



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA**



**FRANCINETE ALVES DE SOUSA MOURA**

**BALANÇO ELETROLÍTICO: DESEMPENHO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA,  
PARÂMETROS ÓSSEOS, HISTOMORFOMETRIA DE FRANGOS DE CORTE  
DE 1 A 42 DIAS DE IDADE SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE CALOR**

**TERESINA - PIAUÍ  
2021**

**FRANCINETE ALVES DE SOUSA MOURA**

**BALANÇO ELETROLÍTICO: DESEMPENHO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA,  
PARÂMETROS ÓSSEOS, HISTOMORFOMETRIA DE FRANGOS DE CORTE  
DE 1 A 42 DIAS DE IDADE SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE CALOR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal do Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal do Piauí, como parte das  
exigências visando a obtenção do título de Doutor em  
Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado

Coorientador: Prof. Dr. Guilherme José Bolzani de Campos Ferreira

Teresina  
Piauí - Brasil  
2021

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial CCA  
Serviço de Representação da Informação

- M929b Moura, Francinete Alves de Sousa.  
Balanço eletrolítico: desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros ósseos, histomorfometria de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade sob condições naturais de calor / Francinete Alves de Sousa Moura. -- 2021.  
78 f.
- Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, 2024.  
“Orientadora: Profa. Dra. “Leilane Rocha Barros Dourado.”
1. Altura de vilos. 2. Consumo de água. 3. Eletrólitos. 4. Estresse por calor. 5. Intestino delgado. 6. Resistência óssea. I. Dourado, Leilane Rocha Barros. II. Título.
- CDD 636.6

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**BALANÇO ELETROLÍTICO: DESEMPENHO, RENDIMENTO DE CARÇAÇA,  
PARÂMETROS ÓSSEOS, HISTOMORFOMETRIA DE FRANGOS DE CORTE  
DE 1 A 42 DIAS DE IDADE SOB CONDIÇÕES NATURAIS DE CALOR**

**FRANCINETE ALVES DE SOUSA**

**Tese aprovada em: 31/08/2021**

**Banca Examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 **LEILANE ROCHA BARROS DOURADO**  
Data: 16/07/2024 09:53:29-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado (Presidente) / DZO/CCA/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **ROSEANE MADEIRA BEZERRA**  
Data: 13/07/2024 11:24:40-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Roseane Madeira Bezerra (Interna) / PNPB-CPCE/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **MAURINA LIMA PORTO**  
Data: 15/07/2024 13:31:26-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Maurina Lima Porto (Externa) / UFCG**

Documento assinado digitalmente  
 **LIZANDRA AMOROSO**  
Data: 15/07/2024 08:50:48-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Lizandra Amoroso (Externa) / FCAV/UNESP-Jaboticabal**

Documento assinado digitalmente  
 **EDNA TELES DOS SANTOS**  
Data: 14/07/2024 16:48:35-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Edna Teles dos Santos (Externa) / Sem Instituição**

## DEDICATÓRIA

À Deus, Jesus e Espírito Santo.

Ao meu pai, Manoel Alves de Sousa e minha mãe Julia Maria de Sousa.

Ao meu marido Salvejânis Rocha de Moura, ao meu filho Luíz Emanuel Sett Sousa Moura  
e ao meu Filho ou Filha, que está chegando.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela oportunidade do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPS, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Leilane Rocha Barros Dourado, pela orientação, amizade e apoio

Ao professor Guilherme Jose Bolzani de Campos Ferreira, pela co-orientação e possibilidades de realização de algumas análises.

Ao Grupo de Estudos em Nutrição e Produção de Aves e Suínos – GENPAS, meu coração se enche de gratidão por esse grupo, muito, muito obrigada, sem vocês não seria possível a execução dos experimentos e análises.

À minha amiga Sheila Vilarindo de Sousa, seu coração é lindo.

Ao meu marido Salvejânis Rocha de Moura, cuidou bem do nosso filho na minha ausência, te amo.

À minha Igreja IBA, que orou por mim.

Aos meus irmãos que sempre vibram a cada conquista, amo vocês.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram nesses anos de doutorado.

Muito Obrigada.

## BIOGRAFIA

**Francinete Alves de Sousa Moura**, filha de Manoel Alves de Sousa e Julia Maria de Sousa, nasceu em 12 de abril de 1985 na cidade de Bom Jesus no estado do Piauí.

Em 2006 iniciou o curso de Bacharelado em Zootecnia pela Universidade Federal do Piauí, Campus professora Cinobelina Elvas em Bom Jesus, Piauí, colando grau em 2011.

Em 2011, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal do Piauí, Campus professora Cinobelina Elvas em Bom Jesus, Piauí, concentrando seus estudos nas áreas de Nutrição de Não-Ruminantes, com defesa de dissertação em 2014.

Em 2017, iniciou o curso de Doutorado em Ciência Animal na Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, submetendo-se a defesa de tese em agosto de 2021.

## LISTA DE TABELAS

### **Artigo 1**

Tabela 1. Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 1 a 7 dias de idade

Tabela 2. Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade

Tabela 3. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade

Tabela 4. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade

Tabela 5. Parâmetros ósseos de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

Tabela 6. Histomorfometria ( $\mu m$ ) do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) de frangos de corte de 21 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

### **Artigo 2**

Tabela 1 - Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 22 a 33 dias de idade

Tabela 2 - Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 34 a 42 dias de idade

Tabela 3. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 22 a 33 dias de idade

Tabela 4. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade

Tabela 5. Rendimento de carcaça, de cortes e gordura abdominal de frangos de corte de 42 dias de idade, submetidos a diferentes balanços eletrolíticos dietéticos (BED)

Tabela 6. Parâmetros ósseos de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

Tabela 7. Histomorfometria ( $\mu m$ ) do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 ESTRESSE TÉRMICO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 TECIDO ÓSSEO DE FRANGOS DE CORTE.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 SISTEMA GASTRINTESTINAL DE FRANGOS.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5 ABSORÇÃO DE MINERAIS.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>
<b>Artigo 1 - Desempenho, parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 21 dias com diferentes balanços eletrolíticos .....</b>	<b>32</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>Artigo 2 - Desempenho, parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 22 a 42 dias de idade com diferentes balanços eletrolíticos.....</b>	<b>53</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>56</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>61</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>

## **Balço eletrolítico: desempenho, rendimento de carcaça, parâmetros ósseos, histomorfometria de frangos de corte 1 a 42 dias de idade sob condições naturais de calor**

RESUMO – objetivou-se avaliar se diferentes balanços eletrolíticos dietéticos interferem no desempenho zootécnico e consumo de água, nos parâmetros ósseos e na histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte de 1 a 42 dias, criados em condições de estresse natural por calor. 420 aves foram distribuídas em 35 boxes experimentais, com 5 tratamentos (110, 175, 240, 305 e 370 mEq de BED/kg de ração) e 7 repetições de 12 aves cada. Para obtenção do BED, foram adicionadas às dietas, cloreto de amônia ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) e/ou bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Foram aferidas, diariamente, a temperatura, umidade relativa do ar e a temperatura de globo negro (TGN) no interior do galpão. Houve diferença significativa para o consumo de ração (CR) e não houve efeito para consumo de água (CAG), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de 1 a 7 dias. Não houve diferença significativa para o consumo de água (CAG) nem para o desempenho de frangos de 1 a 21 dias. Não houve efeito significativo para os parâmetros ósseos do tibiotarso. Os diferentes BED não interferiram nas variáveis do duodeno, mas influenciaram, a altura do vilo (AV) e relação vilo:cripta (RV:C) do jejuno e altura (AV) e largura do vilo (LV), e relação vilo:cripta (RV:C) do íleo. Para frangos de corte de 22 a 33 e de 22 a 42 dias de idade, houve diferença significativa somente para o consumo de água (CAG). Não houve efeito significativo para o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar. Houve diferenças significativas para os rendimentos de coxa (RCX) e fígado (RF), e não houve efeito significativo para os rendimentos de carcaça (RC), de peito (RP), de coxa (RCX), de asa (RA), de coração (RCO) e de gordura abdominal (RGA). Não houve influência significativa para os parâmetros ósseos. Houve efeito significativo somente para largura do vilo (LV) do duodeno e íleo e para a muscular interno jejuno. O BED de 238,37 mEq/kg aumenta o consumo de ração, mas não melhora o ganho de peso e conversão alimentar. Elevar o BED para 370 mEq/kg não alteram aos parâmetros ósseos. O valor de BED a partir de 265 mEq/kg aumenta a área de absorção de nutrientes no jejuno e íleo na fase de um a 21 dias de idade. Os diferentes BED não afetam o desempenho zootécnico e parâmetros ósseos de frangos de 22 a 42 dias de idade. Contudo BED entre 175 e 240 mEq/kg proporcionaram menor consumo de água. Verificou-se que aumentos de BED proporcionaram aumento no rendimento de coxa, fígado e largura dos vilos do duodeno, mas a musculatura externa do jejuno apresentou maior espessura em 227 mEq/kg com menor largura de vilo no íleo em 220,8 mEq/kg.

**PALAVRAS-CHAVE** - altura de vilos, consumo de água, eletrólitos, estresse por calor, intestino delgado, resistência óssea.

## **Electrolyte balance: performance, carcass yield, bone parameters, and histomorphometry of 1- to 42-day-old broilers under natural heat stress conditions**

Abstract: The objective was to assess whether different levels of dietary electrolyte balance (dEB) affect animal performance, water intake, bone parameters, and histomorphometry of the small intestine in 1- to 42-day-old broilers reared under natural heat stress conditions. For this, 420 birds were distributed in 35 experimental cages, with 5 treatments (110, 175, 240, 305, and 370 mEq/kg feed) and 7 replications of 12 birds per treatment. Different dEB levels were obtained by adding ammonia chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), potassium carbonate ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), and/or sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) to broiler diets. Shed temperature, relative humidity, and black globe temperature were measured daily. There was a significant difference in feed intake between groups from 1 to 7 days of age but no differences in water intake, weight gain, or feed conversion. There was no difference in water intake or performance from 1 to 21 days of age. There were no significant effects on tibiotarsus parameters. dEB level did not affect duodenal parameters but influenced villus height and villus/crypt ratio in the jejunum and villus height, villus width, and villus/crypt ratio in the ileum. From 22 to 33 and 22 to 42 days of age, groups differed only in water intake. There was no significant effect on feed intake, weight gain, or feed conversion. There were significant differences in thigh and liver yields but no differences in carcass, breast, thigh, wing, heart, or abdominal fat yields. There was no significant effect on bone parameters. There were significant effects on duodenal and ileal villus width and thickness of the jejunal inner muscle layer. It was estimated that a dEB of 238.37 mEq/kg would increase feed intake without improving weight gain or feed conversion. A dEB of 370 mEq/kg did not affect bone parameters. A dEB of 265 mEq/kg would increase the nutrient absorption area of the jejunum and ileum in broilers aged 1 to 21 days. The tested dEB values did not affect animal performance or bone parameters in 22- to 42-day-old broiler chickens. However, dEB levels of 175 to 240 mEq/kg decreased water intake. It was found that higher dEB values resulted in higher thigh yield, liver yield, and duodenal villus width. The highest thickness of the jejunal outer muscle layer was estimated to be achieved at 227 mEq/kg and the lowest ileal villus width at 220.8 mEq/kg.

Keywords: villus height, water intake, electrolytes, heat stress, small intestine, bone strength.

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos fatores, internos e externos, influenciam o equilíbrio ácido-básico. A dieta, as condições ambientais e o metabolismo interferem coletivamente, afetando a regulação do pH no sangue e nos tecidos. Os ácidos são os produtos do metabolismo e podem ser removidos do organismo, pelos rins e pelos pulmões. Nos entanto, se esses metabólitos não forem equilibrados, podem alterar o balanço eletrolítico (BE) de seu estado normal. O animal que é submetido às condições fora da zona de conforto ambiental, exibirá uma série de mudanças comportamentais e estresse fisiológico.

O ambiente quente (estresse por calor) é reconhecidamente um dos fatores ambientais que influenciam a produção de aves (Lin et al., 2006; Lu et al., 2007). A temperatura considerada ideal para o desempenho de frangos na primeira, segunda e terceira semana de idade são, respectivamente, 31,3, 25,5 e 21,8 °C (Cassuce et al., 2013), e o estresse por calor é caracterizado quando a temperatura ambiente é maior que a temperatura termoneutra, que resultará em elevação da temperatura corporal da ave resultando em efeitos prejudiciais como, aumento da mortalidade, redução do consumo de ração, menor ganho de peso, redução da taxa de crescimento animal, diminuição da altura dos vilos intestinais (Quinteiro-Filho et al., 2010, Mitchell e Carlisle, 1992). Assim com todos esses aspectos diversos, o tempo necessário para alcançar o peso desejado é significativamente afetado durante os períodos de altas temperaturas.

As respostas ao estresse por calor, estão ligadas e envolvem mudanças no equilíbrio ácido-básico, que tem seus efeitos em função da taxa de metabolismo, respiração e mecanismos de troca de íons  $H^+$ . Assim, vários estudos estão sendo realizados para minimizar os efeitos do estresse, dentre eles, o balanço eletrolítico dietético (BED) (Borges et al., 2003b).

Os mecanismos fisiológicos de resposta ao estresse por calor em frangos de corte é um aumento da frequência respiratória com perdas de  $CO_2$  de forma excessiva, resultando em alcalose respiratória (Mushtaq et al., 2005). De acordo com Belay et al. (1990), a alcalose respiratória induzida por estresse por calor tem grande relação com um balanço mineral negativo de  $K^+$  e  $Na^+$ . Quando o pH do sangue se eleva a ave tenta manter o equilíbrio osmótico corrigindo o pH através da excreção de bicarbonato ( $CHO_3$ ) na urina. Como os bicarbonatos são íons negativos, eles tendem a se ligar aos íons positivos,  $Na^+$  e  $K^+$ , que por deficiência geram um desequilíbrio desses minerais (Borges et al., 2003a).

A adição de sais na dieta ou na água podem beneficiar o equilíbrio ácido-básico de frangos de corte (Borges et al., 2004). Os seus efeitos têm sido discutidos pelos pesquisadores da produção animal e muitos trabalhos esclareceram a compreensão do papel que os eletrólitos da dieta exercem sobre o BE (Derjant-Li et al., 2002).

Os minerais sódio (Na), potássio (K) e cloro (CL), exercem efeitos sobre a equilíbrio ácido-básico de frangos de corte, desempenham funções importantes na síntese de proteínas teciduais, manutenção da homeostase intracelular e extracelular, manutenção do potencial elétrico das membranas celulares, pressão osmótica e homeostase ácida (Olanrewaju et al., 2007). Dessa forma, uma dieta para frangos de corte, também equilibrada para eletrólitos em função das condições ambientais naturais é altamente essencial para manutenção das funções fisiológicas e bioquímicas. Borges et al. (2003b) indicam BED ideal para ganho de peso e conversão alimentar de 236 e 207 mEq/kg, respectivamente, com média de 221,5 mEq/kg, elevando-se para 240 mEq/kg em condições de estresse térmico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EQUILÍBRIO ÁCIDO-BÁSICO

O equilíbrio ácido-básico dos animais é influenciado por algumas condições fisiológicas, nutricionais e patológicas. É complexo e envolvem substâncias e o controle do sistema respiratório e renal. Para prevenir as alterações de pH, essas substâncias químicas (tampões) dos fluidos corporais se combinam com ácidos e com bases, sendo o íon bicarbonato e o dióxido de carbono o mais importante, e dessa forma a concentração de ânions e cátions da dieta influencia o balanço entre ácidos e bases (Furlan et al., 2002).

Outro fator que influencia o balanço entre ácidos e bases, é o ambiente. Em condições ambientais normais, os animais utilizam os alimentos com uma taxa contínua de ingestão e excreção de substâncias (metabólitos, ácidos e bases), em que a excreção ocorre de forma que se mantenha o pH constante. As reações que ocorrem no organismo animal, no que se referem ao metabolismo das células, terá como consequência a produção de íons  $H^+$ , que é formado a partir de reações do dióxido de carbono (ácido carbônico) e da oxidação incompleta de nutrientes (aminoácidos, carboidratos e gorduras), e conseqüentemente determinará a acidez. A acidez dos fluidos, pode ser modificado por fatores como a adição de  $H^+$  pelo metabolismo, por modificações na concentração de  $CO_2$  ou serem removidos pelos rins (Furlan et al., 2002). Por isso é importante o entendimento do equilíbrio e dos distúrbios ácido-básico na avicultura, pois afeta diretamente a produtividade.

O equilíbrio ácido-básico é definido pela regulação da concentração dos ânions e dos cátions nos fluidos orgânicos. A ave é capaz de fazer ajustes metabólicos de manutenção de pH de acordo com os limites fisiológicos, utilizando mecanismos de doação e recepção de íon hidrogênio ( $H^+$ ), ou seja, os ácidos e as bases são doadores e receptores de  $H^+$ , respectivamente, em que, os íons de sódio, potássio, magnésio, cálcio e amônia são classificados como ácidos, já os íons de cloro, sulfato, bicarbonato, monofosfato, difosfato, como bases (Furlan et al., 2002, Stewart, 1978).

A determinação do equilíbrio ácido-básico nos animais é feita através da determinação da relação entre ânions e cátions na corrente circulatória, em que são usados o pH (concentração de íons hidrogênio em moléculas grama por litro de solução) e  $pCO_2$  (pressão parcial de dióxido de carbono no sangue). O pH no organismo da ave deve ser mantido constante, pois grandes desvios levam a distúrbios no metabolismo, na

permeabilidade das membranas, na forma molecular das proteínas e na distribuição eletrolítica. Essa constância é alcançada pelos sistemas tampões, que neutralizam parcialmente os ácidos e as bases, da dieta e do metabolismo, e depois são eliminados pelos pulmões e pelos rins, ou seja, os tampões evitam alterações significativas na concentração hidrogeniônica. O bicarbonato/dióxido de carbono, a hemoglobina, as proteínas plasmáticas e os fosfatos são os principais sistemas tampões do sangue, sendo o primeiro o mais importante pois é responsável por cerca de 75% da capacidade tamponante do plasma sanguíneo (Furlan et al., 2002).

Os pulmões e os rins exercem funções fundamentais na regulação do equilíbrio ácido-básico no organismo, regulando a pressão de  $\text{CO}_2$  no sangue e favorecem a excreção de radicais ácidos ou básicos, respectivamente. O produto final do metabolismo oxidativo é o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), no qual reage com a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e forma o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Assim, a elevação da concentração de  $\text{CO}_2$  nos líquidos corporais resultará na redução do pH, pela maior liberação de  $\text{H}^+$ , e a redução de  $\text{CO}_2$  elevará o pH, pela menor liberação de  $\text{H}^+$ . O que determina a concentração de  $\text{CO}_2$  no organismo são as trocas gasosas entre o ar atmosférico e o ar alveolar. Essas trocas são reguladas por mecanismos que são capazes de manter essa concentração constante (Furlan et al., 2002).

