

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTAS RESPIRATÓRIAS À HIPÓXIA E  
HIPERCAPNIA DE FRANGOS DE CORTE PROVENIENTES  
DE OVOS INCUBADOS EM DIFERENTES  
TEMPERATURAS**

**Aretuza Carregari Capalbo  
Bióloga**

**2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTAS RESPIRATÓRIAS À HIPÓXIA E  
HIPERCAPNIA DE FRANGOS DE CORTE PROVENIENTES  
DE OVOS INCUBADOS EM DIFERENTES  
TEMPERATURAS**

**Aretuza Carregari Capalbo**

**Orientadora: Profa. Dra. Luciane H. Gargaglioni Batalhão**

**Co-orientadora: Dra. Lilian Francisco Arantes de Souza**

**Dissertação apresentada à  
Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias – Unesp, Campus de  
Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do  
título de Mestre em Zootecnia.**

**2013**

C236r Capalbo, Aretuza Carregari  
Respostas respiratórias à hipóxia e hipercapnia de frangos de corte  
provenientes de ovos incubados em diferentes temperaturas / Aretuza  
Carregari Capalbo. -- Jaboticabal, 2013  
vii, 55p.: il.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013  
Orientadora: Luciane Helena Gargaglioni Batalhão  
Banca examinadora: Lizandra Amoroso, Mirela Dias Barros  
Bibliografia

1. Aves. 2. Hipercapnia. 3. Hipóxia. 4. Incubação 5. Temperatura 6.  
Ventilação. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias.

CDU 636.5

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** RESPOSTAS RESPIRATÓRIAS À HIPÓXIA E HIPERCAPNIA DE FRANGOS DE CORTE PROVENIENTES DE OVOS INCUBADOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

**AUTORA:** ARETUZA CARREGARI CAPALBO

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. LUCIANE HELENA GARGAGLIONI BATALHÃO

**CO-ORIENTADORA:** Profa. Dra. LILIAN FRANCISCO ARANTES DE SOUZA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. LUCIANE HELENA GARGAGLIONI BATALHÃO

Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO

Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. MIRELA BARROS DIAS

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Botucatu/SP

Data da realização: 16 de agosto de 2013.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ARETUZA CARREGARI CAPALBO** – nascida na cidade de Jaboticabal - SP, aos 05 dias do mês de junho do ano de 1983, filha de Domingos Aparecido Capalbo e Ligia Antônia Carregari Capalbo. Em dezembro de 2006, graduou-se em Ciências Biológicas pela Faculdade de Educação São Luís de Jaboticabal - SP. Também pela mesma Faculdade foi pós-graduado em Educação Ambiental no ano de 2007. Em 2009 iniciou sua carreira profissional como Professora da Faculdade de Educação São Luís na cidade de Jaboticabal-SP, no qual é responsável por algumas disciplinas como Fisiologia Animal, Metodologia Científica e Atividades Científicas Culturais. Em agosto de 2011, ingressou no curso de Pós-graduação em Zootecnia, junto à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, área de concentração em Zootecnia, em nível de Mestrado.

“É melhor atirar-se em luta, em busca de dias melhores, do que permanecer estático como os pobres de espírito, que não lutaram, mas também não venceram. Que não conheceram a glória de ressurgir dos escombros. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra, não agradecem à Deus por terem vivido, mas desculpam-se diante dele, por simplesmente, haverem passado pela vida.”

*Bob Marley*

“Lembre-se da sabedoria da água: ela nunca discute com um obstáculo, simplesmente o contorna.”

(Augusto Cury)

Aos meus pais **LIGIA** e **DOMINGOS** (sempre presente), meus irmãos **ALESSANDER** e **ANDERSON**, minhas cunhadas **KEILA** e **JULIA**, a minha sobrinha **MARIA** que é minha maior inspiração e a toda minha família que sempre estiveram presente em todos os momentos. Agradeço imensamente e dedico aos meus amigos **FERNANDO FRACHONE NEVES** e **JANAÍNA FERNANDA GONÇALVES NETO** que tanto os admiro pela ética profissional, pelas condutas que sempre me ensinam a ser uma pessoa melhor e foram fundamentais nessa conquista e por todo o incentivo durante esses dois anos.

MUITO OBRIGADO !!!

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo sentido da vida, por me amparar nos momentos difíceis, me dar forças para superar as dificuldades, serenidade para aceitar as coisas que não posso mudar e capacidade, sabedoria nas horas que mais necessito.

Aos meus pais, meus irmãos, minhas cunhadas e minha sobrinha, pelo incentivo, pela dedicação e ajuda durante todo esse tempo.

À grande mestre e amiga, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciane Helena Gargaglioni Batalhão, pela confiança, oportunidade e principalmente, pelo exemplo de luz, fibra, coragem, humildade e principalmente pela orientação.

