



EDWIN ALBERTO CAÑAS MENDOZA

**TEORES DE SÓDIO EM RAÇÕES COM
RELAÇÃO CÁTION-ANIÔNICA CONSTANTE
PARA POEDEIRAS COMERCIAIS LEVES**

**LAVRAS – MG
2015**

EDWIN ALBERTO CAÑAS MENDOZA

**TEORES DE SÓDIO EM RAÇÕES COM RELAÇÃO CÁTION-
ANIÔNICA CONSTANTE PARA POEDEIRAS COMERCIAIS LEVES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção e Nutrição de Não Ruminantes para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Dr. Edison José Fassani

**LAVRAS – MG
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Cañas Mendoza, Edwin Alberto.

Teores de sódio em rações com relação cátion-aniônica
constante para poedeiras comerciais leves / Edwin Alberto Cañas
Mendoza. – Lavras: UFLA, 2015.

64 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador (a): Edison José Fassani.

Bibliografia.

1. Sódio. 2. Qualidade de ovo. 3. Balanço electrolítico. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

EDWIN ALBERTO CAÑAS MENDOZA

**TEORES DE SÓDIO EM RAÇÕES COM RELAÇÃO CÁTION-
ANIÔNICA CONSTANTE PARA POEDEIRAS COMERCIAIS LEVES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção e Nutrição de Não Ruminantes para obtenção do título de mestre.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2015.

Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito - UFRB

Dr. Rony Antônio Ferreira – UFLA

Dr. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA

Dr. Edison José Fassani
Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

*Ao Francisco meu Pai, à Myriam Minha mãe, por todo o esforço, amor,
conselhos e compreensão na minha vida acadêmica.*

As minhas irmãs Yaira e Yohana, pela verdadeira amizade e carinho.

As minhas sobrinhas, fonte de Felicidade, Alegria e Amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por permitir a realização do mestrado.

Ao Departamento de Zootecnia - DZO/UFLA, pelos ensinamentos.

Ao Profº. **Dr. Edison José Fassani**, pelo carinho, atenção, companheirismo, confiança e amizade nesses dois anos de convívio.

Ao Professor **Rony Antônio Ferreira**, pela colaboração e sugestões em todas as etapas de realização deste trabalho.

À Maria Olivia pela ajuda, paciência e amor durante estes últimos meses.

À FAPEMIG e CNPQ, pelo apoio financeiro ao projeto.

Aos colegas **Leticia Makiyama, Josimar Santana, Marcelo Espósito, Alisson Clemente, Pamela Lacombe, Marcos Paulo Viveiros, Veronica Gabriela, Rodolfo Lanza Mascarenhas, Frederico Bustamante**, pela colaboração na condução deste trabalho.

Aos funcionários “**Borginho**” e “**Binho**”, do Setor de Avicultura e Fábrica de Ração do Departamento de Zootecnia da UFLA, pela disponibilidade e colaboração na condução dos experimentos.

A todos os amigos com os quais convivi durante minha permanência em Lavras.

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes teores de sódio com relação cátion-aniônica constante sobre o desempenho e qualidade dos ovos de galinhas poedeiras leves em pós-pico de produção, em condições naturais de estresse térmico no verão. Foram utilizadas 576 poedeiras Hy-Line em pós-pico de produção, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos com teores crescentes de sódio, sendo: 0,10; 0,14; 0,18; 0,22; 0,26%, mantendo constante a relação cátion-aniônica (Na+K) /Cl de 4,0, mais um tratamento controle, com o sódio recomendado pela linhagem. O experimento teve uma duração de 84 dias, dividido em 4 períodos de 21 dias cada. As características avaliadas foram: produção de ovos, o consumo de ração, massa de ovos, conversão alimentar, peso do ovo, peso específico, peso de casca, espessura de casca e unidades Haugh. Os níveis de sódio não tiveram efeito sobre o consumo, peso de ovo, peso específico dos ovos e o peso de casca por unidade de superfície de área. Entretanto, tais níveis influenciaram de forma quadrática a produção, conversão, unidades Haugh e peso de casca nos períodos 2 e 3. Nesse ciclo, as exigências de sódio foram estimadas em 0,20; 0,20; 0,21; 0,21%, respectivamente. Considerando assim, o balanço eletrolítico e os diferentes níveis de sódio não tiveram efeitos sobre o desempenho e qualidade dos ovos, quando se mantém a relação cátion-aniônica em quatro.

Palavras-chave: Qualidade. Avicultura. Estresse por calor. Qualidade de ovo.

ABSTRACT

The objective in this study was to evaluate the different sodium content effect with constantly cation-anion ratio on performance and egg quality of light laying hens in post-peak production under natural conditions of heat stress in summer. Five hundred seventy six laying hens Hy-Line in post-peak production distributed in a completely randomized design were used, consisting of five treatments with increasing sodium levels, as follows: 0.10; 0.14; 0.18; 0.22; 0.26%, while maintaining constantly cation-anion ratio (Na+K) /Cl of 4.0, plus a control treatment with sodium recommended by lineage. The experiment lasted 84 days divided into 4 periods of 21 days each. Egg production, feed intake, egg mass, feed conversion, egg weight, specific weight, shell weight, shell thickness and Haugh units were the characteristics evaluated. Sodium levels had no effect on consumption, egg weight, egg specific weight and shell weight per unit surface area. However, such levels had a quadratic effect production, conversion, Haugh units and shell weight in periods 2 and 3. In this cycle, sodium requirements were estimated at 0.20; 0.20; 0.21; 0.21%, respectively. Considering the estimates, the electrolyte balance and different levels of sodium had no effect on performance and egg quality, when maintaining the cation-anion ratio in four.

Keywords: Quality. Poultry. Heat stress. Egg quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mecanismo absorção do sódio no intestino.....	17
Figura 2	Absorção de sódio associada ao íon Cloreto.....	17
Figura 3	Forma esquemática da homeostase do sódio no organismo animal.....	18
Figura 4	Modelo de funcionamento em resposta ao estresse Calórico em aves.....	27
Figura 5	Resposta da ave ao estresse calórico.....	29
Figura 6	Efeitos dos teores de sódio sobre a Produção de ovos no segundo (A), e terceiro período (B), de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	43
Figura 7	Efeitos dos teores de sódio sobre a conversão alimentar no segundo (A), e terceiro período (B), de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	45
Figura 8	Efeitos dos teores de sódio sobre Unidades Haugha os 42 (A), e 63 dias (B) de período experimental, dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	49
Figura 9	Efeitos dos teores de sódio sobre a espessura de casca aos 42 (A), e 63 dias (B) de período experimental, dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátio-aniônica fixa.....	50
Figura 10	Efeitos dos teores de sódio sobre a porcentagem de casca aos 42 dias de período experimental, dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátio-aniônica fixa.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Quantidade de sódio nos principais ingredientes usados nas dietas das Aves.....	16
Tabela 2	Teores de sódio suplementados em ração de poedeiras comerciais em pós-pico de postura, e valores dos demais eletrólitos necessários para manter a relação (Na+K)/Cl constante.....	33
Tabela 3	Composição das rações experimentais fornecidas de produção contendo diferentes teores de sódio e relação (Na+K)/Cl constante.....	34
Tabela 4	Valores mínimos e máximos do ITGU durante o período experimental.....	39
Tabela 5	Efeitos dos teores de sódio sobre o consumo (g/dia) de ração em poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	40
Tabela 6	Efeitos dos teores de sódio sobre a produção de ovos (%), poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	41
Tabela 7	Efeitos dos teores de sódio sobre o peso do ovo (g) de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	42
Tabela 8	Efeitos dos teores de sódio sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante..	42
Tabela 9	Efeitos dos teores de sódio aos 21 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante em quatro.....	46
Tabela 10	Efeitos dos teores de sódio aos 42 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	46

Tabela 11	Efeitos dos teores de sódio aos 63 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante.....	47
Tabela 12	Efeitos dos teores de sódio aos 84 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátio-aniônica fixa.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Sódio	15
2.2	Metabolismo do Sódio	16
2.3	Funções do Sódio no transporte de nutrientes	19
2.4	Balanco cátion-aniônico dietético	20
2.5	Metabolismo do Potássio	23
2.6	Balanco cátion-aniônico sobre a fisiologia da formação do ovo	24
2.7	Fisiologia do estresse por calor	26
2.8	Equilíbrio ácido base e o metabolismo de Cálcio	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Localização e período experimental	31
3.2	Instalações e equipamentos	31
3.3	Manejo das Aves	32
3.4	Tratamentos e rações experimentais	32
3.5	Variáveis Estudadas	35
3.5.1	Desempenho Produtivo	35
3.5.2	Qualidade externa do ovo	36
3.5.3	Qualidade interna do ovo	37
3.5.4	Ambiental	38
3.6	Análise estatística	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem evoluído de maneira contínua, logrando grandes avanços com relação à produtividade e eficiência no processamento e na qualidade de produtos como o ovo, o qual é exportado para diversos países. No ano de 2012, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística - IBGE (2014), o Brasil produziu 2,7 bilhões de dúzias de ovos, tornando-se o sétimo produtor de ovo de galinha no mundo.

Os avanços na genética de galinhas poedeiras leves e semipesadas trouxeram como consequência, além da melhoria no desempenho produtivo, uma necessidade constante de ajustes das exigências nutricionais e ambientais, a fim de permitir uma completa expressão do potencial genético das aves.

Nos sistemas intensivos de produção avícola fatores como densidade de alojamento, qualidade de água e ar, nutrição e condições do ambiente necessitam ser bem manejados, pois atuam diretamente no estresse das aves e em seu bem-estar.

A falta de controle sobre as condições do ambiente pode levar as galinhas poedeiras a situações de estresse por calor. Nessas situações de desconforto, a ave apresenta dissipação de calor, chamado calor sensível, por meio da hiperventilação e evaporação de água por meio dos pulmões, produzindo queda nos níveis de CO₂, podendo gerar alcalose respiratória. O organismo, por sua vez, tenta compensar essa alcalose por meio da eliminação de íons carbonatos pelos rins, o que interfere na relação cátion-aniônica e no pH sanguíneo.

A homeostase do equilíbrio ácido-base pode ser afetada pelos níveis de sódio, potássio e cloro incluídos nas rações, e pelo desconforto térmico nas aves. Atentas a esta realidade, diversas técnicas de controle ambiental têm sido empregadas para reduzir o impacto negativo da umidade e temperaturas elevadas sobre o desempenho das aves.

No entanto, pesquisas como as de Balnave e Mulhereza (1997) e Borges et al. (2004) têm demonstrado que o manejo nutricional adequado também pode ser efetivo na prevenção ou correção do estresse por calor, pois os mecanismos termorreguladores da galinha podem ser influenciados pela dieta, em especial, pelos níveis de sódio e estabelecimento de apropriadas relações cátion-aniônicas.

Nesse conceito, o sódio presente nas rações torna-se importante na preservação das funções fisiológicas e por sua vez, no desempenho de galinhas poedeiras submetidas a temperaturas acima de 26 °C e umidades acima de 75%. Por outro lado, demasiado uso desse íon na ração pode acarretar efeito negativo no funcionamento do organismo das aves, tais como consumo excessivo de água e conseqüente aumento na umidade das fezes, elevando a porcentagem de ovo sujo e umidade da cama, ocasionando ainda problemas sanitários e de manejo na produção.

Inúmeras são as pesquisas que avaliam diferentes balanços eletrolíticos e exigências nutricionais de sódio e cloro. Porém, nesses estudos as rações utilizadas na alimentação das aves apresentam diferentes relações cátio-aniônicas, e não existe uma caracterização do efeito do ambiente e da influência das relações eletrolíticas sobre o desempenho produtivo das aves.

Os relacionados ao balanço eletrolítico para galinhas poedeiras normalmente utilizam como fontes, dos cátions e ânions, cloreto de potássio, cloreto de sódio e bicarbonato de sódio. No entanto, o uso de outros ingredientes como L-lisina e cloreto de colina possuem cloro (Cl) na sua composição que geralmente não é considerado no cálculo do balanço eletrolítico, podendo gerar uma redução do pH e a concentração de íons bicarbonato comprometendo a qualidade da casca dos ovos.