Alterações são induzidas pela  $\text{pCO}_2$  do sangue sobre a ventilação alveolar, de forma que, o aumento dos  $\text{H}^+$  estimulam o centro respiratório provocando um aumento na ventilação alveolar, e o contrário também é verdadeiro, uma diminuição de  $\text{H}^+$  diminui os estímulos sobre o centro respiratório causando a menor ventilação. Outro fator importante considera a  $\text{pO}_2$ , em que a redução de  $\text{pO}_2$  estimula a ventilação e o aumento diminui a ventilação alveolar.

Os rins regulam a concentração de  $\text{H}^+$ , aumentando ou reduzindo a concentração de íons bicarbonato no líquido corporal. No metabolismo celular também são produzidos os radicais ácidos não voláteis, que são os ácidos lático, fosfórico e sulfúrico, no qual em caso de ingestão de substância alcalina ou acida podem levar a excesso de bases ou ácidos no organismo, que deverão ser eliminados pelos rins através da urina (Furlan et al., 2002).

O equilíbrio ácido-básico refere-se à utilização de mecanismos homeostáticos para manutenção do pH constante e por isso é importante o entendimento dos desequilíbrios ácido-básicos como processos fisiológicos não normais que alteram a homeostase.

O pH do líquido extracelular é determinado pela proporção de ácidos e bases. A quantidade de bases total no sangue são as bases tampões, estas constituem o componente

metabólico que além de determinar o pH sanguíneo também determinam os distúrbios ácido-básicos (acidose e alcalose metabólica). A acidose e alcalose metabólica envolvem um decréscimo ou aumento anormal dessas bases, respectivamente. Há também os distúrbios estimados pelo CO<sub>2</sub> dissolvido, que envolvem aumento ou diminuição anormal da pressão de CO<sub>2</sub>, está relacionado a problemas respiratórios e são denominados de acidose e alcalose respiratória, respectivamente (Furlan et al. 2002).

Assim, os distúrbios metabólicos são referentes a anormalidades do equilíbrio ácido-básico que não são causadas pelo excesso ou insuficiência de CO<sub>2</sub> nos líquidos corporais e os distúrbios respiratórios são causados por uma alteração na respiração em que o aumento da taxa de ventilação pulmonar diminui a concentração de CO<sub>2</sub> no líquido extracelular que provocará queda na concentração de íons hidrogênio (alcalose respiratória) e em caso de diminuição da taxa de ventilação pulmonar o efeito é contrário, e levará a acidose respiratória (Furlan et al. 2002).

O estresse por calor constitui um dos principais problemas na criação de frangos de corte, principalmente em regiões tropicais e subtropicais (Gregory, 2010). Durante os períodos de alta temperatura e umidade relativa do ar, as perdas na produtividade são evidentes, principalmente em países de clima tropical. A alcalose respiratória é o distúrbio mais comum observado em aves criadas nessas condições, trazendo grandes prejuízos no desempenho zootécnico dos animais, na eficiência de utilização dos nutrientes, no consumo de ração e conseqüentemente na taxa de crescimento e sobrevivência, principalmente em animais adultos, em função da resposta da ave ao estresse por calor (Sohail et al., 2010; Lara et al., 2013).

A alcalose respiratória é resultado de uma hiperventilação (ofegação) que ocorre de modo desproporcional a produção de gás carbônico pelo organismo, levando a aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> e ao aumento do pH (Lara et al., 2013). Isso acontece quando a ave é exposta a umidade relativa e temperatura ambiente acima da zona de conforto térmico.

A temperatura corporal da ave tende a aumentar em situação de alta temperatura ambiente, isso ocorre porque a sua capacidade de dissipar calor é limitada. Processos fisiológicos responsáveis pela dissipação e diminuição da produção de calor são ativados, assim a ave aumenta a área superficial, agachando-se com as asas abertas e afastadas do corpo, eriça as penas, e o fluxo sanguíneo é desviado para a circulação periférica (Lara et al., 2013; Mack et al., 2013).

Os animais utilizam várias formas de manter a termoregulação e a homeostase quando submetidos a altas temperaturas ambientais, incluindo o aumento da perda de calor radiante, convectiva e evaporativa por vasodilatação e transpiração (Mustaf et al., 2009). Sendo, o resfriamento evaporativo, o meio mais eficiente de perda de calor em aves sob condição de estresse por calor. Esse processo tem como principal resposta o aumento drástico da frequência respiratória e conseqüentemente perdas de CO<sub>2</sub> e desequilíbrios ácidos-básicos. A redução da pCO<sub>2</sub> tem como conseqüência a redução da concentração de íons carbônico e íons H<sup>+</sup>, e aumento do pH (Furlan et al. 2002).

Os eletrólitos, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, juntamente com o Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, fosfatos, sulfato e bicarbonato, são as substâncias que atuam na manutenção do pH corporal e do equilíbrio osmótico. O Na<sup>+</sup> e o K<sup>+</sup> são alcalogênicos e o Cl<sup>-</sup> é acidogênico, nos quais atuam reduzindo o pH e a concentração de bicarbonato, dessa forma, o balanço eletrolítico é importante para a manutenção do equilíbrio ácido-básico, justificando o uso desses sais para aumentar a ingestão de íons específicos para reduzir os efeitos negativos das altas temperatura ambiente sobre a produção animal (Mongin, 1981, Hooge et al., 1999).

Esses elementos são disponibilizados aos animais através de fontes alcalinas (bicarbonato de potássio – KHCO<sub>3</sub>, carbonato de potássio – KCO<sub>3</sub>, bicarbonato de sódio – NaHCO<sub>3</sub> e água carbonatada) e ácidas (cloreto de potássio - KCl, cloreto de amônio – NH<sub>4</sub>Cl e cloreto de cálcio – CaCl<sub>2</sub>) (Furlan et al. 2002).

Para manter o equilíbrio ácido-básico e favorecer o desempenho das aves, é necessário que os níveis de sódio, cloro e potássio estejam em uma proporção e que a soma do poder ácido da ingestão de NA<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup> seja igual a diferença de cátions e ânions excretados (ânions – cátions excretados), mais a produção de ácido endógeno (H<sup>+</sup> endógeno), mais as bases em excesso (BE) ou reservas alcalinas, assim: (NA<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup>) ingeridos = (ânions – cátions) excretados + H<sup>+</sup> endógeno + BE. Os requerimentos de balanço eletrolítico ideal foi definido em termos de mEq (NA<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup>)/kg de ração em torno de 250 mEq/kg e dessa forma, várias equações foram propostas para descrever o balanço eletrolítico (Mongin, 1981).

Nessas equações alguns fatores são considerados: 1) que somente os minerais Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> tem importante impacto no equilíbrio ácido-básico, sem considerar a forma com que são ingeridos. A suplementação de sódio e potássio aumenta o pH e o HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sanguíneo; 2) a equação não considera os efeitos específicos de cada íon, bem como as exigências individuais desses íons o que pode limitar o uso desta equação; 3) mesmo tendo importância

secundária no equilíbrio ácido-básico, outros cátions e ânions não são considerados, podendo dizer que cátions bivalentes não são absorvidos rapidamente como os cátions monovalente; 4) a interrelação entre íons minerais e outros nutrientes como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e a relação arginina:lisina em frangos estressados por calor (Hurwitz et al., 1973; Riley e Austic, 1984; Bake et al., 1994).

## **2.2 ESTRESSE TÉRMICO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

Os efeitos estressores do ambiente estão relacionados com a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, bem como disponibilidade de água, umidade da cama, etc. Essas variáveis são importantes pois delas podem-se obter respostas tanto positivas como negativas sobre o desempenho animal. Em frangos de corte, de modo geral, as altas temperaturas reduzem o consumo de ração, e as baixas temperaturas levam a aumento no consumo de ração podendo melhorar o ganho de peso, mas com alto custo na conversão alimentar. Assim para encontrar o equilíbrio nesses aspectos, deve-se manejar adequadamente o ambiente de criação para evitar os efeitos negativos sobre o desempenho produtivo, sobre a produção animal e sobre a incidência de doenças metabólicas.

A temperatura corporal da ave é  $41,1^\circ\text{C}$  e a temperatura ambiente sofre variações muito grande. Assim, se a temperatura ambiente estiver elevada, o animal passará para condição de estresse por calor e haverá uma reduzida perda/produção de calor corporal para o ambiente. E quanto mais elevada for a temperatura ambiente menor será a perda calórica, e a ave terá que acionar mecanismos homeostáticos de controle da temperatura para manter a constância do meio interno e o perfeito funcionamento dos sistemas, mantendo a temperatura corporal com  $41,1^\circ\text{C}$  para o melhor desempenho produtivo (Furlan et al., 2008). Os processos fisiológicos são ativados para aumentar a dissipação de calor e reduzir a produção metabólica de calor. Para dissipar calor a ave utiliza de mecanismos, sensível e latente.

A forma sensível ocorre através de mecanismos não evaporativos (radiação, convecção e condução), assim para aumentar a dissipação de calor a ave procura maximizar a área da superfície corporal, agachando, mantendo as asas afastadas do corpo, induzindo a piloerção e aumentando a vaso dilatação periférica. O resfriamento evaporativo respiratório é o meio mais importante e eficaz de perda de calor nas aves sob condições de altas temperaturas. A ave tem capacidade de aumentar a frequência respiratória em até 10 vezes

e assim aumentar a perda de calor pelo trato respiratório. Nesse processo ocorrem várias consequências como a geração de mais energia pela contração da musculatura, produz mais calor e pode determinar quadro severo de hipertermia. Além disso, frangos podem desenvolver distúrbios do equilíbrio ácido-básico, a alcalose respiratória que é caracterizado pelo aumento do pH do sangue (Furlan et al., 2008).

A zona de conforto térmico é a faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com menos gasto energético. O frango de corte de um dia de idade necessita de 33 a 35°C, ou seja, a sua temperatura termoneutra (Van Der Hell et al., 1991). Nessa fase a ave apresenta uma grande relação entre a área e o volume corporal e por isso possui dificuldade de reter calor. Com o desenvolvimento do frango e maturação do sistema termorregulador a zona de conforto passa para 24°C e depois para 21°C com seis semanas de vida (Furlan et al., 2008).

A redução no desempenho de frangos de corte criados em condições de altas temperaturas ocorre porque o consumo de alimento é alterado, ou seja, é reduzido. Esse ajuste feito pela ave está relacionado com a ingestão de energia para atender as exigências de manutenção de acordo com a temperatura. Os requerimentos de energia para manutenção decrescem com o aumento da temperatura e as aves precisam ingerir menos para satisfazer suas necessidades energéticas (Daghir, 1995), dentro da zona termoneutra. Em baixas temperaturas há um aumento no consumo de ração e em altas temperaturas há redução no consumo de ração. Acima de 30 °C, o consumo decresce rapidamente e as exigências aumentam pela maior necessidade da ave de perder calor. Assim, o menor consumo e o gasto de energia para manutenção da homeostase térmica levam a redução no desempenho das aves criadas em altas temperaturas.

Boiago et al. (2013) observaram que frangos alojados em ambientes com condições de estresse térmico (32 a 35°C), no período de um a 42 dias, apresentaram os piores resultados de consumo de ração, ganho de peso e viabilidade, em comparação com as aves criadas em ambientes termoneutro e frio. Faria Filho et al. (2006) também observaram resultados semelhantes, em que o aumento da temperatura ambiente resultou em diminuição no consumo de ração pois, quanto maior o consumo de ração, maior a produção de calor corporal.

### **2.3 TECIDO ÓSSEO DE FRANGOS DE CORTE**

O desenvolvimento adequado do tecido ósseo é muito importante no sistema de criação de frangos de corte, pois o osso possui múltiplas funções como, sustentação do corpo, locomoção, proteção de órgãos, reserva metabólica de lipídeos e minerais. O osso também serve como reservatório de cálcio e fósforo que podem ser mobilizados durante distúrbios da homeostase. É constituído de 70% de minerais, 22% de proteína e 8% de água, aproximadamente e o seu crescimento ósseo e desenvolvimento estão intimamente associados com o crescimento e desenvolvimento do resto do corpo (Pizauro Jr, 2002).

Mais de 98% dos íons de cálcio do organismo estão localizados no tecido ósseo e o restante encontra-se nos fluidos corporais e nas células onde desempenham importantes funções fisiológicas. O cálcio regula a contração muscular, transmissão do impulso nervoso, coagulação sanguínea e adesão celular. A desmineralização pode ocorrer quando a ingestão desse elemento é inadequada ou quando ocorrem perdas excessivas (Pizauro Jr, 2002).

Fatores nutricionais e ambientais estão associados a formação de um tecido ósseo de qualidade que pode favorecer o bem-estar e a produção animal. O cálcio é o mineral encontrado em maior quantidade no tecido ósseo e por isso requerido também e maiores quantidades, que juntamente com o fósforo são os minerais principais na formação da matriz óssea, contribuindo com 95% (Rath et al., 2000).

O frango de corte é um animal de crescimento extremamente rápido, e por isso os problemas de pernas são comuns, e estão relacionados com o desequilíbrio de cátions e ânions da dieta podendo levar a severos danos no desempenho animal (Franco et al., 2004). Assim o equilíbrio eletrolítico deve ser considerado quando se tem problemas locomotores em frangos.

A temperatura ambiente pode afetar o diâmetro e o crescimento do fêmur, devido a baixa capacidade de perda calórica, quadro de hipertermia e redução do consumo de ração, e conseqüentemente a redução da ingestão de minerais, causando diminuição do ganho de peso e crescimento ósseo, além disso o estresse por calor induz a alcalose respiratória, levando a uma maior complexação do cálcio pelas proteínas do sangue, tornando-o, portanto, indisponível para o osso (Pelicano et al., 2005).

## 2.4 SISTEMA GASTRINTESTINAL DE FRANGOS

A estrutura geral do sistema digestório das aves é constituída por cavidade oral, esôfago, inglúvio, proventrículo, ventrículo, intestino delgado, cecos, cólon (Ito et al., 2009), e a essa estrutura também estão conectadas duas glândulas anexas, o fígado e o pâncreas. A estrutura dos órgãos tubulares é constituída por quatro túnicas, que possuem características histológicas e funcionais distintas, que são, a mucosa, submucosa, muscular e serosa. A túnica mucosa é composta de um epitélio e da muscular da mucosa, a primeira reveste os órgãos por uma lâmina própria e a segunda controla os movimentos da mucosa intestinal, nela podem apresentar glândulas mucosas. A túnica submucosa é constituída de tecido conjuntivo moderadamente denso, pode conter glândulas submucosas. Na mucosa e submucosa o tecido conjuntivo é rico em vasos sanguíneos e linfáticos. A túnica muscular possui duas camadas de músculos lisos, a camada interna formada por fibras musculares dispostas de forma circular (camada circular), em que sua contração alonga e constringe o intestino, e a camada externa, que é constituída de fibras musculares longitudinais que servem para encurtar a trato digestório. As ações da camada circular e da camada externa promovem a peristalse e a segmentação. A túnica serosa é formada de tecido conjuntivo envolto (Boleli et al., 2008).

O intestino delgado é a porção mais longa do sistema digestório e é responsável pela finalização da digestão das partículas dos alimentos ingeridos e absorção dos nutrientes dos alimentos. O intestino delgado é composto por três regiões: duodeno, jejuno e íleo (Pilz, 1937), em que cada parte possui características e funções distintas no processo de utilização dos nutrientes.

O duodeno é a região mais curta do intestino delgado, está localizado logo após o proventrículo e consiste em uma alça descendente (porção proximal) e uma ascendente (porção distal), a sua identificação é fácil devido a posição do pâncreas (glândula anexa), que se encontra entre essas duas alças. Na porção ascendente do duodeno estão os ductos biliares e pancreáticos, que se abrem e conduzem os sucos, biliar e pancreático, para o interior do intestino delgado. O jejuno é a região mais longa do intestino delgado sendo importante para o desenvolvimento embrionário por esta ligado ao saco vitelínico conduzindo nutrientes necessários para o desenvolvimento da mucosa (Uni et al., 1998), além de outros elementos.

O íleo é contínuo ao jejuno e delimitado pelo ponto de ligação cecos-cólon ao intestino. Os principais eventos químicos da digestão e absorção dos nutrientes é possível devido a ligação das glândulas anexas (fígado e pâncreas) ao duodeno e devido as características estruturais das células que compõem a parede do intestino delgado. Nas aves o intestino delgado possui inúmeras vilosidades ou vilos que proporcionam o aumento na área superficial de digestão e absorção, ou seja, aumento da superfície interna (Boleli et al., 2008, Junior e Bacha, 2003).

As características morfológicas dos vilos como altura e forma, se diferenciam ao longo das regiões do intestino delgado, e por isso também se diferem quanto a espessura das paredes (Junior e Bacha, 2003). De forma geral, os vilos são mais longos e digitiformes no duodeno, e no jejuno e íleo podem apresentar-se lameliforme com aspectos folhaceos, já a parede muscular do íleo é mais grossa que a do jejuno e duodeno, respectivamente (Boleli et al., 2008, Dukes, 2006).

Células caliciformes, enterócitos e as células enteroendócrinas são células estruturais, estão presentes nos vilos, e são responsáveis pela defesa, digestão, absorção, regulação, proliferação e diferenciação celular (Hodges, 1975). As células caliciformes secretam glicoproteínas, possuem região apical mais dilatada que a base (formato de cálice). As glicoproteínas protegem o epitélio intestinal da ação das enzimas digestivas e dos efeitos abrasivos da digesta durante o desenvolvimento in ovo e pós eclosão. Os enterócitos que são as células de absorção, são colunares, e são responsáveis pela digestão final do alimento e transporte dos nutrientes do lúmen em direção aos vasos sanguíneos. A superfície apical dos enterócitos possui vários microvilos ou microvilosidades, que são no formato cilíndrico e confere maior área de contato para digestão e absorção. As células enteroendócrinas produzem hormônios peptídicos como gastrina, colecistoquinona, secretina, polipeptídeos inibidor gástrico e monoaminas biogênicas, em que todas essas substâncias participam da regulação da digestão e absorção e utilização de nutrientes (Boleli et al., 2008).

A digestão do alimento pelos enterócitos também envolve proteínas de membrana com a atividade enzimática (dissacaridases, fosfatases alcalina, g-glutamyltransferase, aminopeptidases, sacarase e isomaltase), estas estão posicionadas na membrana dos microvilos.