Meu muito obrigado à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kênia Cardozo Bicego, por toda dedicação, orientação e por estar presente em vários momentos do desenvolvimento desse trabalho.

Aos grandes amigos Janaína Fernanda Gonçalves Neto, Vinicius Moreno Godoi e Fernando Frachone Neves pela confiança, incentivo que foi fundamental para realização dessa etapa e principalmente pelo exemplo de coragem, humildade e fibra.

Agradeço aos amigos de trabalho da Faculdade de Ciências Biológicas da Faculdade de Educação São Luís, por todo carinho e grandes ensinamentos.

Meu muito obrigado às pessoas que foram essenciais para realização desse trabalho, que me ensinaram muito e foram pacientes comigo a todo o momento, Lilian, Lívia, Eduardo, Débora, Fabrício, Fernando, Euclides, obrigado por toda ajuda e ensinamento durante todo esse período.



Aos queridos amigos do Laboratório de Fisiologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal (FCAV-UNESP), Camila, Lucas, Vivian, Carol, Danuzia, Valter, Bruno, Carol Silva, Victor, Gabriela, Débora, Lays, Elisa, Mariane, Luana, Livia, Paula meu muito obrigado por tudo e em especial ao Luis Gustavo Alexandre Patrone, que em muito me ensinou e ajudou nas horas mais difíceis.

Aos ANIMAIS, que com suas vidas proporcionam o avanço da ciência consciente.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>iv</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>v</b>
RESUMO .....	<b>vi</b>
ABSTRACT .....	<b>vii</b>
INTRODUÇÃO .....	<b>01</b>
REVISÃO DE LITERATURA.....	<b>03</b>
Avicultura e Incubação .....	<b>03</b>
Temperatura e Parâmetros da Incubação.....	<b>04</b>
Sistema Respiratório em Aves .....	<b>07</b>
OBJETIVOS .....	<b>10</b>
MATERIAL E MÉTODOS .....	<b>11</b>
1. FASES DE INCUBAÇÃO E CRIAÇÃO .....	<b>11</b>
2. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS .....	<b>12</b>
2.1. PARÂMETROS DA INCUBAÇÃO .....	<b>12</b>
2.1.1 Perda de peso dos ovos .....	<b>12</b>
2.1.2 Eclosão e Eclodibilidade.....	<b>12</b>
2.1.3 Bicagem Interna e Externa e Nascimento .....	<b>12</b>
2.1.4 Avaliação dos Neonatos.....	<b>13</b>
2.2. FASES DE CRIAÇÃO.....	<b>14</b>
2.2.1 DETERMINAÇÃO DA VENTILAÇÃO ( $V_E$ ) .....	<b>14</b>
2.3 MEDIDAS DE TEMPERATURA CORPORAL .....	<b>15</b>
2.4. PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS .....	<b>15</b>
2.4.1. Efeito da temperatura controle na incubação sobre a ventilação e temperatura corporal, durante normocapnia, hipercapnia e hipóxia de frangos ao de 10 <sup>o</sup> e 20 <sup>o</sup> dias de idade .....	<b>15</b>
2.4.2. Efeito do aumento de temperatura na incubação sobre a ventilação e temperatura corporal, durante normocapnia, hipercapnia e hipóxia de frangos ao 10 <sup>o</sup> e 20 <sup>o</sup> dias de idade.....	<b>16</b>
2.4.3. Efeito da diminuição da temperatura na incubação sobre a ventilação e temperatura corporal, durante normocapnia, hipercapnia e hipóxia de	

frangos ao 10 <sup>o</sup> e 20 <sup>o</sup> dias de idade.....	16
2.5 COLETA DE PULMÃO E CORAÇÃO .....	16
2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	17
3. RESULTADOS .....	17
3.1. Parâmetros de incubação .....	17
3.2. Parâmetros respiratórios .....	19
3.2.1 - Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipóxia no 10 <sup>o</sup> dias de idade .....	19
3.2.2 - Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipóxia no 20 <sup>o</sup> dias de idade .....	22
3.2.3 - Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipercapnia no 10 <sup>o</sup> dias de idade .....	24
3.2.4 - Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipercapnia no 20 <sup>o</sup> dias de idade .....	26
3.2.5 – Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipóxia no 10 <sup>o</sup> dias de idade.....	28
3.2.6 – Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipóxia no 20 <sup>o</sup> dias de idade .....	29
3.2.7 – Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipercapnia no 10 <sup>o</sup> dias de idade .....	30
3.2.8 – Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipercapnia no 20 <sup>o</sup> dias de idade .....	31
4. DISCUSSÃO .....	33
4.1. Incubação .....	33
4.2. Efeito da Hipóxia durante a resposta respiratória em animais de 10 e 20 dias.....	36
4.3. Efeito da Hipercapnia durante a resposta respiratória em animais de 10 e 20 dias .....	38
4.4. Efeito da Hipóxia e Hipercapnia sobre a temperatura corporal em animais de 10 e 20 dias .....	39
5. CONCLUSÃO .....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Jaboticabal



## CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

### CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 026367/11 do trabalho de pesquisa intitulado "**Avaliação das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas de frangos de corte incubados em diferentes temperaturas**", sob a responsabilidade da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciane Helena Gargaglioni Batalhão está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião extraordinária de 18 de maio de 2012.