Com o presente trabalho objetivou-se estimar as exigências de sódio mantendo a relação cátion-aniônica constante sobre o desempenho produtivo, qualidade do ovo de galinhas poedeiras leves em pós-pico de produção, sob condições naturais de estresse por calor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sódio

O sódio (Na⁺) é um mineral monovalente pertencente ao grupo dos metais alcalinos, de número atômico 11 e peso atômico 23 (TABELA PERIÓDICA, 2014), conhecido como um dos “íons fortes” devido ao seu maior efeito no controle do equilíbrio ácido-base dos fluídos corporais. Mongin (1980) e Teeter e Belay (1995) relataram que o controle do equilíbrio eletrolítico, quando realizado pela concentração de sódio, garante uma adequada taxa de crescimento e ótimo desenvolvimento da ave e possui funções fisiológicas importantes devido à absorção de diversas substâncias como a glicose e aminoácidos realizado por ATPases sódio dependentes. De acordo com McDowell (1992), o sódio está envolvido na manutenção de contrações musculares e cardíacas, absorção da água e de algumas vitaminas hidrossolúveis (riboflavina, tiamina e ácido ascórbico) de carboidratos e aminoácidos.

Segundo Silva et al. (2006), o sódio estimula o consumo de água, melhora a palatabilidade das rações e ajuda no controle do canibalismo. Leeson e Summers (2001), concluíram que a exigência de sódio por galinhas poedeiras é de 0,17% a 0,19% da dieta e que, em níveis acima de 0,35% deste íon, as aves apresentaram um aumento no consumo de água. Em outras palavras, o aumento do consumo de água e da umidade nas fezes é causado pelos altos níveis de sódio, que em concentrações acima do 0,5% pode tornar-se um problema extremamente sério (HOOGE, 1999). Assim, deficiências de sódio na ração de galinhas poedeiras têm provocado redução no consumo de ração, e no desempenho produtivo (KUCHINSKI et al., 1997).

As principais fontes de sódio nas dietas das aves são: Cloreto de sódio (NaCl), milho, soja e água. Balnave (1993) desenvolveu uma pesquisa utilizando água com concentrações de sal de 0,2 e 2,0 g NaCl por litro, obtendo como

resultado que os níveis mais altos prejudicaram a qualidade da casca do ovo e a porcentagem de produção. Segundo Underwood e Suttle (1999) a concentração de sódio na maioria dos grãos é pobre, no entanto os grãos possuem maiores níveis de Cloro. Por outro lado os subprodutos de origem animal, tais como farinha de peixe, farinha de carne e ossos são mais ricos em sódio e, devido ao fato de a maioria de rações no Brasil serem formuladas com base em milho e farelo de soja, aumenta-se a importância da suplementação correta de sódio para as aves. A concentração de sódio dos ingredientes mais comuns nas rações das aves é representada na Tabela 1.

Tabela 1 Quantidade de sódio nos principais ingredientes usados nas dietas das Aves

Produto	% de Na⁺
Milho (8,26% de PB) ¹	0,02
Farelo de soja (45% de PB) ¹	0,02
Farinha de Peixe (54% de PB) ¹	0,68
Farinha de Carne e Osso (45% de PB) ¹	0,70
Cloreto de Sódio ¹	39,70
Bicarbonato de sódio ²	27,00

Fonte: Hooge (1999) e Rostagno et al. (2011)

2.2 Metabolismo do Sódio

Cunningham (2004) relatou que a absorção do sódio ocorre no intestino delgado em um processo passivo e conta com pelo menos 3 mecanismos diferentes para levar este mineral ao interior do organismo.

O principal mecanismo de absorção consiste no cotransporte do sódio junto a moléculas orgânicas como são a glicose e aminoácidos.

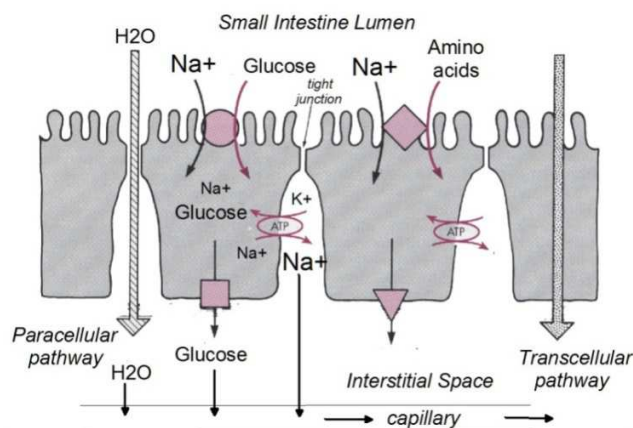


Figura 1 Mecanismo absorção do sódio no intestino
 Fonte: Guyton-Hall (2006)

Outro mecanismo de absorção do sódio é o ligado ao íon cloreto, que opera em conjunto para facilitar o movimento destes através da membrana apical, com o ácido carbônico se formando no interior do enterócito a partir de água e dióxido de carbono.

O ácido carbônico se dissocia em hidrogênio e íons bicarbonato. Um canal que troca íons na membrana apical permuta o íon hidrogênio intracelular pelo íon sódio intraluminal. Simultaneamente, outro canal troca o bicarbonato pelo cloreto intraluminal. Devido à saída de ambos os íons da célula, esta não sofre alterações no pH.

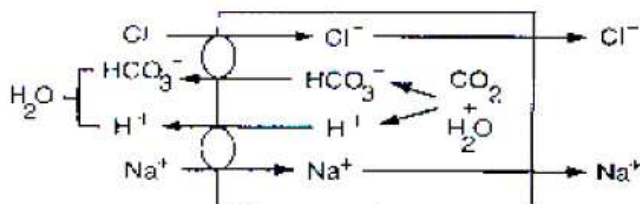


Figura 2 Absorção de sódio associada ao íon Cloreto
 Fonte: Cunningham (2004)

Em condições de equilíbrio dinâmico, os animais submetidos a uma dieta carente de Na^+ e Cl^- perdem esses íons na urina durante poucos dias, após os quais, a urina torna-se virtualmente isenta de Na^+ e Cl^- , se mantidas constantes todas as outras circunstâncias. Para Smith, Hill e Lehman (1988) a dieta normal fornece uma quantidade de íons Na^+ , K^+ e Cl^- por dia, que são excretados na urina, com exceção de pequenas quantidades nas fezes.

Guyton e Hall (1997) expõem como a homeostase do sódio no organismo envolve a produção de hormônios como a aldosterona e renina que estimulam sua excreção ou retenção. E como os rins ajustam as excreções de água e de eletrólitos de modo a contrabalançar com precisão a ingestão dessas substâncias e, ainda compensar as perdas excessivas de líquidos e eletrólitos que ocorrem em certos estados mórbidos.

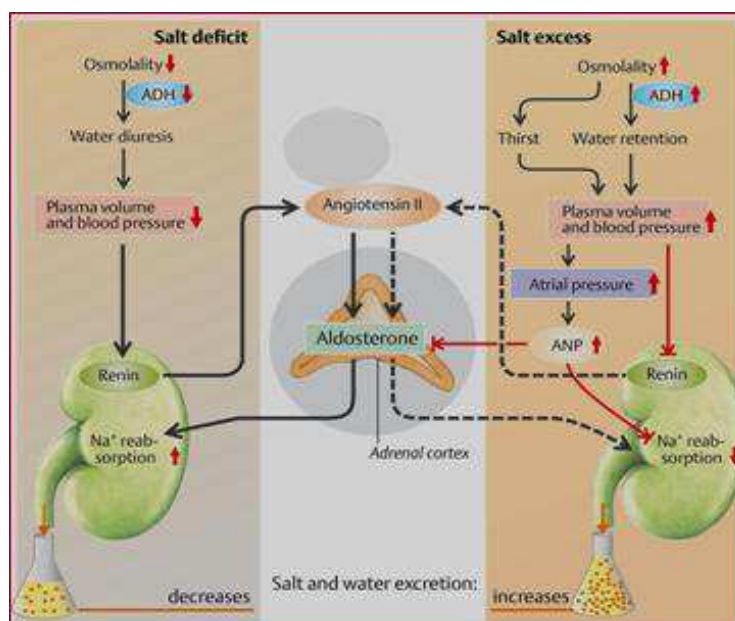


Figura 3 Forma esquemática da homeostase do sódio no organismo animal
Fonte: Therien e Blostein (2000)

Pequenas alterações no volume de líquido extracelular resultam em mudanças apropriadas na excreção renal de Sódio. O aumento no volume

intensifica a excreção deste elemento, enquanto que a redução diminui a sua excreção.

Vários mecanismos regulam a excreção renal de Na^+ em resposta a modificações do volume extracelular, sendo os mais importantes, a taxa de filtração glomerular e o sistema renina-angiotensina-aldosterona (UNDERWOOD; SUTTLE 1999).

Murray e Granner (1994) descreveram a função da aldosterona produzida no córtex suprarrenal, que estimula a reabsorção de sódio nos túbulos renais, aumentando assim o volume de líquido extracelular. Por outro lado, a angiotensina além de estimular a produção de aldosterona, que resulta no aumento de reabsorção de Na^+ , também estimula a vasoconstrição, que resultam no aumento da pressão arterial e liberação de catecolaminas pela medula suprarrenal.

Os sintomas e alterações comportamentais advindos da deficiência de sódio em aves são semelhantes aos apresentados em suínos, frangos e poedeiras. A deficiência de sódio nas rações para poedeiras tem provocado grande redução no consumo, produção de ovos, peso dos ovos e peso corporal das aves (KUCHINSKI et al., 1997).

2.3 Funções do Sódio no transporte de nutrientes

Para Guyton e Hall (2004) as maiores concentrações de sódio no organismo encontram-se no espaço extracelular, enquanto que as de potássio estão no espaço intracelular. A manutenção deste gradiente não pode ocorrer como resultado da difusão simples, devido a que tenderia a equilibrar as concentrações nas duas faces da membrana. É assim como alguma fonte de energia deve causar o movimento contracorrente dos íons potássio, nesse caso, para dentro da célula este processo é conhecido como transporte ativo. Em

outras palavras é quando a membrana celular transporta moléculas de íons contra a gradiente elétrica ou de pressão.

O desenvolvimento de grandes gradientes de concentração de sódio fora da célula, e muito baixa no seu interior representa o armazenamento de energia, visto que o excesso de sódio por fora da membrana celular está sempre tentando difundir-se pra o interior e, nas condições apropriadas, essa energia de difusão pode puxar outras substâncias para o interior da célula. Este fenômeno é conhecido como cotransporte.

Para que o sódio carregue outras substâncias, é necessário um mecanismo de acoplamento realizado por meio de uma proteína transportadora. Uma vez que os dois estejam ligados à proteína carreadora, ocorre alteração estrutural na mesma, e o gradiente de energia do íon sódio faz com que ambos os íons, sódio e a outra substância a ser cotransportada, passem para o interior da célula. Underwood e Suttle (1999) descrevem que uma propriedade especial da proteína de transporte é que a alteração conformacional permite que a passagem do sódio para o interior da célula não ocorra até que a molécula com um dos substratos se tenha também fixado.

2.4 Balanço cátion-aniônico dietético

O balanço cátio-aniônico da dieta (BCA), também conhecido por diferença cátion-aniônica da dieta, balanço eletrolítico (BE) ou balanço iônico da dieta (BID), representa a diferença entre os cátions e os ânions fixos totais presentes na mesma. Ao serem absorvidos no trato digestório, estes íons influenciam o equilíbrio acidobásico nos fluidos corporais, alterando o metabolismo e, conseqüentemente, o desempenho animal. Na^+ , K^+ e Cl^- são os mais atuantes no equilíbrio ácido-base (BLOCK, 1994).

Mongin (1981) propôs uma equação para calcular o Balanço cátio-aniônico da dieta, sendo assim descrita:

$$BCAD = (Na + K + Ca + Mg) - (Cl + SO_4 + H_2PO_4) / 100 \text{ g de MS}$$

Os cátions e ânions considerados na equação, de fato têm influência no equilíbrio ácido base, entretanto, tal equação considerava uma taxa de absorção intestinal igual entre eles, o que não condiz com a realidade. As taxas de absorção do Na⁺, K⁺ e Cl⁻ estão por volta de 90%, enquanto a do S ao redor de 60%. As taxas de absorção do Ca, Mg e P são de 40, 30 e 50 % respectivamente. Segundo Goff e Horst (1997), pelas baixas taxas de absorção, Ca e Mg só teriam influência no equilíbrio ácido base se incluídos em alta quantidade na dieta.

Segundo Patience (1990), quando há suplementação de aminoácidos em grandes quantidades nas rações, elas podem propiciar dietas ácido gênicas com efeitos negativos sobre o desempenho. Nesse caso, a correção do balanço eletrolítico torna-se imprescindível para garantir a produtividade dos animais. Os metabolismos proteico, energético, mineral e o pH sanguíneo são processos inter-relacionados que influenciam no desempenho das aves. Conforme Mongin (1981), as concentrações plasmáticas de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ íons têm papel preponderante no equilíbrio acidobásico por suas localizações em relação às células e pelo desencadeamento da troca de fluidos pela membrana celular.