A absorção pelo epitélio intestinal ocorre de duas formas, o realizado pelos enterócitos (transcelular) e o realizado pelos espaços intercelulares (paracelular). No transporte transcelular, a transferência das moléculas e macromoléculas ocorrem de forma

que estas entram nos enterócitos pela superfície apical (microvilos) e os deixam através da superfície basolateral em direção ao sangue e isso depende diretamente da estrutura de membrana dos enterócitos. A membrana citoplasmática dos enterócitos é constituída de dupla camada lipídica (fosfolipídeos e glicolipídeos) que contém proteínas e em alguns casos moléculas de colesterol, essas moléculas da camada lipídica é formada por uma extremidade hidrofílica (polar) e outra hidrofóbica (apolar) que são importantes na separação dos meios intra e extracelular da membrana. A extremidade polar dos fosfolipídeos é constituída de glicerol e fosfatos ligados a um aminoácido e na extremidade apolar por duas camadas de ácidos graxos (saturado e insaturado) e as duas extremidades da membrana estão unidas por esta última, a extremidade hidrofóbica. Os glicolipídeos são moléculas lipídicas e estão ligadas moléculas de polissacarídeos e ocorrem exclusivamente na camada externa da membrana celular, e o glicocálix é formado de cadeias de oligossacarídeos de glicolipídeos, glicoproteínas e das cadeias de polissacarídeos (Boleli et al., 2008).

O controle de entrada e saída de nutrientes e substâncias é possibilitado pela camada lipídica, pois é uma barreira relativamente impermeável a passagem de moléculas dissolvidas em água. Oxigênio, gás carbônico, nitrogênio, água, ureia e glicerol difundem rapidamente pela membrana lipídica, e ao contrário a camada lipídica é grandemente impermeável a passagem de glicose, sacarose, aminoácidos e íons como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Mg}^{++}$ , havendo necessidade de proteína de membrana intrínseca específica para realização do transporte. Há diferenças na absorção através dos enterócitos ao longo do intestino delgado, onde no duodeno e no jejuno ocorrem a absorção de lipídeos e glicose mais do que no íleo, e essa menor absorção no íleo está ligada ao menor desenvolvimento dos vilos. O transporte paracelular ocorre através do espaço intercelular e é depende do complexo existente entre enterócitos, o que determina a extensão na qual água, íons e outras elementos pequeno são absorvidos e secretados. Esse tipo de transporte possui alta permeabilidade no intestino o que permite uma rápida difusão através do epitélio, e a presença de gradiente de concentração (Boleli et al., 2008).

A proliferação e diferenciação celular influenciam a taxa de digestão e absorção intestinal, pois quanto maiores forem as taxas destes maiores e mais densos serão os vilos resultando em maiores áreas de digestão e absorção. A proliferação celular ocorre nas criptas e a diferenciação e maturação celular ocorrem na porção basal dos vilos, havendo um deslocamento dessas células da cripta para a região basal do vilo à medida que ocorre essa diferenciação (Uni et al., 1998).

Os enterócitos, as células caliciformes e as células enteroendócrinas formadas e diferenciadas são deslocadas exercendo suas funções de, digestão e absorção de nutrientes, proteção da mucosa e controle da atividade epitelial dos intestinos, respectivamente, além da liberação de macromoléculas do lúmen no espaço intraepitelial que ocorre pelos linfócitos ou células M. No ápice do vilos ocorre o processo de extrusão em que a células epiteliais se desprendem e caem no interior da lúmen intestinal carregando enzimas sintetizadas (Boleli et al., 2008).

As modificações morfológicas durante o processo de diferenciação celular podem ocorrer em períodos determinados, resultante de uma resposta adaptativa do trato gastrintestinal a mudanças de dieta (vitelo para exógena) e ao mesmo tempo alterações da atividade enzimática no intestino. A presença do alimento estimula a maturação intestinal que influenciará e contribuirá para adequada digestão e absorção de nutrientes da dieta exógena resultando em melhor performance animal pós-eclosão. A altura dos vilos em frangos de corte aumenta significativamente até 21 dias de idade (Boleli et al., 2008; Uni et al., 1998).

O tamanho e a densidade dos vilos estão diretamente relacionados com a perda, renovação e diferenciação celular pelo epitélio da mucosa intestinal, a manutenção do tamanho dos vilos e, conseqüentemente a manutenção da capacidade digestiva e absorptiva do intestino dependem do equilíbrio desses processos (Boleli et al., 2008). Assim o entendimento do desequilíbrio do processo de renovação celular para um aumento na taxa de proliferação e a preservação da integridade morfofuncional do sistema digestório é necessário, podendo ser manipulado para melhorar a área de digestão e absorção intestinal e neste sentido vários estudos para identificar o efeito dos componentes da ração sobre o desenvolvimento da mucosa são realizados.

## **2.5 ABSORÇÃO DE MINERAIS**

Todos os tecidos de animais e plantas contêm quantidades e proporções muito variadas de elementos minerais, que permanecem em grande parte como óxidos, carbonatos, fosfatos e sulfatos (Suttle, 2010). Os minerais são essenciais para os animais, são requeridos para o funcionamento do organismo de acordo com a espécie e estão presentes em quantidades e concentrações variáveis.

Essas concentrações em aves são de 3 a 4% e suínos de 2,8 a 3,2% (Bertechini, 2012) normal a todos os processos bioquímicos, podendo ter variações em função do peso vivo. Dessa forma os elementos são classificados em macrominerais e microminerais, sendo os macrominerais aqueles necessários em quantidades relativamente grandes, com requerimentos expressados em % da dieta. São sete os minerais que estão presentes em alta concentração (>70 mg/kg de peso vivo) e são designados como minerais principais ou macrominerais, nos quais o Cálcio (Ca), Fósforo (P), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Potássio (K), Cloro (Cl) e Enxofre (S) fazem parte.

Esses elementos podem formar componentes estruturais de órgãos e tecidos do corpo (Ca, P e Mg), nas proteínas musculares (P e S) e pode contribuir com estabilidade estrutural para as moléculas e membranas das quais fazem parte (P). O Na, K, Cl, Ca e Mg, participam como eletrólitos nos fluidos corporais para manter a pressão osmótica, o equilíbrio ácido-base, na permeabilidade da membrana e transmissão de impulsos nervosos, exercendo funções fisiológicas, além disso, íons de Ca regulam a replicação celular e a diferenciação (Suttle, 2010; Berchielli et al., 2011).

No organismo animal, os elementos minerais podem exercer outras funções simultaneamente. Por exemplo, o fósforo juntamente com o cálcio, são importantes na mineralização da matriz óssea e, além disso, o fósforo é parte integrante das proteínas reguladoras e dos ácidos nucleicos e, portanto, é parte integrante da transmissão do código genético por tradução e transcrição, ou seja, é um dos componentes dos ácidos nucleicos – RNA e DNA (Mcdowell, 1993).

Além dessas funções, os macros e microminerais estão envolvidos de forma indireta no metabolismo do animal (Berchielli et al., 2011). Assim, os requerimentos desses elementos são importantes para o metabolismo animal.

Os minerais envolvidos na manutenção do pH corporal e do equilíbrio osmótico são o Sódio (Na<sup>+</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>) e Cloro (Cl<sup>-</sup>), outros também participam como o Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, fosfatos, sulfatos e bicarbonatos, mas vamos dar ênfase aos primeiros citados. O Na<sup>+</sup> juntamente com o Cl<sup>-</sup> e o K<sup>+</sup> são eletrólitos dos fluidos corporais e são responsáveis para manter a pressão osmótica e o nível celular de água e estão também envolvidos na absorção de alguns nutrientes e transmissão de impulsos nervosos (Furlan et al., 2008).

O sódio (Na<sup>+</sup>) e o cloro mantêm a pressão osmótica, regulam o equilíbrio ácido-base e controlam o metabolismo da água no corpo, sendo o Na<sup>+</sup> o cátion principal no líquido extracelular (LEC) e o Cl<sup>-</sup> o ânion principal, nas concentrações de 140 e 105 mmol l<sup>-1</sup>,

respectivamente. Quando a ingestão de íons aumenta, a ingestão de água também aumenta (Wilson, 1966; Suttle e Field, 1967) para proteger o intestino e facilitar a excreção (Suttle, 2010).

O  $\text{Na}^+$  é o íon mais rapidamente absorvido, podendo sua absorção ocorrer em todas as regiões do intestino, mas principalmente na porção superior do intestino delgado. Na membrana dos enterócitos seu transporte é realizado por transportador ou por difusão (ação da ATPase Na-K da membrana basolateral) e a taxa de absorção é mais alta na região do jejuno, devido a presença de glicose, galactose e aminoácidos neutros no lúmen, que atravessam a membrana utilizando as mesmas proteínas carreadoras. O  $\text{Na}^+$  é reabsorvido constantemente nos túbulos renais, em que esse mecanismo é regulado pelo hormônio aldosterona (hormônio mineralcorticosteroide). Em condição de baixa concentração plasmática de  $\text{Na}^+$ , o rim secreta renina que é convertida a angiotensina, que induz a síntese e secreção de aldosterona, hormônio sintetizado pelas glândulas adrenais que possui a função de aumentar a reabsorção de  $\text{Na}^+$  pelos rins e aumentar a excreção de K. O aumento dos níveis de glicocorticoides no organismo também promove a absorção do  $\text{Na}^+$  e K no cólon, devido ao aumento no conteúdo de  $\text{Na}^+$ , K, ATPase na membrana basolateral (Maiorka et al., 2008)

O cloro ( $\text{Cl}^-$ ) é transportado por mecanismos ativos e paracelular, em que o primeiro mecanismo ocorre especialmente na região do íleo, envolvendo a secreção de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), para o lúmen intestinal e, conseqüentemente, a absorção do  $\text{Cl}^-$  para a manutenção eletroquímica da membrana, e o segundo mecanismo está relacionada com o co-transporte de  $\text{Na}^+$ , glicose e aminoácidos em que o co-transporte de  $\text{Na}^+$  provoca uma alteração no gradiente elétrico da membrana celular, aumentando a permeabilidade nos espaços laterais intercelulares, que possibilita a passagem dos cloretos (Maiorka et al., 2008; Suttle, 2010).

O potássio (K) é absorvido no intestino delgado e pode ser absorvido no intestino grosso, através dos mecanismos de difusão pela via paracelular, que acontece em resposta ao gradiente de concentração e está relacionada com a absorção da água, em que a medida em que esta é absorvida, o gradiente de concentração da K dentro do lúmen intestinal vai aumentando, de forma que na porção final do intestino delgado é a região de maior absorção de K (Maiorka et al., 2008; Suttle, 2010).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEKER, A.; TEETER, R. G. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. **Journal of Applied Poultry Research**. V. 3, I.1, P. 87-92 1994.

BELAY, T., C. J. WIERNUSZ, R. G. TEETER. Mineral balance of heat distressed broilers. **Anim. Sci. Res. Rep. Agric. Exp. Sta.** Oklahoma State Univ., MP-129:189–194. 1990.

BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V., OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2ª Edição. FUNEP. 2011.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Editora UFLA, 2012, 373 p.

BOIAGO, M.M.; BORBA, H.; SOUZA, P.A.; SCATOLINI, A.M.; FERRARI, F.B.; GIAMPIETRO G. A. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.65, n.1, p.241-247, 2013.

BOLELI, I. C.; MAIORKA, A.; MACARI, M. Estrutura Funcional do trato digestório. In: Marcos Macari; Renato Luís Furlan; Elisabeth Gonzales. (org). **Fisiologia Aviária Aplicada a frangos de corte**. 2ed. Jaboticabal: Funep, 2008, p. 75-98.

aBORGES, S.A.; FISCHER DA SILVA, A.V. J.; ARIKI, D.M.; HOOGE, K.; CUMMINGS, R. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and humidity. **Poult. Sci.**, 82, pp. 301-308. 2003.

bBORGES, S. A.; FISCHER DA SILVA, A.V. J.; ARIKI, D.M.; HOOGE, K.; CUMMINGS R. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. **Poult. Sci.**, 82, pp. 428-435. 2003.

BORGES, S. A. FISCHER DA SILVA A. V. MAJORKA, A. HOOGE, D. M. CUMMINGS, K. R. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram) **Poult. Sci.**, 83, pp. 1551-1558. 2004.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.28-36, 2013.

DAGHIR, N. J. **Poultry Production in hot climates**. Cambridge University Press, Cambridge, 303p. 1995.

DERJANT-LI VERSTEGEN, M.W.A., A. JANSMAN, J.W. SCHRAMA AND J.A. VERRETH. Changes in oxygen content and acid base balance in arterial and portal blood in response to the dietary electrolyte balance in pigs during a 9 h period after a meal. **J. Anim. Sci.**, 80: 1233-1239. 2002.

DUKE, G. E. Digestão aviária. In: TRAMPEL, D. M; DUKE, G. E. **Fisiologia dos animais domésticos**, 10. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006, cap. 23, p.450-461.

FARIA FILHO, D. M.; ROSA, P. S.; FIQUEIREDO, D. F.; DAHLKE, F.; MACARI, M.; FURLAN, R. L. Dietas de baixa proteína no desempenho de frangos criados em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.101-106, 2006.

FRANCO, J. R. G.; MURAKAMI, A. E.; SAKAMOTO, M. I.; MARTINS, E. N.; MOREIRA, I. PEREIRA, M. A. S. Efeito dos ionóforos e do balanço eletrolítico da dieta sobre o desempenho e a incidência de discondroplasia tibial em frangos de corte na fase inicial. **R. Bras. Zootec.** 33 (1). 2004.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Campinas: FACTA, Fundação Apinco de Ciências e Tecnologia Avícolas, 2 ed. cap. 17, p.209-230. 2008.

GREGORY, N.G. How climatic changes could affect meat quality. **Food Res. Int.**, v.4, p.1866- 1873, 2010.

HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R.; MCNAUGHTON, J. L. Evaluation of sodium bicarbonate, chloride, or sulfate with a coccidiostat in corn-soy or corn-soy-meat diets for broiler chickens. **Poult Sci.** 78(9):1300-6.p.78.9.1300, 1999.

HURWITZ, S.; COHEN, I.; BAR, A. Sodium and chloride requirements of the chick: relationship to acid-base balance. **Poult Sci.** 52(3):903-909, 1973.

ITO, N. M. K.; MIYAJI, C. I.; M MIYAJI, S. O.; LIMA, E. A. Fisiologia do sistema digestório e anexos. In: JUNIOR, B. A.; SILVA, E. N.; FÁBIO, J. D.; SEST, L.; ZUANAZE, M. A. F. **Doença das aves**, 2.ed. Campinas: Facta, cap 3.4. p.215-156. 2009.

JUNIOR, W. J. B.; BACHA, L. M. Sistema digestivos. In: \_\_\_\_\_ **Atlas colorido de histologia veterinária**, 2. Ed. São Paulo: Roca, cap 13, p. 121. 2003.

LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals (Basel)**, 3 (2013), pp. 356-369. 2013.

LIN, H.; JIAO, H.C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poult. Sci. J.**, 62, pp. 71-86. 2006.

LU, Q.; WEN, J.; ZHANG, H. Efeito da exposição crônica ao calor na deposição de gordura e qualidade da carne em dois tipos genéticos de frango. **Poult. Sci.**, 86 , pp. 1059-1064. 2007.

MACK L.A., FELVER-GANT J.N., DENNIS R.L., CHENG H.W. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poult. Sci.** 92:285–294. p.2012-02589. 2013.

MAIORKA, A; MACARI, M. Absorção de minerais. In: **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Campinas: FACTA, Fundação Apinco de Ciências e Tecnologia Avícolas, 2 ed. cap. 13, p 167-173.2008.

MCDOWELL, L. R.; CONRAD, J.H.; HEMBRY, F.G. Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions, 2nd ed. **Animal Science Department**, University of Florida, Gainesville, Florida. 1993.

MITCHELL, M. A.; CARLISLE, A. J. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). **Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.**, 101, pp. 137-142. 1992.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proc. Nutr. Soc.**, v.40, p.285-294. 1981.

MUSHTAQ, T.; SARWAR, M.; NAWAZ, H.; MIRZA, M. A.; AHMAD, T. Effect and interactions of dietary sodium and chloride on broiler starter performance (hatching to twenty-eight days of age) under subtropical summer conditions. **Poult Sci** 84:1716–1722. 2005.

MUSTAF, S.; KAHRAMAN, N.S.; FIRAT, M.Z. Intermittent partial surface wetting and its effect on body-surface temperatures and egg production of white brown domestic laying hens in Antalya (Turkey) **Br. Poult. Sci.** 50:33–38. 2009.

OLANREWAJU, H.A.; THAXTON, J.P.; DOZIER III, W.A.; BRANTON, S.L. Electrolyte Diets, Stress, and Acid-Base Balance in Broiler Chickens. **Poultry Science**. V 86, Issue 7, p1363-1371. 2007.

PELICANO, E. R. L.; BERNAL, F. E. M.; FURLAN, R. L.; MALHEIROS, E .B.; MACARI, M. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar protéica ou energética sobre o ganho de peso e crescimento ósseo de frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 57 (3). 2005.

PILZ, H. Arrmerkmale am darmkanal des haugeflugels (Gans, Ente, Huhn, Taube). **Morph. Jahrb.**, 79:275-304, 1937.

PIZAURO JR. J. M. Estrutura e função do tecido ósseo. In: MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 247-265. 2008.

PIZAURO JR, J. M. Hormônios e regulação do metabolismo do tecido ósseo. In: MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p. 267-278. 2008.

QUINTEIRO-FILHO, W.M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M.L.; SAKAI, M.; SÁ, L.R.M.; FERREIRA, A.J.P.; PALERMO-NETO, J. O estresse térmico prejudica os parâmetros de desempenho, induz lesões intestinais e diminui a atividade do macrófago em frangos de corte. **Poult. Sci.**, 89, pp. 1905-1914. 2010.

RATH, N. C.; HUFF, G. R.; HUFF, W. E.; BALOG, J. M. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, 79: 1024-1032, 2000.

RILEY JR., W. W. AUSTIC, R. E. Influence of dietary electrolytes on digestive tract pH and acid-base status of chicks. **Poultry Science**, 63:2247-2251. 1984.

SOHAIL, M.U.; IJAZ, A.; YOUSAF, M.S.; ASHRAF, K.; ZANEB, H.; ALEEM, M.; REHMAN, H. Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and *Lactobacillus*-based probiotic: dynamics of cortisol, thyroid

hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. **Poult. Sci.**, 89 1934-1938. 2010.

STEWART, P. A. Independent and dependent variables of acid-base control. **Respiration Physiology**. V 33. 1978.

SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock**. In N. Suttle (Ed.), Mineral Nutrition of Livestock: Fourth Edition (4 ed.). CABI. 2010.

