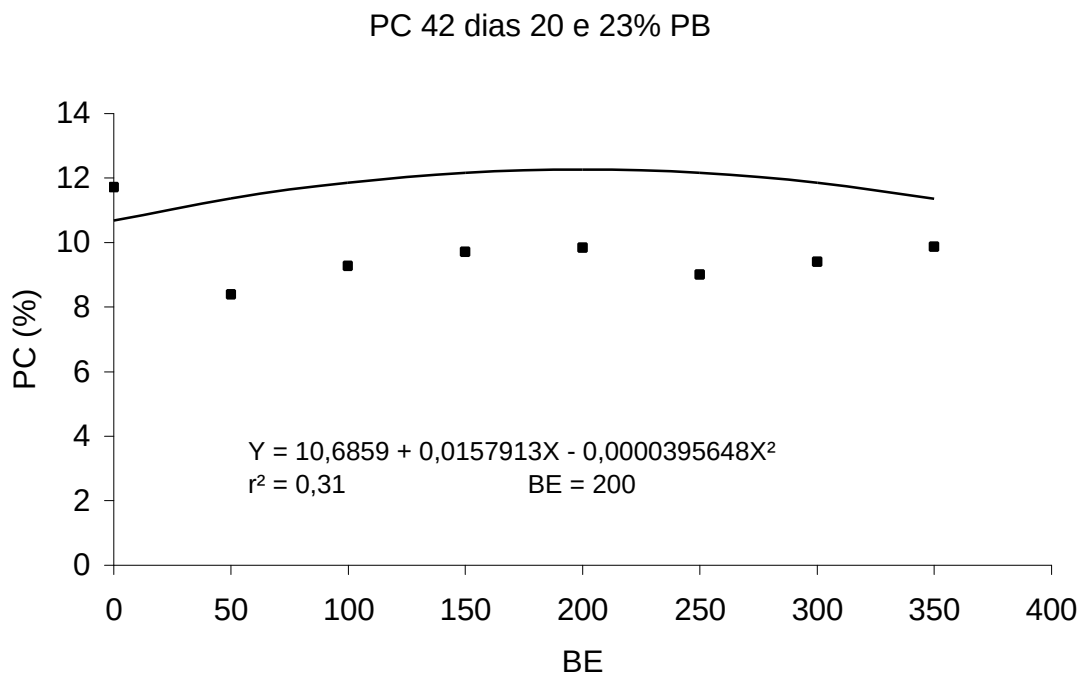


Figura 13. Percentual de PC e nível de BE nos fêmures das aves aos 42 dias de idade alimentadas com dieta contendo 20 e 23% de PB

O melhor nível de BE para a deposição de PC aos 42 dias foi de 200 mEq/kg. Como se pode observar no gráfico os resultados não apresentam a consistência e acuracidade desejadas ($r^2 = 0,31$) e também, os teores de PC encontrados foram inferiores aos relatados na literatura, possivelmente em decorrência do nível de mineralização dos ossos, que nesta idade, se apresentaram dentro das exigências fisiológicas.

Na tabela 11 estão apresentados os teores médios de PT nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade alimentados com dietas contendo 20 e 23% de PB e oito níveis de BE.

Tabela 11. Percentual de proteína total (PT) nos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 11. Percentile of total protein (TP) in the broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg)	PT TP (%) 21dias <i>days</i>		PT TP (%) 42 dias <i>days</i>		PT TP média <i>average</i>
<i>EB</i>	20 % PB <i>CP</i>	23 % PB <i>CP</i>	20 % PB <i>CP</i>	23 % PB <i>CP</i>	20 e 23% PB
0	15.77	20.60	12.31	13.55	12.93
50	13.34	19.68	9.89	9.26	9.57
100	14.15	20.21	10.04	10.78	10.41
150	17.34	23.98	11.11	10.47	10.79
200	16.74	22.92	11.53	10.46	10.99
250	18.79	20.67	10.19	10.14	10.16
300	17.00	22.11	9.16	11.99	10.57
350	17.96	16.53	10.13	12.03	11.08
Média <i>Average</i>	16.38	20.84	10.55	11.08	-
Efeito <i>Effect</i>	*L $r^2= 0.54$	*Q $r^2= 0.55$	*Q	*Q	$r^2= 0.33$
CV <i>CV</i>	9.59 BExPB	12.65 BExPB	13.23		-

*L – linear

*Q – quadrático

BExPB - interação

Foi observada a interação entre BE e o nível de PB na deposição de PT nos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade. Para o nível de 20% de PB ocorreu efeito linear (Figura 14) e efeito quadrático para o nível de 23% de PB na dieta (Figura 15). O nível de BE não afetou a deposição de PT e o nível de proteína da dieta não apresentou efeito significativo ($P>0,05$).

Ocorreu efeito quadrático do nível de BE na deposição de PT aos 42 dias de idade (Figura 16). O nível protéico da dieta não variou significativamente e não se observou a interação entre BE e PB ($P>0,05$).

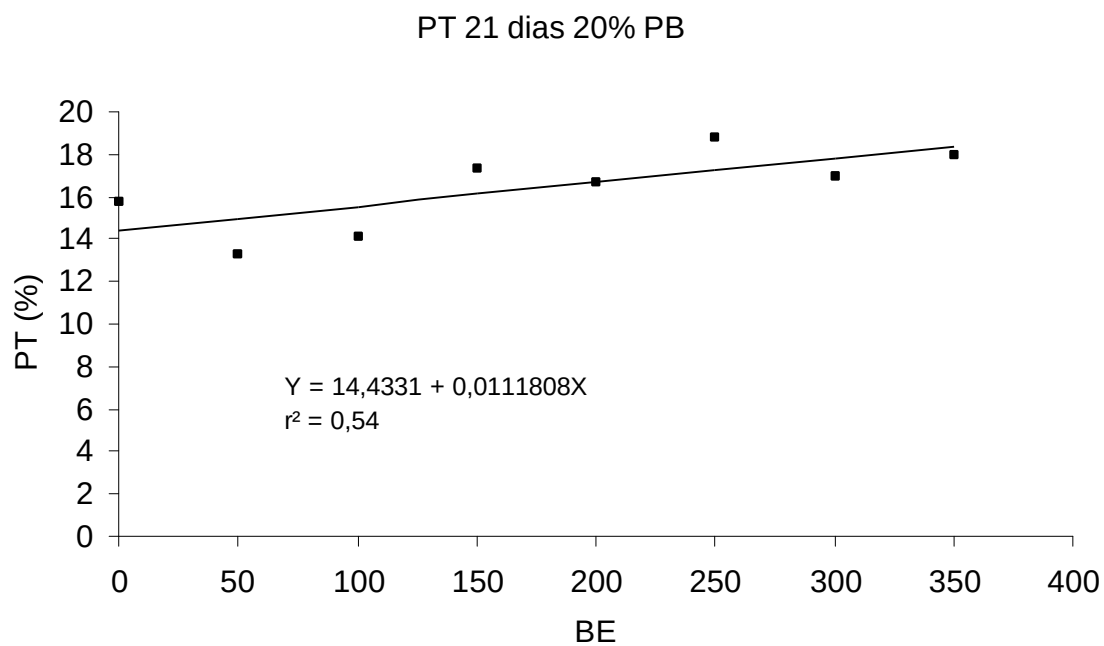


Figura 14. Percentual de PT e nível de BE nos fêmeures das aves aos 21 dias de idade alimentadas com dieta contendo 20% de PB

Observou-se efeito linear, resultado semelhante ao encontrado para a deposição de PC, onde o nível de 20% de PB na dieta também não propiciou uma resposta biológica consistente.