As rações das aves não contam com uma carga neutra, no entanto, todas as cargas negativas devem ser balanceadas com as positivas, e as somas totais dos eletrólitos fornecidos na ração vão ter influência direta na regulação do equilíbrio eletrolítico do animal. Estudos têm demonstrado que o sódio e o potássio possuem efeito alcalinizante nos fluidos corporais, o bicarbonato tem efeito tamponante e o cloro, efeito acidificante. Outras pesquisas têm revelado que o excesso de cloro pode ocasionar problemas nas pernas e nas articulações em aves de corte, além de prejudicar o desempenho das mesmas (HOOGE, 1998).

Segundo Minafra et al. (2009), o balanço eletrolítico (BE) da ração possui ligação direta com o equilíbrio acidobásico interno do animal por isso a

manutenção desse equilíbrio no animal tem grande importância fisiológica e bioquímica (SOUSA et al., 2002). Devido à maioria de atividades celulares, como trocas eletrolíticas e manutenção da homeostase a estrutura das proteínas é altamente influenciada por alterações do pH sanguíneo (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002; MURAKAMI, 2000).

Mongin (1981) enfatizou a importância de encontrar e manter a exigência dos eletrólitos no animal para assim manter um balanço essencial assegurando um adequado desempenho, pois quando o balanço encontra-se alterado e o organismo não consegue ajustar novamente, as vias metabólicas não funcionam apropriadamente.

Mongin (1981) foi um dos primeiros a afirmar que o balanço cátion-aniônico da dieta é um importante fator de influência na qualidade da casca do ovo. Devido a este poder influenciar o metabolismo do cálcio e a utilização do fósforo, manipulando outras funções fisiológicas, podendo assim gerar problemas nas produções avícolas se o balanço não for o adequado para etapa ou idade da poedeira.

Em rações normais, a diferença cátion-aniônica (DCA) mantém um valor expresso em miliequivalentes/kg de peso entre 160 e 200. Valores inferiores ou superiores indicam uma acidose ou alcalose metabólica potencial, respectivamente, influenciando, assim, a formação e a resistência da casca do ovo (JUDICE et al., 2002).

Apesar da importância dos eletrólitos da dieta, segundo Murakami et al. (2003), os mesmos têm recebido pouca atenção dos nutricionistas, culminando no fato de os níveis de potássio estar quase sempre em excesso nas rações, e o sódio e cloro estarem facilmente disponíveis no cloreto de sódio (NaCl) a baixos custos.

2.5 Metabolismo do Potássio

O potássio é um elemento essencial na dieta dos animais. Ele está relacionado à fisiologia da excitabilidade nervosa e muscular além do equilíbrio ácido básico e retenção de água (WARD, 1966). A deficiência deste íon na avicultura é rara, devido às dietas formuladas à base de farelo de soja e milho terem quantidades suficientes de potássio para atender às exigências das aves.

A absorção do potássio ocorre principalmente no intestino delgado. O K^+ é absorvido por difusão passiva para celular devido ao gradiente de concentração. Assim, à medida que se aumenta a concentração de K^+ no lúmen intestinal, cria-se um gradiente favorável à absorção deste íon. A absorção de K^+ está ligada diretamente à absorção de água. Nos casos em que a absorção de água é reduzida, a absorção de K^+ também diminui.

Para Underwood (1999), o organismo conta com mais mecanismos para transporte de potássio através da membrana do que para qualquer outro elemento, refletindo a dificuldade, mas, essencialidade da manutenção de altas concentrações intracelulares de potássio. Além da familiar bomba Na^+/K^+ e cotransporte existem a bomba de prótons H^+/K^+ e outros seis tipos de canais de potássio, cada um distintamente regulado.

Para Huston (1978), o estresse calórico diminui a concentração de K^+ no plasma, provocando uma menor retenção e uma maior excreção (DEETZ; RINGROSE, 1976) deste íon. Isso acarretará deficiência em K^+ para a célula, se uma quantidade adequada não for fornecida. O aumento nos níveis de suplementação de K resulta em níveis aumentados deste no plasma (LEESON, 1986), enquanto que para Smith e Teeter (1987), um aumento na excreção é observado, mesmo quando níveis dietéticos superiores são utilizados. Aves criadas a 35 °C excretam 27,3% mais K^+ do que aquelas a 24 °C, sendo um valor estatisticamente significativo. A alcalose respiratória, em mamíferos, provoca a redução da competição entre H^+ e K^+ para excreção urinária e, portanto aumenta

a perda de K^+ na urina. O excesso de íons K^+ compete com os ânions tampões do líquido tubular renal, impedindo a remoção do H^+ , sendo este reabsorvido, podendo levar a uma acidose (BACILA, 1980).

Deyhim, Belay e Teeter (1990) mostraram um balanço negativo de Na^+ e K^+ em aves estressadas por temperaturas elevadas, relacionado com um aumento na excreção urinária. Trabalhos conduzidos por Belay, Wiernusz e Teeter (1992) confirmaram que o estresse calórico tem efeito adverso sobre o balanço mineral com o aumento na excreção de vários minerais. As recomendações nutricionais de K para galinhas poedeiras leves são de 0,580% (ROSTAGNO et al., 2005). K^+ , embora um íon muito importante no organismo animal está presente em abundância na maioria das dietas animais, ao contrário do Na^+ , que está presente em quantidades nutricionalmente inadequadas nos alimentos naturais destinados à nutrição animal.

2.6 Balanço cátion-aniônico sobre a fisiologia da formação do ovo

A concentração dos íons na corrente sanguínea durante a formação da casca do ovo em poedeiras é determinante na deposição do cálcio na casca. Junqueira et al. (2000) estudaram os efeitos de diferentes relações de $(Na + K)/Cl$ na dieta de poedeiras comerciais no final do ciclo de postura, pela adição de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), cloreto de sódio ($NaCl$), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de amônia (NH_4Cl). Foram avaliados os parâmetros produtivos e características do plasma sanguíneo, e os melhores resultados obtidos concentraram-se na produção de ovos de galinhas que receberam dietas com uma relação de 4,46 partes de sódio e potássio por cada parte de cloro.

Durante a formação da casca, há uma redução do pH do fluido uterino. Esta acidose é agravada com a formação de carbonato pela glândula da casca, e pode ser parcialmente compensada pela hiperventilação e pela formação de urina ácida. Chen e Balnave (2001) relataram que a atividade ideal da anidrase

carbônica encontra-se em um meio ligeiramente alcalino, que desempenha um papel importante na formação da casca do ovo. Além disso, o consumo excessivo de cloreto limita o transporte de cálcio para a glândula da casca e reduz a concentração de bicarbonato no lúmen.

A relação entre cálcio, sódio e cloro foi estudada por Austic e Keshavarz (1988), que utilizaram cloreto de cálcio e bicarbonato de sódio em rações para poedeiras. Os autores concluíram que nem o cálcio e nem o cloro afetaram a produção e o peso dos ovos, mas o consumo de ração e o ganho de peso foram diminuídos quando se utilizaram altos níveis de cloro e baixos níveis de cálcio e sódio, respectivamente. Houve interações significativas entre o cálcio e cloro nas variáveis espessura e resistência da casca do ovo, sendo que o cloro reduziu a qualidade de casca somente nas aves que receberam o menor nível de cálcio nas rações.

Hughes (1988) ressaltou os cuidados que se deve ter ao elaborar rações com o objetivo de controlar determinadas diferenças cátio-aniônicas. O autor afirmou que muitos estudos foram feitos adicionando quantidades impróprias de Na^+ , K^+ e Cl^- nas rações que poderiam ter afetado negativamente o desempenho das aves, haja vista a importância de se levar em conta as diferenças entre linhagens, idade e saúde das aves e, ainda, as condições do ambiente, principalmente aquelas que podem favorecer a condição de estresse calórico.

Em um estudo mais recente, Gezen, Eren e Deniz (2005), utilizando um balanço eletrolítico de 80 mEq/kg, 256 mEq/kg e 330mEq/kg em galinhas poedeiras em postura, não observaram influência significativa sobre a produção de ovos, no entanto, com 256 mEq/kg a espessura da casca dos ovos e a resistência à quebra da casca foram melhoradas.

Na literatura, pode ser encontrada uma ampla variação nos resultados e nas recomendações envolvendo balanço eletrolítico. Atualmente, uma nova abordagem sobre os eletrólitos na dieta tem surgido, utilizando a relação entre os eletrólitos, sódio, cloro, potássio e sendo denominada de balanço cátio-aniônico,

calculada pela soma de sódio e potássio e dividida pela quantidade de cloro presente na ração $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{Cl}^-$. Aplicando estes conceitos nas recomendações desses elementos por Rostagno et al. (2011), chega a uma relação de 4 partes de Na + K para cada parte de Cloro da ração.

Outros autores como Junqueira et al. (2000), recomendaram uma relação $(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$ de 4,46 para rações de poedeiras para melhorar a produção e qualidade dos ovos.

2.7 Fisiologia do estresse por calor

Fisiologicamente, o estresse pode ser definido como qualquer perturbação da homeostase do animal, provocando baixo rendimento no desempenho da ave.

Segundo os autores e Abreu e Abreu (2009) e Moro (1995), as aves são animais homeotérmicos e possuem um centro termorregulador no sistema nervoso central, o hipotálamo, órgão que funciona como termostato fisiológico e que, junto a sensações de frio e calor captadas por células termo receptoras periféricas, controlam a produção e dissipação de calor através de diversos mecanismos, como o fluxo sanguíneo na pele, mudança na frequência cardíaca e respiratória e modificação na taxa metabólica conseguindo assim a manutenção da temperatura corporal normal.

O sistema termorregulador das aves é pouco desenvolvido, e quando a temperatura ambiente encontra-se fora da faixa de conforto das aves, 80% da energia ingerida na ração são desviadas para manutenção do sistema termorregulador, restando só 20% para a produção (SCOLARI, 2005).

De acordo com Furlan e Macari (2002), o modelo termorregulador está baseado em quatro diferentes unidades funcionais: receptor, controlador, feitor e sistema passivo (Figura 4). O sistema passivo é formado por vísceras, músculos e pele, que agem como receptores nervosos que levam as informações para o

sistema nervoso central, provocando posteriormente uma série de efeitos no comportamento das aves.

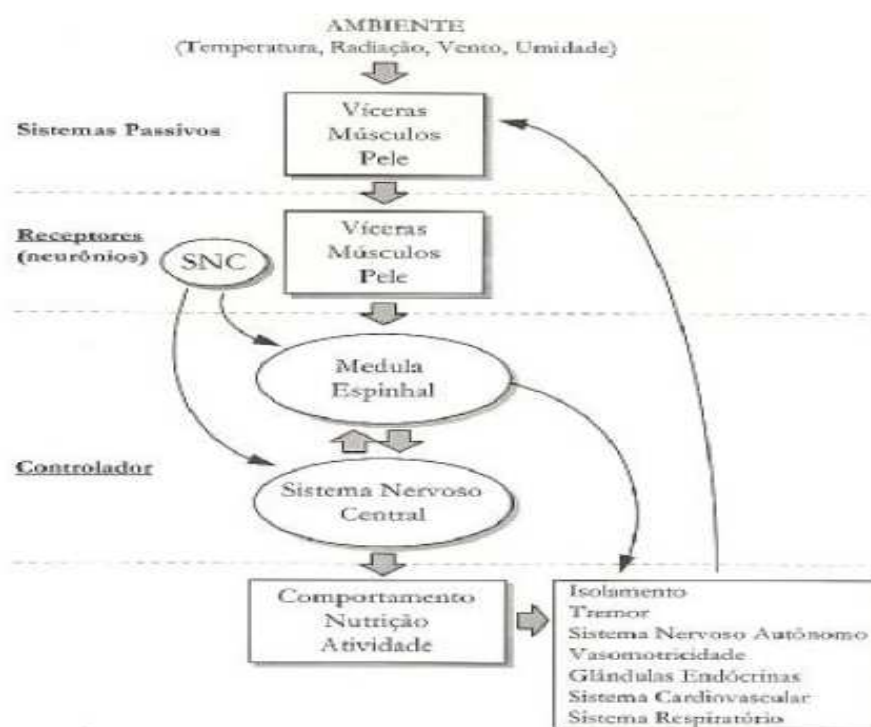


Figura 4 Modelo de funcionamento em resposta ao estresse Calórico em aves
Fonte: Furlan e Macari (2002)

O conforto térmico pode ser definido como uma faixa de temperatura ambiental em que a taxa metabólica da ave é mínima, e a homeotermia é mantida com menos gasto energético. Dentro da zona de conforto térmico, o animal mantém uma variação normal de temperatura corporal e de frequência respiratória, o consumo é normal e a produção é apropriada (BACCARI et al., 1997).