SUTTLE, N.F.; FIELD, A.C. Studies on magnesium in ruminant nutrition. 8. Effect of increased intakes of potassium and water on the metabolism of magnesium, phosphorus, sodium, potassium and calcium in sheep. **British Journal of Nutrition** 21, 819–826. 1967.

UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. **Poult Sci.** 77(1):75-82. 1998.

VAN DER HEL, W. S.; VERSTEGEN, M.; HENKEN, A.; BRANDSMA, H. A. The upper critical ambient temperature in neonatal chicks. **Poult Sci.** Sep;70(9):1882-7. 1991.

WILSON, A. D. The tolerance of sheep to sodium chloride in food or drinking water. **Australian Journal of Agricultural Research**. 17, 503–514. 1966.

Artigo 1 - Desempenho, parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 21 dias com diferentes balanços eletrolíticos

## **Desempenho, parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 21 dias com diferentes balanços eletrolíticos**

**RESUMO:** objetivou-se avaliar se diferentes balanços eletrolíticos dietéticos interferem no desempenho zootécnico e consumo de água, nos parâmetros ósseos e na histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte de 1 a 21 dias, criados em condições de estresse natural por calor. 420 aves foram distribuídas em 35 boxes experimentais, com 5 tratamentos (110, 175, 240, 305 e 370 mEq de BED/kg de ração) e 7 repetições de 12 aves cada. Para obtenção do BED, foram adicionadas às dietas, cloreto de amônia ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) e/ou bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Foram aferidas, a temperatura, umidade relativa do ar e a temperatura de globo negro (TGN) no interior do galpão. Houve diferença significativa para o consumo de ração (CR) e não houve efeito para consumo de água (CAG), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de 1 a 7 dias. Não houve diferença significativa para o consumo de água (CAG) nem para o desempenho de frangos de 1 a 21 dias. Não houve efeito significativo para os parâmetros ósseos do tibiotarso. Os diferentes BED não interferiram nas variáveis do duodeno, mas influenciaram, a altura do vilo (AV) e relação vilo:cripta (RV:C) do jejuno e altura (AV) e largura do vilo (LV), e relação vilo:cripta (RV:C) do íleo. O BED de 238,37 mEq/kg aumenta o consumo de ração, mas não melhora o ganho de peso e conversão alimentar. Elevar o BED para 370 mEq/kg não alteram aos parâmetros ósseos. O valor de BED a partir de 265 mEq/kg aumenta a área de absorção de nutrientes no jejuno e íleo.

**Palavras-chave:** altura de vilo, consumo de água, eletrólitos, estresse por calor, resistência óssea

## 1 INTRODUÇÃO

Frangos de corte são altamente sensíveis às variações de temperatura e umidade relativa do ar que ultrapassem a zona de conforto térmico, que de acordo com Abreu e Abreu (2011) deve ser de 35°C, 32°C e 29°C na primeira, segunda e na terceira semana, respectivamente. Fora da zona de conforto (estresse por calor), as aves reduzem a capacidade de dissipar calor corporal de forma efetiva, resultando em aumento na temperatura corporal e impacto negativo no desempenho produtivo.

Para manter a homeotermia, as aves aumentam as taxas respiratórias, provocando perdas excessivas CO<sub>2</sub> e aumento do pH do sangue, levando a uma condição de alcalose respiratória (Vieites et al., 2011). Para ajustar o pH sanguíneo, íons de bicarbonato são excretados pelos rins e, por ser carregado negativamente, se ligam a íons como o Sódio (Na<sup>+</sup>) e Potássio (K<sup>+</sup>), resultando em desequilíbrios desses minerais (Brossi et al., 2009).

O balanço eletrolítico é o equilíbrio iônico dos fluidos orgânicos que regulam o balanço ácido básico para manutenção da homeostase orgânica (Furlan e Pozza, 2014), em que o Sódio (Na<sup>+</sup>), o Cloro (Cl<sup>-</sup>) e o Potássio (K<sup>+</sup>) estão envolvidos (Mongin, 1981). Esses minerais podem ser fornecidos através dos sais de cloreto de amônio (NH<sub>4</sub>Cl), carbonato de potássio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), dentre outros, que devem ser ajustados para fornecer o melhor balanço eletrolítico dietético para os animais (Rostagno et al., 2017).

O equilíbrio ácido-básico está relacionado aos eletrólitos ingeridos pelo animal e é determinado pela diferença entre ingestão e excreção de cátions e ânions (Junqueira et al., 2015). A ave tem um requerimento de balanço de eletrólitos definido em mEq (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup>)/kg de ração em torno de 250 mEq/kg (Mongin, 1981), no entanto, essas definições mudam em função das condições ambientais.

Em ambientes termoneutros, as aves mantêm o equilíbrio de eletrólitos (ácidos e bases) nos fluidos corporais, resultando em máximo crescimento e melhor utilização dos alimentos. Esse equilíbrio ácido-básico pode variar em função da temperatura ambiente, sendo então necessárias as adequações no balanço eletrolítico da dieta para melhorar o desempenho de frangos de corte criados em condições de altas temperaturas, com consequentes redução dos efeitos prejudiciais da alcalose respiratória causada pelo estresse pelo calor.

Avaliou-se se diferentes balanços eletrolíticos dietéticos interferem no desempenho zootécnico e consumo de água, nos parâmetros ósseos e na histomorfometria do intestino

delgado de frangos de corte de 1 a 21 dias, criados em condições de estresse natural por calor.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa em animais foi conduzida de acordo com o Comitê de Ética Animal da Universidade Federal do Piauí sobre uso de animais (protocolo 075/15). O experimento foi realizado em galpão convencional para frangos de corte, alojando-se 420 frangos Ross, machos, de um dia de idade, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (balanço eletrolítico dietético BED - 110, 175, 240, 305 e 370 mEq/kg) e 7 repetições de 12 aves cada.

No início do experimento, as aves foram pesadas e distribuídas nas parcelas de acordo com o peso médio. As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais em cada fase de criação (1 a 7, 8 a 21 dias) considerando as exigências e composição química dos ingredientes, conforme descrito por Rostagno et al. (2017), exceto para a sódio, cloro e potássio que foram ajustados para definição dos balanços eletrolíticos testados. Foram avaliados os teores destes elementos nos ingredientes utilizados conforme metodologia de Silva (2009).

Para obtenção dos níveis de BED (110, 175, 240, 305 e 370 mEq/kg) foram adicionadas às dietas, cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) e/ou bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), em substituição ao material inerte (Tabelas 1 e 2). O BED das dietas (basal e experimentais) foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Mongin (1981). A adição de  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{K}_2\text{CO}_3$  foi calculada de forma proporcional e gradativa até atingir a relação ideal de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  no último nível de BED. Ração e água foram fornecidas aos animais à vontade.

Tabela 1. Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes	Balanço eletrolítico – mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	54,283	54,283	54,283	54,283	54,283
Farelo de soja	35,409	35,409	35,409	35,409	35,409
Óleo de soja	3,373	3,373	3,373	3,373	3,373
Fosfato bicálcico	1,862	1,862	1,862	1,862	1,862

Calcário calcítico	0,905	0,905	0,905	0,905	0,905
DL-metionina	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
L-lisina	0,601	0,601	0,601	0,601	0,601
L-treonina	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165
L-arginina	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
L-valina	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Sal comum	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540
Supl. Min. Vit. <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	0,920	1,267	1,007	0,507	-
NaHCO <sub>3</sub>	-	-	0,173	0,487	0,840
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	-	0,180	0,367	0,520
NH <sub>4</sub> Cl	0,440	0,093	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Composição calculada

Ácido linoleico (%)	3,095	3,095	3,095	3,095	3,095
Cálcio (%)	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	2,975	2,975	2,975	2,975	2,975
Fósforo disponível (%)	0,463	0,463	0,463	0,463	0,463
Lisina dig. Aves (%)	1,307	1,307	1,307	1,307	1,307
Met.+cist. Dig. Aves (%)	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
Arginina dig. Aves (%)	1,398	1,398	1,398	1,398	1,398
Treonina dig. Aves (%)	0,863	0,863	0,863	0,863	0,863
Triptofano dig. Aves (%)	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235
Valina dig. Aves (%)	1,006	1,006	1,006	1,006	1,006
Proteína bruta (%)	21,173	21,173	21,173	21,173	21,173
Potássio (%)	1,116	1,116	1,216	1,324	1,411
Sódio (%)	0,225	0,225	0,273	0,358	0,455
Cloro (%)	0,962	0,736	0,674	0,674	0,674

<sup>1</sup>A fornece/kg de dieta. **Pré-inicial:** Ácido fólico - 200,00mg; Biotina - 10,00mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8399,00mg; Nicarbazina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3120,00mg; Colina - 78,10g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1997,00mg; I - 187,00mg. **Inicial:** Ácido fólico - 199,00mg; Biotina - 10,00mg; clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 - 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624,00mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8400,00mg; Monensina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3119,00 mg; Colina - 80,71g; Se - 75,00mg; Ferro - 11,25g; Mn - 18,74g; Cobre - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Crescimento:** Ácido fólico - 162,50mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1400062,50ui; Vit. B1 - 388,00mg; Vit. B12 - 2000,00mcg; Vit. B2 - 1000,00 Mg; Vit. B6 - 520,00mg; Vit. D3 - 360012,00ui; Vit. E - 2500,00ui; Vit. K3 - 300,00mg; Niacina - 7000,00mg; Salinomicina - 16,50g; Ácido pantotênico - 2600,00mg; Colina - 71,59g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Final:** Ácido fólico - 162,50mg; Óxido de zinco - 17,500mg; Se - 75mg; Vit. A - 1.400.00ui; Vit. B1 -

388mg; Vit. B12 - 2.000mg; Vit. B2 - 1.000mg; Vit. B6 - 520mg; Vit. D3 - 1.600ui; Vit. E - 2.500mg; Vit. K3 - 300mg; Zn - 70ppm; Niacina - 7.000mg; Ácido pantotênico - 2.600mg; Colina - 71.593,49mg; Fe - 11,250mg; Mn - 18,750mg; Cu - 2.000mg; I - 187,50mg, aditivo antioxidante - 25,000mg; halquinol - 7.500mg; salinomicina - 16.500mg.

Tabela 2. Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade

Ingredientes	Balanço eletrolítico – mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	55,846	55,846	55,846	55,846	55,846
Farelo de soja	33,669	33,669	33,669	33,669	33,669
Óleo de soja	4,110	4,110	4,110	4,110	4,110
Fosfato bicálcico	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895
Calcário calcítico	1,371	1,371	1,371	1,371	1,371
DL-metionina	0,197	0,197	0,197	0,197	0,197
L-lisina	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581
L-treonina	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
L-arginina	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
L-valina	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
Sal comum	0,523	0,523	0,523	0,523	0,523
Supl. Min. Vit. <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	0,968	1,313	1,009	0,505	-
NaHCO <sub>3</sub>	-	-	0,170	0,502	0,843
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	-	0,209	0,381	0,545
NH <sub>4</sub> CL	0,420	0,076	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada					
Ácido linoleico (%)	3,512	3,512	3,512	3,512	3,512
Cálcio (%)	0,878	0,878	0,878	0,878	0,878
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	3,050	3,050	3,050	3,050	3,050
Fósforo disponível (%)	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272
Lisina dig. Aves (%)	1,256	1,256	1,256	1,256	1,256
Met.+cist. Dig. Aves (%)	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929
Arginina dig. Aves (%)	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344

Treonina dig. Aves (%)	0,829	0,829	0,829	0,829	0,829
Triptofano dig. Aves (%)	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226
Valina dig. Aves (%)	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
Proteína bruta (%)	20,460	20,460	20,460	20,460	20,460
Potássio (%)	1,086	1,086	1,204	1,302	1,394
Sódio (%)	0,218	0,218	0,264	0,355	0,449
Cloro (%)	0,925	0,700	0,651	0,651	0,651

<sup>1</sup>A fornece/kg de dieta. **Pré-inicial:** Ácido fólico - 200,00mg; Biotina - 10,00mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8399,00mg; Nicarbazina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3120,00mg; Colina - 78,10g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1997,00mg; I - 187,00mg. **Inicial:** Ácido fólico - 199,00mg; Biotina - 10,00mg; clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 - 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624,00mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8400,00mg; Monensina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3119,00 mg; Colina - 80,71g; Se - 75,00mg; Ferro - 11,25g; Mn - 18,74g; Cobre - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Crescimento:** Ácido fólico - 162,50mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1400062,50ui; Vit. B1 - 388,00mg; Vit. B12 - 2000,00mcg; Vit. B2 - 1000,00 Mg; Vit. B6 - 520,00mg; Vit. D3 - 360012,00ui; Vit. E - 2500,00ui; Vit. K3 - 300,00mg; Niacina - 7000,00mg; Salinomicina - 16,50g; Ácido pantotênico - 2600,00mg; Colina - 71,59g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Final:** Ácido fólico - 162,50mg; Óxido de zinco - 17,500mg; Se - 75mg; Vit. A - 1.400.00ui; Vit. B1 - 388mg; Vit. B12 - 2.000mg; Vit. B2 - 1.000mg; Vit. B6 - 520mg; Vit. D3 - 1.600ui; Vit. E - 2.500mg; Vit. K3 - 300mg; Zn - 70ppm; Niacina - 7.000mg; Ácido pantotênico - 2.600mg; Colina - 71.593,49mg; Fe - 11,250mg; Mn - 18,750mg; Cu - 2.000mg; I - 187,50mg, aditivo antioxidante - 25,000mg; halquinol - 7.500mg; salinomicina - 16.500mg.

Foi adotado um programa de luz contínuo de 24 horas de luz (luz natural + artificial) na primeira semana, utilizando-se lâmpadas de 100 *Watts*, também utilizadas para aquecimento, e de 21 horas de luz e 3 horas de escuro (12 horas com luz natural + 3 horas de escuro + 9 horas com luz artificial) na fase de 8 a 21 dias de idade, utilizando-se lâmpadas de 60 *Watts*.

Foram aferidas, diariamente às 9:00 hs, a temperatura, umidade relativa do ar e a temperatura de globo negro (TGN) no interior do galpão, utilizando termohigrômetros e globos negro. Com os dados foi determinado o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU). Foi considerado os dados da estação meteorológica para a temperatura do ponto de orvalho.

No final da primeira semana (sete dias) foram avaliados, o consumo de água – Cag, o desempenho zootécnico (consumo de ração - CR, ganho de peso - GP, conversão alimentar - CA).

Aos 21 dias também foram avaliados, o consumo de água – Cag, o desempenho zootécnico (consumo de ração - CR, ganho de peso - GP, conversão alimentar - CA), e os parâmetros ósseos (peso do osso fresco - POF, peso do osso seco - POS, comprimento do osso - CO, matéria mineral - MM, Índice de Seedor – ISEED, resistência óssea - RO do osso tibiotarso) e a histomorfometria do intestino delgado (altura do vilo – AV, largura do vilo –

LV, altura de cripta – AC, largura de cripta – LC, muscular interna – MI e muscular externa – ME, da região do duodeno, jejuno e íleo).

O consumo da água foi calculado considerando a diferença entre a água fornecida e as sobras de água do bebedouro mais a dos baldes (capacidade de 20 litros) instalados em suportes metálicos a uma altura superior a dois metros. O cálculo foi feito pela diferença entre a quantidade de água fornecida e a sobra, dividido pelo número de aves da parcela, descontando-se a mortalidade. Foi considerado a água evaporada, mensurada pela diferença da água, colocada em recipientes em três pontos do galpão, no início e final da fase.

Para determinação do ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase experimental (1 a 7 e 8 a 21 dias de idade), considerando a diferença entre peso médio final e o peso médio inicial, dividido pelo número de aves.

Para o consumo de ração foi considerado a diferença entre a ração fornecida e as sobras nos comedouros, pesados do primeiro dia e ao final de cada período experimental.

Com base nos dados de ganho de peso (GP) e consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) das aves foi calculada utilizando-se a fórmula  $CA=CR/GP$ . Foi considerado para consumo de ração e conversão alimentar, a correção pela mortalidade de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

Ao final dos 21 dias, uma ave de cada unidade experimental foi abatida por deslocamento cervical, e as tíbias direitas removidas e descarnadas sem injúria de osso e cartilagem, identificadas, embaladas e congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , para posterior mensuração do comprimento, largura e peso, utilizando um paquímetro digital e balança, respectivamente. Para análise de resistência a quebra, utilizou-se um texturômetro (TexturePro CT®) seguindo o modelo do teste: compressão, alvo do teste = distância, valor de referência = 10, carga do Trigger = 10g, velocidade 3 mm/s, utilizando o dispositivo TA-TPB. Um programa computacional registrou a força (kg) necessária para a quebra total do osso. Posteriormente foi determinado os valores de cinzas do osso, em mufla a  $600^{\circ}\text{C}$  por 4 horas, de acordo com Silva (2004). O índice de Seedor foi determinado para indicar a densidade óssea, dividindo-se o peso da cinza do osso (mg) por seu comprimento (mm) (Seedor, 1993).

Aos 21 dias, duas aves de cada boxe foram submetidas a jejum de seis horas e abatidas para coleta dos seguimentos para avaliação de histomorfometria. Foram coletados os segmentos do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo).

Os segmentos de aproximadamente 2 cm de comprimento foram coletados, lavados em água destilada e fixados em formalina neutra tampão 10% por 48 horas. Após esse

período, os segmentos foram submetidos a desidratação em álcoois 70% até o início do protocolo padrão, diafanizadas em dois banhos em xilol, em parafina e inclusão dos tecidos em parafina (Prophet et al., 1992). Logo após, os blocos foram submetidos a corte histológico em micrótomo rotativo (Leica® Wetzlar-Alemanha) de espessura 4  $\mu\text{m}$ . Foram preparadas três lâminas por animal e em cada lâmina colocados até três cortes semisseriados, sendo que entre um corte e o subsequente foram desprezados 10 cortes. As secções foram coradas com hematoxilina-eosina e montadas com verniz vitral incolor 500® (Paiva, 2006).

As análises histomorfométricas dos cortes histológicos foram realizadas utilizando-se um microscópio óptico Trinocular (nova Optical Systems®) equipado com câmera digital TOUPCAM™ de 5 megapixel para registro fotográfico das imagens e mensurações, realizada em software analisador de imagem Toupview 3.7.

Foram selecionados e medidos os comprimentos ( $\mu\text{m}$ ) em linha reta, 10 vilosidades, 10 criptas e 10 paredes musculares, bem orientadas, de cada região intestinal, por animal. As medidas de altura das vilosidades foram tomadas a partir da base superior da cripta até o ápice da vilosidade e as criptas foram medidas entre as vilosidades da base inferior até a base superior da cripta.

Os dados das variáveis analisadas foram submetidos à avaliação de homogeneidade e normalidade. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do Statistical Analysis System. As estimativas do balanço eletrolítico foram estabelecidas através de modelos de regressão linear e polinomial.