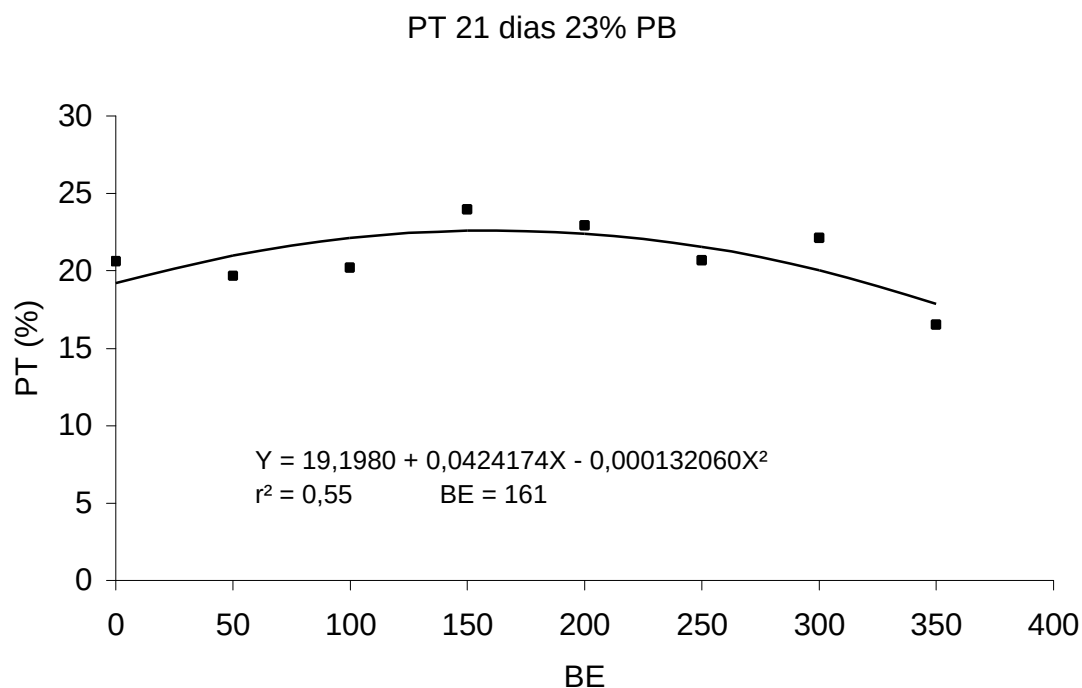


Figura 15. Percentual de PT e nível de BE nos fêmures das aves aos 21 dias de idade alimentadas com dieta contendo 23% de PB

O nível de BE encontrado para uma maior deposição de PT foi de 161 mEq/kg. O nível de 23% de PB da dieta explica a interação detectada, na medida em que possibilitou uma resposta biológica, apesar da inconsistência de 45% dos resultados. Os teores de PT estão diretamente relacionados com o percentual de PC nos ossos, já que este representa o somatório de PNC e PC, e esta última representa 90% do total das proteínas analisadas.

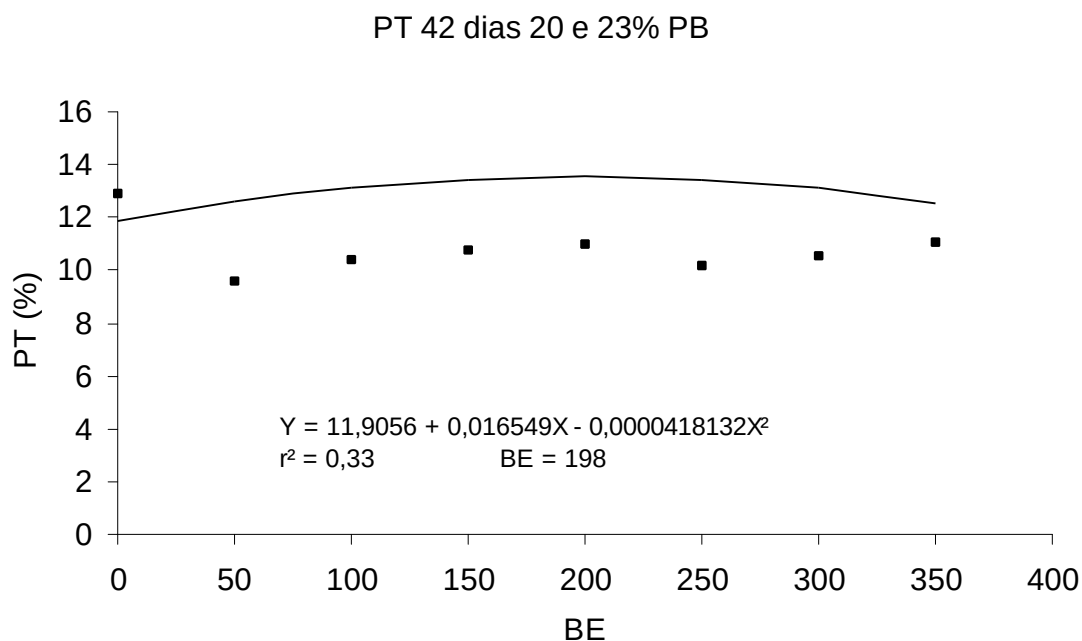


Figura 16. Percentual de PT e nível de BE nos fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dieta contendo 20 e 23% de PB

O nível de BE encontrado para uma maior deposição de PT aos 42 dias de idade, foi de 198 mEq/kg. Resultado semelhante à deposição de PC e com o mesmo padrão de inconsistência.

Na avaliação das médias dos tratamentos (21 e 42 dias) a dieta acidogênica (0 mEq/kg) resultou na de maior grau de deposição de PT, o que está de acordo com Rodrigues (1995); Ribeiro et al. (1995) e Rodrigues (2001) que detectaram aumento da fração colagenosa em ossos de pintos de corte ao acidificar a ração. Entretanto, Silva et al. (2001) trabalhando com dieta purificada suplementada com L-Glutâmico, não observaram efeito dos tratamentos nos teores de PT.

As frações de PC e PT variaram conforme os níveis protéicos (21 dias) e as suplementações das dietas, mas não se observou uma relação coerente nos

resultados. Os níveis de BE afetaram os teores de PC e PT, contudo não se pode observar uma relação concisa.

Na tabela 12 estão apresentadas as médias do comprimento do disco epifisário dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade consumindo dietas com 20 e 23 % de PB e oito níveis de BE.

Tabela 12. Comprimento médio do disco epifisário (DE) dos fêmures dos frangos de corte das aves aos 21 e 42 dias de idade.

Table 12. Medium length of the disk growth (DG) of the broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg) <i>EB</i>	DE 21 dias (mm) <i>DG 21 days</i>		DE 42 dias (mm) <i>DG 42 days</i>	
	20% PB	CP	20% PB	CP
0	0.62	0.38	0.12	0.19
50	0.38	0.56	0.17	0.16
100	0.63	0.40	0.18	0.16
150	0.41	0.40	0.23	0.15
200	0.57	0.43	0.17	0.16
250	0.49	0.44	0.14	0.20
300	1.41	0.40	0.23	0.20
350	0.41	0.42	0.12	0.13
Média <i>Average</i>	0.61a	0.43b	0.17	0.17
Efeito <i>Effect</i>	**		ns	
CV <i>CV</i>	55.77		34.85	

** Médias com letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$)

ns – não significativo ($P > 0,05$)

Os níveis de BE deste estudo não foram uma importante fonte de variação ($P > 0,05$) na formação do disco epifisário (DE) nos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade, submetidos a dietas com 20 e 23 % de PB e oito níveis de BE.

O nível protéico teve efeito significativo ($P < 0,05$) na formação do DE aos 21 dias de idade, e não ocorreu interação entre BE e PB.

A melhor formação e tamanho do DE das aves aos 21 dias de idade foi observado na dieta com 20% de PB. O DE se encontrava melhor organizado e

com a presença de epículas ósseas, que são acompanhadas das células da zona de calcificação, onde se desenvolve a camada de células proliferativas. O efeito do nível protéico fica evidenciado pela variação de 29,93% no tamanho médio do DE para a dieta contendo 20% de PB (0,6186500 mm) e de (0,4332187 mm) na dieta com 23% de PB. Este resultado está de acordo com Rodrigues (2001) trabalhando com dietas purificadas e analisando diferentes níveis de L-Glutâmico suplementados com vitamina D₃, onde informa que o aumento do nitrogênio não específico (15% de L-Glu) afetou a desorganização do DE, o qual foi composto por células em vários estágios de evolução e processo de ossificação na porção terminal. O autor relata ainda, que no mesmo nível de L-Glu e com o aumento da vitamina para 15.000 UI, observou-se a presença de centro de ossificação secundário, redução do comprimento e nível de organização do DE.

O processo de formação e organização do DE e da zona de proliferação do tecido ósseo parece estar dependente do metabolismo de D₃, já que a deficiência desta vitamina pode causar o aumento de espessura da zona proliferativa e hipertrófica, arranjo desordenado dos condrócitos da zona proliferativa e falha na mineralização da cartilagem do DE.

Na tabela 13 observa-se a espessura média do osso compacto (OC) dos fêmures das aves aos 21 e 42 dias de idade alimentadas com dietas contendo 20 e 23% de PB e oito níveis de BE.

Tabela 13. Espessura média do osso compacto (OC) dos fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

Table 13. Medium thickness of the compact bone (CB) of the broiler chickens femurs to the 21 and 42 days of age.