As galinhas são extremamente exigentes quanto aos limites das variáveis climáticas. Segundo Baeta e Souza (2010), na fase de produção, a faixa ideal de temperatura situa-se entre 20 a 27 °C.

As respostas fisiológicas compensatórias das galinhas, quando expostas ao calor, incluem-se a vasodilatação periférica, conseguindo aumentar a perda de calor não evaporativo. Assim, na tentativa de melhorar a dissipação do calor, a ave aumenta a área superficial, afastando as asas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica. A perda de calor não evaporativo pode também ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria (BORGES; MAIORKA; FISHER DA SILVA, 2003).

Quando a ave encontra-se fora da faixa de conforto térmico, reduz a atividade física, diminuindo assim a produção interna de calor. O sangue migra para as cristas e barbelas que aumentam de tamanho, desta forma, o calor metabólico pode ser liberado ao ambiente pelos processos de condução, convecção e radiação. Moura (2001) descreveu como as aves procuram por locais mais frescos no aviário, com a finalidade de aumentar a dissipação de calor por condução, já que suas pernas e pés possuem um sistema vascular bem desenvolvido responsável pela dissipação de calor sensível para o ambiente, o que é facilitado pela ausência de penas. No caso da galinha poedeira estes mecanismos não podem ser ativados devido ao confinamento em gaiolas, o que impede a ave de se locomover a sítios mais frescos do galpão.

Devido à falta de glândulas sudoríparas, a perda de calor acontece basicamente por meio da ofegação em que as aves podem aumentar até dez vezes a frequência respiratória normal, processo que provoca intensa perda de dióxido de carbono (CO_2) assim, a pressão parcial de CO_2 (pCO_2) cai, gerando quedas nos níveis de ácido carbônico (H_2CO_3) e dos íons (H^+). No princípio não tem alteração na concentração de HCO_3^- no plasma, mas reações tamponantes como tampões não bicarbonato ocorrem seguidamente. Os rins reduzem a excreção de H^+ pelos túbulos renais e a excreção de bicarbonato filtrado aumenta, permitindo, assim, maior perda de HCO_3^- na urina. Com a excreção

progressiva de HCO_3^- a concentração no plasma tende a cair, chegando a níveis subnormais. Como resultado, a proporção $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$ aproxima-se de valores normais (compensação renal), ajustando o pH sanguíneo (Figura 5). Esta alteração do equilíbrio ácido-base é denominada de alcalose respiratória (FURLAN; MACARI, 2005).

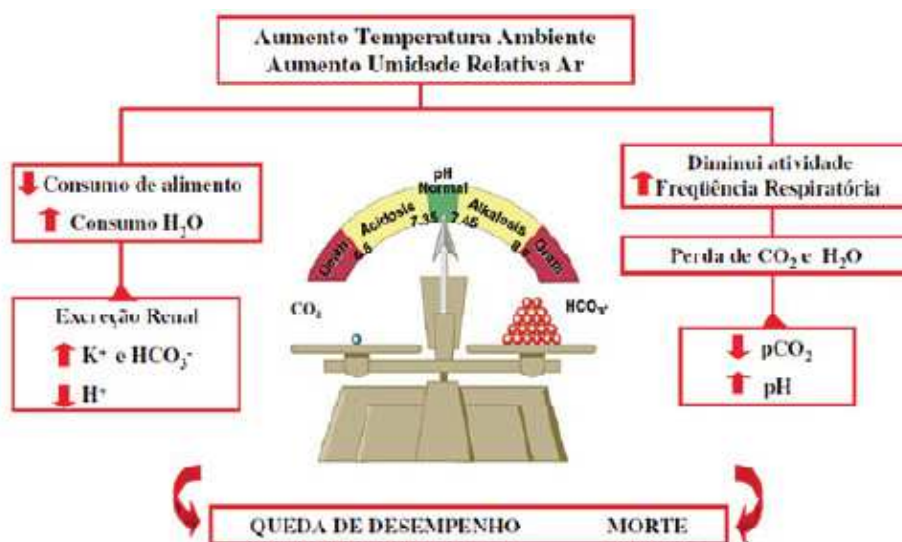


Figura 5 Resposta da ave ao estresse calórico
Fonte: Adaptado de Borges et al. (1999)

2.8 Equilíbrio ácido base e o metabolismo de Cálcio

A maior parte de cálcio usada na formação da casca provém da dieta. Esse mineral é transportado pelo sangue sob duas formas: cálcio iônico (Ca_2^+), que representa o 45% do cálcio plasmático, e cálcio ligado a ânions como citrato ou fosfatos e proteínas, que representam os 55% restantes. As duas formas de cálcio plasmático encontram-se em equilíbrio dinâmico de tal forma que quedas nos níveis de cálcio livre, durante a passagem do sangue para o útero durante a formação da casca determina uma imediata transformação do cálcio ligado em cálcio livre (BAIÃO; LÚCIO, 2005).

A homeostase do cálcio no organismo é eficientemente regulada pelos hormônios: Paratormônio (PTH), calcitonina, estrógeno e 1,25 dihidroxicolecalciferol (EATON; POOLER, 2006), e atingida através da ação combinada de três órgãos-sistema: trato gastrointestinal (TGI), rins e ossos (HOENDEROP; NILIUS; BINDELS, 2005).

A maior porcentagem de cálcio é absorvida no duodeno e jejuno das aves. As poedeiras absorvem ativamente o Ca^+ da dieta para a formação da casca ao longo de todo o trato gastrointestinal, com máxima expressão da proteína ligadora de cálcio no duodeno.

A absorção do Ca_2^+ em aves de postura é afetada por alterações no equilíbrio acidobásico, devido à exposição destas aves a altas temperaturas, pode levá-las a produzir ovos com casca mais fina, pois altera o metabolismo do cálcio durante o processo de formação da casca. Isso ocorre porque a alcalose afeta a concentração de cálcio que aparece no sangue, principalmente no cálcio na forma livre ou ionizado. A câmara calcígena das aves remove cálcio ionizado (cálcio difusível) do sangue para formar a casca, e esse pode ser rapidamente repostado pela dissociação do cálcio ligado à proteína (cálcio não difusível). Porém, durante o estresse calórico, há um aumento no pH devido à perda de CO_2 , sendo esse aumento no pH acompanhado por uma diminuição no nível sanguíneo de cálcio difusível (FURLAN; MACARI, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e período experimental

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. O município de Lavras localiza-se na região sul do estado de Minas Gerais, altitude de 910 metros, tendo como coordenadas geográficas 21°o 14' de latitude sul e 45° de longitude oeste de Greenwich (BRASIL, 1992).

O período experimental teve duração de 84 dias, iniciando em 02 de fevereiro de 2014 até o 27/04/2014, divididos em quatro períodos de 21 dias na fase de pós-pico de postura.

3.2 Instalações e equipamentos

As aves foram alojadas em um galpão convencional de postura com cobertura em telhas de cimento amianto. Com duas baterias de gaiolas de arame galvanizado, nas dimensões de 100 cm de frente x 45 cm de profundidade x 40 cm altura, cada gaiola foi considerada uma parcela, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple, sendo utilizadas 48 gaiolas para o experimento. Em cada gaiola foram alojadas 12 galinhas, conferindo uma densidade de 375 cm²/ave. No galpão foi instalado um termômetro de globo negro, e dois termos higrômetros para o registro das temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa do ar durante todo o período experimental. Foi aplicado um programa de iluminação de 16 horas por dia, complementando a iluminação natural com lâmpadas fluorescentes compactadas.

3.3 Manejo das Aves

Foram utilizadas 576 galinhas poedeiras Hy-Line W36 com 50 semanas de idade, devidamente vacinadas e distribuídas nas unidades experimentais de acordo com o peso corporal, além disso, foram manejadas de forma homogênea a fim de verificar os efeitos dos níveis de sódio sobre o desempenho e qualidade dos ovos.

As aves permaneceram com iluminação natural e 4 horas de iluminação artificial para um total de 16 horas de luz. Os tratamentos foram sorteados nas unidades experimentais e as rações e água fornecidas à vontade. As aves receberam uma ração de postura de acordo com as recomendações do Manual Hy-line W36 (2011).

Diariamente foi anotado, em fichas apropriadas, o número de ovos íntegros, quebrados, sem casca, com casca mole e/ou sujos por sangue ou excreta em cada parcela. A coleta de ovos foi realizada duas vezes ao dia, sempre as 10 e às 16 horas. No último dia de cada semana foram pesados todos os ovos íntegros, e o consumo de ração de cada parcela. Os parâmetros de qualidade interna e externa foram medidos nos ovos colhidos no último dia de cada período de 21 dias.

3.4 Tratamentos e rações experimentais

Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito repetições de 12 aves cada, totalizando 576 poedeiras. Foram aplicados seis tratamentos, constituídos por rações com cinco níveis de sódio 0,10; 0,14; 0,18; 0,22; 0,26%, com relação (Na+K)/Cl igual a 4,0 mais um tratamento controle. Este tratamento foi preparado com ração balanceada com o sódio recomendado pelo manual da linhagem, estimando consumo em 95g por ave/dia,

suplementando apenas por sal comum e com uma relação eletrolítica livre, conforme a tabela 1. Para a suplementação e adequação dos níveis de sódio, cloro e potássio, foram utilizadas fontes comerciais desses elementos, a saber: sal comum, bicarbonato de sódio e fosfato monopotássico, adicionados em um espaço deixado na fórmula da ração de aproximadamente de 1,5kg. Na formulação (tabela 2) foi computada a contribuição em fósforo fornecido pelo fosfato Monopotássico, nos tratamentos que essa fonte for incluída e, corrigida a quantidade de fosfato bicálcico e calcário.

Tabela 2 Teores de sódio suplementados em ração de poedeiras comerciais em pós-pico de postura, e valores dos demais eletrólitos necessários para manter a relação (Na+K)/Cl constante

Tratamento	Sódio	Cloro	Potássio	Relação (Na + K)/Cl	BE (mEq/100g)
1	0,100	0,180	0,621	4,0	152
2	0,140	0,190	0,621	4,0	166
3	0,180	0,200	0,621	4,0	181
4	0,220	0,220	0,660	4,0	202
5	0,260	0,260	0,780	4,0	239
6 Controle	0,190	0,351	0,620	2,3	139

As rações foram isonutrientes (exceto para o sódio, cloro e potássio), formuladas à base de milho e farelo de soja obedecendo aos níveis nutricionais estabelecidos para poedeiras na fase de pico, segundo o Manual Hy-line W36 (2011).

A relação (Na+K)/Cl fixada em 4,0 foi obtida a partir das recomendações de sódio, potássio e cloro descritas em Rostagno et al. (2011).

Tabela 3 Composição das rações experimentais fornecidas de produção contendo diferentes teores de sódio e relação (Na+K)/Cl constante

Ingrediente	Níveis de Sódio %					Controle
	0,10	0,14	0,18	0,22	0,26	
Milho	55,029	55,029	55,029	55,029	55,029	55,029
Farelo de Soja	25,163	25,163	25,163	25,163	25,163	25,163
Óleo vegetal	4,606	4,606	4,606	4,606	4,606	4,606
Premix de Microminerais ¹	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Premix de vitaminas ²	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
DL-Metionina, 99%	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
L-Lisina, HCl 78%	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sal Comum	0,153	0,169	0,186	0,22	0,287	0,437
Bicarbonato de sódio	0,084	0,208	0,328	0,427	0,474	0
Fosfato Monopotássico	0	0	0	0,136	0,554	0
Inerte (Caulin)	1,263	1,123	0,986	0,717	0,185	1,063
Total mistura (kg)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Fosfato bicálcico	2,115	2,115	2,115	1,947	1,432	2,115
Calcário calcítico	10,571	10,571	10,571	10,68	11,014	10,571
Total	100	100	1200	100	100	100
Composição Calculada						
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína Bruta %	16,32	16,32	16,32	16,32	16,32	16,32
Cálcio %	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42
Fósforo disponível %	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Lisina digestível %	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Metionina + Cistina digestível	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Triptofano digestível	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Treonina digestível	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Relação (Na+K)/Cl	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,31

¹ Fornecimento por kg de produto: Mn – 80.000 mg; Zn – 60.000 g; Fe – 50.000 g; Cu – 10.000 mg; I – 1.200 mg; Se – 200 mg.

² Fornecimento por kg do produto: vit. A – 7.100.000 UI; vit. D3 - 2.100.000 UI; vit. E - 6.000 UI; vit. K3- 1.600 mg; vit. B2 – 3.000 mg; vit B12 8.000 mcg; Niacina – 21.000 mg; Ácido Pantotênico – 5.000.mg; biotina 10 mg; B.H.T (Hidróxido de Tolueno Butilado) 18.000mg.