### **3 RESULTADOS**

#### *Variáveis Ambientais*

No período de um a sete dias as médias, máximas e mínimas, de temperatura foram de 22,30 e 34,26 °C, respectivamente, e de um a 21 dias foram de 21,40 e 34,24°C, respectivamente. A umidade relativa do ar (UR), mínima e máxima, foram de 32,29 e 62,86% de um a 21 dias e, 29,43 e 62,57% na fase total de um a 21 dias de idade, respectivamente. O índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) foi de 76,506 de um a sete dias e 75,924 de um a 21 dias.

#### *Consumo de Água e Desempenho Zootécnico*

Houve diferença significativa para o consumo de ração (CR) ( $p \leq 0,05$ ) com efeito quadrático em função dos diferentes balanços eletrolíticos dietéticos e não houve efeito significativo para consumo de água (CAg), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) ( $p \geq 0,05$ ) para frangos de corte de 1 a 7 dias de idade (tabela 3).

Tabela 3. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 7 dias de idade

BED (mEq/kg)	Variáveis			
	CAg (ml)	CR (g)	GP (g)	CA
110	421,25	108,91	101,56	1,074
175	396,94	116,33	107,93	1,079
240	400,21	113,98	105,82	1,078
305	402,74	112,09	105,32	1,069
370	420,92	106,71	102,79	1,038
Prob. ANOVA	0,6782	0,0542	0,5560	0,8891
Regressão	ns	Quadrática <sup>a</sup>	ns	ns
Prob. regressão	-	0,0069	-	-
CV	8,93	4,13	7,55	6,14

ns - não significativo; <sup>a</sup>CR= 94 + 0,19DEB - 0,0004DEB<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,89

Não houve diferença significativa para o consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) ( $p \geq 0,05$ ) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade em função dos diferentes balanços eletrolíticos dietéticos (tabela 4). Na avaliação da regressão polinomial, foi verificada regressão significativa apenas para o consumo de água (CAg= 4587 - 7,25DEB + 0,016DEB<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,97).

Tabela 4. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade

BED (mEq/kg)	Variáveis			
	CAg (ml/ave)	CR (g/ave)	GP (g/ave)	CA(g/g)
110	3983,1	1091,68	788,92	1,384
175	3776,7	1086,63	785,18	1,384
240	3778,5	1066,50	776,70	1,373

305	3803,5	1087,26	780,52	1,393
370	4044,1	1109,85	776,48	1,429
Prob. ANOVA	0,1617	0,3607	0,6368	0,4223
Regressão	Quadrática	ns	ns	ns
Prob. regressão	0,0144	-	-	-
CV	6,16	2,81	1,98	3,23

ns - não significativo.

### *Parâmetros Ósseos*

Não houve efeito significativo para o peso do osso fresco (POF), peso do osso seco (POS), comprimento do osso (CO), matéria mineral (MM), Índice de Seedor (ISEED) e resistência óssea (RO) do osso tibiotarso de frangos de corte alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos ( $p \geq 0,05$ ) (tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros ósseos de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

BED (mEq/kg)	Parâmetros ósseos					
	POF (g)	POS (g)	CO (mm)	MM (%)	ISEED (mg/mm)	RO (kg)
110	8,143	2,429	73,200	28,086	9,186	11,857
175	7,971	2,143	71,500	29,700	8,814	13,843
240	7,728	2,571	72,543	28,914	10,186	14,186
305	6,786	2,143	70,614	30,757	9,214	11,729
370	8,314	2,429	72,929	29,357	9,457	13,871
Prob. ANOVA	0,2660	0,5912	0,3898	0,5742	0,6418	0,3091
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prob. regressão	-	-	-	-	-	-
CV	17,40	25,68	3,82	10,35	18,07	21,61

ns - não significativo; peso do osso fresco - POF, peso do osso seco - POS, comprimento do osso - CO, matéria mineral - MM, Índice de Seedor - ISEED, resistência óssea - RO.

### *Histomorfometria*

Os diferentes balanços eletrolíticos dietéticos estudados não interferiram nas variáveis do duodeno ( $p > 0,05$ ), mas influenciaram ( $P < 0,05$ ), a altura do vilão (AV) e relação

vilo:cripta (RV:C) do jejuno e altura e largura do vilo (AV e LV) e relação vilo:cripta (RV:C) do íleo (tabela 6).

Tabela 6. Histomorfometria ( $\mu\text{m}$ ) do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) de frangos de corte de 21 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

BED(mEq/kg)	AV	LV	AC	LC	RVC	MI	ME
DUODENO							
110	2029,60	252,14	216,00	21,28	9,79	43,43	231,57
175	2278,80	265,20	244,00	25,40	8,47	41,00	220,00
240	2088,20	268,17	234,50	25,83	9,03	43,50	207,83
305	1860,30	200,33	204,33	23,00	9,51	54,67	261,67
370	2076,30	248,50	218,67	24,50	9,30	36,00	183,17
Prob. ANOVA	0,4136	0,2323	0,7601	0,6637	0,7090	0,0403	0,4556
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prob. regressão	-	-	-	-	-	-	-
CV	14,22	16,56	21,71	24,90	15,48	18,17	28,92
JEJUNO							
110	1612,30	245,33	254,83	22,00	5,69	37,17	207,67
175	1883,00	229,83	260,00	26,33	7,44	36,83	238,83
240	1813,30	204,75	202,50	23,25	8,27	34,00	190,50
305	1602,90	197,14	186,57	21,14	7,44	33,29	191,57
370	1775,80	264,50	201,00	20,750	6,40	33,50	191,75
Prob. ANOVA	0,2343	0,1438	0,3448	0,3967	0,0328	0,8504	0,5018
Regressão	ns	Quadrática <sup>a</sup>	ns	ns	Quadrática <sup>b</sup>	ns	ns
Prob. regressão	-	0,0267	-	-	-	-	-
CV	14,40	20,14	34,03	22,88	15,26	22,22	25,81
ÍLEO							
110	888,86	155,00	195,00	31,57	4,72	54,71	263,14
175	1012,71	157,57	197,43	33,14	5,33	55,00	236,86
240	1014,29	163,29	202,00	33,71	5,24	56,29	239,14
305	1005,71	166,83	200,00	28,43	5,24	59,29	269,71
370	908,67	220,00	237,33	42,00	4,02	55,17	220,17
Prob. ANOVA	0,2442	0,0187	0,5771	0,0165	0,2852	0,9523	0,5020

Regressão	Quadrática <sup>c</sup>	Quadrática <sup>d</sup>	ns	ns	Quadrática <sup>e</sup>	ns	ns
Prob. regressão	0,0225	0,0461	-	-	0,0458	-	-
CV	13,85	19,46	24,80	19,86	24,49	21,48	22,89

ns - não significativo. AV – altura do vilo, LC – largura do vilo, AC – altura de criptas, LC – largura de criptas, RVC – relação cripta:vilo, MI – muscular interna, ME – muscular externa.

<sup>a</sup>y = 378,44 - 1,4779x + 0,0031x<sup>2</sup>; R<sup>2</sup> = 0,7673; <sup>b</sup>y = 0,5077 + 0,0609x - 0,0001x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,9707; <sup>c</sup>y = 578,47 + 3,7177x - 0,0076x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,9588; <sup>d</sup>y = 203,4 - 0,5893x + 0,0017x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,9095; <sup>e</sup>y = -6E-05x<sup>2</sup> + 0,0267x + 2,4937, R<sup>2</sup> = 0,9263.

## 4 DISCUSSÃO

### *Variáveis Ambientais*

De acordo com Abreu e Abreu (2011), a temperatura ideal de conforto térmico de um até 21 dias, deve ser em torno de 35°C, 32°C e 29°C na primeira, segunda e na terceira semana, respectivamente. Menegali et al. (2013) indicam umidade relativa do ar (UR) ideal entre 60 e 70%, em que valores menores que 50% de UR podem resultar em desidratação dos pintainhos. O Índice de Temperatura de Globo e Umidade – ITGU, é a variável que melhor expressa o índice de conforto térmico das aves, sendo indicado como confortável às aves, valores entre 74 e 77, em que valores abaixo de 74 indicam estresse por frio e acima de 77, condição de estresse por calor (Menegali et al., 2010). Neste experimento, os valores médios registrados indicaram que as aves estiveram em ambiente que lhes conferiram temperaturas, UR e valores de ITGU confortáveis as aves.

Furlan e Macari (2008) indicaram, na primeira semana de vida das aves, temperaturas em torno de 33 a 35°C para manter a homeotermia. Assim, nesse experimento, foi possível conferir conforto térmico às aves considerando a temperatura máxima conferida pelo uso de lâmpadas para aquecimento.

Amplitudes muito grandes de temperatura e UR podem ocorrer na área interna dos galpões num período de 24 horas, e afetar significativamente o conforto e, conseqüentemente o desempenho animal. Carvalho et al. (2014) verificaram na primeira e segunda semana, que antes das 10 e 9 horas, respectivamente, os valores de ITGU estiveram abaixo de 74 e nos demais horários e na terceira semana os valores de ITGU estiveram acima do preconizado, sobretudo no período entre as 12 e 15h, alcançando valores de até 83 na terceira semana, condição caracterizada como crítica, pois afeta o desempenho pela maior utilização de energia para manutenção da temperatura corporal.

### *Desempenho Zootécnico*

O consumo de ração foi afetado pelos diferentes balanços eletrolíticos dietéticos (BED). O valor de BED estimado pela equação de regressão, para o máximo consumo de ração, foi de 238,37 mEq/kg, esse valor está abaixo do recomendado por Mongin (1981) para frangos de corte em condições ambientais termoneutras.

Níveis inferiores de BED podem resultar em perdas produtivas, pois em condições de estresse por calor a demanda de eletrólitos no metabolismo aumenta, porém, na primeira fase de vida das aves, as condições ambientais foram mais facilmente controláveis, mantendo as aves em temperatura máxima de 34,26°C (tabela 3), não havendo essa necessidade de aumentar os níveis de eletrólitos na dieta, pois não houve perdas endógena para manter a homeotermia. Na fase de um a sete dias, estudos mostraram que aumentar os eletrólitos da dieta não influenciam ou aumentam o consumo de ração (Vieites et al., 2011; Oliveira et al., 2016; Azarartosht et al., 2017).

Nesse estudo, as aves foram expostas às condições ambientais naturais, indicando que em um período de 24 horas, a temperatura e UR não foram controladas e as aves ficaram expostas às condições de mínimas e máximas desse período, assim a ave faz ajustes no consumo de ração, em que o controle ocorre em função da necessidade de ganhar ou perder calor corporal. A ave pode fazer ajustes em relação aos nutrientes da dieta, justificando os resultados da não diferença significativa pelos diferentes BED sobre o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar no período total.

O resultado significativo observado no consumo de água, está relacionado à concentração de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas dietas, em que, o maior consumo de água foi no menor e no maior BED, que respectivamente continham maiores concentrações de Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> (tabela 2).

Frangos de corte podem ser tolerantes às mudanças no BED, podendo ajustar o equilíbrio eletrolítico apesar dos diferentes valores de BED nas dietas (Arantes et al. (2013). Estudos mostraram resultados semelhantes, como os de Szabó et al. (2011) que, sobre o desempenho de frangos de corte de um a 21 dias, não observaram diferenças no ganho de peso, consumo de ração ou conversão alimentar com o BED de até 300 mEq/kg mas o nível de 350 mEq/kg reduziu o consumo de ração.

Vieites et al. (2011), também avaliaram níveis de BED (200, 250, 300, 350 e 400 mEq/kg) em frangos de corte de 21 dias de idade e verificaram que o BED não influenciou o consumo de ração e a conversão alimentar, e o ganho de peso foi maior com o BED de 200 e 250 mEq/kg, mas Koreleski et al. (2011) avaliaram dietas com fontes de K e Cl e verificaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar de frangos de corte de 1 a 14

dias com o aumento do suplemento da fonte de cloro e diminuição do BED de 298 mEq para 274 mEq/kg.

#### *Parâmetros ósseos*

Nenhum efeito do balanço eletrolítico dietético foi detectado nos parâmetros ósseos avaliados. O desequilíbrio eletrolítico na dieta pode ter influência na incidência de problemas de pernas e se os níveis de sódio e de cloro são baixos, os teores de cinza nos ossos diminuem (Vietes et al., 2004), então o BED é necessário para o desenvolvimento ósseo (Oliveira et al., 2007). No entanto, a matéria mineral encontrada com os diferentes BED não foi alterada significativamente porque a perda óssea capaz de gerar menor resistência à quebra somente acontecerá se a deficiência de minerais for prolongada. Embora não tenha ocorrido efeito significativo, o percentual mais elevado de minerais foi com o valor de BED de 305 mEq/kg mas não foi suficiente para elevar a resistência óssea.

Fatores ambientais e nutricionais podem desencadear problemas ósseos devido as alterações no equilíbrio ácido-básico (Oliveira et al., 2003), que é resultado do aumento da frequência respiratória para diminuição da temperatura corporal, que, além de outros fatores, levam a redução dos níveis de cálcio plasmáticos (Mujahid et al., 2009), prejudicando dessa forma as características ósseas. Segundo Oliveira et al., (2014), a formação do tecido ósseo é influenciada pela temperatura, em todas as fases da vida da ave, o que podem levar a alterações no osso. Moraes et al. (2019), verificaram que aves criadas em ambientes com altas temperaturas por duas ou três horas possuem tíbia maior e mais estreita a partir de 14 dias de idade, mesmo que a densidade e matéria mineral não foram alterados.

As respostas encontradas nesse experimento quanto à temperatura, corroboram com Marchini et al. (2018), que concluíram que as aves não têm sua morfologia da tíbia alterados quando expostos a altas temperaturas por curtos períodos e que essas alterações podem ocorrer, possivelmente, em períodos mais longos de estresse térmico. Sabendo-se que existem variações na temperatura durante o dia, em que as temperaturas mais elevadas ocorrem a partir do meio-dia e diminuem depois de 15:00 horas, as demandas eletrolíticas também se elevam nesse período, mas não o suficiente para causar alterações nos parâmetros ósseos avaliados, podendo ser um indicativo de adaptação da ave às condições de estresse térmico e também aos níveis de eletrólitos da dieta, já que as aves não passaram por estresse por calor contínuo.

#### *Histomorfometria*

As médias da muscular interna (MI) do duodeno foi afetada pelos diferentes BED, mas não interferiu no desempenho dos animais, pois, sabe-se que a maior taxa de digestão e absorção de nutrientes, incluindo os minerais, ocorrem no duodeno e que o desempenho está bem mais relacionado com a altura dos vilos e vilosidades. Segundo Sakomura et al. (2014), o duodeno é um dos segmentos mais desenvolvido do intestino delgado, e sua mucosa possui longas vilosidades, conferindo a essa região grande capacidade digestiva dos nutrientes.

Os minerais utilizados para manipular o balanço eletrolítico das dietas podem ser absorvidos em todo intestino delgado com maiores taxas de absorção em locais específicos, podendo dessa forma interferir na morfometria desses locais. Borges et al. (2004) mostraram que dietas com níveis elevados de BED podem causar excreções excessivas de sódio resultando em diminuição da área de absorção por falhas no suprimento desse mineral, pois esse nutriente é utilizado pela mucosa intestinal.

Os resultados foram consistentes com os achados de Azarartosht et al. (2017), para o duodeno, que também não verificaram efeito significativo ao avaliar diferentes balanços catiônicos na dieta (150, 200, 250, 300 e 350 mEq/kg) sobre altura do vilos, profundidade de cripta, base do vilos, ponta do vilos e relação cripta/vilos de frangos de 21 dias de idade.

No jejuno observou-se regressão quadrática na largura do vilos (LV), em que a menor largura do vilos (LV) foi com o BED de 246 mEq/kg. Observou-se regressão quadrática na relação vilos:cripta (RVC) com maior relação com BED de 304,5 mEq/kg. No íleo, pela regressão quadrática, verificou-se maior altura do vilos com BED de 265,5 mEq/kg e maior largura do vilos com BED de 370 mEq/kg.

A maior altura e largura do vilos deverão proporcionar maior área de absorção de nutrientes pela mucosa intestinal, e a melhor relação vilos:cripta (222,5 mEq/kg) associada a profundidade de cripta para altura do vilos, mantém a taxa de renovação celular, sabendo-se que quanto menor a profundidade de cripta mais lenta será a renovação celular do tecido, já que a cripta é o local de produção de células que dão origem as vilosidades (Boka et al., 2014), assim os minerais absorvidos e retidos devem acompanhar o crescimento, desenvolvimento, e substituir os que foram utilizados na produção ou no processo de manutenção.

No jejuno Azarartosht et al. (2017), não verificaram efeito do BED sobre altura do vilos, profundidade de cripta, base e ponta do vilos e relação vilos/cripta. Já Nikoofard et al. (2015) verificaram que aumentar o BED para 350 mEq/kg provoca redução na altura das

vilosidades e na profundidade da cripta da mucosa intestinal do jejuno de frangos de corte, mas não interferem na relação altura do vilo e profundidade da cripta.

## **5 CONCLUSÃO**

Os resultados do presente estudo indicam que, o BED de 238,37 mEq/kg aumenta o consumo de ração, mas não melhora o ganho de peso e conversão alimentar; que elevar o BED para 370 mEq/kg não alteram aos parâmetros ósseos e que; o valor de BED a partir de 265 mEq/kg aumenta a altura do vilo no jejuno e íleo de frangos de corte aos 21 dias de idade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. N. E ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1-14. 2011.

ARANTES; U. M.; STRINGHINI, J. H.; OLIVEIRA, M. C.; MARTINS, P. C.; REZENDE, P. M.; ANDRADE, M. A.; LEANDRO, N. S. M.; CAFÉ, M. B. Effect of different electrolyte balances in broiler diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.15 n.3 169-286. 2013.

AZARZARTOSHT, S.; KARIMI, A. E.; SADEGHI, G. Effects of dietary anion-cation balance during starter period on performance, small intestine morphology, serum electrolyte level, and tibial mineralization in broiler chicks. **Iranian Journal of Animal Science**, Vol 48, n 1. 2017.

BOKA, J.; MAHDAVI, A. H.; SAMIE, A. H. E JAHANIAN, R. Effect of diferente levels of black cumin (*Nigella sativa* L.) on performance, intestinal *Escherichia coli* colonization and jejunal morphology in laying hens. *Animal Physiology and Animal Nutrition* 98, 373–383. 2014.

BORGES, S. A.; FISCHER DA SILVA, A. V.; MAJORKA, A.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). **Poultry Science**, 83, 1551–1558. 2004.

BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; AMAZONAS, E. A.; MENTEN, J. F. M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural** vol. 39 n.4. 2009.