BE (mEq/kg) <i>EB</i>	OC 21 dias <i>CB 21 days</i> (mm)		OC 42 dias <i>CB 42 days</i> (mm)	
	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>	20% PB <i>CP</i>	23% PB <i>CP</i>
0	0.648	0.545	0.662	0.450
50	0.664	0.635	0.541	0.588
100	0.673	0.572	0.654	0.548
150	0.875	0.451	0.527	0.596
200	0.912	0.730	0.607	0.831
250	0.820	0.795	0.605	0.536
300	0.581	0.711	0.627	0.665
350	0.607	0.690	0.475	0.450
Média <i>Average</i>	0.722	0.641	0.587	0.583
Efeito <i>Effect</i>	ns	ns	ns	ns
CV <i>CV</i>	28.19		30.66	

ns- não significativo ($P>0,05$)

Não foi observado efeito do BE ($P>0,05$) na espessura do OC dos fêmures das aves aos 21 dias de idade. As demais variáveis estudadas (PB e BE x PB), não afetaram significativamente ($P>0,05$) a formação do OC nesta idade.

A maior espessura do OC das aves com 21 dias de idade, foi observada no nível de 200 mEq/kg de BE para a dieta contendo 20% de PB (0,9125000 mm), e 250 mEq/kg de BE na dieta com 23% de PB. O tamanho médio do OC foi maior para a dieta com 20 % de PB (0,7227917 mm) comparado à dieta com 23% de PB (0,6415396), com variação de 11,24% no tamanho do OC entre os tratamentos. Os resultados diferem dos apresentados por Rodrigues (2001), nos quais as dietas com maior concentração de nitrogênio evidenciaram uma maior espessura média do OC.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) do BE no comprimento e organização do DE, na espessura e formação do OC nos fêmures de frangos de corte aos 42 dias de idade. O nível protéico não foi importante fonte de variação ($P>0,05$) e não ocorreu interação entre BE e PB.

O DE epifisário com maior nível de organização e espessura nos fêmures das aves aos 42 dias de idade foi observado no nível de 300 mEq/kg de BE (0,236000 mm) para a dieta com 20% de PB, e de 250 mEq/kg (0,2076667 mm) na dieta contendo 23% de PB.

No OC das aves aos 42 dias de idade a maior espessura observada foi com 0 mEq/kg de BE (0,6623333 mm) para a dieta com 20% de PB, e de 200 mEq/kg (0,8310000 mm) na dieta contendo 23% de PB. A inconsistência dos resultados pode ser explicada devido ao coeficiente de variação observado que foi de 34,854 (DE) e 30,668 (OC) para os níveis de 20 e 23% de PB, respectivamente.

Em novos estudos envolvendo BE e análise histológica do DE e do OC de monogástricos, faz-se necessário definir uma metodologia de armazenagem, congelamento, descongelamento e manuseio dos ossos após a coleta durante o ensaio de desempenho e, posteriormente na preparação das lâminas e leitura das mesmas, com definição clara dos parâmetros a serem observados e analisados, para que se possa ter uma maior acuracidade e menor variação nos resultados.

O BE parece não afetar a formação e espessura do DE e do OC das aves aos 21 e 42 dias de idade, sendo este processo metabólico dependente do nível protéico, do metabolismo dos precursores e do nível da vitamina D₃ nas dietas.

5. CONCLUSÕES

O nível de balanço eletrolítico indicado para os parâmetros físicos (peso, comprimento, diâmetro e resistência à quebra), e químicos (deposição de cálcio, fósforo, magnésio, relação Ca:P, proteínas colagenosas, proteínas não colagenosas e proteína total) no fêmur de frangos de corte, aos 21 e 42 dias de idade, situa-se entre 150 e 200 mEq/kg da dieta.

Para as características estudadas o nível médio de balanço eletrolítico que apresentou os melhores resultados foi de 181 mEq/kg da dieta para os níveis de 20 e 23% de proteína bruta.

O nível protéico das dietas pode influenciar na formação e tamanho do disco epifisário dos fêmures de frangos de corte aos 21 dias de idade.

Os níveis de balanço eletrolítico utilizados não influenciam no comprimento e organização do disco epifisário e na espessura e formação do osso compacto de fêmures de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIT-BOULAHCEN, A.; GARLICH, J.D.; EDENS, F.W. Potassium chloride improves the thermotolerance of chickens exposed to acute heat stress. **Poult. Sci.**, v.74, n.1, p.75-87, 1995.
- ALBUQUERQUE, T.T.O. **Estudo do desenvolvimento de tiobiotarsos e fêmures de aves de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1988. 50p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- ALCANTARA, P.F.; HANSON, L.E.; SMITH, J.D. Sodium requirements, balance and tissue composition of growing pigs. **J. Anim. Sci.** v.50, n.6, p.1093, 1980.
- ANDERSON, J.J.B.; TOVERUD, S.U. Diet and vitamin D: a review with emphasis on human function. **J. of Nutritional Biochemistry**, v.5, p.58-65, 1984.
- AUSTIC, R.E.; CALVERT, C.C. Nutritional interrelationship of electrolytes and aminoacids. **Fed. Proc.**, v.40, p.63-67, 1981.
- BEKER, A.; TEETER, R.G. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. **J. Appl. Poult. Res.** v.3, n.1, p.87-92, 1994.
- BELAY, T.; WIERNUSZ, C.J.; TEETER, R.G. Mineral balance of heat distressed broilers. Oklahoma: Oklahoma **Agricultural Experiment Station.** p.189-194, 1980.

- BORGES, S.A.; ARIKI, J.; SALVADOR, D. et al. Suplementação de altos níveis de cloreto de potássio em rações de frangos de corte criados durante o verão. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996, p.62.
- BORGES, S.A.; ARIKI, J.; MARTINS, C.L. et al. Suplementação de cloreto de potássio para frangos de corte submetidos a estresse calórico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.313-319, 1999.
- BOWEN, T.S.J.; WASHBURN, K.W. Thyroid and adreno response to heat stress and chickens and quail differing in heat tolerance. **Poult. Sci.**, v.64, n.1, p.149-154, 1985.
- BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantifications of micrograms quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. **Anal Biochem.**, v.72, p.248-254, 1976.
- BROSNAN, J.T.; LOWRY, M.; VINAY, P. et al. Renal ammonium production-une vue canadienne. **Can. J. Physiol. Pharmacol.** v.65, p.486. 1987.
- BRUGALLI, I.; SILVA, D.J.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo disponível e efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1288-1296, 1999.
- BUDDE, R.A.; CRENSHAW, T.D. Chronic metabolic acid load induced by changes in dietary electrolyte balance increased chloride retention but did not compromise bone in growing swine. **J. Anim. Sci.**, v.81, p.197-208, 2003.
- CRENSHAW, T.D.; PEO, E.R.; LEWIS, A.J. et al. Bone strength as a trait for assessing mineralization in swine: a critical review of techniques involved. **J. Anim. Sci.**, v.53, n.3, p.827-835, 1981.
- DARI, R.L. Eletrólitos para aves. Boletim técnico para funcionários e clientes da Nutron Alimentos: **Ave news**, 2002. 8p.
- FARQUHARSON, C.; JEFFERIES, D. Chondrocytes and longitudinal bone growth: the development of tibial dyscondroplasia. **Poult. Sci.**, v.79, p.994-1004, 2000.

- FILHO, B.C. Efeito da relação (Na + K)/Cl e fontes de sódio e cloro sobre o desempenho de poedeiras comerciais In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996, p.20.
- FLEMING, R.H.; McCORMACK, H.A.; WHITEHEAD, C.C. Bone structure and strength at different ages in laying hens and effects of dietary particulate limestone, vitamin K and ascorbic acid. **British Poultry Science**, v.39, p.434-440, 1998.
- FORSBERG, N.E.; AUSTIC, R.E.; PATIENCE, J.F. et al. Effect of bicarbonate on lysine (Lys) and leucine (Leu) metabolism in rat hepatocytes. **Fed. Proc.** v.44, p.800. 1985.
- FRANK, F.R.; BURGER, R.E. The effect of carbon dioxide inhalation and sodium bicarbonate ingestion on eggshell deposition. **Poult. Sci.**, v.44, n.6, p.1604-1606, 1965.
- FREITAS, H.T. **Efeitos de composição das dietas com níveis de proteínas e de nutrientes sobre o desempenho e as características ósseas de pintos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2002. 144p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- GARDINER, E.E.; TOGLER, J.C.; PARKER, H.E. Interrelationships between magnesium and fluoride in chicks. **J. Nutr.**, v.75, p.270-274, 1961.
- GOLZ, D.I.; CRENSHAW, T.D. Interrelationship of dietary sodium, potassium and chloride on growth in young swine. **J. Anim. Sci.** v.68, p.2736-2747, 1990.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução a bioquímica clínica veterinária.** www.ufrgs.br/favet/bioquimica/graduacao/livro-texto.pdf Acessado em 12/08/2003.
- GRIZZLE, J.; IHEANACHO, M.; SAXTON, A. et al. Nutritional and environmental factors involved in egg shell quality of laying hens. **Br. Poult. Sci.**, v.33, n.4, p.781-784, 1992.
- GUIMARÃES, V.M. **Efeitos de aminoácidos dispensáveis e indispensáveis no desempenho e anomalias das pernas de pintos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1988. 54p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

- GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, 864p.
- HANNAFORD, M.C.; GOLDSTEIN, M.B.; JOSSE, R.G. et al. Role of acidosis in the protein wasting of fasting in the rat and the rabbit. **Can. J. Physiol. Pharmacol.** v.60, p. 331. 1982.
- HARPER, H.A.; RODWELL, V.W.; MAYES, P.A. **Manual de química fisiológica**. 5.ed. São Paulo: Atheneu, 1982. 736p.
- HAUSCHKA, P.V.; LIAN, J.B.; GALLOP, P.M. Alterations of the gamma carboxyglutamic acid and osteocalcin concentrations in vitamin D-deficient chick bone. **J. Biol. Chem.** v.257, n.9, p.4099-5003, 1982.
- HAUSCHKA, P.V.; LIAN, J.B.; GALLOP, P.M. Direct identification of the calcium binding aminoacid gamma-carboxyglutamic in mineralized tissue. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v.70, p.3925-3929, 1975.
- HAUSCHKA, P.V.; GALLOP, P.M. Purification and calcium binding properties of osteocalcin, the gamma-carboxyglutamic acid-containing proteins of bone. In: WEISSIERMAN, R.H. et al. (ed), **Calcium Binding Proteins and Calcium Function**. Amsterdam, Elsevier, p.338-347, 1977.
- HAYDON, K.K.; WEST, J.W.; McCARTER, M.N. Effect of dietary electrolyte balance on performance and blood parameters of growing-finishing swine fed in high ambient temperatures. **J. Anim. Sci.** v.65, p.2400-2406, 1990
- HOOGE, D.M.; CUMMINGS, K.R. Metabolic functions of potassium in animals explored. **Feedstuffs**, v.67, n.36, p.14-17, 1995.
- HULAN, H.W.; SIMONS, P.C.M.; VAN SCHAGEN, P.J.W. Effect of altering the cation-anion (Na + K – Cl) and calcium content of the diet on general performance and incidence of tibial dischondroplasia of broiler chickens housed in batteries. **Nutr. Rep. Int.**, v.33, p.397-408, 1986.
- HUNT, J.R.; AITKEN, J.R. Studies of influence of ascorbic acid on shell quality. **Poult. Sci.**, v.41, n.1, p.219-226, 1962.
- HURWITZ, S.; FISHMAN, S.; TALPAZ, H. Calcium dynamics: a model system approach. **J. Nutr.**, v.117, p.791-796, 1987.

- JOHNSON, R.J.; KARUNAJEEWA, H. The effects of dietary minerals and electrolytes on the growth and physiology of the young chickens. **J. Nutr.** v.115, p.1680-1690, 1985.
- JUNQUEIRA, O.M.; CAMARGO FILHO, B.; ARAÚJO, L.F. Efeitos das fontes de sódio, cloro e cloreto de potássio e da relação (Na + K)/Cl, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1110-1116, 2000.
- KARUNAJEEWA, H.; BAAR, D.A.; FOX, M. Effect of dietary phosphorus concentration and electrolyte balance on the growth performance of broilers chickens. **British Poultry Science**, v.27, n.4, p.601-612, 1986.
- KARUNAJEEWA, H.; BAAR, D.A. Influence of dietary electrolyte balance, source of added potassium and anticoccidial agents on the performance of male broilers. **British Poultry Science**, v.29, p.137-147, 1988.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. Metabolism of water and minerals. Nutrition and feeding of poultry. Leicestershire: **Nottingham University Press**, 1992. 305p.
- LEACH, R.M.; TWAL, W.O. Autocrine paracrine and hormonal signals involved in growth plate chondrocyte differentiation. **Poult. Sci.**, v.73, p.883-888, 1994.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Some nutritional implications of leg problems with poultry. **Br. Vet. J.**, v.144, n.1, p.81-92, 1988.
- LILBURN, M.S. Skeletal growth of commercial poultry species. **Poult. Sci.**, v.73, n.6, p.897-903, 1994.
- LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- LONG, P.H.; LEE, S.R.; ROWLAND, G.N. et al. Experimental rickets in broilers: gross, microscopic, and radiographic lesions. I. Phosphorus deficiency and calcium excess. **Avi. Dis.** v.28, n.2, p.460-475, 1983.
- LOWRY, M.; HALL, D.E.; HALL, M.S. et al. Renal metabolism of amino acids in vivo: studies on serine and glycine fluxes. **Am. J. Physiol.** v.252, p.F304, 1987.

- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 246p.
- McDOWELL, L.R. **Calcium and phosphorus – minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, p.26-77, 1992.
- MAIORKA, A.; MAGRO, N.; BARTEL, A.H. et al. Efeito do nível de sódio e diferentes relações entre sódio, potássio e cloro em dietas pré-iniciais no desempenho de frangos de corte. In: XXXV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis [1998]. CD-ROM. Nutrição de não Ruminantes, NRU-131. p.478.
- MAY, J.D.; DEATON, J.W.; BRANTON, S.L. Body temperature of acclimated broilers during exposure to high temperature. **Poult. Sci.**, v.66, p.378-380, 1987a.
- MAY, R.C.; KELLY, R.A.; MITCH, W.E. Mechanisms for defects in muscle protein metabolism in rats with chronic uremia: the influence of metabolic acidosis. **J. Clin. Invest.** v.79, p.1099, 1987b.
- MAY, R.C.; KELLY, R.A.; MITCH, W.E. Metabolic acidosis simulates protein degradation in rat muscle by a glucocorticoid-dependent mechanisms. **J. Clin. Invest.** v.77, p.614, 1986.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLY, J.K.; HINTZ, H.F. et al. **Nutrição animal**. 3.ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.
- MESCHY, F. **Avanços em nutrição e alimentação animal**. Curso de Especialização, Laboratoire de Nutrition et d` Alimentacion. INRA-INA. 2000. 13P.
- MILES, R.D.; HARNS, R.H. Relationship between egg specific gravity and plasma phosphorus form hens fed different dietary calcium, phosphorus and sodium levels. **Poult. Sci.**, v.61, n.1, p.175-177, 1982.
- MONGIN, P. SAUVEUR, B. Interrelationships between mineral nutrition, acid-base, growth and cartilage abnormalities. **Proceedings Poultry Science**. Edinburgh, n.12, p.235-247, 1977.
- MONGIN, P. Role of sodium, potassium and chloride in eggshell quality. In: NUTRITION CONFERENCE OF FLORIDA, Florida, 1980. **Procedings...** Florida, 1980. p.114-117.

- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Proc. Nutr. Soc.** v.40, p.285-294, 1981.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation in poultry. In: COLE, D.J.A.; HARESIGN, W. (ed) **Recent developments in poultry nutrition**. Monnaie, France, 1989, 344p.
- NARVÁEZ, W.V.; ROSTAGNO, H.S. SOARES, P.R. et al. Níveis de cálcio para poedeiras comerciais leves de 46 a 62 de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.27.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – **NRC**, 10.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189p.
- O'DELL, B.L.; SAVAGE, J.E. Arginine-lysine antagonism in the chick and its relationship to dietary cations. **J. Nutr.** v.90, p.364, 1966.
- PARTHEMORE, P.; BURTON, D.W.; DEFTOS, L.J. Associations and dissociations between serum bone Gla-protein and alkaline phosphatase in skeletal metabolism. **J. Orthop. Res.**, v.11, p.671-676, 1993.
- PATIENCE, J.F.; AUSTIC, R.E.; BOYD, R.D. The effects of sodium bicarbonate or potassium bicarbonate on acid-base status and protein and energy digestibility in swine. **Nutr. Res.** v.6, p.263, 1986.
- PATIENCE, J.F.; WOLYNETZ, M.S. Undetermined anion a dietary component independent of specific mineral effects in swine. **J. Anim. Sci.** v.65, p.303, 1987.
- PATIENCE, J.F.; WOLYNETZ, M.S. Influence of dietary undetermined anion on acid-base status and performance in pigs. **J. Nutr.**, v.120, p.579-587, 1990.
- PATIENCE, J.F, CHAPLIN, R.K. The relationship among dietary undetermined anion, acid-base balance, and nutrient metabolism in swine. **J. Anim. Sci.** v.75, p.2445-2452, 1997.
- PATIENCE, J.F. A review of role of acid-base balance in amino acid nutrition. **J. Anim. Sci.** v.68, p.398-408, 1990.
- PATIENCE, J.F. The physiological basis of electrolytes in animal nutrition. **Prairie Swine Centre**, University of Saskatchewan: Saskatchewan, Canada, p.225-242, 1992.