Jaboticabal, 21 de maio de 2012.



**Prof. Dr. Andriago Barboza De Nardi**  
**Coordenador - CEUA**

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Esquemas de temperatura de incubação durante o período experimental.....	<b>11</b>
<b>Tabela 2.</b> Atribuição dos escores a diferentes parâmetros observados.....	<b>13</b>
<b>Tabela 3.</b> Eclusão (ECS), eclodibilidade (ECD), peso dos pintainhos (PPI), perda de peso dos ovos (PP) e qualidade do pintainho (QL) de ovos incubados em diferentes temperaturas.....	<b>17</b>
<b>Tabela 4.</b> Tempo médio de bicagem interna (TMBI), de bicagem externa (TMBE) e de incubação (TMIN), duração da bicagem interna (DBI), da bicagem externa (DBE) e da incubação (DIN) de ovos incubados em diferentes temperaturas.....	<b>18</b>
<b>Tabela 5.</b> Peso das aves (PPA), peso do pulmão (PP), peso do coração (PC), peso relativo do coração (PRC) e peso relativo do pulmão (PRP) de frangos de corte de 10 dias de idade.....	<b>18</b>
<b>Tabela 6.</b> Peso das aves (PPA), peso do pulmão (PP), peso do coração (PC), peso relativo do coração (PRC) e peso relativo do pulmão (PRP) de frangos de corte de 20 dias de idade.....	<b>19</b>
<b>Tabela 7.</b> Média dos valores de temperatura corporal de frangos de corte de 10 e 20 dias de idade expostos à hipóxia e hipercapnia incubados em temperatura controle (37,5°C), quente (38,5°C) e frio (36,5°C).....	<b>32</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 10 <sup>o</sup> dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória (fR) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipóxia.....	<b>21</b>
<b>Figura 2.</b> Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 20 <sup>o</sup> dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória (fR) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipóxia.....	<b>23</b>
<b>Figura 3.</b> Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 10 <sup>o</sup> dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória (fR) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipercapnia.....	<b>25</b>
<b>Figura 4.</b> Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 20 <sup>o</sup> dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória (fR) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipercapnia.....	<b>27</b>
<b>Figura 5.</b> Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipóxia no 10 <sup>o</sup> dias de idade.....	<b>28</b>
<b>Figura 6.</b> Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipóxia no 20 <sup>o</sup> dias de idades.....	<b>29</b>
<b>Figura 7.</b> Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipercapnia no 10 <sup>o</sup> dias de idade.....	<b>30</b>
<b>Figura 8.</b> Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipercapnia no 20 <sup>o</sup> dias de idade.....	<b>31</b>

## RESPOSTAS RESPIRATÓRIAS À HIPÓXIA E HIPERCAPNIA DE FRANGOS DE CORTE PROVENIENTES DE OVOS INCUBADOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