CARVALHO, C. C. S.; SANTOS, T. C.; SILVA, G. C.; SANTOS, L. V.; MOREIRA, S. J. M. E BOTELHO, L. F. R. Conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p.769–773. 2014.

FURLAN, A. C.; POZZA, P. C. Exigências de minerais para suínos. In: Nutrição de não ruminantes. Sakomura, N. K.; Silva, J. H. V.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K; Hauschild. L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep. 2014.

FURLAN, R. L.; SILVA, A. V. F.; BORGES, S. A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: Macari, M.; Furlan, R. L.; Gonzales, E. 2008. **Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. 2ª reimpressão, 2008.

KORELESKI, J.; ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A. The effect of different dietary potassium and chloride levels on performance and excreta dry matter in broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, 56 (2): 53–60, 2011.

MARCHINI, C. F. P.; CAFÉ, M. B.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; FERNANDES, E. A.; BELETTI, M. E. E GUIMARÃES, E. C. Tibia bone integrity in broilers subjected to cyclic heat stress. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 19, p. 1-10. 2018.

MENEGALI, I.; BAETA, F. C.; TINOCO, I. F. F.; CORDEIRO, M. B.; GUIMARÃES, M. C. C. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. **Engenharia na Agricultura**, v.18, p.461- 471, 2010.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proc. Nutr. Soc.**, v.40, p.285-294. 1981.

MORAES, C. A.; BUENO, J. P. R.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; LITZ, F. H.; GOTARDO, L. R. M.; Bone parameters and organ morphometry of two broiler chicken lines exposed to heat for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 5, p. 2007-2016, 2019.

MUJAHID, A; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, Y. Progressive changes in physiological responses of heat-stressed broiler chickens. **The Journal of Poultry Science** 46(2):163-167, 2009.

NIKOOFARD, V.; MAHDAVI A. H.; SAMIE, A. H.; JAHANIAN, E. Effects of different sulphur amino acids and dietary electrolyte balance levels on performance, jejunal morphology, and immunocompetence of broiler chicks. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 100 (1): 189-99. 2015.

OLIVEIRA, E. C.; MURAKAMI, A. E.; FRANCO, J. R. G.; CELLA, P. S.; SOUZA, L. M. G. Efeito do balanço eletrolítico e subprodutos avícolas no desempenho de frangos de corte

na fase inicial (1–21 dias de idade). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. 25(2):293–299, 2003.

OLIVEIRA, P. M.; FARIA JÚNIOR, M. J. A.; GARCIA NETO, M. Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, V.68, N.3, P.739-747, 2016.

OLIVEIRA, A. F. G.; BRUNO, L. D. G.; MARTINS, E. N.; GARCIA, E. R. M.; MONTEIRO, A. C.; LEITE, M. C. P.; POZZA, P. C.; SANGALI, C. P. Effect of stocking density and genetic group on mineral composition and development of long bones of broilers. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 2, p.1023-1034, 2014.

PAIVA, J. G. A.; CARVALHO, S. M. F.; MAGALHAES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500. Uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botânica Brasileira**. vol.20, ed 2, p257-264. 2006.

PROPHET, E. B.; MILLIS, B.; ARRINGTON, J. B.; SOBIN, L. H. Laboratory methods in histotechnology. Washington: **America Registry of Pathology**. P 275. 1992.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 Ed. Editora UFV, 488p. 2017.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HASCHIDD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal, SP: Editora Funep, 676 p. 2014.

SEEDOR, J. G. The biophosphanate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **J. Bone Miner. Res.**, v.4, p.265-270, 1993.

SILVA F. C. **Manual de análises químicas de solos e fertilizantes**. Segunda edição revisada e ampliada. Editora: Embrapap. 201- 218. 2009.

SZABÓ, J.; VUCSKITS, A. V.; ANDRÁSOF SZKY, E.; BERTA, E.; BERSÉNYI, A.; BÖRZSÖNYI, L.; PÁLFI V.; HULLÁR, I. Effect of dietary electrolyte balance on

production, immune response and mineral concentrations of the femur in broilers. **Acta Veterinaria Hungarica**, 59(3):295-310, 2011.

VIEITES, F. M.; FRAGA, A. L.; SOUZA, C. S.; ARAÚJO, G. M.; VARGAS JÚNIOR, J. G.; NUNES, R. V.; CORRÊA, G. S. S. Desempenho de frangos de corte alimentados com altos valores de balanço eletrolítico em região de clima quente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.2, p.441-447, 2011.

Artigo 2 - Desempenho, parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 22 a 42 dias de idade com diferentes balanços eletrolíticos.

## **Desempenho, parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte aos 22 a 42 dias de idade com diferentes balanços eletrolíticos**

**Resumo:** objetivou-se avaliar se, o desempenho zootécnico, o rendimento de carcaça, os parâmetros ósseos e histomorfometria do intestino delgado de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, são afetados por diferentes balanços eletrolíticos dietéticos. Foram utilizados 420 frangos de corte de 21 dias de idade distribuídos em 35 boxes experimentais, com 5 tratamentos (balanço eletrolítico dietético - BED: 110, 175, 240, 305 e 370 mEq/kg) e 7 repetições com 12 aves cada. Para obtenção dos níveis de BE, foram adicionadas às dietas, cloreto de amônia ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) e/ou bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Dados de temperatura, umidade relativa do ar e temperatura de globo negro (TGN) no interior do galpão foram aferidas. Foram avaliadas: o desempenho zootécnico e consumo de água, o rendimento de carcaça, os parâmetros ósseos e histomorfometria intestinal do duodeno, jejuno e íleo. Houve diferença significativa somente para o consumo de água (CAg). Não houve efeito significativo para o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar para frangos de corte de 22 a 33 e de 22 a 42 dias de idade. Houve diferenças significativas para os rendimentos de coxa (RCX) e fígado (RF), e não houve efeito significativo para os rendimentos de carcaça (RC), de peito (RP), de coxa (RCX), de asa (RA), de coração (RCO) e de gordura abdominal (RGA). Não houve influência significativa para os parâmetros ósseos. Houve efeito significativo somente para largura do vilo (LV) do duodeno e íleo e para a muscular interno jejuno. O BED pode ser ajustado em função das condições ambientais, desde que se tenha um detalhamento das variações na temperatura, umidade relativa do ar e ITGU. Nas condições experimentais recomenda-se BED mais baixos (110, 175 ou 240 mEq/kg).

Palavras-chave: equilíbrio ácido-básico, histologia, resistência à quebra, tibiotarso.

## 1 INTRODUÇÃO

A nutrição animal exerce grande influência no desenvolvimento animal, sendo considerado fator decisivo na produção avícola, além de outros aspectos importante como, ambiência, manejo, entre outros. Sob o ponto de vista nutricional, os eletrólitos das dietas influenciam o equilíbrio ácido-básico dos animais, que por sua vez, alteram os processos metabólicos, principalmente os relacionados ao crescimento, resistência a doenças, sobrevivência em ambientes estressores e desempenho produtivo.

Já sob o ponto de vista de ambiência, os animais são considerados homeotérmicos e por isso o seu crescimento e desenvolvimento são afetados pelas variações do ambiente de criação, em que a temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, são fatores determinantes do conforto térmico das aves.

Em ambientes de estresse por calor, as aves ativam mecanismos para manter a homeotermia como, o aumento das taxas respiratórias que levam a uma condição de alcalose respiratória, em que ocorrem perdas de CO<sub>2</sub>, aumento do pH sanguíneo e perdas excessivas de minerais envolvidos no equilíbrio iônico.

Mongin, (1981), descreve o balanço eletrolítico (BE) como o equilíbrio entre os íons envolvidos no BE ou diferença cátion-ânion, calculado pela subtração entre os íons sódio e potássio e o íon cloro ( $[Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$  em mEq/kg de ração) e estabelece um requerimento definido em torno de 250 mEq/kg, no entanto, é importante adequar as proporções desses minerais em função do ambiente, sem deficiências ou excessos e atender as necessidades nutricionais para o melhor desempenho.

Os eletrólitos podem ser usados na água de bebida ou incorporados nas rações como alternativa para minimizar os efeitos do estresse por calor em ambientes com altas temperaturas, sendo os mais utilizados nas rações, o cloreto de amônio (NH<sub>4</sub>Cl), carbonato de potássio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>).

Objetivou-se avaliar se o desempenho zootécnico, o rendimento de carcaça, os parâmetros ósseos e a histomorfometria de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade criados em ambiente natural são afetados por diferentes balanços eletrolíticos dietéticos.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa em animais foi conduzida de acordo com o Comitê de Ética Animal da Universidade Federal do Piauí sobre uso de animais (protocolo 075/15). Foram utilizados 420 frangos de corte, machos, de 21 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos (balanço eletrolítico dietético BED - 110, 175, 240, 305 e 370 mEq/kg) e 7 repetições de 12 aves cada. Os animais foram alojados em galpão convencional para frangos de corte no Colégio Técnico de Bom Jesus, do Campus Professora Cinobelina Elvas em Bom Jesus-PI.

Os animais foram adquiridos com um dia de idade, criados de acordo com o manual da linhagem e recebendo dietas formuladas de acordo com Rostagno et al. (2017). Aos 21 dias de idade (no início da fase experimental) as aves foram pesadas e distribuídas nas parcelas experimentais de acordo com o peso médio. As dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais em cada fase de criação (21 a 33, 34 a 42 dias) de acordo com as exigências e composição química dos ingredientes e conforme as recomendações descritas por Rostagno et al. (2017) (Tabelas 1 e 2). O sódio, o cloro e o potássio foram ajustados para a definição dos balanços eletrolíticos testados. Para obtenção dos níveis de BED (110, 175, 240, 305 e 370 mEq/kg) foram adicionadas às dietas, cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), carbonato de potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) e/ou bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), em substituição ao material inerte. As quantidades de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  foram analisadas no milho (0,006; 0,570 e 0,101 %, respectivamente) e no farelo de soja (0,149; 2,281 e 0,839%, respectivamente) para o cálculo do BED na dieta basal. O BED das dietas (basal e experimentais) foi calculado de acordo com a fórmula proposta por Mongin (1981). A adição de  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{K}_2\text{CO}_3$  foi calculada de forma proporcional e gradativa até atingir a relação ideal de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  (Rostagno et al., 2017) no último nível de BED. Ração e água foram fornecidas aos animais à vontade.

Tabela 1 - Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 22 a 33 dias de idade

Ingredientes	Balanço eletrolítico – mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	59,745	59,745	59,745	59,745	59,745
Farelo de soja	29,055	29,055	29,055	29,055	29,055
Óleo de soja	4,970	4,970	4,970	4,970	4,970
Fosfato bicálcico	1,451	1,451	1,451	1,451	1,451
Calcário calcítico	0,686	0,686	0,686	0,686	0,686
DL-metionina	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236
L-lisina	0,537	0,537	0,537	0,537	0,537
L-treonina	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
L-arginina	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
L-valina	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Supl. Min. Vit. <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	1,109	1,455	1,003	0,503	-
NaHCO <sub>3</sub>	-	-	0,183	0,490	0,819
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	-	0,280	0,473	0,647
NH <sub>4</sub> CL	0,357	0,011	-	-	-
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
<b>Composição calculada</b>					
Ácido linoleico (%)	4,019	4,019	4,019	4,019	4,019
Cálcio (%)	0,758	0,758	0,758	0,758	0,758
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	3,150	3,150	3,150	3,150	3,150
Fósforo disponível (%)	0,374	0,374	0,374	0,374	0,374
Lisina dig. Aves (%)	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Met.+cist. Dig. Aves (%)	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Arginina dig. Aves (%)	1,203	1,203	1,203	1,203	1,203
Treonina dig. Aves (%)	0,742	0,742	0,742	0,742	0,742
Triptofano dig. Aves (%)	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
Valina dig. Aves (%)	0,865	0,865	0,865	0,865	0,865
Proteína bruta (%)	18,621	18,621	18,621	18,621	18,621
Potássio (%)	1,003	1,003	1,161	1,271	1,369
Sódio (%)	0,208	0,208	0,258	0,342	0,432
Cloro (%)	0,834	0,609	0,602	0,602	0,602

<sup>1</sup>A fornece/kg de dieta. **Pré-inicial:** Ácido fólico - 200,00mg; Biotina - 10,00mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8399,00mg; Nicarbazina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3120,00mg; Colina - 78,10g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1997,00mg; I - 187,00mg. **Inicial:** Ácido fólico - 199,00mg; Biotina - 10,00mg; clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 - 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624,00mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8400,00mg; Monensina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3119,00 mg; Colina - 80,71g; Se - 75,00mg; Ferro - 11,25g; Mn - 18,74g; Cobre - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Crescimento:** Ácido fólico - 162,50mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1400062,50ui; Vit. B1 - 388,00mg; Vit. B12 - 2000,00mg; Vit. B2 - 1000,00 Mg; Vit. B6 - 520,00mg; Vit. D3 - 360012,00ui; Vit. E - 2500,00ui; Vit. K3 - 300,00mg; Niacina - 7000,00mg; Salinomicina - 16,50g; Ácido pantotênico - 2600,00mg; Colina - 71,59g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Final:** Ácido fólico - 162,50mg; Óxido de zinco - 17,500mg; Se - 75mg; Vit. A - 1.400.00ui; Vit. B1 - 388mg; Vit. B12 - 2.000mg; Vit. B2 - 1.000mg; Vit. B6 - 520mg; Vit. D3 - 1.600ui; Vit. E - 2.500mg; Vit. K3 - 300mg; Zn - 70ppm; Niacina - 7.000mg; Ácido pantotênico - 2.600mg; Colina - 71.593,49mg; Fe - 11,250mg; Mn - 18,750mg; Cu - 2.000mg; I - 187,50mg, aditivo antioxidante - 25,000mg; halquinol - 7.500mg; salinomicina - 16.500mg.

Tabela 2 - Ingredientes e composição calculada das dietas para frangos de corte de 34 a 42 dias de idade

Ingredientes	Balanço eletrolítico – mEq/kg				
	110	175	240	305	370
Milho grão	64,120	64,120	64,120	64,120	64,120
Farelo de soja	25,269	25,269	25,269	25,269	25,269
Óleo de soja	4,919	4,919	4,919	4,919	4,919
Fosfato bicálcico	1,074	1,074	1,074	1,074	1,074
Calcário calcítico	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
DL-metionina	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183
L-lisina	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494
L-treonina	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
L-arginina	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
L-valina	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091
Sal comum	0,474	0,474	0,474	0,474	0,474
Supl. Min. Vit. <sup>1</sup>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte	1,212	1,479	1,003	0,505	-
NaHCO <sub>3</sub>	-	0,037	0,207	0,509	0,852
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	0,012	0,316	0,512	0,674
NH <sub>4</sub> CL	0,314	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição calculada</b>					
Ácido linoleico (%)	4,050	4,050	4,050	4,050	4,050
Cálcio (%)	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634
Energ. Met. Aves (Mcal/kg)	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
Fósforo disponível (%)	0,296	0,296	0,296	0,296	0,296
Lisina dig. Aves (%)	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Met.+cist. Dig. Aves (%)	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
Arginina dig. Aves (%)	1,085	1,085	1,085	1,085	1,085
Treonina dig. Aves (%)	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Triptofano dig. Aves (%)	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183
Valina dig. Aves (%)	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781
Proteína bruta (%)	17,142	17,142	17,142	17,142	17,142
Potássio (%)	0,942	0,949	1,120	1,231	1,323
Sódio (%)	0,195	0,205	0,252	0,334	0,429
Cloro (%)	0,764	0,559	0,559	0,559	0,559

<sup>1</sup>A fornece/kg de dieta. **Pré-inicial:** Ácido fólico - 200,00mg; Biotina - 10,00mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8399,00mg; Nicarbazina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3120,00mg; Colina - 78,10g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1997,00mg; I - 187,00mg. **Inicial:** Ácido fólico - 199,00mg; Biotina - 10,00mg; clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1680000,00ui; Vit. B1 - 436,50mg; Vit. B12 - 2400,00mg; Vit. B2 - 1200,00mg; Vit. B6 - 624,00mg; Vit. D3 - 400000,00ui; Vit. E - 3500,00ui; Vit. K3 - 360,00mg; Niacina - 8400,00mg; Monensina - 25,00g; Ácido pantotênico - 3119,00 mg; Colina - 80,71g; Se - 75,00mg; Ferro - 11,25g; Mn - 18,74g; Cobre - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Crescimento:** Ácido fólico - 162,50mg; Clorohidroxiquinolina - 7500,00mg; Zn - 17,50g; Vit. A - 1400062,50ui; Vit. B1 - 388,00mg; Vit. B12 - 2000,00mg; Vit. B2 - 1000,00 Mg; Vit. B6 - 520,00mg; Vit. D3 - 360012,00ui; Vit. E - 2500,00ui; Vit. K3 - 300,00mg; Niacina - 7000,00mg; Salinomicina - 16,50g; Ácido pantotênico - 2600,00mg; Colina - 71,59g; Se - 75,00mg; Fe - 11,25g; Mn - 18,74g; Cu - 1996,00mg; I - 187,47mg. **Final:** Ácido fólico - 162,50mg; Óxido de zinco - 17,500mg; Se - 75mg; Vit. A - 1.400.00ui; Vit. B1 - 388mg; Vit. B12 - 2.000mg; Vit. B2 - 1.000mg; Vit. B6 - 520mg; Vit. D3 - 1.600ui; Vit. E - 2.500mg; Vit. K3 - 300mg; Zn - 70ppm; Niacina - 7.000mg; Ácido pantotênico - 2.600mg; Colina - 71.593,49mg; Fe - 11,250mg; Mn - 18,750mg; Cu - 2.000mg; I - 187,50mg, aditivo antioxidante - 25,000mg; halquinol - 7.500mg; salinomicina - 16.500mg.

Em todo o período de criação das aves (1 a 42 dias) foram adotados dois programas de luz, sendo o contínuo com 24 horas de luz (luz natural + artificial) na primeira semana, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 100 *Watts*, também utilizadas para aquecimento e o de 21 horas de luz e 3 horas de escuro (12 horas com luz natural + 3 horas de escuro + 9 horas com luz artificial) na fase de 8 a 21, 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade, utilizando-se lâmpadas fluorescente de 60 *Watts*.

A temperatura, a umidade relativa do ar e a temperatura de globos negro (TGN) no interior do galpão foram aferidas diariamente durante todo período experimental, utilizando-se termohigrômetros e globos negro. Foi determinado o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), considerando-se os dados da estação meteorológica para a temperatura do ponto de orvalho.