- PERRY, R.W.; ROWLAND, G.N.; BRITTON, W.M. Pathology of experimental vitamin D deficiency in turkeys and the effects of various vitamin D supplements. **Avian Diseases**, v.35, n.5, p.542-553, 1991.
- PINES, M.; HURWITZ, S. The role of the growth plate in longitudinal bone growth. **Poult. Sci.**, v.70, p.1806-1814, 1991.
- PRICE, P.A.; BAUKOL, S.A. 1,25-dihidroxy vitamin D₃ increases synthesis of the vitamin-K-dependent bone protein by osteosarcoma cells. **J. Biol. Chem.**, v.225, n.24, p.11660-11663, 1980.
- PRICE, P.A. **Vitamin K-dependent formation of bone Gla-protein (Osteocalcin) and its function.** In: VITAMINS AND HORMONES. Academic Press, New York, 1985. v.42, p.65-109.
- PROCKOP, D.J.; WILLIAMS, C.J. Structure of organic matrix collagens structure (Chemical). In: NANCOLLAS, G.H. (Ed.). **Biological mineralization and desmineralization.** Berlin: Springer – Verlag, 1982. p.161-167.
- RATH, N.C.; HUFF, G.R.; HUFF, W.E. et al. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poult. Sci.** v.79, n.8, p.1024-1032, 2000.
- RIBEIRO, M. **Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio não-específico no desempenho e na incidência de anomalias nas pernas de pintos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1990. 69p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- RIBEIRO, M.; MORAES, G.H.K.; FONSECA, J.B. Efeitos de ácido L-Glutâmico, L-alanina e L-prolina na dieta de pintos de corte: I-Desempenho, incidência de problemas de pernas e composição química de fêmures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.768-777, 1995.
- ROBINS, S.P. Collagens crosslinks in metabolic bone disease. **Acta Orthop. Scand.** v.66, p.171-175, 1995.
- RODRIGUES, A.C.P. **Níveis de ácido L-Glutâmico e de vitamina K no desempenho e deformidades ósseas e perfil de enzimas digestivas de pintos de corte alimentados com dietas purificadas.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2001. 130p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

- RODRIGUES, A.C.P. **Efeitos do ácido L-Glutâmico e da vitamina K da dieta em pintos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1992. 55p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- RONDÓN, E.O.O.; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N. et al. Sodium and chloride nutritional requirements for young broiler chickens (1 to 21 days of age). In: Poultry Sci. Assoc., 88., 1999, Arkansas. **Annual meeting...** Arkansas: Poultry Sci. Assoc., 1999. 63p.
- ROOS, M.H.; ROWRELL, L.J. **Histologia – texto e atlas.** 2. ed. São Paulo: Média Panamericana, 1993. 779p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000, 141p.
- SANSLONE, W.R.; MUNTWYLER, E.; KESNER, L. et al. Amino acid content of muscle and plasma with altered pH. **Metab. Clin. Exp.** v.19, p.179, 1970.
- SAUVEUR, B. Dietary factors as causes of leg abnormalities in poultry – A Review. **World's Poultry Science Journal**, v.40, n.3, p.195-206, 1984.
- SAUVEUR, B.; MONGIN, P. Tibial dyscondroplasia, a cartilage abnormality in poultry. **Ann. Biol. Biochim. Biophys.** v.18, p.87-92, 1978.
- SCOTT, D. Renal excretion of acid and base in the pig. **Q. J. Exp. Physiol.** v.56, p.169, 1971.
- SCOTT, M.L.; AUSTIC, R.E. Influence of dietary potassium on lysine metabolism in the chick. **J. Nutr.** v.108, p.137, 1978.
- SCOTT, M.L.; NESHEIN, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chickens.** 2. (ed) Ithaca: M. L. Scott & Associates, 1976. p.285-304.
- SILVA, F.A. **Efeitos do ácido L-Glutâmico no desempenho e composição química de tíbias e fêmures de pintos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1995. 63p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

- SILVA, F.A. **Efeitos do ácido L-Glutâmico e da vitamina D₃ no desempenho e anomalias ósseas de pintos de corte.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2000. 144p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- SILVA, F.A.; MORAES, G.H.K.; RODRIGUES, A.C.P. et al. Efeitos do ácido L-Glutâmico e da vitamina D₃ nos fêmures e tibiotarsos de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.2067-2077, 2001.
- SMITH, M.O.; TEETER, R.G. Effects of potassium chloride supplementation on growth of heat-distressed broilers. **J. Appl. Poult. Res.** v.1, p.321-324, 1992.
- SOUZA, B.B.; BERTACHINI, A.G.; TEIXEIRA, A.S. Efeito da suplementação de cloreto de potássio na dieta sobre o equilíbrio ácido-básico e o desempenho de frangos de corte no verão. **Ciência Agrotécnica de Lavras**, v.26, n.6, p.1297-1304, 2002.
- SQUIRES, E.J.; HALL, D.E.; BROSNAN, J.T. Arteriovenous differences for amino acids and lactate across kidneys of normal and acidotic rats. **Biochem. J.** v.160, p.125, 1976.
- SWENSON, M.J. Dukes – **Fisiologia dos animais domésticos.** 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p.
- TAFURI, M.L.; VILORIA, M.I.V.; FONSECA, J.B. et al. Observações preliminares sobre a composição do tecido ósseo e deformações de pernas em frangos de corte. **Revista Ceres**, v.40, n.231, p.491-501, 1993.
- TANNEN, R.L. Potassium disorders. In: Kokko, J. P. and Tannen, R.L. (eds) **Fluids and electrolytes.** p.150-228, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1986.
- TARDIN, A.C. Visão nutricional dos problemas locomotores em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Campinas. **Palestras...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1995. p.71-83.
- TEETER, R.G.; BELAY, T. Broiler management during acute heat stress. **Animal Feed Science Technology**, v.58, p.127-142, 1996.
- TEETER, R.G.; SMITH, M.O.; OWENS, F.N. et al. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicken. **Poult. Sci.**, v.64, p.1060, 1985.

- TEETER, R.G. The electrolyte: acid-base connection. **Feed Mix.** v.5, n.4, p.32-34, 1997a.
- TEETER, R.G. Balancing the electrolyte equation. **Feed Mix.** v.5, n.3, p.22-26, 1997.
- THORP, B.H.; WADDINGTON, D. Relationships between the bone pathologies, ash and mineral content of long bones in 35-day-old broiler chickens. **Res. Vet. Sci.** v.62, p.67-73, 1997.
- THORP, B.H. Fisiopatologia do aparelho locomotor: etiologias infecciosas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SANIDADE AVÍCOLA, 1999, Campinas, **Anais...** Campinas: APINCO, 1999, p.1-6.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Viçosa, MG, 2000.
- VARGAS Jr, J.G. **Exigências de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2002. 113p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- VERMEER, C.; JIE, K.S.G.; KNAPEN, H.J. Role of vitamin K in bone metabolism. **Ann. Res. Nutr.**, v.15, p.1-22, 1995.
- VETTER, V.; FISHER, L.W.; MINTZ, K.P. et al. Osteogenesis imperfecta: changes in noncollagenous protein in bone. **J. Bone Miner. Res.**, v.6, p.501-505, 1991.
- VIEIRA, E.C.; FIGUEIREDO, E.A.; ALVAREZ-LEITE, J.I. et al. **Química fisiológica.** 2.ed. São Paulo: Atheneu, 1995. 414p.
- VIEITES, F.M. **Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta em rações para frangos de corte de um a 42 dias.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2003. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- VOUGHAM, J.M. **The physiology of bone.** Oxford, Claredon Press, 1970. 325p.
- WAHLSTROM, R.C.; SIYOTO, S.L.; LIBAL, G.W. Effect of potassium and lysine supplementation on performance of young pigs fed low potassium diets. **Nutr. Rep. Int.** v.28, p.1159, 1983.