**RESUMO** - A temperatura é um dos requerimentos fisiológicos fundamental para o bom desenvolvimento embrionário de aves. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de alterações da temperatura de incubação sobre parâmetros da incubação (perda de peso dos ovos, eclosão e eclodibilidade, bicagem interna, externa e nascimento e avaliação dos neonatos), ventilação ( $V_E$ ), temperatura corporal ( $T_C$ ) e peso do pulmão e peso do coração em condições basais, e após a exposição à hipóxia (10% $O_2$ ) ou à hipercapnia (7% $CO_2$ ) de frango de corte. Foram incubados ovos férteis de matrizes da linhagem Cobb<sup>®</sup>, com 44 semanas de idade, procedentes de incubatório comercial, de acordo com os seguintes tratamentos: ovos incubados em condições normais de temperatura (37,5°C); com temperatura elevada (38,5°C) por 10 dias finais de incubação e com temperatura reduzida (36,5°C) por 10 dias finais da incubação. Durante a incubação foi observado que a temperatura não afetou eclosão e eclodibilidade. A perda de peso foi maior nos animais incubados em temperatura quente e menor em temperatura fria. A temperatura não influenciou na qualidade dos pintainhos, contudo, ovos incubados em temperatura quente apresentaram redução no tempo de nascimento diferente da temperatura fria que prologa o tempo. Após a eclosão, os animais foram mantidos à temperatura 37,5°C no 10<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias de idade e foram avaliados os parâmetros respiratórios e peso do pulmão e coração. Os animais de 10 dias incubados em temperatura fria apresentaram maior resposta ventilatória à hipóxia do que animais incubados em temperatura quente, o que não ocorreu nos animais de 20 dias. Em hipercapnia houve diferença entre os tratamentos tanto em animais de 10 e 20 dias, sendo que animais incubados em temperatura fria apresentaram maior resposta ventilatória com 10 dias e 20 dias comparados ao controle. A hipóxia causou queda da  $T_C$  em todos os grupos, contudo a queda foi menor aos 30min nos animais incubados em temperatura quente. A hipercapnia causou que de  $T_C$  nos animais de 10 dias de idade. O peso do pulmão e coração foram menores nos animais de 10 dias incubadas em temperatura quente e fria, sem diferença nos animais de 20 dias. Portanto, a temperatura de incubação influencia os parâmetros de incubação como perda de peso dos ovos, eclosão e eclodibilidade, bicagem interna, externa e nascimento e avaliação dos neonatos, a resposta ventilatória dos animais e o peso do pulmão e coração.

**Palavras-chave:** aves, hipercapnia, hipóxia, incubação, temperatura, ventilação.

## **RESPIRATORY RESPONSES TO HYPOXIA AND HYPERCAPNIA OF BROILERS FROM EGGS INCUBATED AT DIFFERENT TEMPERATURES.**

**ABSTRACT** - The physiological requirements, like temperature, are essential for adequate embryonic development of birds. The aim of this study was to evaluate the effect of changes in temperature on incubation and hatching parameters (eggs' weight loss, hatch and hatchability, internal and external pipping and birth and evaluation of newborns), ventilation ( $V_E$ ), body temperature ( $T_c$ ) and weight of lungs and heart of broilers in basal conditions and after exposure to hypoxia (10%O<sub>2</sub>) or hypercapnia (7%CO<sub>2</sub>). Fertile eggs were incubated arrays Cobb® with 44 weeks old, coming from commercial hatchery, according to the following treatments: eggs incubated at normal temperature (37.5°C), high temperature (38.5°C) and reduced temperature (36.5°C) at 10 final days of incubation. It was observed during incubation that the temperature did not affect hatchability and hatching. The weight loss was greater in animals incubated in high temperature and smaller in warm temperature. The temperature did not affect the quality of the chicks; however, incubated eggs in high temperature decreased the time of birth and cold temperature prolong that time. After hatching, the animals were kept at thermoneutral temperature and between 10 and 20 days old respiratory parameters, the weight of heart and lungs were assessed. Animals of 10 days old incubated in cold temperature had higher ventilatory response to hypoxia than animals incubated in warm temperature, which did not occur in animals of 20 days old. In hypercapnia, there was no difference between treatments in animals of 10 and 20 days old, whereas animals incubated in cold temperature had higher ventilatory response in 10 days and 20 days old compared to control. Hypoxia caused a decrease in  $T_c$  in all groups, but the fall was lower at 30 min in animals incubated in warm temperature. Hypercapnia  $T_c$  caused to the animals 10 days of age. The weight of lungs and heart were lower in animals of 10 days old incubated in warm and cold temperature, with no difference in 20 days old animals. Therefore, the temperature of incubation influences the incubation parameters such as weight loss of the eggs, hatch and hatchability, external and internal pipping, birth and evaluation of newborns, the ventilatory response of the animals and the weight of lungs and heart.

**Keywords:** chicken; hypercapnia; hypoxia; incubation; temperature; ventilation.



## INTRODUÇÃO

A indústria avícola mostra grandes avanços na produção seguindo o crescimento populacional e a demanda do consumo por alimentos. O melhoramento genético e a busca constante para aprimorar o desempenho de frangos de corte são avanços fundamentais para a produção. Havenstein et al. (2003) mostraram a evolução do desempenho de frangos de corte nas últimas décadas, evidenciando aumento no peso vivo, melhora na conversão alimentar, redução da mortalidade e drástica redução na idade ao abate.

Nos últimos 30 anos, a produção de carne de frango superou a produção de carne bovina e suína, sendo que a carne de frango mostra vários aspectos positivos para o avanço no crescimento (WINDHORST, 2006). Um dos pontos que favorecem esse crescimento do consumo são as restrições religiosas ou culturais ao consumo de algumas carnes. A carne suína apresenta restrições em seu consumo para os judeus e muçumanos e os indianos não consomem carne bovina. Outro aspecto positivo é o preço acessível da carne de frango em relação às outras carnes. Nos últimos anos, a carne bovina e suína apresentaram preços de 200 a 150% superiores ao da carne frango no varejo (USDA, 2011). Fletcher (2002) mostra que a carne de frango é considerada de boa qualidade e não está associada ao desenvolvimento de câncer de colorretal em comparação às carnes vermelhas (ENGLISH et al., 2004). Além disso, em relação aos outros tipos, a carne de frango causa menor impacto ambiental (VRIES & BOER, 2010).