3.5 Variáveis Estudadas

As variáveis estudadas durante o experimento estão descritas abaixo.

3.5.1 Desempenho Produtivo

a) Produção média de ovos

A produção média de ovos a cada período de 21 dias, expressa em % ovos/ave/dia, foi obtida registrando diariamente o número de ovos produzidos incluindo os trincados, quebrados, sem casca, com casca mole e suja por sangue ou excreta.

b) Consumo de ração

A ração destinada a cada parcela foi pesada e acondicionada em baldes plásticos com tampa. Ao final de cada semana, as sobras dos comedouros e dos baldes foram pesadas e o consumo de ração determinado e expresso em gramas de ração consumida por ave/dia. Ao final de cada período, foi calculada a média do consumo nas semanas correspondentes a cada período.

c) Conversão alimentar

A conversão foi calculada através da divisão do consumo médio de ração (g) pela massa dos ovos produzidos, sendo expressa em gramas de ração consumida por grama de ovo produzido.

d) Peso médio dos ovos

No último dia de cada semana experimental foram pesados todos os ovos íntegros produzidos e obtendo o peso médio de cada parcela. Ao final de cada

período de 21 dias, foi calculada uma média das pesagens para obter o peso médio dos ovos produzidos no período.

e) Perda de ovos

Diariamente foram anotadas as quantidades de ovos trincados quebrados, de casca mole ou sem casca e ao final de cada semana calculada a porcentagem de ovos perdidos em relação ao total produzido. Após as três semanas de cada período, foram calculadas as porcentagens médias de perdas por período.

3.5.2 Qualidade externa do ovo

Ao final de cada período foram coletados três ovos por parcela, pesados individualmente e coletados para determinar a qualidade interna e externa do ovo. Para determinar o peso específico foi feita uma avaliação no último dia de cada período com a totalidade de ovos íntegros produzidos em cada unidade experimental.

a) Espessura da casca

Após a secagem em estufa a 65 °C por 72 horas, as cascas foram pesadas e em seguida registradas as medidas de sua espessura em três pontos da região equatorial do ovo, através de um micrometro da marca Mitutoyo, com precisão de 0,001 mm (0,001 – 25,000 mm) os valores obtidos nos três ovos de cada parcela foram transformados em valores médios por parcela.

b) Peso específico

Todos os ovos íntegros produzidos no último dia de cada período foram avaliados em 10 soluções de NaCl, com densidade variando de 1,066 a 1,100

g/cm³ e com gradiente de 0,004 entre elas determinado com auxílio de um densímetro. Os resultados foram utilizados para compor uma média de densidade dos ovos da parcela no período.

c) Porcentagem de casca

Os três ovos amostrados em cada parcela ao final de cada período foram quebrados para avaliação de Unidade Haugh. As cascas foram lavadas em água e secas em estufas a 65 °C por 72 horas, depois foram pesadas obtendo-se o percentual através da relação peso de casca/ pesos de ovo.

d) Peso de casca por unidade de superfície de área

O peso da casca dos ovos por unidade de superfície de área (PCSA), expresso em mg/cm² foi calculado pela equação, segundo Abdallah Harms e El-Husseiny (1993).

$$PCSA = [PC/3,9782 \times (PO^{0,7056})] \times 1000$$

Sendo: PC = peso da casca (g)

PO = Peso do ovo (g)

3.5.3 Qualidade interna do ovo

e) Unidade Haugh

Os três ovos amostrados por parcela, ao final de cada período, devidamente identificados foram pesados e quebrados sobre uma superfície plana de vidro para a obtenção de altura de albúmen, medida pelo aparelho Technical Services and Supplies – QCM digital, com precisão de 0,1 mm. Os valores Unidade Haugh foram obtidos utilizando-se a fórmula apresentada por Card e Nesheim (1966)

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$$

Sendo: H = altura de albúmen (mm)

PO = peso do ovo (g)

3.5.4 Ambiental

a) Índice de temperatura e umidade (ITGU)

Para a caracterização do ambiente térmico foram mensurados a cada hora os dados de temperatura, umidade relativa e temperatura de globo negro. Para tanto foram utilizados dois termos higrômetros e um medidor de stress térmico TGD-400, dispostos a meia altura das aves.

Com os dados foi calculado o ITGU (índice de temperatura e umidade) utilizando a equação proposta por Buffington et al. (1981).

$$\text{ITGU} = \text{tgn} + 0,36 \text{ tpo} + 41,5$$

Em que: tgn: temperatura de globo negro (°C);

tpo: temperatura de ponto de orvalho (°C).

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância entre tratamentos e quando observada diferença significativa, foram elaborados contrastes com o objetivo de comparar cada teor de Na utilizado ao tratamento controle, por meio do teste de Sheffé a 5% de probabilidade. Para a determinação do melhor nível de Na, entre os níveis utilizados, uma nova análise de variância foi realizada, considerando apenas os tratamentos de 1 a 5 e quando observada diferença significativa ($P < 0,05$), os dados foram estudados por meio da regressão polinomial. Todas as análises foram realizadas utilizando o Sistema de análise de variância para dados balanceados – Sisvar, descrito por Ferreira (2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao ITGU, nos diferentes períodos experimentais, encontram-se representados na Tabela 4.

Tabela 4 Valores mínimos e máximos do ITGU durante o período experimental

	Período 1			Período 2			Período 3			Período 4		
	T °C	UR %	ITGU	T °C	UR %	ITGU	T °C	UR %	ITGU	T °C	UR %	ITGU
Máx	36,6	96	79,8	35,8	99	79,6	34,4	95	78,7	32,6	99	76,7
Mín	18,5	35	68,6	18,9	38	69,4	18,7	31	69,1	14,3	41	67,6

ITGU Índice de temperatura de globo negro e umidade

Os índices ITGU registrados durante a realização do experimento, em ambiente não controlado, representaram condições ambientais desconfortáveis para galinhas poedeiras em pós-pico de produção, registrando índices mais altos nos períodos 1, 2 e 3. As grandes variações térmicas registradas no período experimental, com índices entre 69,5 e 79,5 (mínimo e máximo, respectivamente), permitem deduzir que as aves sofreram estresse por calor, como foi observado por Teixeira (1983), que concluiu que ambientes cujos valores de ITGU variam entre 65,0 e 77,0, não afetam o desempenho em frangos de corte. Baeta e Souza (1997), em concordância, descrevem que ITGU variando até 74 é seguro, e entre 74 e 78 exigem certos cuidados.

As aves utilizadas no experimento apresentaram comportamento característico do estresse por calor, como asas afastadas do corpo, bico aberto e ofegação, sinais observados principalmente no período vespertino, pois o estresse calórico estimula processos fisiológicos e comportamentais com a finalidade de aumentar a dissipação e reduzir a produção metabólica de calor, tentando assim manter a homeotermia (LANA et al., 2000; MACARI; FURLAN, 1999). Devido ao estresse, grande parte da energia presente na ração que deveria ser utilizada para produção, é desviada para manutenção do sistema

termorregulador. Assim, a ave é considerada uma “bomba térmica” de baixa eficiência, onde cerca de 80% da energia ingerida é utilizada para a manutenção de sua homeotermia (ABREU; ABREU, 2004).

Os resultados de desempenho, produção, consumo, peso do ovo e conversão das poedeiras leves em pós-pico de produção, são representados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, respectivamente.

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) entre os teores de sódio sobre o consumo de ração e peso dos ovos. O consumo de ração (Tabela. 5) não se viu influenciado pelos teores de sódio suplementados em relação ao tratamento controle. Porém, no último período experimental o nível de 0,26% apresentou o menor consumo frente aos outros tratamentos. O mesmo efeito foi verificado por Rodrigues et al. (2004), trabalhando com níveis de até 0,35%. Todavia, ao utilizarem 0,43% de sódio, Junqueira et al. (2000) observaram redução significativa no consumo de ração.

Tabela 5 Efeitos dos teores de sódio sobre o consumo (g/dia) de ração em poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Tratamento	Na ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Períodos			
	%			1	2	3	4
1	0,100	0,180	0,621	95,90 a	96,93 a	102,66 b	104,31 b
2	0,140	0,190	0,621	97,51 a	96,54 a	101,24 b	102,65 b
3	0,180	0,200	0,621	96,99 a	98,02 a	101,68 b	101,03 b
4	0,220	0,220	0,660	98,34 a	100,6 ab	100,63 ab	102,31 b
5	0,260	0,260	0,780	99,90 a	97,37 a	98,59 a	98,70 a
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	100,1	97,73	103,17	101,02
Média				98,12	97,87	101,33	101,67
Regressão				NS	NS	NS	NS
CV (%)				2,05	2,66	2,49	2,54

NS – regressão não significativa.

Letras diferentes na linha representam diferença significativa ($P<0,05$) pelo teste de Tukey

A produção de ovos e a conversão alimentar por massa de ovos foram significativamente afetadas pelos teores de sódio com efeito quadrático nos períodos 2 e 3 ($P < 0,05$), (Tabela 6 e Figura 6). Os valores analisados estatisticamente mostraram que a produção de ovos teve um comportamento quadrático nos períodos 2 e 3, em que as aves dos tratamentos 1 e 5 apresentaram quedas nas porcentagens de produção, sendo mais drástica a registrada no tratamento 1. Este resultado difere dos resultados obtidos por Faria et al. (2000), que testaram diferentes níveis de sódio e fósforo, não encontrando diferença significativa. Embora o nível mais baixo de Na^+ tenha sido 0,16%, o maior, que corresponde a 0,24%, esteve próximo ao ponto máximo da porcentagem de produção do presente trabalho, que foi 0,21%. Por outro lado, os resultados concordam com os obtidos por Ribeiro et al. (2008a), que encontraram diferença significativa na produção de ovos que exibiu um comportamento quadrático ($P < 0,05$) no nível 0,21%.

Tabela 6 Efeitos dos teores de sódio sobre a produção de ovos (%), poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Tratamento	Na	Cl	K	Períodos			
				1	2 ¹	3 ²	4
1	0,100	0,180	0,621	85,78 a	79,12 b ^S	80,50 b ^S	85,04 a
2	0,140	0,190	0,621	87,12 a	86,71 a	87,57 a	86,30 a
3	0,180	0,200	0,621	85,82 a	86,73 a	86,34 a	84,84 a
4	0,220	0,220	0,660	86,87 a	86,81 a	86,30 a	85,24 a
5	0,260	0,260	0,780	86,36 a	86,26 a	84,44 a	83,85 a
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	87,61	84,63	83,9	86,63
Media				86,59	84,98	84,84	85,32
Regressão				NS	Q	Q	NS
CV (%)				2,97	3,35	2,85	3,89
1. $y = -602,678x^2 + 252,1143x + 61,4728$				$R^2 = 0,86$	P.Max. = 0,21%		
2. $y = -743,247x^2 + 284,0910x + 60,3582$				$R^2 = 0,79$	P.Max = 0,19%		

S - ($P < 0,05$) Teste de Sheffé. NS – regressão não significativa Q – quadrática
 Letras diferentes na linha representam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 7 Efeitos dos teores de sódio sobre o peso do ovo (g) de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Tratamento	Na	Cl	K	Períodos			
	%			1	2	3	4
1	0,100	0,180	0,621	64,83 a	64,83 a	65,97 b	66,48 b
2	0,140	0,190	0,621	64,04 a	64,58 a	65,47 b	66,04 b
3	0,180	0,200	0,621	64,44 a	65,14 ab	65,76 bc	66,38 c
4	0,220	0,220	0,66	65,65 a	65,13 ab	66,16 bc	66,92 c
5	0,260	0,260	0,78	64,22 b	65,01 a	65,91 a	66,05 a
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	65,76	65,28	65,78	66,9
Media				64,82	65,01	65,84	66,46
Regressão				NS	NS	NS	NS
CV (%)				3,28	3,49	4,25	3,83

NS – regressão não significativa

Letras diferentes na linha representam diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Tukey