- WALSER, M. Roles of urea production, ammonium excretion, and amino acid oxidation in acid-base balance. **Am. J. Physiol.** v.250, p.F181, 1986.
- WELBOURNE, T.C.; PHROMPHETCHARAT, V.; GIVENS, G. et al. Regulation of interorganal glutamine flow in metabolic acidosis. **Am. J. Physiol.** v.250, p.E457, 1986.
- WEINBERG, R.L. In: Fluids and electrolytes. KOKKO, J.P.; TANNEN, R.L. Eds. W. B. **Saunders Co.** Philadelphia, p.742-759, 1986.
- WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C. et al. Effects of dietary buffers on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.** v.73, p.2414-420, 1995.
- YALÇIN, S.; SETTAR, P.; DICLE, O. Influence of dietary protein and sex on walking ability and bone parameters of broilers. **British Poultry Science**, v.39, p.251-256, 1998.
- YOUNG, M.F.; KERR, J.M.; IBARAKI, K. et al. Structure, expression and regulation of major noncollagenous matrix proteins of bone. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v.282, p.275-293, 1992.
- ZOOLLITSCH, W.; ZHIQIANG, C.; PEGURI, A. et al. Nutrient requirements of laying hens. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Resumos...** Viçosa, 1996. p.109-159.

APÊNDICE

Quadro 1A- análise de variância do peso dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	3.329227	0.4756038	3.023	0.00747	7.37
Linear $r^2 = 0.04$	1	0.1468023	0.1468023	0.933	*****	
Quadrática $r^2 = 0.86$	1	2.716042	2.716042	17.265	0.00009	
Cúbico $r^2 = 0.88$	1	0.7409019E-01	0.7409019E-01	0.471	*****	
Quártico $r^2 = 0.91$	1	0.1091794	0.1091794	0.694	*****	
Quíntico $r^2 = 0.96$	1	0.1661458	0.1661458	1.056	0.30741	
Residual	2	0.1169667	0.5848333E-01	0.372	*****	
PB	1	0.1261573	0.1261573	0.802	*****	
REP	5	0.6958022	0.1391604	0.885	*****	
BE PB	7	0.3840446	0.5486352E-01	0.349	*****	
Resíduo	75	11.79890	0.1573187			

Quadro 2A - análise de variância dos pesos dos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	30.42007	40345724	3.199	0.00511	7.43
Linear $r^2 = 0.00$	1	0.1712959E-01	0.1712959E-01	0.013	*****	
Quadrática $r^2 = 0.74$	1	22.62107	22.62107	16.652	0.00012	
Cúbico $r^2 = 0.75$	1	0.2408956	0.2408956	0.177	*****	
Quártico $r^2 = 0.79$	1	1.029345	1.029345	0.758	*****	
Quíntico $r^2 = 0.86$	1	2.159075	2.159075	1.589	0.21133	
Residual	2	4.352558	2.176279	1.602	0.20832	
PB	1	0.4752424	0.4752424	0.350	*****	
REP	5	29.57718	5.915437	4.355	0.00157	
BE PB	7	3.897544	0.5567921	0.410	*****	
Resíduo	75	101.8844	1.358459			

Quadro 3A – Análise de variância dos diâmetros dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.3072917E-01	0.4389881E-02	1.559	0.16083	7.39
Linear $r^2 = 0.30$	1	0.9171627E-02	0.9171627E-02	3.258	0.07511	
Quadrática $r^2 = 0.42$	1	0.3616071E-02	0.3616071E-02	1.284	0.26069	
Cúbico $r^2 = 0.42$	1	0.1546717E-03	0.1546717E-03	0.055	*****	
Quártico $r^2 = 0.74$	1	9.9774080E-02	9.9774080E-02	3.472	0.06635	
Quíntico $r^2 = 0.90$	1	0.4872176E-02	0.4872176E-02	1.731	0.19235	
Residual	2	0.3140540E-02	0.1570270E-02	0.558	*****	
PB	1	0.1041667E-03	0.1041667E-03	0.037	*****	
REP	5	0.1052083E-01	0.2104167E-02	0.747	*****	
BE PB	7	0.2739583E-01	0.3913690E-02	1.390	0.22204	
Resíduo	75	0.2111458	0.2815278E-02			

Quadro 4A – Análise de variância dos diâmetros dos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.3156250E-01	0.4508929E-02	0.915	*****	7.05
Linear $r^2 = 0.10$	1	0.3100198E-02	0.3100198E-02	0.629	*****	
Quadrática $r^2 = 0.29$	1	0.6076389E-02	0.6076389E-02	1.233	0.27029	
Cúbico $r^2 = 0.35$	1	0.1972854E-02	0.1972854E-02	0.400	*****	
Quártico $r^2 = 0.36$	1	0.6628788E-04	0.6628788E-04	0.013	*****	
Quíntico $r^2 = 0.41$	1	0.1712836E-02	0.1712836E-02	0.348	*****	
Residual	2	0.1863394E-01	0.9316968E-02	1.891	0.15802	
PB	1	0.9375000E-03	0.9375000E-03	0.190	*****	
REP	5	0.3552083E-01	0.7104167E-02	1.442	0.21916	
BE PB	7	0.9895833E-02	0.1413690E-02	0.287	*****	
Resíduo	75	0.3694792	0.4926389E-02			

Quadro 5A – Análise de variância do comprimento dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.1483333	0.2119048E-01	1.080	0.38454	2.51
Linear $r^2 = 0.00$	1	0.4960317E-03	0.4960317E-03	0.025	*****	
Quadrática $r^2 = 0.12$	1	0.1785714E-01	0.1785714E-01	0.910	*****	
Cúbico $r^2 = 0.17$	1	0.6679293E-02	0.6679293E-02	0.340	*****	
Quártico $r^2 = 0.44$	1	0.4002165E-01	0.4002165E-01	2.040	0.15735	
Quíntico $r^2 = 0.56$	1	0.1747405E-01	0.1747405E-01	0.891	*****	
Residual	2	0.6580517E-01	0.3290258E-01	1.677	0.19383	
PB	1	0.1500000E-01	0.1500000E-01	0.765	*****	
REP	5	0.3320833	0.6641667E-01	3.386	0.00822	
BE PB	7	0.5166667E-01	0.7380952E-02	0.376	*****	
Resíduo	75	1.471250	0.1961667E-01			

Quadro 6A – Análise de variância do comprimento dos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.3079167	0.4398810E-01	1.107	0.36794	2.38
Linear $r^2 = 0.03$	1	0.1049603E-01	0.1049603E-01	0.264	*****	
Quadrática $r^2 = 0.81$	1	0.2400794	0.2400794	6.040	0.01631	
Cúbico $r^2 = 0.82$	1	0.8080808E-03	0.8080808E-03	0.020	*****	
Quártico $r^2 = 0.84$	1	0.7408009E-02	0.7408009E-02	0.186	*****	
Quíntico $r^2 = 0.87$	1	0.9525336E-02	0.9525336E-02	0.240	*****	
Residual	2	0.3959984E-01	0.1979992E-01	0.498	*****	
PB	1	0.3375000E-01	0.3375000E-01	0.849	*****	
REP	5	0.3020833	0.6041667E-01	1.520	0.19380	
BE PB	7	0.6145833	0.8779762E-01	2.209	0.04276	
Resíduo	75	2.981250	0.3975000E-01			

Quadro 7A – Análise de variância da resistência à quebra dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	1407.451	201.0645	0.343	*****	13.02
Linear $r^2 = 0.02$	1	23.57341	23.57341	0.040	*****	
Quadrática $r^2 = 0.68$	1	928.5572	928.5572	1.585	0.21198	
Cúbico $r^2 = 0.69$	1	14.18687	14.18687	0.024	*****	
Quártico $r^2 = 0.73$	1	60.14911	60.14911	0.103	*****	
Quíntico $r^2 = 0.97$	1	337.6162	337.6162	0.576	*****	
Residual	2	43.36850	21.68425	0.037	*****	
PB	1	313.2038	313.2038	0.535	*****	
REP	5	1814.306	362.8612	0.619	*****	
BE PB	7	4353.935	621.9907	1.062	0.39657	
Resíduo	75	43942.20	585.8961			

Quadro 8A – Análise de variância da resistência à quebra dos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	26692.40	3813.200	1.475	0.18924	17.96
Linear $r^2 = 0.03$	1	857.6200	857.6200	0.332	*****	
Quadrática $r^2 = 0.74$	1	18907.26	18907.26	7.313	0.00848	
Cúbico $r^2 = 0.80$	1	1662.426	1662.426	0.643	*****	
Quártico $r^2 = 0.88$	1	1942.888	1942.888	0.751	*****	
Quíntico $r^2 = 0.88$	1	37.57094	37.57094	0.015	*****	
Residual	2	3284.629	1642.315	0.635	*****	
PB	1	283.9376	283.9376	0.110	*****	
REP	5	8053.762	1610.752	0.623	*****	
BE PB	7	7472.822	1067.546	0.413	*****	
Resíduo	75	193909.7	2585.462			