Na produção de aves, o incubatório é caracterizado como um setor de transformação biológica, responsável por produzir pintainhos a partir de ovos embrionados. Esse processo representa aproximadamente 30% do período de vida de um frango de corte. Desta forma, qualquer limitação ou procedimento inadequado dos animais nesta fase, pode aumentar o custo da incubação, com isso diminui a qualidade e pode afetar o desempenho das aves.

A incubação artificial é realizada em incubadoras, que devem proporcionar o controle de diversos fatores, como temperatura, umidade relativa, viragem dos ovos, fluxo de oxigênio e dióxido de carbono, que são os mecanismos de trocas gasosas essenciais na incubação (DECUYPERE & BRUGGEMAN, 2007).

Altas temperaturas podem acelerar o desenvolvimento (CHRISTENSEN et al., 1999) ou reduzir, quando são incubados em temperaturas mais baixas (LOURENS et al., 2005). Alterações na temperatura afetam a quimiossensibilidade respiratória, sendo que o aumento da temperatura pode causar um aumento na taxa de disparo dos quimiorreceptores periféricos, sensíveis às alterações de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e pH (MORTOLA & FRAPPEL, 2000). Contudo, nas aves ainda não se sabe se alterações de temperatura na incubação podem afetar a quimiossensibilidade central e periférica.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Avicultura e Incubação

A avicultura se desenvolveu para atender a crescente demanda na produção provocada pelo crescimento da população mundial. Esses avanços se dão por meio do melhoramento genético, que busca constantes melhorias no desempenho do frango de corte. O melhoramento genético tende a aprimorar o ganho de peso, o rendimento da carcaça, a conversão alimentar e reduzir a idade de abate dessas aves. A evolução do desempenho de frangos de corte vem evidenciando nas últimas décadas o aumento de peso vivo, uma melhora na conversão alimentar, redução da mortalidade e redução muito drástica na idade de abate (HAVENSTEIN et al., 2003)

Alves Filho (1999) demonstrou que a capacidade de crescimento dos frangos aumentou 65%, com diminuição de cerca de 50% na quantidade de ração consumida, o que representa ganhos em termos de faturamento industrial. Ainda, a partir de 2004, o Brasil conquistou a liderança mundial nas exportações de frango, ultrapassando os Estados Unidos, que é o maior produtor no mundo de frango (USDA, 2012).

Em 2011, a produção de carne de frango no Brasil chegou a 13,058 milhões de toneladas, em relação a 2010, apresentando um crescimento de 6,8%. Com esse desempenho, o Brasil se aproxima da China, que hoje é o segundo maior produtor mundial, conforme projeções do Departamento de Agricultura dos EUA. Com o total de frangos produzidos no Brasil, a maior porcentagem é direcionada ao consumo interno que chega em torno de 69,8% e outra parte (30,2%) é direcionada a exportações. Isso mostra que o Brasil conquista cada vez mais a liderança mundial nas exportações da carne de frango (USDA, 2012).

O Brasil segue na liderança de exportação em 2011 em relação a alguns países. No Brasil a exportação chega a 3.943 mil toneladas, nos Estados Unidos a 2.966 mil toneladas, nos países da Europa a 1.100 mil toneladas, na Tailândia a 460 mil toneladas, na China a 410 mil toneladas e nos demais países a 917mil toneladas de carne de frango para exportação.

O consumo de carne de frango em 2011 atingiu cerca de 47,4 quilos por pessoa, sendo considerado um recorde no setor avícola (USDA, 2012). A carne de frango teve um aumento em relação às outras carnes e esse aumento foi significativo em relação aos anos anteriores, chegando a 37,4 kg para carne bovina; 43,9 kg de carne de aves e 14,1 kg de carne suína (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2010). De acordo com esses resultados, podemos afirmar que a carne de frango está se tornando cada vez mais uma potência em relação às demais. Para atender todo esse aumento na demanda por carne de frango, a incubação representa uma importante ferramenta para a indústria avícola, já que permite a produção de pintainhos de qualidade em escala. Contudo, a qualidade da produção também deve ser priorizada.