#### *Variáveis analisadas*

Aos 42 dias foram avaliados, o consumo de água – Cag, o desempenho zootécnico (consumo de ração - CR, ganho de peso - GP, conversão alimentar - CA), rendimentos de carcaça, de cortes e gordura abdominal (rendimentos de: carcaça – RC, peito – RP, coxa – RC, sobrecoxa – RSCX, asa – RA, fígado – RF, coração – RC e gordura abdominal – RGA), os parâmetros ósseos (peso do osso fresco - POF, peso do osso seco - POS, comprimento do osso - CO, matéria mineral - MM, Índice de Seedor – ISEED, resistência óssea - RO do osso tibiotarso) e a histomorfometria do intestino delgado (altura do vilo – AV, largura do vilo – LV, altura de cripta – AC, largura de cripta – LC, muscular interna – MI e muscular externa – ME) da região do duodeno, jejuno e íleo.

#### *Consumo de água*

O consumo da água foi calculado considerando-se a diferença entre a água fornecida e as sobras de água do bebedouro mais a dos baldes (capacidade de 20 litros) instalados em suportes metálicos a uma altura superior a dois metros. O cálculo foi feito pela diferença entre a quantidade de água fornecida e a sobra, dividido pelo número de aves da parcela, descontando-se a mortalidade. Foi considerado a água evaporada, mensurada pela diferença da água, colocada em recipientes em três pontos do galpão, no início e final da fase.

#### *Desempenho*

Para determinação do ganho de peso, as aves foram pesadas no início e no final de cada fase experimental (22 a 33 e 34 a 42 dias de idade), considerando a diferença entre peso médio final e o peso médio inicial, dividido pelo número de aves. Para o consumo de ração foi

considerado a diferença entre a ração fornecida e as sobras nos comedouros, pesados do primeiro dia e ao final de cada período experimental. Com base nos valores de ganho de peso (GP) e consumo de ração (CR), a conversão alimentar (CA) das aves foi calculada, utilizando-se a fórmula  $CA=CR/GP$ . Foi considerado para consumo de ração e conversão alimentar, a correção pela mortalidade de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

#### *Rendimento de carcaça*

Duas aves de cada box foram submetidas a jejum de 8 horas e abatidas para análise de rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal, de acordo com o peso médio da unidade experimental. As aves foram abatidas de acordo com os procedimentos (insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem e evisceração). Em seguida, foram pesados, as carcaças limpas (sem cabeça, pescoço, vísceras e pés), os cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa,) e as partes (fígado, coração e a gordura abdominal). Foi considerado gordura abdominal o tecido adiposo aderido ao redor da cloaca, moela e dos músculos abdominais adjacentes.

Foi considerado rendimento de carcaça, a porcentagem do peso da carcaça eviscerada, sem cabeça, pescoço, pés e gordura abdominal, em relação ao peso vivo. Em relação ao rendimento dos cortes (peito, coxa, sobrecoxa e asa), e das partes (coração, fígado e gordura abdominal) foram considerados as porcentagens em relação ao peso da carcaça eviscerada.

#### *Parâmetros ósseos*

Foi coletado, de cada ave abatida para análise de rendimento de carcaça, as tíbias direitas que foram removidas e descarnadas sem injúria de osso e cartilagem, identificadas, embaladas e congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , para posterior mensuração do comprimento, largura e peso, utilizando-se um paquímetro digital e balança, respectivamente. Para análise de resistência a quebra, utilizou-se um texturômetro (TexturePro CT®) seguindo o modelo do teste: compressão, alvo do teste = distância, valor de referência = 10, carga do Trigger = 10g, velocidade 3 mm/s, utilizando o dispositivo TA-TPB. Um programa computacional registrou a força (kg) necessária para a quebra total do osso. Posteriormente foi determinado os valores de cinzas do osso, em mufla a  $600^{\circ}\text{C}$  por 4 horas, de acordo com Silva (2004). O índice de Seedor foi determinado para indicar a densidade óssea, dividindo-se o peso da cinza do osso (mg) por seu comprimento (mm) (Seedor, 1993).

#### *Histomorfometria*

Ao fim de 42 dias de experimento, duas aves de cada boxe foram submetidas a jejum de seis horas e abatidas para coleta dos segmentos intestinais para avaliação da histomorfometria das três porções do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo).

Os segmentos de aproximadamente 2 cm de comprimento foram coletados, lavados em água destilada e fixados em formalina neutra tampão 10% (formalina 37-40%, água destilada, fosfato de sódio monobásico, fosfato de sódio dibásico) por 24 horas. Após esse período, os segmentos foram submetidos a desidratação em álcoois (70%, 80%, 90%, 100% I, 100% II 100% III), diafanizadas em dois banhos em xilol (I e II), impregnadas em parafina histológica e inclusão dos tecidos em blocos de parafina (Prophet et al., 1992). Logo após, os blocos foram submetidos a corte histológico em micrótomo rotativo (Leica® Wetzlar-Alemanha) de espessura 4 µm. Foram preparadas três lâminas por animal e em cada lâmina colocados até três cortes semisseriados, sendo que entre um corte e o subsequente foram desprezados 10 cortes. As secções foram coradas com hematoxilina-eosina e montadas em lâminas e lamínulas com verniz vitral incolor 500® (Paiva, 2006).

As análises histomorfométricas dos cortes histológicos foram realizadas utilizando-se um microscópio óptico Trinocular (nova Optical Systems®) equipado com câmera digital TOUPCAM™ de 5 megapixel para registro fotográfico das imagens e mensurações, realizada em software analisador de imagem Toupview 3.7.

Foram selecionados e medidos os comprimentos (µm) em linha reta, 10 vilosidades, 10 criptas e 10 áreas das paredes musculares, bem orientadas, de cada região intestinal, por animal. As medidas de altura das vilosidades foram tomadas a partir da base superior da cripta até o ápice da vilosidade e as criptas foram medidas entre as vilosidades da base inferior até a base superior da cripta.

Os dados das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do Statistical Analysis System. As estimativas do balanço eletrolítico foram estabelecidas através de modelos de regressão linear e polinomial.

### **3 RESULTADOS**

#### *Variáveis Ambientais*

As médias de temperatura, mínima e máxima, internas do galpão, no período de 22 a 33 dias foram de 21,21 e 33,85 °C, respectivamente, e no período total (22 a 42 dias) foram de 21,36 e 34,84 °C, respectivamente. As médias da umidade relativa do ar (UR), mínima e

máxima, no período de 22 a 33 dias foram de 28,67 e 68,33%, respectivamente e no período total (22 a 42 dias) foram de 28,24 e 65,10% respectivamente. O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foram de 76,01 na primeira fase e 75,99 no período total de criação das aves.

#### *Consumo de água e desempenho zootécnico*

Houve diferença significativa para o consumo de água (CAg) com efeito quadrático ( $p \leq 0,05$ ) em função dos diferentes balanços eletrolíticos. Não houve efeito significativo para o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar ( $p \geq 0,05$ ) para frangos de corte de 22 a 33 dias de idade (tabela 3).

Tabela 3. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 22 a 33 dias de idade

BED (mEq/kg)	Variáveis			
	CAg (ml)	CR (g)	GP (g)	CA
110	5320,2	1228,63	1164,27	1,055
175	5385,8	1169,83	1163,35	1,005
240	5091,3	1209,65	1182,78	1,023
305	5432,4	1217,78	1140,28	1,068
370	6072,0	1224,34	1157,64	1,058
Prob. ANOVA	0,0032	0,4894	0,5601	0,0364
Regressão	Quadrática <sup>a</sup>	ns	ns	ns
Prob. regressão	0,0060	-	-	-
CV	7,87	4,36	3,67	3,28

ns - não significativo;

$$^a Y = 6370 - 12,089x + 0,0302x^2; R^2 = 0,8718;$$

Na fase de 22 a 42 dias de idade, houve diferença significativa para o consumo de água (CAg), com efeito quadrático ( $p \leq 0,05$ ). Não houve efeito significativo para consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) ( $p \geq 0,05$ ) com os diferentes balanços eletrolítico (tabela 4).

Tabela 4. Balanço eletrolítico dietético (BED) sobre consumo de água (CAg), consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade

BED (mEq/kg)	Variáveis			
	CAg (ml)	CR (g)	GP (g)	CA
110	12002,7	2816,76	1917,72	1,469
175	11866,7	2764,08	1883,33	1,468
240	10913,3	2821,10	1882,89	1,498
305	11145,0	2830,22	1897,82	1,491
370	12968,1	2839,17	1888,69	1,503
Prob. ANOVA	0,0279	0,7651	0,9724	0,8213
Regressão	Quadrática <sup>a</sup>	ns	ns	ns
Prob. regressão	0,0045	-	-	-
CV	10,05	3,57	5,55	4,82

ns - não significativo;

$$y^a = 15573 - 39,553x + 0,0863x^2 \quad R^2 = 0,7649$$

#### *Rendimento de carcaça*

O rendimento de carcaça, de cortes e gordura abdominal de frangos de corte de 42 dias de idade, submetidos a diferentes balanços eletrolíticos dietéticos (BED) então apresentados na tabela 5. Houve diferenças significativas com efeito linear para as variáveis, rendimentos de coxa (RCX) e rendimento de fígado (RF), porém não houve efeito significativo para os rendimentos de carcaça (RC), de peito (RP), de coxa (RCX), de asa (RA), de coração (RCO) e de gordura abdominal (RGA).

Tabela 5. Rendimento de carcaça, de cortes e gordura abdominal de frangos de corte de 42 dias de idade, submetidos a diferentes balanços eletrolíticos dietéticos (BED)

BED (mEq/kg)	Variáveis							
	RC	RP	RCX	RSCX	RA	RF	RCO	RGA
110	77,685	35,225	13,074	13,238	9,272	2,089	0,541	1,499
175	76,899	35,524	13,049	13,659	9,414	2,030	0,567	1,621
240	77,956	35,089	12,848	13,515	9,120	2,273	0,614	1,480
305	77,137	34,628	13,025	14,321	8,966	2,343	0,609	1,352
370	78,297	35,537	12,875	14,140	9,137	2,288	0,554	1,489
Prob, ANOVA	0,4219	0,8190	0,7645	0,0705	0,3886	0,1126	0,2660	0,7931
Regressão	ns	ns	ns	Linear <sup>a</sup>	ns	Linear <sup>b</sup>	ns	ns
Prob, regressão	-	-	-	0,0111	-	0,0257	-	-
CV	1,961	4,538	3,152	5,529	4,389	11,461	12,903	26,233

RC: rendimento de carcaça, RP: rendimento de peito, RCX: rendimento de coxa, RSCX: rendimento de sobrecoxa, RA: rendimento de asa, RF: rendimento de fígado, RCO: rendimento de coração, RGA: rendimento de gordura abdominal; ns - não significativo; <sup>a</sup>Y= 12,864 + 0,0038x, R<sup>2</sup> = 0,7594; Y<sup>b</sup> = 1,9421 + 0,0011x, R<sup>2</sup> = 0,6773.

### Parâmetros ósseos

Os resultados dos parâmetros ósseos estão apresentados na tabela 6, em que não houve nenhuma influência significativa para peso do osso fresco (POF), peso do osso seco (POS), comprimento do osso (CO), largura do osso (LO), matéria mineral (MM), índice de Seedor e resistência óssea à quebra (RO).

Tabela 6. Parâmetros ósseos de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

BED (mEq/kg)	Parâmetros ósseos						
	POF (g)	POS (g)	CO (mm)	LO (mm)	MM (%)	ISEED (mg/mm)	RO (kg)
110	23,50	10,29	109,31	11,31	35,87	33,75	38,25
175	23,66	10,57	108,60	10,56	36,40	35,38	33,01
240	24,70	10,67	109,00	10,83	35,51	33,48	37,08
305	24,51	11,00	110,89	10,70	35,61	33,88	38,04
370	23,90	10,86	111,00	10,81	35,98	35,15	41,26
Prob. ANOVA	0,751	0,727	0,531	0,266	0,936	0,819	0,540
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prob. regressão	-	-	-	-	-	-	-
CV	8,41	9,26	2,98	5,76	5,74	10,85	21,83

ns - não significativo; peso do osso fresco - POF, peso do osso seco - POS, comprimento do osso - CO, largura do osso - LO, matéria mineral - MM, Índice de Seedor - ISEED, resistência óssea - RO.

### Histomorfometria

Os diferentes balanços eletrolíticos dietéticos (BED) influenciaram significativamente ( $P < 0,05$ ) a variável, largura do vilo (LV) e não interferiram ( $p > 0,05$ ) nas variáveis altura do vilo (AV), altura e largura da cripta (AC e LC) e muscular interna e externa (MI e ME) do duodeno. No segmento do jejuno, houve regressão com efeito quadrático para a variável muscular externa (ME), e não houve efeito significativo para altura e largura do vilo (AV e AC), altura e largura de cripta (Ac e LC) e muscular interna (MI). Já no segmento íleo houve efeito significativo para largura do vilo (LV) e não houve efeito significativo para altura do vilo (AV), altura e largura da cripta (AC e LC) e muscular interna e externa (MI e ME) (tabela 7).

Tabela 7. Histomorfometria ( $\mu\text{m}$ ) do intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) de frangos de corte de 42 dias de idade alimentados com diferentes balanços eletrolíticos dietéticos

BED(mEq/kg)	AV	LV	AC	LC	MI	ME
DUODENO						
110	2010,0	211,60	298,60	20,000	42,200	185,00
175	1713,0	201,80	296,20	21,800	42,800	206,00
240	1776,0	222,67	297,29	22,714	37,000	184,29
305	1834,0	235,86	298,50	23,167	41,833	190,67
370	1967,0	261,43	330,00	23,000	41,571	199,43
Prob. ANOVA	0,4205	0,0327	0,8050	0,4370	0,6389	0,8932
Regressão	ns	Linear <sup>a</sup>	ns	ns	ns	ns
Prob. regressão	-	0,0207	-	-	-	-
CV	15,902	14,140	19,385	13,771	18,181	22,328
JEJUNO						
110	1432,5	137,50	242,25	24,750	55,000	176,25
175	1637,0	160,60	286,40	27,600	53,400	180,40
240	1512,3	160,86	277,00	26,143	56,714	202,71
305	1891,2	159,40	307,60	29,400	61,200	204,80
370	1372,7	173,00	291,29	26,143	44,286	145,71
Prob. ANOVA	0,0087	0,1583	0,6799	0,4051	0,1015	0,0893
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	Quadrática <sup>b</sup>
Prob. regressão	-	-	-	-	-	0,0411
CV	14,577	13,094	23,737	14,117	19,643	22,249
ÍLEO						
110	939,8	149,75	166,25	20,000	49,000	188,50
175	964,2	109,20	169,80	22,200	53,400	243,00
240	1005,4	131,60	207,20	24,000	50,200	226,00
305	1191,0	122,50	188,67	24,500	54,833	252,00
370	963,0	171,00	214,83	23,833	54,833	228,33
Prob. ANOVA	0,1710	0,0200	0,2114	0,2338	0,8018	0,2642
Regressão	ns	Quadrática <sup>c</sup>	ns	ns	ns	ns

Prob, regressão	-	0,0096	-	-	-	-
CV	17,903	21,543	20,098	13,782	17,766	18,946

ns - não significativo, AV – altura do vilo, LC – largura do vilo, AC – altura de criptas, LC – largura de criptas, MI – muscular interna, ME – muscular externa,  
<sup>a</sup>y= 182,17 + 0,1854x, R<sup>2</sup> = 0,6743; <sup>b</sup>y= 73,619 + 1,134x - 0,0025x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,7264; <sup>c</sup>y = 238,02 - 1,1038x + 0,0025x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,7923.

## 4 DISCUSSÃO

### *Variáveis ambientais*

Os valores das variáveis ambientais registrados e calculados durante o período experimental indicam que o ambiente térmico atingiu valores críticos, porém a média da temperatura do ar foi de 28,1°C, que é considerado dentro da faixa de conforto térmico. Abreu e Abreu (2011), indicam para aves adultas temperatura crítica inferior e superior de 15 e 32°C, respectivamente, e zona de conforto térmico entre 18 e 28°C. Os resultados também mostram ambiente de estresse por calor indicados pela amplitude térmica de 12,6°C de 22 a 33 dias e de 13,48°C no período total. Nessas condições há maior exigência fisiológica para manutenção da temperatura corporal para manutenção da homeotermia, e utilização dos mecanismos fisiológicos de adaptação de controle homeostático.

O ambiente considerado confortável para as aves, com idade de 22 a 42 dias, é o que apresenta temperatura de 26°C e ITGU entre 69 a 77, e o ambiente quente é o que apresenta temperatura de 32°C a 36°C e ITGU de 78 a 88, segundo Medeiros et al. (2005). Já de acordo com Maganeli, et al. (2010), frangos de corte acima de 15 dias de idade sofrem desconforto em ambientes com ITGU superiores a 75. Dessa forma, no presente estudos os Índices de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) estiveram dentro do que é considerado confortável para os animais, de acordo com esses autores, que foi de 76. A umidade relativa do ar (UR) durante todo período experimental variou entre 28,24 e 65,10% com média de 46,67% que é considerado abaixo do ideal Segundo Medeiros et al. (2005) que indicaram UR ideal entre 50 e 70%, mas para Abreu e Abreu (2011), ressaltam que, independentemente idade da ave, a UR deve permanecer entre 60 e 70%. Assim, é importante ressaltar que o ambiente não foi controlado tecnologicamente e os animais permaneceram períodos de conforto, desconforto ou próximos da zona crítica, considerando as oscilações das condições ambientais naturais.

### *Consumo de água e desempenho zootécnico*

O consumo de água é maior em ambientes quentes, pois a água é um excelente condutor de calor corporal e é eficientemente utilizada nos processos de perda de calor corporal nas aves. Outro fator importante que contribui para aumento no consumo de água é a concentração de eletrólitos para elevar ou reduzir o BED. Assim, quando a ingestão de íons aumenta, a ingestão de água também aumenta para proteger o intestino e facilitar a excreção (Suttle e Field, 1967, Suttle 2010).

Neste estudo, é possível que o efeito quadrático dos tratamentos para o consumo de água com pontos de mínima de mínima oscilando entre 175 a 240 mEq/kg (tabela 3) tenha ocorrido em virtude da relação entre os íons na ração, em função dos ajustes nas dietas para alcançar o equilíbrio eletrolítico (tabela 1 e 2).

Mogin (1981) também enfatiza que as dietas devem conter não apenas um equilíbrio adequado de eletrólitos, dado pela diferença ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ ), mas também adequada relação entre eletrólito  $[(\text{K}^+) + (\text{Cl}^-) / \text{Na}^+]$ , com o objetivo de manter homeostase ácido-base e, portanto, desempenho ideal (Gazen et al., 2005). Segundo Gamba et al. (2015) em condições termoneutras, o balanço eletrolítico (BE) de 250 mEq/kg e uma relação eletrolítica (RE) de 3 são recomendados, enquanto sob estresse por calor e BE de 350 mEq/kg e uma RE de 3 devem ser aplicados. De acordo com a fórmula de Mogin (1981) em que a relação eletrolítica (ER) =  $[(\text{K}^+) + (\text{Cl}^-) / \text{Na}^+]$  observa-se em nosso estudo uma relação de 8,75; 7,36; 6,66; 5,36 e 4,39 para 110; 175; 240; 305 e 370 mEq/kg, respectivamente.