Quadro 9A – Análise de variância dos teores de cálcio nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	170.9348	24.41926	1.421	0.23351	12.33
Linear $r^2 = 0.02$	1	2.873823	2.873823	0.167	*****	
Quadrática $r^2 = 0.69$	1	115.8832	115.8832	6.745	0.01443	
Cúbico $r^2 = 0.77$	1	13.62139	13.62139	0.793	*****	
Quártico $r^2 = 0.81$	1	5.730593	5.730593	0.334	*****	
Quíntico $r^2 = 0.81$	1	0.6724951E-01	0.6724951E-01	0.004	*****	
Residual	2	32.75858	16.37929	0.953	*****	
PB	1	0.5119739	0.5119739	0.030	*****	
REP	2	90.38914	45.19457	2.631	0.08859	
BE PB	7	163.8993	23.41419	1.363	0.25685	
Resíduo	30	515.4093	17.18031			

Quadro 10A – Análise de variância dos teores de cálcio nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	193.0561	27.57945	5.827	0.00025	8.70
Linear $r^2 = 0.13$	1	25.92689	25.92689	5.478	0.02610	
Quadrática $r^2 = 0.65$	1	99.45225	99.45225	21.013	0.00008	
Cúbico $r^2 = 0.73$	1	16.09576	16.09576	3.401	0.07506	
Quártico $r^2 = 0.80$	1	13.32226	13.32226	2.815	0.10379	
Quíntico $r^2 = 0.88$	1	14.30495	14.30495	3.022	0.09237	
Residual	2	23.95401	11.97700	2.531	0.09648	
PB	1	0.1845137	0.1845137	0.039	*****	
REP	2	0.4906169	0.2453054	0.052	*****	
BE PB	7	30.28205	4.326007	0.914	*****	
Resíduo	30	141.9869	4.732898			

Quadro 11A – Análise de variância dos teores de fósforo nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	28.72223	4.103176	0.868	*****	12.56
Linear $r^2 = 0.05$	1	1.365262	1.365262	0.289	*****	
Quadrática $r^2 = 0.47$	1	12.11698	12.11698	2.564	0.11977	
Cúbico $r^2 = 0.60$	1	3.618229	3.618229	0.766	*****	
Quártico $r^2 = 0.60$	1	0.2311201	0.2311201	0.049	*****	
Quíntico $r^2 = 0.69$	1	2.489707	2.489707	0.527	*****	
Residual	2	8.900932	4.450466	0.942	*****	
PB	1	0.2665747E-01	0.2665747E-01	0.006	*****	
REP	2	5.664110	2.832055	0.599	*****	
BE PB	7	37.89968	5.414239	1.146	0.36209	
Resíduo	30	141.7481	4.724935			

Quadro 12A – Análise de variância dos teores de fósforo nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	22.08594	3.155134	3.169	0.01245	8.34
Linear $r^2 = 0.14$	1	3.038432	3.038432	3.052	0.09088	
Quadrática $r^2 = 0.14$	1	0.4792253E-01	0.4792253E-01	0.048	*****	
Cúbico $r^2 = 0.39$	1	5.539767	5.539767	5.564	0.02504	
Quártico $r^2 = 0.58$	1	4.156385	4.156385	4.175	0.04990	
Quíntico $r^2 = 0.77$	1	4.323606	4.323606	4.343	0.04578	
Residual	2	4.979822	2.489911	2.501	0.09896	
PB	1	1.615942	1.615942	1.623	0.21244	
REP	2	1.214742	0.6073711	0.610	*****	
BE PB	7	19.28913	2.755590	2.768	0.02411	
Resíduo	30	29.86767	0.9955890			

Quadro 13A – Análise de variância da relação Ca:P nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.1405673	0.2008104E-01	0.887	*****	7.72
Linear $r^2 = 0.00$	1	0.6428352E-03	0.6428352E-03	0.028	*****	
Quadrática $r^2 = 0.43$	1	0.5915648E-01	0.5915648E-01	2.613	0.11648	
Cúbico $r^2 = 0.43$	1	0.3890846E-04	0.3890846E-04	0.002	*****	
Quártico $r^2 = 0.73$	1	0.4264168E-01	0.4264168E-01	1.883	0.18013	
Quíntico $r^2 = 0.99$	1	0.3597959E-01	0.3597959E-01	1.589	0.21717	
Residual	2	0.2107778E-02	0.1053889E-02	0.047	*****	
PB	1	0.1168828E-03	0.1168828E-03	0.005	*****	
REP	2	0.9373359E-01	0.4686680E-01	2.070	0.14384	
BE PB	7	0.3013291	0.4304702E-01	1.901	0.10446	
Resíduo	30	0.6792445	0.2264148E-01			

Quadro 14A – Análise de variância da relação Ca:P nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.8645129	0.1235018	5.400	0.00044	7.20
Linear $r^2 = 0.02$	1	0.2090560E-01	0.2090560E-01	0.914	*****	
Quadrática $r^2 = 0.99$	1	0.8327319	0.8327319	36.410	0.00000	
Cúbico $r^2 = 0.99$	1	0.1711701E-02	0.1711701E-02	0.075	*****	
Quártico $r^2 = 0.99$	1	0.1657907E-02	0.1657907E-02	0.072	*****	
Quíntico $r^2 = 0.99$	1	0.2082973E-02	0.2082973E-02	0.091	*****	
Residual	2	0.5422834E-02	0.2711417E-02	0.119	*****	
PB	1	0.4380218E-01	0.4380218E-01	1.915	0.17660	
REP	2	0.2867292E-01	0.1433646E-01	0.627	*****	
BE PB	7	0.5580521	0.7972172E-01	3.486	0.00748	
Resíduo	30	0.6861325	0.2287108E-01			

Quadro 15A – Análise de variância dos teores de magnésio nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	43.55096	6.221565	3.272	0.01054	19.99
Linear $r^2 = 0.16$	1	7.163973	7.163973	3.767	0.06172	
Quadrática $r^2 = 0.19$	1	1.234589	1.234589	0.649	*****	
Cúbico $r^2 = 0.36$	1	7.438468	7.438468	3.911	0.05721	
Quártico $r^2 = 0.65$	1	12.65642	12.65642	6.655	0.01503	
Quíntico $r^2 = 0.68$	1	1.036928	1.036928	0.545	*****	
Residual	2	14.02058	7.010288	3.686	0.03703	
PB	1	8.999809	8.999809	4.732	0.03761	
REP	2	1.751465	0.8757324	0.460	*****	
BE PB	7	25.73486	3.676409	1.933	0.09893	
Resíduo	30	57.05129	1.901710			

Quadro 16A – Análise de variância dos teores de magnésio nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	5.933423	0.8476318	1.878	0.10858	13.32
Linear $r^2 = 0.53$	1	3.173995	3.173995	7.034	0.01266	
Quadrática $r^2 = 0.55$	1	0.9399931E-01	0.9399931E-01	0.208	*****	
Cúbico $r^2 = 0.61$	1	0.3699113	0.3699113	0.820	*****	
Quártico $r^2 = 0.82$	1	1.208147	1.208147	2.677	0.11223	
Quíntico $r^2 = 1.00$	1	1.074499	1.074499	2.381	0.13328	
Residual	2	0.1287145E-01	0.6435724E-02	0.014	*****	
PB	1	5.330521	5.330521	11.813	0.00175	
REP	2	1.411300	0.7056502	1.564	0.22592	
BE PB	7	2.667499	0.3810713	0.845	*****	
Resíduo	30	13.53711	0.4512369			

Quadro 17A – Análise de variância dos teores de proteínas não colagenosas nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	1.286747	0.1838210	2.084	0.07658	14.33
Linear $r^2 = 0.16$	1	0.2022356	0.2022356	2.292	0.14048	
Quadrática $r^2 = 0.93$	1	0.9926884	0.9926884	11.252	0.00217	
Cúbico $r^2 = 0.93$	1	0.2269599E-02	0.2269599E-02	0.026	*****	
Quártico $r^2 = 0.93$	1	0.1712052E-02	0.1712052E-02	0.019	*****	
Quíntico $r^2 = 0.96$	1	0.3142340E-01	0.3142340E-01	0.356	*****	14.33
Residual	2	0.5641779E-01	0.2820890E-01	0.320	*****	
PB	1	0.6554727	0.6554727	7.430	0.01060	
REP	2	0.2928081	0.1464041	1.659	0.20722	
BE PB	7	1.065158	0.1521654	1.725	0.14086	
Resíduo	30	2.646655	0.8822183E-01			