O período de incubação do ovo de galinha é de aproximadamente de 21 dias (COBB, 2008). Atualmente, a idade de abate do frango é de aproximadamente 42 dias e cada vez mais esse tempo está reduzindo devido ao melhoramento genético. Desta forma, o período de incubação representa um terço do tempo de vida de um frango de corte em relação ao tempo de abate. Desta forma, a incubação vem recebendo atenção especial dos pesquisadores. A redução na idade do abate é perspectiva futura e, conseqüentemente, o período de incubação é significativo para avicultura de corte.

Durante a incubação artificial, que é parte fundamental para a avicultura industrial, algumas condições são imprescindíveis para o adequado desenvolvimento embrionário, entre elas estão: temperatura, umidade, viragem e ventilação.

### **Temperatura e Parâmetros da Incubação**

A temperatura, a umidade, a ventilação e a viragem são condições imprescindíveis para o adequado desenvolvimento embrionário e devem ser mantidas dentro de padrões considerados ideais. Segundo Decuypere & Mitchel (1992), o fator ambiental mais importante durante o processo de incubação é a temperatura. A temperatura ótima para incubação está situada entre 37 e 38°C,

sendo importante para o desenvolvimento embrionário, sucesso da incubação e desempenho pós-eclosão (DECUYPERE & BRUGGEMAN, 2007).

A temperatura corporal do embrião é influenciada pela temperatura da incubadora, já que o mesmo não é capaz de controlar sua temperatura antes de completar o processo de incubação (LEKSRIOMPONG, 2007). De acordo com French (1997), os ovos absorvem calor do ar circundante durante a primeira metade de incubação e os embriões precisam perder calor na segunda metade, sendo que nesta fase a produção de calor pelo embrião aumenta. Com isso, French (1997) mostra em seu trabalho que o efeito das mudanças na temperatura de incubação depende da intensidade, da duração da exposição e do período onde são aplicadas. Desta forma, mudanças crônicas podem resultar em melhoras, prejuízos ou não influenciar o desempenho da incubação. Christensen et al. (1999) relataram que o aumento na temperatura de incubação resulta na aceleração da taxa de desenvolvimento dos pintainhos, sendo que esse desenvolvimento acelerado causa efeitos negativos no peso corporal (GLADYS et al., 2000; LEKSRIOMPONG, 2007). Por outro lado, Lourens et al. (2005) concluíram que aumento da temperatura de 38,9°C na última semana causa atraso no desenvolvimento embrionário, aumento da mortalidade embrionária, piora na qualidade dos pintainhos, diminuição na eclodibilidade e redução no crescimento pós-eclosão. Estudo recente de Collin et al. (2007) avaliou os efeitos da manipulação térmica durante o desenvolvimento embrionário nos períodos de 8<sup>o</sup> a 10<sup>o</sup> dias de incubação (fase precoce) e de 16<sup>o</sup> a 18<sup>o</sup> dias de incubação (fase tardia) alterando a temperatura a 39,5°C durante 3h. Os autores verificaram maior eclodibilidade quando este superaquecimento acontecia em uma fase mais precoce ou mais tardia do desenvolvimento embrionário, porém, o superaquecimento acontecia em experimentos distintos.

O aumento da temperatura pode causar diferentes efeitos sobre a sobrevivência e a qualidade dos embriões, pintos e também sobre o sistema respiratório. Contudo, até o presente momento não existem estudos na literatura que relatam a influencia das variações de temperatura durante a incubação sobre a resposta ventilatória das aves durante seu crescimento. Entretanto, a incidência e severidade dos efeitos aumentam diretamente com o grau e o período de exposição ao estresse calórico, e confirmando as observações de Webb (1987), o aumento da

temperatura é mais prejudicial para o desenvolvimento do embrião do que a redução.

Em relação à redução de temperatura durante o período de incubação, estudos têm demonstrado que episódios breves de resfriamento dos ovos de 22 °C por períodos de 8 ou 24 horas no 16º dia de incubação não afetam a eclosão, o peso corporal ou a mortalidade embrionária (LANCASTER & JONES, 1988). Entretanto, ovos mantidos a 33,8°C a partir do 17º dia de incubação até o nascimento apresentam prejuízo no peso dos pintainhos e em outros parâmetros de incubação (KÜHN et al., 1982). Estudos mais recentes mostraram que a redução da temperatura de incubação para 36,8°C piorou ou não influenciou a eclodibilidade dos ovos, dependendo da linhagem de perus utilizada (CHRISTENSEN et al., 2002). Suarez et al. (1996) mostraram que embriões de ovos incubados em temperatura de 24°C e duração do estresse de 12 a 96 horas perderam mais peso, apresentaram período de incubação mais longo e maior mortalidade embrionária, quando comparados aos obtidos de ovos controle. Já Morita et al. (2010) relataram menor mortalidade embrionária total com a redução na temperatura de incubação em 1,5°C. Por outro lado, Lourens et al. (2005) concluíram que redução da temperatura de 36,7°C na primeira semana de incubação também causou atraso no desenvolvimento embrionário, aumento da mortalidade embrionária, piora na qualidade dos pintos, diminuição na eclodibilidade e redução no crescimento pós-eclosão. Assim, a incubação em temperatura baixa com redução de 1°C resulta no desenvolvimento do embrião em um período mais longo (YALCIN et al., 2012).