Tabela 8 Efeitos dos teores de sódio sobre a conversão alimentar por massa de ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Tratamento	Na	Cl	K	Períodos			
	%			1	2 ¹	3 ²	4
1	0,100	0,180	0,621	1,74 a	1,90 ab ^S	1,95 b	1,83 a
2	0,140	0,190	0,621	1,76 a	1,75 a	1,75 a	1,79 a
3	0,180	0,200	0,621	1,76 a	1,73 a	1,76 a	1,78 a
4	0,220	0,220	0,660	1,72 a	1,77 a	1,75 a	1,77 a
5	0,260	0,260	0,780	1,78 a	1,81 a	1,75 a	1,76 a
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	1,75	1,71	1,78	1,75
Media				1,75	1,78	1,79	1,78
Regressão				NS	Q	Q	NS
CV (%)				4,78	4,09	4,23	4,91
1. $y = 19,6429x^2 + -7,4714x + 2,4376$				R² = 0,90	P.Min. = 0,19%		
2. $y = 16,9643x^2 + -7,1071x + 2,4674$				R² = 0,84	P.Max. = 0,21%		

S (P<0,05) - Teste de Sheffé. NS – regressão não significativa Q – quadrática

Letras diferentes na linha representam diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Tukey

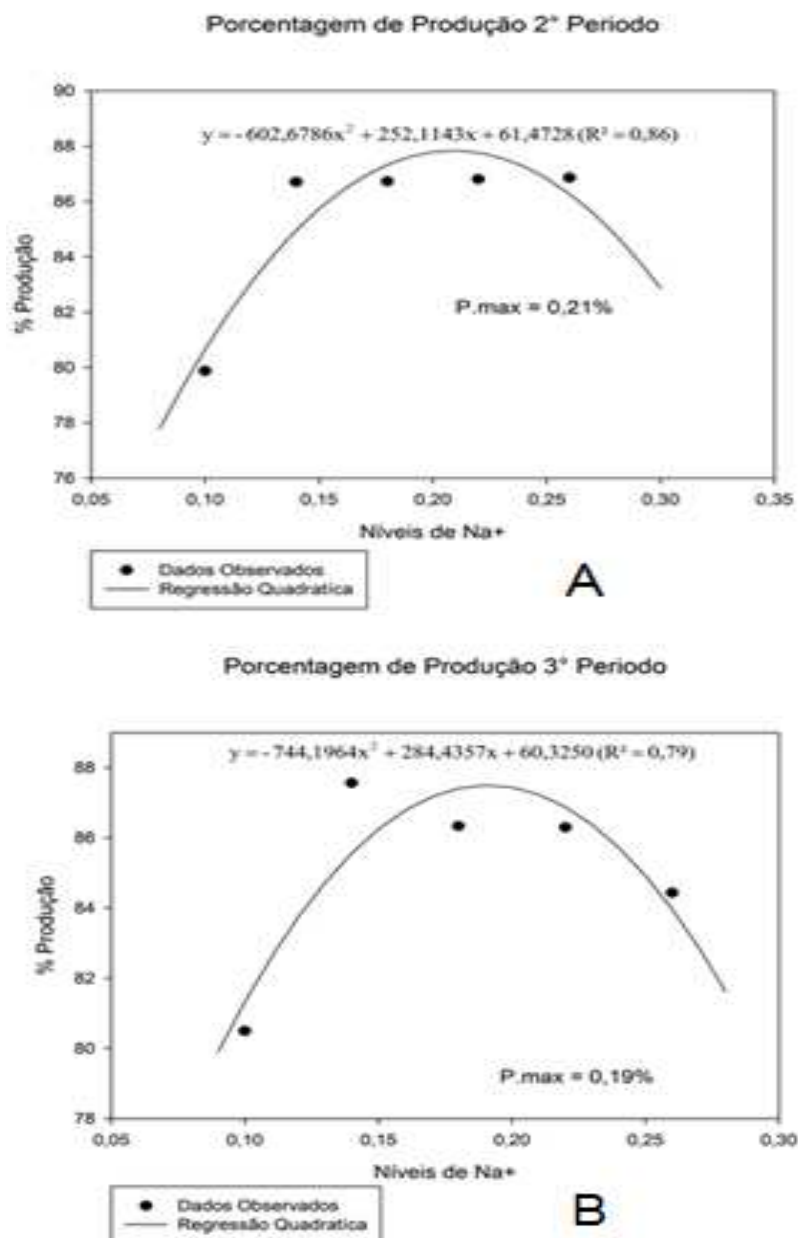
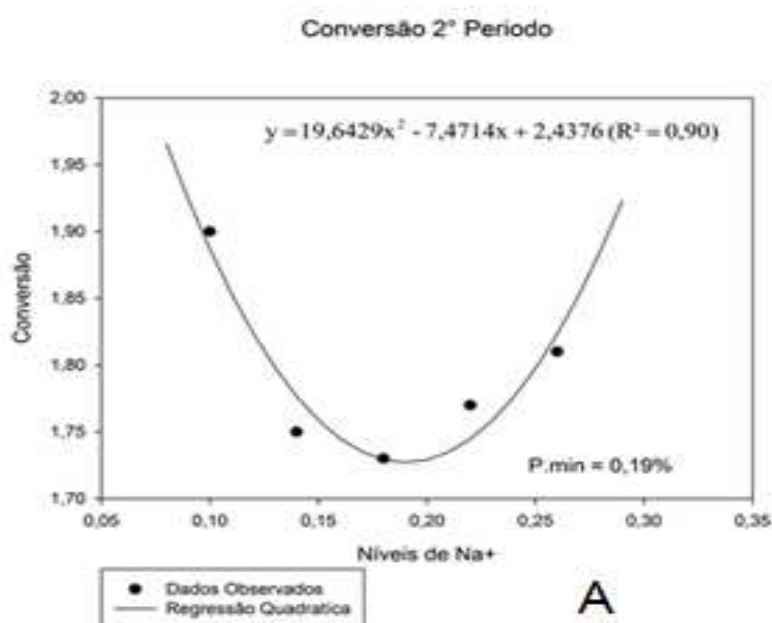


Figura 6 Efeitos dos teores de sódio sobre a Produção de ovos no segundo (A), e terceiro período (B), de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Para a variável conversão alimentar (Tabela. 8), (Figura 7) houve efeito significativo ($P < 0,05$) em relação aos níveis de sódio, mostrando um comportamento quadrático nos períodos 2 e 3, apresentando seus pontos mínimos nos níveis de 0,19% e 0,21%, respectivamente. Tais dados confirmaram resultados obtidos por Aldrigui et al. (2013), os quais testaram o efeito do balanço eletrolítico e da relação entre os íons Na^+ , Cl^- e K^+ , sobre os parâmetros de desempenho e de qualidade de ovos em galinhas poedeiras. Os autores concluíram que o nível de inclusão de Na^+ de 0,23%, relação de 3,9 e balanço de 350 mEq/kg, melhoram o desempenho das aves. Ribeiro et al. (2008b), por sua vez, identificaram que a exigência média de sódio, estimada pela regressão quadrática para a fase de 7 a 12 semanas de idade das aves considerando o ganho de peso diário e a conversão alimentar, foi de 0,22 %, resultando em balanço eletrolítico da dieta de 235 mEq/kg.



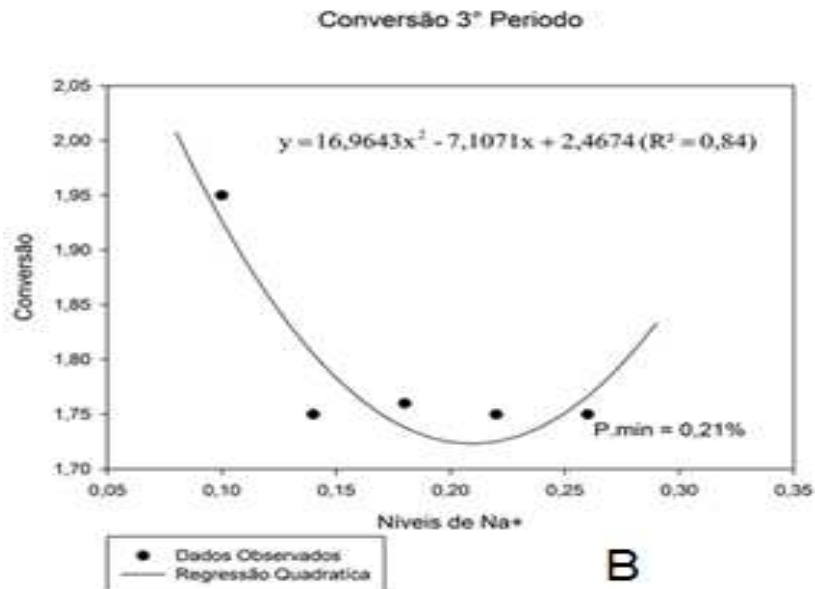


Figura 7 Efeitos dos teores de sódio sobre a conversão alimentar no segundo (A), e terceiro período(B), de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

As médias avaliadas que mostraram significância nos períodos 2 e 3, tiveram como possível causa o estresse por calor, confirmando assim o observado por Gorman e Balnave (1994) sobre os efeitos do estresse por calor, tal que o mesmo pode induzir a um maior requerimento metabólico para o íon sódio e potássio. Mesmo que o índice ITGU indique que as aves estiveram sob condições ambientais desconfortáveis no primeiro período, não houve efeito negativo nos tratamentos. Isto pode estar relacionado aos diferentes mecanismos existentes no organismo para reter o sódio, em diferentes estados fisiológicos citados anteriormente (GUYTON; HALL 1997; UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

Os resultados que expressam a qualidade de ovos, Unidades Haugh (UH), espessura de casca (EC), peso específico (PE), porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA) em relação ao nível de sódio encontram-se nas tabelas 8,9, 10 e 11, respectivamente.

Tabela 9 Efeitos dos teores de sódio aos 21 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante em quatro

Tratamento	Na %	Cl %	K %	PE g/cm ³	PC %	EC mm	PCSA mg/cm ²	UH %
1	0,100	0,180	0,621	1,084	8,50	0,401	72,63	83,13
2	0,140	0,190	0,621	1,084	7,60	0,416	75,68	84,70
3	0,180	0,200	0,621	1,083	8,33	0,417	75,36	83,68
4	0,220	0,220	0,680	1,084	8,52	0,423	73,70	82,90
5	0,260	0,260	0,780	1,084	7,58	0,435	75,28	83,26
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	1,084	8,17	0,416	74,4	84,5
Regressão				NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)				2,58	7,59	8,7	3,79	2,56

NS – Regressão não significativa, (P>0,05)

Tabela 10 Efeitos dos teores de sódio aos 42 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Tratamento	Na %	Cl %	K %	PE g/cm ³	PC ³ %	EC ² Mm	PCSA mg/cm ²	UH ¹ %
1	0,100	0,180	0,621	1,084	7,60 ^S	0,388	74,48	80,74
2	0,140	0,190	0,621	1,084	8,17	0,406	76,52	82,74
3	0,180	0,200	0,621	1,084	8,75	0,427	75,08	84,17 ^S
4	0,220	0,220	0,680	1,084	8,52	0,450	73,86	83,00
5	0,260	0,260	0,780	1,084	8,52	0,456	73,48	82,79
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	1,083	8,69	0,418	75,04	81,49
Regressão				NS	Q	L	NS	Q
CV (%)				1,45	5,57	8,33	4,42	2,34
1. y= -312,0536 x² + 122,2643 x + 71,9095					R²= 0,79		P.Max. = 0,20%	
2. y= 0,500 x + 0,332					r²= 0,89			
3. y= -87,0536 x² + 36,8143 x + 4,7845					R²= 0,93		P.Max. = 0,21%	

S (P<0,05) - Teste de Sheffé. NS – Regressão não significativa. L - Linear.
Q – Quadrática.

Tabela 11 Efeitos dos teores de sódio aos 63 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

Tratamento	Na	Cl	K	PE	PC	EC ²	PCSA	UH ¹
	%	%	%	g/cm ³	%	Mm	mg/cm ²	%
1	0,100	0,180	0,621	1,085	8,33	0,397	75,77	80,49
2	0,140	0,190	0,621	1,085	8,85	0,403	76,25	82,39
3	0,180	0,200	0,621	1,084	8,76	0,443	75,6	84,07
4	0,220	0,220	0,680	1,083	8,64	0,456	74,9	84,29
5	0,260	0,260	0,780	1,084	8,41	0,464	72,76	84,03
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	1,084	8,61	0,422	74,22	82,9
Regressão				NS	NS	L	NS	Q
CV (%)				1,58	6,84	6,21	4,94	2,18
1. $y = -218,7500 x^2 + 98,4000 x + 72,9295$					R² = 0,87	P.Max. = 0,22%		
2. $y = 0,45 x + 0,347$					r² = 0,84			

NS – Regressão não significativa. L - Linear. Q – Quadrática.