Borges et al., (2003) verificaram que BED de 240 proporcionou maior consumo de água, ganho de peso e consumo de ração em comparação com os tratamentos com BED de 0, 130, e 145 mEq/kg. Quando compararam os valores de BED de 240 e 360 mEq/kg, verificaram aumento significativo do consumo de água e conversão alimentar. De acordo com os autores, o aumento linear no consumo de água com o aumento do BED resultou em menor temperatura retal, indicando a eficiência da água nos processos de perda de calor corporal.

Os efeitos dos diferentes BED foram observados somente no consumo de água, que teve um comportamento quadrático, com reduções significativas com o BED de 200 mEq/kg (ponto de mínima da equação) na fase de 22 a 33 dias de 229 mEq/kg (ponto de mínima da equação) e aumentos com os níveis, mais baixo (110 mEq/kg) e mais alto (370 mEq/kg), na fase total.

O aumento de 10913,3 ml para 12968,1 ml observado neste estudo (tabela 3) nos tratamentos 240, 305 e 375 mEq/kg, ocorreu porque a presença de Na<sup>+</sup> estimulou o consumo de água, em função dos ajustes feitos nas dietas para alcançar os BED dos tratamentos (Tabelas 1 e 2). O mesmo efeito ocorreu quanto a presença do cloro, que em maiores concentrações nas dietas resultam em aumento no consumo de água, em que os ajustes foram feitos para redução do BED. Esse comportamento foi mais bem observado nos tratamentos com maior BED, e pode desencadear diferenças na absorção de minerais, e resultar em dificuldades para manter o equilíbrio ácido básico, visto que o estresse leva ao aumento no CAg, maior excreção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, bicarbonato e aumento da concentração de H<sup>+</sup>, levando a condição de desequilíbrio ácido-básico (Furlan et al., 2002).

O efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de frangos de corte é esperado, pois as aves são muito sensíveis às variações climáticas do ambiente de criação. É verificado uma redução de aproximadamente 20% a 30% no ganho de peso em aves que são criadas em ambientes quentes em comparação com aves criadas em ambientes termoneutros (Cooper e Washburn, 1998).

A redução no ganho de peso das aves está diretamente ligada à diminuição do consumo de ração a partir da temperatura de 19,1°C (Matos et al., 2011) em aves adultas. Níveis maiores de sódio na dieta de aves criadas em clima quente reduz o consumo de ração (Assunção, et al., 2017). Altas temperaturas demandam mais energia e nutrientes, no entanto esta redução no consumo de ração em função das altas temperaturas pioram o desempenho e alteram o equilíbrio eletrolítico, sendo necessária a alteração de energia, nutrientes e minerais, pois nessas condições causam desequilíbrio eletrolítico.

As alterações nos minerais sódio, cloro e potássio não promoveu influência sobre o desempenho zootécnico das aves criadas em ambiente natural, apesar do período de estresse térmico, o diferentes BED não foi suficiente para promover aumento no ganho de peso, consumo de ração e melhor conversão alimentar. Os resultados deste estudo estão de acordo com os de Matos et al. (2011), que não encontraram efeito positivo sobre o consumo de ração de frangos alimentados com dietas com ajustes eletrolítico e submetidos a estresse natural e com os estudos de Borgatti, et al. (2004), que não observaram efeito significativo ao testarem diferentes BED (210, 250, 290, 330) em dietas para frangos de corte sob condições de altas temperaturas na fase de 22-42 dias. Oliveira et al. (2016) também não encontraram efeito significativo do balanço eletrolítico de 350mEq/kg nas dietas de frangos de corte aos 42 dias, porém encontrou aumento no peso das aves aos 35 dias de idade. Szabo et al. (2011), verificaram efeito negativo sobre

o desempenho de frangos de corte aos 35 dias com balanços eletrolíticos mais baixos (25 e -50 mmol/kg).

Os eletrólitos são usados para aumentar a ingestão de íons específicos, com o objetivo de prevenir as variações no equilíbrio ácido-básico e reduzir os efeitos negativos das altas temperaturas sobre o desempenho aves (Macari et al., 2002). Neste experimento não foram encontradas diferenças sobre o desempenho, possivelmente porque não houve um estresse por calor contínuo, pelo fato de o experimento ter sido desenvolvido em galpão aberto, em que as aves estiveram expostas as variações naturais, mantendo-se as cortinas abertas durante todo período de estudo. De acordo com Borges et al. (2003), a dieta com alto DEB com 360 mEq/kg resultou em baixo desempenho, maior umidade da cama e alcalose respiratória, que foi demonstrado pelo maior pH sanguíneo e HCO<sub>3</sub> em comparação com as aves controle. Um declínio não ajustado no DEB de 230 para 120 mEq/kg não influenciou o desempenho das aves de acordo com Peter et al. (2020)

#### *Rendimento de carcaça*

Segundo Oliveira et al. (2006) o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade são prejudicados em altas temperaturas, sendo esses efeitos mais acentuados com o aumento da umidade relativa do ar. Uma prática utilizada para reduzir os efeitos negativos do estresse por calor em frangos de corte é a manipulação de balanço eletrolítico dietético, pois nessas condições há maior demanda dos eletrólitos Na, Cl e K nos processos para manutenção da homeotermia.

Neste estudo os animais estiveram fora da zona de conforto por um período, no entanto essas condições não foram suficientes para interferir nos rendimentos de carcaça, peito, coxa, asa, coração e gordura abdominal, o que sugere que os frangos foram tolerantes às alterações do BED.

Porém, houve efeito linear crescente sobre o rendimento de sobrecoxa. Este resultado pode ser relacionado ao teor de cloro nos tratamentos, pois com o menor BED (110 mEq/kg), obteve-se a maior a maior porcentagem de cloro (0,764%). Outros apresentaram concentrações menores de cloro (0,559%). De acordo com Vieites et al. (2008), o excesso de cloro nas rações de frangos de corte pode prejudicar o peso vivo ao abate, o peso da carcaça e de suas partes. Os autores recomendam BED iguais ou acima de 200 mEq/kg considerando o rendimento dos cortes nobres. Já Borges et al., (2003a) não encontraram efeito significativo para rendimentos de carcaça, peito, coxa, sobrecoxa,

asas, fígado, coração e dorso de frangos de corte sob condições ambientais de altas temperaturas e BED de 0, 120, 240, e 360 mEq/kg.

É possível que o efeito linear crescente dos tratamentos para rendimento de fígado (RF) tenha ocorrido devido ao estresse sofrido nas horas mais quente do dia. De acordo com Plavnik e Yahav (1998), aves que são expostas ao calor podem apresentar uma redução do peso relativo do fígado e em função da redução na atividade metabólica, ou seja, essa diminuição do peso do fígado em função do peso da carcaça pode ser explicada como importante resposta dos frangos a estresse. Sob estresse por calor a ave não teve um suprimento de eletrólitos suficiente para manter o equilíbrio eletrolítico com os menores níveis de BED, reduzindo dessa forma a atividade metabólica desses minerais, resultando em menor peso desse órgão.

#### *Parâmetros ósseos*

Os resultados deste estudo estão de acordo com Oliveira et al. (2010), que ao testar BED de 200, 240, 280 e 320 mEq/kg, não verificaram efeito significativo sobre o peso, comprimento, diâmetro, densidade, peso relativo e índice peso/comprimento do osso de frangos de corte aos 38 dias de idade. Vieites et al. (2004) também não observaram interação do BE com o teor de cinzas e resistência nos ossos de frangos.

As alterações que poderiam influenciar essas características ósseas, estão ligadas ao cálcio, pois o osso funciona como sistema tamponante para o controle ácido básico dos fluidos corporais (Oliveira et al., 2010), que para corrigir o pH, ocorrem a liberação de cátions do osso para o sangue, sendo o cálcio também participante nesse processo. A menor mineralização, menor peso, menor densidade e índice de peso/comprimento estão relacionadas com as perdas desse mineral na regulação do pH. De acordo com Riond (2001), a dissolução mineral seguida da reabsorção óssea na acidose metabólica, ocorrem devido a maior excreção de cálcio pelos rins. Contudo, neste estudo os valores de BED analisados nesse estudo (110 até 370 mEq/kg) não interferiu no metabolismo ósseo de frangos de 42 dias de idade, o que sugere que os frangos foram tolerantes às alterações de BED.

#### *Histomorfometria*

O estresse pode causar alterações intestinais influenciando a digestão e absorção de nutrientes (Quintero-Filho et al., 2010). Aves submetidas ao estresse térmico agudo de 30°C por 24 horas apresentaram redução das profundidades das criptas do íleo, sem interferir na altura do vilão e na relação vilão:cripita (Burkholder et al., 2008). Mitchell e

Carlisle (1992) avaliaram a histomorfometria em aves estressadas pelo calor e verificaram diminuição de 19% na altura de vilos e no peso do jejuno.

Os dados climáticos deste experimento, mostraram que as condições ambientais foram de conforto térmico para as aves e por isso o BED não influenciou na maioria das variáveis analisadas. Assim em ambiente com temperaturas variando de 21,36 e 34,84°C, não alteram a altura do vilo, altura largura da cripta e da muscular interna, dessa forma a justificativa para equilibrar os eletrólitos da dieta seria as condições de desconforto ambiental. Segundo Quintero-Filho et al. (2010) o estresse térmico de 31 e 36°C não induziu nenhuma alteração na altura de vilos e criptas de frangos e atribui esse resultado à rápida renovação da mucosa intestinal.

Nos vilos, ocorrem principalmente a digestão e absorção e quaisquer alterações, em função do ambiente ou da dieta, podem interferir na utilização dos nutrientes pelos animais. A temperatura ideal na última semana de criação é entre 18 e 28°C para que o animal permaneça em conforto térmico. Porém, considerando as variações de 24 horas, percebe-se que o animal passou por horas de conforto e horas de estresse por calor, assim, os animais ao ajustarem o consumo de ração em função da temperatura, simultaneamente ajustaram a utilização dos eletrólitos. Burkholder et al. (2008) demonstraram que a estrutura epitelial é substituída em menos de 36 h após uma situação estressante. Portanto o efeito da rápida renovação celular pode explicar os resultados nesse experimento, observando-se influência do BED apenas na largura do vilo do duodeno e íleo, e na muscular externa do jejuno.

Os minerais podem ser absorvidos em todo o intestino delgado, mas principalmente na região do jejuno e íleo, e a estrutura dos vilos no duodeno se diferencia em relação ao jejuno e íleo, sendo maiores e menos espessos no duodeno. O BED não ajustado reduz a absorção de outros nutrientes no jejuno de acordo com Peter et al. (2020) que verificaram que a redução de 110 mEq/kg no BED, deprimiu significativamente as digestibilidades jejunal de aminoácidos.

Os efeitos do BED na largura do vilo (duodeno e íleo) e muscular (jejuno), é uma resposta adaptativa morfológica, que pode ocorrer em todo as porções do intestino delgado (Mitchell e Carlisle, 1992), mas que não podem ser inferidas sobre a função de absorção de nutrientes, pois se assim fosse, resultaria em efeito positivo ao desempenho animal.

## 5 CONCLUSÃO

Os diferentes BED não afetam o desempenho zootécnico e parâmetros ósseos de frangos de 22 a 42 dias de idade. Contudo BED entre 175 e 240 mEq/kg proporcionaram menor consumo de água.

Verificou-se que aumentos de BED proporcionaram aumento no rendimento de coxa, fígado e largura dos vilos do duodeno, mas a musculatura externa do jejuno apresentou maior espessura em 227 mEq/kg com menor largura de vilo no íleo em 220,8 mEq/kg.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, S. A.; SILVA, A. V. F.; ARIKI, J.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Dietary Electrolyte Balance for Broiler Chickens Under Moderately High Ambient Temperatures and Relative Humidities. **Poultry Science** 82:301–308, 2003.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Rev. Bras. Zootec.**, v.40, p.1-14, 2011.

ASSUNÇÃO, A. S. A.; MARTINS, R. A.; LIMA, H. J. D.; MARTINS, A. C. S.; SOUZA, L. A. Z. Níveis de sódio na ração de poedeiras semipesadas após o pico de postura criadas em clima quente. **Bol. Ind. Anim.**, Nova Odessa, v.74, n.1, p.36-44, 2017.

BORGATTI, L. M. O.; ALBUQUERQUE, R.; MEISTER, N.C. et al. Performance of broilers fed diets with different dietary electrolyte balance in summer conditions. **Braz. J. Poult. Sci.**, v.6, p.153-157, 2004.

BURKHOLDER, K. M.; THOMPSON, K. L.; EINSTEIN, M. E.; APPLGATE, T. J.; PATTERSON, J. A. Influence of Stressors on Normal Intestinal Microbiota, Intestinal Morphology, and Susceptibility to Salmonella Enteritidis Colonization in Broilers. **Poultry Science** 87:1734–1741. 2008.

COOPER, M.A.; WASHBURN, K.W. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. **Poultry Science**, v.77, p.237-242, 1998.

FURLAN, R.L.; SILVA, A.V.F.; BORGES, S.A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: Macari, M.; Furlan, R.L.; Gonzales, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p.51-73. 2002.

GEZEN, S.S.; EREN, M.; DENIZ, G. The effect of different dietary electrolyte balances on eggshell quality in laying hens. **Revue Méd. Vét.**, v. 156, p. 491-497, 2005.

MATOS, M. B.; FERREIRA, R. A.; COUTO, H.P.; SAVARIS, V.D.L.; SOARES R.T.R.N.; OLIVEIRA, N.T.E. Balanço eletrolítico da dieta e desempenho de frangos em condições naturais de estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.6, p.1461-1469, 2011.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Rev. Eng. Agric.**, v.13. p.277-286, 2005.

MENEGALI, I.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; CORDEIRO, M. B.; GUIMARÃES, M. C. C. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no Sul do Brasil. **Engenharia na agricultura**, v.18 n.6, 2010.

MITCHELL, M. A.; CARLISLE, A. J. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). **Conrpt. Biochem. Physiol.** Vol. 101A, No. I. pp. 137-142, 1992.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Proc. Nutr. Soc.**, v.40, p.285-294. 1981.

OLIVEIRA, M. C.; ARANTES, U. M.; STRINGHINI, J. H. Efeito do balanço eletrolítico da ração sobre parâmetros ósseos e da cama de frango. **Biotemas**, 23 (1): 203-209, 2010.

OLIVEIRA, P. M.; FARIA JÚNIOR, M. J. A.; GARCIA NETO, M. Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.68, n.3, p.739-747, 2016.

PAIVA, J. G. A.; CARVALHO, S. M. F.; MAGALHAES, M. P.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Verniz vitral incolor 500. Uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botânica Brasileira**. vol.20, ed 2, p257-264. 2006.

PETER, V.; C.; AMY, F. M.; ALI, K.; VICTOR, D. N.; PETER, H. S.; SONIA, Y. L. Effects of reduced crude protein levels, dietary electrolyte balance, and energy density on the performance of broiler chickens offered maize-based diets with evaluations of starch, protein, and amino acid metabolism. **Poultry Science** 99:1421–1431, 2020.

PLAVNIK, I.; YAHAV, S. Effect of environmental temperature on broiler chickens subjected to growth restriction at an early age. **Poult. Sci.**, v.77, p.870-872, 1998.

PROPHET, E. B.; MILLIS, B.; ARRINGTON, J. B.; SOBIN, L. H. Laboratory methods in histotechnology. Washington: **America Registry of Pathology**. P 275. 1992.

QUINTEIRO-FILHO, W. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M. L.; SAKAI, M.; SÁ, L. R. M.; FERREIRA, A. J. P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science** 89 :1905–1914. 2010.

RIOND, J. L. Animal nutrition and acid-base balance. **European Journal of Nutrition**, 40 (5): 245-254. 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 Ed. Editora UFV, 488p. 2017.

SEEDOR, J. G. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. **J. Bone Miner. Res.**, v.4, p.265-270, 1993.

SILVA F. C. **Manual de análises químicas de solos e fertilizantes**. Segunda edição revisada e ampliada. Editora: Embrapap. 201- 218. 2009.

SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock**. In N. Suttle (Ed.), Mineral Nutrition of Livestock: Fourth Edition (4 ed.). CABI. 2010.

SUTTLE, N.F.; FIELD, A.C. Studies on magnesium in ruminant nutrition. 8. Effect of increased intakes of potassium and water on the metabolism of magnesium, phosphorus, sodium, potassium and calcium in sheep. **British Journal of Nutrition** 21, 819–826. 1967.

SZABÓ, J.; VUCSKITS, A. V.; ANDRÁSOF SZKY, E.; BERTA, E.; BERSÉNYI, A.; BÖRZSÖNYI, L.; PÁLFI V.; HULLÁR, I. Effect of dietary electrolyte balance on production, immune response and mineral concentrations of the femur in broilers. **Acta Veterinaria Hungarica**, 59(3):295-310, 2011.

VIEITES, F. M.; CONTE, A. J.; CARVALHO, C. F.; ARAÚJO, G. M.; CARAMORI JÚNIOR, J. G. Variação aniônica na dieta sobre o peso absoluto e rendimento de carcaça e cortes nobres de frangos de corte na região sul de Mato Grosso. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.4, p. 762-769, out/dez, 2008.

VIEITES, F. M.; MORAES, G. H. K.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, F. Á.; ATENCIO, A. Balanço Eletrolítico e Níveis de Proteína Bruta sobre Parâmetros Sanguíneos e Ósseos de Frangos de Corte aos 21 Dias de Idade. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, p.1520-1530, 2004.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estresse térmico afeta negativamente a produção animal e por isso é essencial o conhecimento das perdas endógenas pelos processos fisiológicos de perda de calor, durante o estresse térmico.

Ajustes dos eletrólitos devem ocorrer nas condições de estresse por calor, para reduzir as perdas produtivas e favorecer o aproveitamento de nutrientes e expressão do máximo potencial dos animais.

O detalhamento das variáveis ambientais da região de criação, auxilia no melhor ajuste nutricional, pois sob condições de estresse por calor, ocorrem distúrbios no equilíbrio ácido-básico dos fluidos corporais, com alterações no pH (alcalose respiratória). Essas alterações são resultantes da utilização de processos fisiológicos de manutenção da temperatura corporal com maior exigência de eletrólitos nesses processos. Equilibrar os BED em função da temperatura é necessário para reduzir os efeitos negativos do estresse por calor sobre o desempenho produtivo.