Quadro 18A – Análise de variância dos teores de proteínas não colagenosas nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.8321106E-01	0.1188729E-01	0.360	*****	15.56
Linear $r^2 = 0.04$	1	0.3702183E-02	0.3702183E-02	0.112	*****	
Quadrática $r^2 = 0.43$	1	0.3184996E-01	0.3184996E-01	0.965	*****	
Cúbico $r^2 = 0.44$	1	0.1168373E-02	0.1168373E-02	0.035	*****	
Quártico $r^2 = 0.51$	1	0.5881414E-02	0.5881414E-02	0.178	*****	
Quíntico $r^2 = 0.52$	1	0.7606440E-03	0.7606440E-03	0.023	*****	15.56
Residual	2	0.3984849E-01	0.1992424E-01	0.604	*****	
PB	1	0.1155777E-02	0.1155777E-02	0.035	*****	
REP	2	0.1026430E-01	0.5132152E-02	0.156	*****	
BE PB	7	0.5159284	0.7370406E-01	2.234	0.05927	
Resíduo	30	0.9896661	0.3298887E-01			

Quadro 19A – Análise de variância dos teores de proteínas colagenosas nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	90.55947	12.93707	2.889	0.01972	12.79
Linear $r^2= 0.13$	1	11.40694	11.40694	2.547	0.12098	
Quadrática $r^2= 0.35$	1	20.26954	20.26954	4.526	0.04172	
Cúbico $r^2= 0.69$	1	30.94337	30.94337	6.9110	0.01339	
Quártico $r^2= 0.80$	1	10.20175	10.20175	2.278	0.14168	
Quíntico $r^2= 0.86$	1	4.924173	4.924173	1.100	0.30274	
Residual	2	12.81369	6.406844	1.431	0.25501	
PB	1	213.7005	213.7005	47.719	0.00000	
REP	2	18.01224	9.006118	2.011	0.15150	
BE PB	7	85.14350	12.16336	2.716	0.02628	
Resíduo	30	134.3503	4.478344			

Quadro 20A – Análise de variância dos teores de proteínas colagenosas nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	39.93100	5.704428	3.165	0.01254	13.90
Linear $r^2= 0.06$	1	2.379887	2.379887	1.320	0.25961	
Quadrática $r^2= 0.31$	1	9.861838	9.861838	5.471	0.02618	
Cúbico $r^2= 0.47$	1	6.621190	6.621190	3.673	0.06486	
Quártico $r^2= 0.89$	1	16.61751	16.61751	9.219	0.00492	
Quíntico $r^2= 0.98$	1	3.841046	3.841046	2.131	0.15474	
Residual	2	0.6095243	0.3047621	0.169	*****	
PB	1	3.363003	3.363003	1.866	0.18212	
REP	2	6.816517	3.408258	1.891	0.16849	
BE PB	7	19.09440	2.727772	1.513	0.20069	
Resíduo	30	54.07458	1.802486			

Quadro 21A – Análise de variância dos teores de proteínas totais nos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	98.09703	14.01386	2.964	0.01741	11.68
Linear $r^2 = 0.09$	1	8.571487	8.571487	1.813	0.18824	
Quadrática $r^2 = 0.40$	1	30.23359	30.23359	6.395	0.01694	
Cúbico $r^2 = 0.72$	1	31.47566	31.47566	6.657	0.01501	
Quártico $r^2 = 0.82$	1	10.46778	10.46778	2.214	0.14720	
Quíntico $r^2 = 0.88$	1	5.742321	5.742321	1.215	0.27919	
Residual	2	11.60618	5.803091	1.227	0.30735	
PB	1	238.0266	238.0266	50.345	0.00000	
REP	2	18.63828	9.319142	1.971	0.15694	
BE PB	7	83.56771	11.93824	2.525	0.03621	
Resíduo	30	141.8368	4.727893			

Quadro 22A – Análise de variância dos teores de proteínas totais nos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	40.56210	5.794586	2.824	0.02194	13.23
Linear $r^2 = 0.06$	1	2.571321	2.571321	1.253	0.27180	
Quadrática $r^2 = 0.33$	1	11.01458	11.01458	5.369	0.02751	
Cúbico $r^2 = 0.49$	1	6.446449	6.446449	3.142	0.08645	
Quártico $r^2 = 0.89$	1	15.99814	15.99814	7.798	0.00902	
Quíntico $r^2 = 0.98$	1	3.733702	3.733702	1.820	0.18742	
Residual	2	0.7979084	0.3989542	0.194	*****	
PB	1	3.488848	3.488848	1.701	0.20213	
REP	2	6.415104	3.207552	1.563	0.22599	
BE PB	7	19.97751	2.853930	1.391	0.24533	
Resíduo	30	61.54658	2.051553			

Quadro 23A – Análise de variância da histologia do disco epifisário dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	1.079594	0.1542278	1.792	0.12563	55.77
Linear $r^2= 0.08$	1	0.9014832E-01	0.9014832E-01	1.048	0.31421	
Quadrática $r^2= 0.09$	1	0.3562713E-02	0.3562713E-02	0.041	*****	
Cúbico $r^2= 0.24$	1	0.1655990	0.1655990	1.925	0.17557	
Quártico $r^2= 0.59$	1	0.3814647	0.3814647	4.434	0.04372	
Quíntico $r^2= 0.85$	1	0.2798437	0.2798437	3.252	0.08137	
Residual	2	0.1589760	0.7948802E-01	0.924	*****	
PB	1	0.4126170	0.4126170	4.796	0.03645	
REP	2	0.7921224E-01	0.3960612E-01	0.460	*****	
BE PB	7	1.358098	0.1940139	2.255	0.05722	
Resíduo	30	2.581231	0.8604104E-01			

Quadro 24A – Análise de variância da histologia do disco epifisário dos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.2667675E-01	0.3810964E-02	1.030	0.41306	34.85
Linear $r^2= 0.00$	1	0.5022321E-04	0.5022321E-04	0.014	*****	
Quadrática $r^2= 0.28$	1	0.7437147E-02	0.7437147E-02	2.010	0.16652	
Cúbico $r^2= 0.41$	1	0.3543031E-02	0.3543031E-02	0.958	*****	
Quártico $r^2= 0.62$	1	0.5432728E-02	0.5432728E-02	1.469	0.23502	
Quíntico $r^2= 0.91$	1	0.7720037E-02	0.7720037E-02	2.087	0.15893	
Residual	2	0.2493585E-02	0.1246792E-02	0.337	*****	
PB	1	0.9633333E-04	0.9633333E-04	0.026	*****	
REP	2	0.1929087E-01	0.9645437E-02	2.607	0.09035	
BE PB	7	0.2352042E-01	0.3360060E-02	0.908	*****	
Resíduo	30	0.1109761	0.3699204E-02			

Quadro 25A – Análise de variância da histologia do osso compacto dos fêmures das aves aos 21 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.2974565	0.4249378E-01	1.149	0.36028	28.19
Linear $r^2= 0.13$	1	0.3977288E-01	0.3977288E-01	1.076	0.30798	
Quadrática $r^2= 0.48$	1	0.1027524	0.1027524	2.779	0.10594	
Cúbico $r^2= 0.63$	1	0.4374567E-01	0.4374567E-01	1.183	0.28541	
Quártico $r^2= 0.65$	1	0.8559710E-02	0.8559710E-02	0.231	*****	
Quíntico $r^2= 0.98$	1	0.9725716E-01	0.9725716E-01	2.630	0.11532	
Residual	2	0.5368684E-02	0.2684342E-02	0.073	*****	
PB	1	0.7922281E-01	0.7922281E-01	2.142	0.15368	
REP	2	0.5218070E-01	0.2609035E-01	0.706	*****	
BE PB	7	0.3085467	0.4407810E-01	1.192	0.33714	
Resíduo	30	1.109374	0.3697913E-01			

Quadro 26A – Análise de variância da histologia do osso compacto dos fêmures das aves aos 42 dias de idade.

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.	CV
BE	7	0.2333166	0.3333095E-01	1.034	0.42856	30.66
Linear $r^2= 0.01$	1	0.1198215E-02	0.1198215E-02	0.037	*****	
Quadrática $r^2= 0.38$	1	0.8846255E-01	0.8846255E-01	2.745	0.10800	
Cúbico $r^2= 0.55$	1	0.3951005E-01	0.3951005E-01	1.226	0.27701	
Quártico $r^2= 0.57$	1	0.3461831E-02	0.3461831E-02	0.107	*****	
Quíntico $r^2= 0.57$	1	0.1359649E-02	0.1359649E-02	0.042	*****	
Residual	2	0.9932435E-01	0.4966218E-01	1.541	0.23067	
PB	1	0.2385208E-03	0.2385208E-03	0.007	*****	
REP	2	0.1539042E-02	0.7695208E-03	0.024	*****	
BE PB	7	0.1797750	0.2568214E-01	0.797	*****	
Resíduo	30	0.9668943	0.3222981E-01			