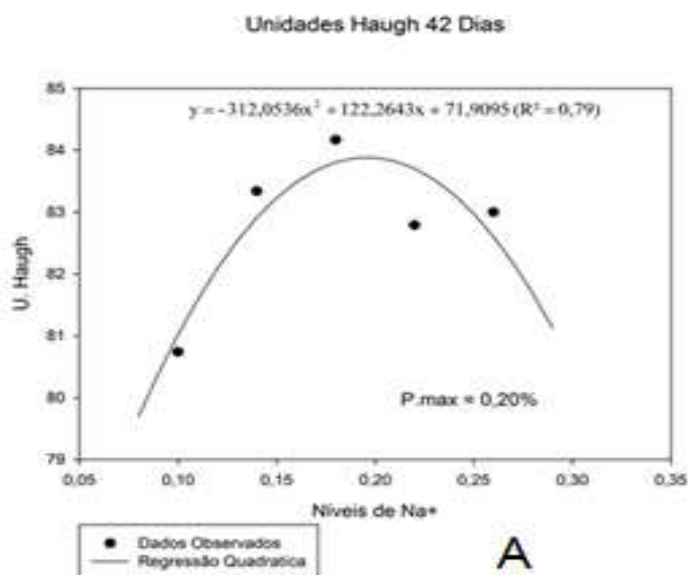
Tabela 12 Efeitos dos teores de sódio aos 84 dias do período experimental sobre a Unidade Haugh (UH), Espessura de casca (EC), Peso específico (PE), Porcentagem de casca (PC) e peso de casca por unidade de superfície de área (PCSA), dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica fixa

Tratamento	Na	Cl	K	PE	PC	EC	PCSA	UH
	%	%	%	g/cm ³	%	Mm	mg/cm ²	%
1	0,100	0,180	0,621	1,087S	8,52	0,401	76,71	79,64
2	0,140	0,190	0,621	1,084	8,76	0,416	75,42	81,63
3	0,180	0,200	0,621	1,084	8,78	0,417	75,39	81,87
4	0,220	0,220	0,680	1,085	8,82	0,423	73,23	78,19
5	0,260	0,260	0,780	1,084	8,71	0,435	75,73	80,54
6 (Controle)	0,190	0,351	0,620	1,082	8,51	0,416	74	81,13
Regressão				NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)				2,1	7,82	6,57	4,05	2,26

NS – Regressão não significativa.

A média de Unidades Haugh houve diferença significativa ($P < 0,05$) aos 42 e 63 dias, apresentando os pontos máximos nos níveis de 0,20% e 0,22%, respectivamente, divergindo dos resultados obtidos por Murakami et al. (2003) com poedeiras no primeiro e segundo ciclo de produção, onde observaram que rações com níveis crescentes de sódio (0,12; 0,15; 0,18; 0,21 e 0,24% no primeiro ciclo e 0,13; 0,15; 0,17; 0,19 e 0,21% no segundo ciclo), não afetaram a qualidade externa e interna dos ovos nas duas fases avaliadas. Resultados semelhantes foram apresentados por Aldrigui et al. (2013), que não encontraram significância ao avaliar a influência da relação entre os íons Na^+ , Cl^- e K^+ sobre os parâmetros de qualidade do ovo.

Este comportamento poderia ser explicado pelo fato de os ovos das aves que apresentaram melhores coeficientes contarem com níveis de sódio próximos ao ponto máximo obtido na regressão, permitindo um correto desenvolvimento das galinhas e seu potencial produtivo, já que o excesso ou déficit de sódio no organismo das poedeiras pode prejudicar os parâmetros de desempenho e qualidade do ovo.



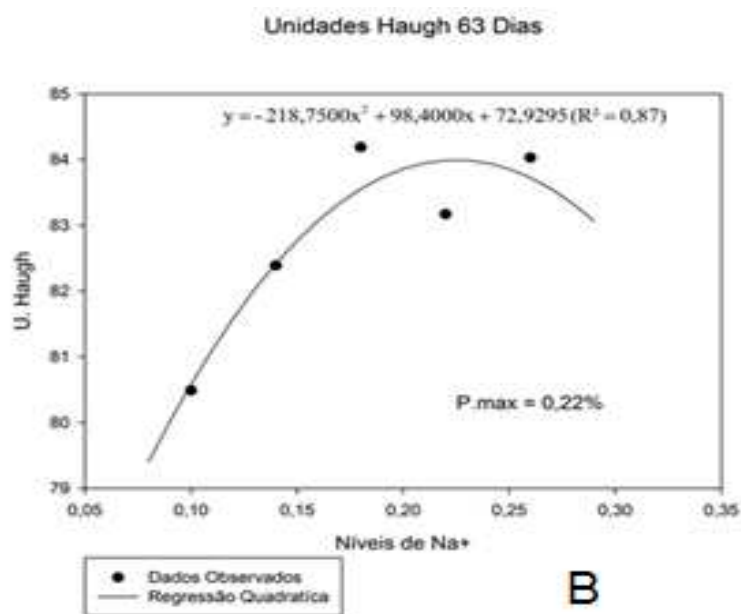


Figura 8 Efeitos dos teores de sódio sobre Unidades Haugh a os 42 (A), e 63 dias (B) de período experimental, dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica constante

A espessura da casca foi influenciada significativamente ($P < 0,05$), de maneira semelhante à unidade Haugh nos dias 42 e 63, apresentando comportamentos lineares (Figura 9).

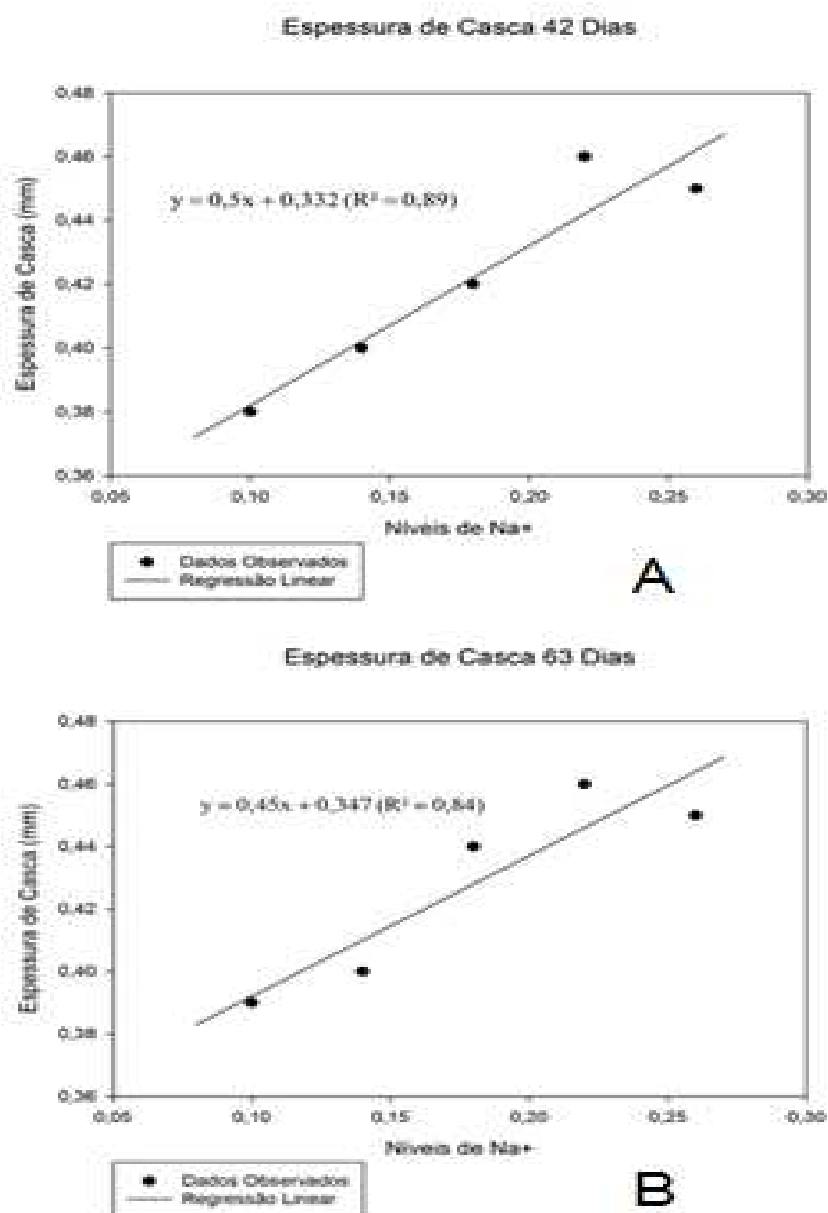


Figura 9 Efeitos dos teores de sódio sobre a espessura de casca aos 42 (A), e 63 dias (B) de período experimental, dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátio-aniónica fixa

A espessura da casca teve um comportamento linear apresentando a melhor resposta em 0,446 mm no nível 0,26 %. O nível de 0,10% refletiu o pior coeficiente 0,397 mm, resultando em uma diferença significativa ($P < 0,05$) frente ao tratamento controle. Esse mesmo efeito também foi observado por Rodrigues et al. (2004), quando com poedeiras de 60 semanas de idade da linhagem Hy-Line W36 avaliou 3 diferentes níveis de sódio (0,15; 0,25; e 0,35%), constatando a melhora ($P < 0,05$) quando o nível de sódio passou de 0,15 para 0,25%. O nível 0,35%, porém, não teve diferença significativa ($P > 0,05$) quando comparado com o nível de 0,25%.

Resultados semelhantes foram encontrados ainda por Nobakht et al. (2007), que testaram diferentes balanços eletrolíticos (0, 120, 240 e 360 mEq/kg) em que o maior balanço 360 mEq/kg, que continha o maior nível de inclusão de sódio, obteve a maior espessura de casca (0.288), apresentando uma diferença significativa em comparação aos outros balanços 0, 120 e 240 mEq/kg, que alcançaram coeficientes mais baixos 0.262, 0.276 e 2.65, respectivamente.

Os comportamentos anteriormente mencionados, podem ser explicados devido à suplementação de níveis mais altos de sódio ou potássio mediante compostos como bicarbonato de Sódio (NaHCO_3) e fosfato monopotássico (KH_2PO_4) durante períodos de estresse por calor, uma vez que estes compostos podem amenizar alterações no pH, e distúrbios nos níveis sanguíneos de cálcio ou na atividade da anidrase carbônica, que desempenha um papel importante na formação da casca do ovo.

A porcentagem de casca foi influenciada de forma quadrática ($P < 0,05$) pelos diferentes níveis de sódio só aos 42 dias do experimento.

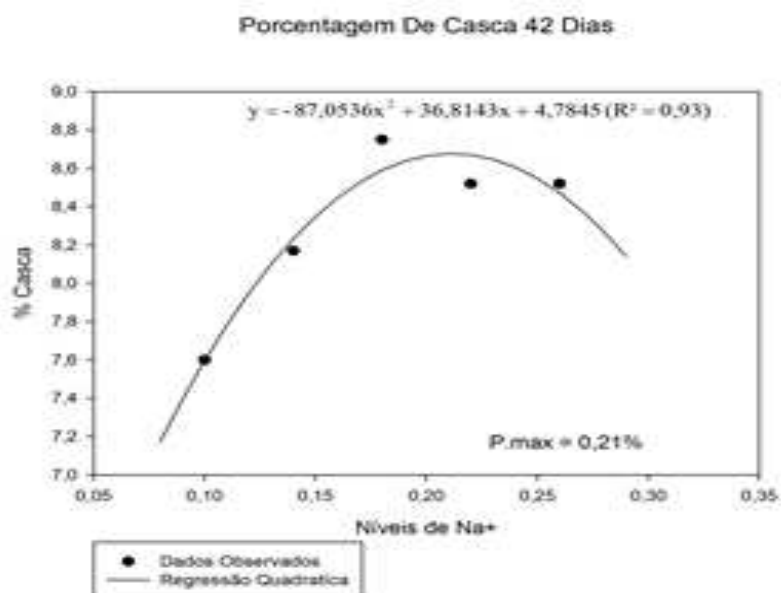


Figura 10 Efeitos dos teores de sódio sobre a porcentagem de casca aos 42 dias de período experimental, dos ovos de poedeiras comerciais leves em pós-pico de produção mantendo a relação cátion-aniônica fixa

O nível de 0,21% de sódio foi mostrado como ponto máximo de acordo com a equação de regressão representada na Figura 10. A menor porcentagem foi de 7,50% e, quando contrastada com o tratamento controle 8,69%, teve significância ($P < 0,05$) pelo teste de Sheffé, esses resultados mostram a importância do adequado nível de sódio e da relação cátion-aniônica, discordando dos resultados apresentados por Aldrigui et al. (2013), Faria et al. (2000), Figueiredo et al. (2001) e Pizzolante et al. (2006), que não encontraram efeito significativo para esta variável.