As variações da temperatura ambiente podem não apenas influenciar a eclodibilidade, eclosão e aumento da mortalidade, mas também podem prejudicar o desenvolvimento de órgãos vitais como coração e pulmão (MOLENAAR et al., 2011). Segundo Gonzales & Café (2003) o sistema cardiovascular durante o desenvolvimento embrionário começa a atuar nas primeiras 48 horas de incubação quando começa a formação dos vasos sanguíneos e o coração começa a bater. Alguns estudos mostram que temperatura quente de 40°C aos 19º e 20º dias de incubação e 38,9°C durante o final a incubação reduziram o peso do coração (LEKSRIOMPONG et al. 2007 & LOURENS et al. 2007). Em frango de corte selecionado para crescimento rápido, tem sido verificado que a relação entre peso

dos pulmões/peso corporal diminui com o avanço da idade. Sendo a predisposição à ascite ainda maior, uma vez que nos frangos o pulmão é rígido e fixo na cavidade torácica (MACARI et al., 1994).

### **Sistema Respiratório em Aves**

O desenvolvimento do sistema respiratório é um processo longo que começa na gestação em mamíferos e durante a bicagem interna nas aves, quando as trocas gasosas não são realizadas pelo pulmão. O desenvolvimento deste sistema tem continuidade na vida pós-natal quando a ventilação pulmonar é o único meio de suprir as exigências respiratórias destes animais (SZDZUY & MORTOLA, 2007).

Durante o desenvolvimento do embrião em aves, o fluxo dos gases e da água é limitado pela difusão através dos poros na casca do ovo, e é promovido pela diferença de concentração dos gases entre o interior e o exterior dos ovos, capturando o O<sub>2</sub> e liberando o CO<sub>2</sub> (TAZAWA et al., 1989).

No início, as trocas gasosas no embrião ocorrem por meio do saco de vitelo, que é uma área vascularizada, com a configuração aproximadamente circular, que se espalha rapidamente em direção centrípeta. A partir da segunda semana até o décimo oitavo dia, as trocas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> começam a ser feitas através de capilares na membrana corioalantoíde (MORTOLA, 2009). Já na última semana de incubação, juntamente com a formação de vasos capilares, a vascularização pulmonar surge tanto por vasculogênese e como por angiogênese (HISLOP, 2005). A passagem da respiração corioalantoíde para a respiração pulmonar se efetua de forma gradativa, iniciando-se entre 18<sup>o</sup> e 19<sup>o</sup> dias de idade, no qual o embrião começa a bicar a câmara de ar. Já a total mudança para respiração pulmonar ocorre entre o vigésimo e vigésimo primeiro dia, instante em que começa a bicagem da casca. Durante esse período, o fornecimento de ar fresco se torna imprescindível para suprir a maior demanda de oxigênio que o embrião tem. Quando essa demanda é baixa ocorre elevada taxa de mortalidade (GIGLI, 2007).

As trocas gasosas são de extrema importância para o desenvolvimento embrionário durante a incubação. O ambiente gasoso que se forma em torno do ovo

antes e durante a incubação afeta a sobrevivência e o desenvolvimento dos embriões, a eclosão dos ovos e a qualidade dos pintainhos nascidos (TULLETT, 1990).

Durante a embriogênese, o embrião é sensível a hipóxia (baixa pressão parcial de oxigênio) e depende da perfeita sincronização dos fatores que compõem a incubação artificial de ovos. Os sensores que detectam as alterações da pressão parcial arterial de oxigênio ( $\text{PaO}_2$ ) são denominados quimiorreceptores periféricos e estão localizados nos corpos aórticos (localizado no arco aórtico) e carótídeos (localizado na bifurcação das artérias carótidas). Além de serem sensíveis à  $\text{PaO}_2$ , esses sensores também detectam variações do pH sanguíneo e da pressão parcial arterial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ), auxiliando desta forma na regularização da respiração e circulação (JONES et al., 2000). No embrião de aves, os corpos carótídeos começam a se desenvolver morfológicamente durante o terço inicial de incubação (MURILLO-FERROL, 1967; KAMEDA, 1994), a última parte de incubação corresponde ao período em que os corpos carótídeos começam a ser funcionais (MORTOLA, 2009).