Sobre o peso específico (PE), não houve diferença ($P > 0,05$) em nenhum dos dias avaliados durante o experimento, discrepando dos resultados obtidos por Barreto et al. (2007) que observaram que a peso específico do ovo foi afetado pelos diferentes teores de Na^+ (0,017; 0,083; 0,149; 0,215; 0,281%) com efeito linear na dieta de codornas japonesas em pico de postura.

Já Junqueira et al. (2003) afirmaram que o aumento do peso específico foi influenciado pela elevação do sódio dietético, tornando possível argumentar que o bicarbonato de sódio pode possuir a propriedade de elevar a qualidade da casca dos ovos em virtude do sódio, e não do radical carbonato de sua molécula.

Nesse sentido, Hodges e Lörcher (1967) pesquisaram o destino do bicarbonato em dietas de galinhas poedeiras, tendo reportado que o bicarbonato no sistema circulatório não se constitui no maior precursor do carbonato da casca dos ovos, sugerindo desse modo que a glândula da casca é a responsável pela formação do íon carbonato (CO_3^{2-}) usando o CO_2 que provem da respiração e se incorpora ao cálcio para formar o carbonato de cálcio (CaCO_3) da casca do ovo. Aldrigui et al. (2013), Faria et al. (2000), Junqueira et al. (2000) e Ribeiro et al. (2008), em contrariedade, não encontraram nenhuma interação entre os diferentes níveis de Na^+ e o peso específico.

Não houve diferença ($P>0,05$) na variável porcentagem de casca na superfície de área (PCSA), resultados que divergem dos obtidos por Nobakht et al. (2007) que encontraram uma interação entre diferentes níveis de Na^+ e o balanço eletrolítico de galinhas poedeiras leves da raça Hy-line W 36, obtendo os melhores coeficientes no Balanço de 360 mEq/kg, o qual contou com um nível de inclusão de sódio de 0,54%. É oportuno considerar que em função dos diversos fatores que afetam a qualidade dos ovos, como por exemplo, a idade das aves, a temperatura no ambiente de produção e na sala de armazenamento e a variação nos aparelhos usados para determinar as diversas medições, podem ocorrer variações nas respostas obtidas nos diversos ensaios experimentais.

5 CONCLUSÕES

O balanço eletrolítico não teve efeito sobre o desempenho das aves e a qualidade dos ovos, quando a relação $(\text{Na}+\text{K})/\text{Cl}$ foi mantida em quatro.

Mantendo a relação cátion-aniônica em quatro, os teores de sódio na ração de poedeiras leves em pós-pico de produção podem variar de 0,10 a 0,26%, sem comprometer o desempenho.

O aumento dos níveis de sódio da dieta proporciona aumentos lineares da espessura da casca, quando a relação cátion-aniônica é mantida em quatro.

Mesmo mantendo uma relação $(\text{Na}+\text{K})/\text{Cl}$ constante, o estresse por calor influenciou as exigências dietéticas de sódio sendo necessário um aumento dos teores na dieta das aves.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Análise de imagens em aviários de postura com sistemas de climatização**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009.

Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/industria-carne/artigos/analise-imagens-aviario-postura-t154/471-p0.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Conforto térmico para aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. 5 p. (Comunicado Técnico, 365).

ALDRIGUI, L. G. et al. Influencia del balance electrolítico y la relación electrolítica en la productividad de las gallinas ponedoras. In: CONGRESSO CIENTÍFICO DE AVICULTURA, 50., 2013, Lleida. **Proceedings...** Lleida: [s. n.], 2013. p. 219-226.

AUSTIC, R. E.; KESHAVARZ, K. Interaction of dietary calcium and chloride and the influence of monovalent minerals on eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 67, n. 3, p. 750-759, Sept. 1988.

BACILA, M. **Bioquímica veterinária**. São Paulo: Varela, 1980. 534 p

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 246 p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.

BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A. A. **Manejo de matrizes de corte**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2005. p. 197-212.

BALNAVE, D. Influence of saline drinking water on eggshell quality and formation. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 49, n. 11, p. 109-111, jul. 1993.

BALNAVE, D.; MUHEEREZA, S. K. Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, p. 588-593, 1997.

BARRETO, S. L. T. et al. Níveis de sódio em dietas para codorna japonesa em pico de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1559-1565, 2007.

BELAY, T.; WIERNUSZ, C. J.; TEETER, R. G. Mineral balance and urinary and fecal mineral excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heat-distressed environments. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 1043-1047, 1992.

BLOCK, E. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 5, p. 1437-1450, May 1994.

BORGES, S. A. et al. Physiological Responses of Broiler Chickens to Heat Stress and Dietary Electrolyte Balance (Sodium Plus Potassium Minus Chloride, Milliequivalents Per Kilogram). **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 1551-1558, Sept. 2004.

BORGES, S. A. et al. Suplementação de bicarbonato de sódio na dieta de frangos de corte durante o verão. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 15, p. 67-73, 1999.

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

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CARD, L. E.; NESHEIM, M. C. **Poultry production**. 10. ed. Philadelphia: Lea e Febiger, 1966. 400 p.

CHEN, J.; BALNAVE, D. The influence of drinking water containing sodium chloride on performance and eggshell quality of a modern, colored layer strain. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, p. 91-94, jan. 2001.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiología veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004. 579 p.

DEETZ, L. E.; RINGROSE, R. C. Effect of heat stress on the potassium requirement of the hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, p. 1765-70, 1976.

DEYHIM, F.; BELAY, T.; TEETER, R. G. The effect of heat distress on blood gas, plasma and urine concentration of Na, K, Cl of broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, p. 42, 1990.

EATON, D. C.; POOLER, J. P. Regulação do equilíbrio do cálcio e do fosfato. In: _____. **Fisiologia renal de Vander**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 215-227.

FARIA, D. E. et al. Efeito de diferentes níveis de sódio e fósforo sobre o desempenho e a qualidade da casca dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 458-466, mar./abr. 2000.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

FIGUEIREDO, D. F. et al. Exigência nutricional de sódio para poedeiras pós-muda forçada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 841.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2005. p. 51-73.

GEZEN, S. S.; EREN, M.; DENIZ, G. The effect of different dietary electrolyte balances on eggshell quality in laying hens. **Revue de Médecine Vétérinaire**, Toulouse, v. 10, n. 156, p. 491-497, 2005.

GOFF, J. P.; HORST, R. L. Effects of addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. 176-186, 1997.

GORMAN, I.; BALNAVE, D. Effects of dietary mineral supplementation on the performance and mineral retentions of broilers at high ambient temperatures. **British Poultry Science**, London, v. 35, p. 563-572, mar. 1994.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiología médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HODGES, R. D.; LÖRCHER, K. Possible sources of the carbonate fraction of egg shell calcium carbonate. **Nature**, London, v. 216, p. 609-610, 1967.

HOENDEROP, J. G. J.; NILIUS, B.; BINDELS, R. J. M. Calcium absorption across Eptithelia. **Physiological Reviews**, Baltimore, v. 85, n. 1, p. 373-422, jan. 2005.

HOOGE, D. M. A importância dos eletrólitos. **Avicultura Industrial**, São Paulo, n. 1068, p. 20-26, 1999.

HOOGE, D. M. Electrolyte balance in turkeys, layers examined. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 70, n. 18, p. 17-19, 1998.

HUGHES, R. J. Inter-relationships between egg shell quality, blood acid-base balance and dietary electrolytes. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 44, n. 1, p. 30-40, feb. 1988.

HUSTON, T. M. The effects of environmental temperature on plasma potassium concentrations in the blood of the domestic fowl. **Poultry Science**, Champaign, v. 57, p. 54-6, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da produção pecuária março de 2013**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201204_publ_completa.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2014.

JUDICE, M. P. M. et al. Balanço cátion-aniônico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 598-609, 2002.

JUNQUEIRA, O. M. et al. Efeitos das fontes e níveis de sódio, cloro e potássio e da relação (Na+K) /Cl, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 1110-1116, 2000.

JUNQUEIRA, O. M. et al. Fontes e níveis de sódio em rações de poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 79-84, 2003.

KUCHINSKI, K. K. et al. Re-evaluation of the sodium of the commercial laying hen. **Journal of Applied Animal Research**, Izatnagar, v. 15, n. 1, p. 25-34, 1999.

LANA, G. R. Q. et al. Efeito da temperatura ambiente e restrição alimentar sobre o desempenho e composição de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 1117-1123, 2000.

LEESON, S. Nutritional considerations of poultry during heat stress. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 42, p. 69-81, 1986.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scotts nutrition of the chicken**. 4th ed. [S. l.: s. n.], 2001. p. 363-377.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. Estresse por calor e frio em frangos de corte. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM CIÊNCIAS AVÍCOLAS, 4., 1999, Santa Cruz. **Anais...** Santa Cruz: [s. n.], 1999. p. 95-109.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 246 p.

MANUAL manejo Hy-Line Variadade W-36. [S. l.: s. n.], 2011. 37 p.

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic, 1992. 524 p.

MINAFRA, C. S. et al. Balanço eletrolítico e proteico dietéticos sobre as aminotransferases hepáticas, renais e séricas e teores séricos de magnésio e cloro de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 425-437, 2009.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proceeding Nutrition Society**, Cambridge, v. 40, n. 3, p. 285-295, 1981.

MONGIN, P. Role of sodium, potassium and chloride in eggshell quality. In: NUTRITION CONFERENCE OF FLORIDA, 1., 1980, Florida. **Proceedings...** Florida: NCF, 1980. p. 114-117.

MORO, D. Sistemas de aquecimento em instalações avícolas na fase inicial. In: Simpósio Internacional sobre Ambiente e Instalação na Avicultura Industrial, Campinas. **Anais...** Campinas: APINCO, 1995. p. 139-144.

MOURA, D. J. Ambiente na avicultura de corte. In: SILVA, I. J. O. **Ambiente na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. v. 2, p. 75-149.

MURAKAMI, A. E. Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento de ossos de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000. p. 33-61.

MURAKAMI, A. E. et al. Effect of electrolyte balance in low- protein diets on broiler performance and tibial dyschondroplasia incidence. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 12, n. 2, p. 207-216, 2003.

MURRAY, R. K; GRANNER, D. K. **Harper**: bioquímica. 7. ed. Sao Paulo: Atheneu, 1994. 763 p.

NOBAKHT, A. et al. The effects of dietary electrolyte balance on the performance and eggshell quality in the early laying period. **Pakistan Journal of Nutrition**, Faisalabad, v. 6, n. 6, p. 543-546, 2007.

PATIENCE, J. F. A review of the role acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 398-408, 1990.

PIZZOLANTE, C. C. et al. Níveis de sal comum em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em final de produção. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 2, p. 123-130, 2006.

RIBEIRO, M. L. G. et al. Exigência de sódio para poedeiras no final do primeiro ciclo e durante o segundo ciclo de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 7, n. 37, p. 1257-1264, jul. 2008a.

RIBEIRO, M. L. G. et al. Níveis de sódio na ração de frangas de 7 a 12 semanas de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1304- 1310, jul./ago. 2008b.

RODRIGUES, E. A. et al. Níveis de Sódio em Rações de Poedeiras Comerciais no Segundo Ciclo de Postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 391-396, 2004.

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

ROSTAGNO, H. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV/DZO, 2011. 103 p.

SCOLARI, T. M. G. **Estudo detalha conduta das aves em diferentes condições de temperatura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/?ids=&idn=445>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

SILVA, J. H. V. et al. O sódio afeta o crescimento de órgãos dos sistemas circulatório, digestivo e imune de frangas. **Revista Ave World**, Local viçosa, n. 23, ago./set. 2006.

SMITH, E. L.; HILL, R. L.; LEHMAN, I. R. et al. **Bioquímica: mamíferos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 620 p.

SMITH, M. O.; TEETER, R. G. Potassium balance of the 5 to 8-week-old broiler exposed to constant heat or cycling high temperature stress and the effects of supplemental potassium chloride on body weight gain and feed deficiency. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, p. 487-92, 1987.

TABELA PERIÓDICA. Disponível em: <<http://www.tabelaperiodicacompleta.com/elementos-quimicos>>. Acesso em: 15 out. 2014.

TEETER, R. G.; BELAY, T. **Potassium's evolving role in poultry electrolytes nutrition**. Mundelein: IMC, 1995.

TEIXEIRA, V. H. **Estudos dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG**. 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. General introduction. In: _____. **The mineral nutrition of Livestock**. Wageningen: CABI, 1999. p.1-16.

UNDERWOOD, E. J. Underwood and Suttle. In: UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3rd ed. Wageningen: CAB international, 1999. 614 p.

WARD, G. M. Potassium metabolism of domestic ruminants: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 49, p. 268–276, 1966.