Em aves, diferente de outros vertebrados, as áreas quimiossensíveis periféricas não estão presentes na bifurcação da artéria carótida, mas durante o desenvolvimento embrionário, os arcos aórticos são afastados para trás e a bifurcação da carótida permanece perto do coração. As carótidas externas atrofiam e as carótidas internas (chamadas de carótidas comuns) se dividem, secundariamente, na região da cabeça (JONES & MILSOM, 1998). Os maiores agregados de tecido quimiossensível são encontrados no arco aórtico e são inervados por um ou mais ramos vagais do gânglio nodoso (ABDEL-MAGIED & KING, 1978 e ISHII et al., 1985).

Além dos quimiorreceptores periféricos, as aves apresentam os quimiorreceptores centrais que são localizados no sistema nervoso central, mais não são tão precisamente identificados anatomicamente e detectam alterações de  $\text{CO}_2$  e pH (MILSOM et al, 1981; SÈBERT, 1979). Nos mamíferos estão localizados na superfície ventrolateral do bulbo, na ponte e em áreas prosencefálicas detectando alterações do pH do líquido e da  $\text{PaCO}_2$ , com isso apresentando um aumento da ventilação quando aumenta a  $\text{PaCO}_2$  nos mamíferos (NATTIE & LI, 2013).



As aves também apresentam quimiorreceptores intrapulmonares que são altamente sensíveis a CO<sub>2</sub>. Estes sensores do pulmão são estimulados por baixos níveis de CO<sub>2</sub> e podem ser inibidos por níveis elevados de CO<sub>2</sub> pulmonar, e as suas fibras aferentes vagais controlam o volume corrente e a frequência respiratória (HEMPLEMAN et al, 2006).

Alterações na temperatura podem afetar a quimiossensibilidade e a elevação da temperatura causa um aumento na taxa de disparo dos quimiorreceptores periféricos, aumentando a resposta a hipóxia (MORTOLA & FRAPPEL, 2000). Contudo, isso ainda não é conhecido para aves.

Além de afetar a quimiossensibilidade respiratória, alterações na temperatura também podem afetar a termossensibilidade dos neurônios hipotalâmicos. Neste contexto, experimentos *in vitro* em *slices* do encéfalo de patos nas idades de 1, 5 e 10 dias de idade que foram incubados com diferentes temperaturas (35°C, 37,5°C e 38,5°C) durante a última semana de incubação, demonstraram que a exposição às temperaturas baixas e altas durante a incubação altera a sensibilidade dos neurônios da área pré-óptica do hipotálamo no período pós-natal (TZSCHENTKE & BASTA, 2002). Essas mudanças na termossensibilidade dos neurônios hipotalâmicos, após experiências de temperatura pré-natal observados em todos os grupos, podem ser o resultado da adaptação epigenética à temperatura.

As alterações de temperatura na incubação no fim do desenvolvimento embrionário podem induzir à adaptação epigenética as mudanças de temperatura em galinhas e em outras aves (MINNE & DECUYPERE, 1984; TZSCHENTKE & NICHELMANN, 1997; COLLIN et al, 2007, PIESTUN et al, 2009 ; SHINDER et al, 2009;. TZSCHENTKE & HALLE, 2009) e manter um condicionamento térmico durante o período de crescimento (YAHAV & HURWITZ, 1996; SHINDER et al., 2002). Por outro lado, outros estudos mostram que os efeitos da exposição ao frio em curto prazo, durante a fase tardia de embriogênese, quando os embriões mudam de ectotérmicos à fase endotérmica, encontrou-se uma maior capacidade para induzir a termogênese nos pintos (MINNE & DECUYPERE, 1984; NICHELMANN, 2004). Um dos riscos pós-nascimento principais enfrentados pelo rápido crescimento de frangos de corte está relacionado à sua incapacidade para satisfazer as

demandas de oxigênio do corpo em baixas temperaturas ambientes (MINNE & DECUYPERE, 1984; NICHELMANN, 2004).

## **OBJETIVOS**

Os objetivos do presente estudo foram:

- Avaliar os parâmetros da incubação, como perda de peso dos ovos, eclodibilidade, tempo médio e duração das bicagens interna e externa e do nascimento, além da avaliação da qualidade dos pintos neonatos de frangos de corte incubados em temperatura padrão (37,5°C), temperatura fria (36,5°C) ou quente (38,5°C).

- Avaliar o peso das aves, do pulmão e do coração em aves provenientes de ovos incubados em diferentes temperaturas (37,5°C), (36,5°C) e (38,5°C) aos 10º e 20º dias de idade.

- Avaliar as respostas respiratórias e térmicas de frangos de corte machos aos 10º e 20º dias de idade provenientes de ovos incubados em diferentes temperaturas expostos a normocapnia normóxica, hipóxia e hipercapnia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. FASE DE INCUBAÇÃO E CRIAÇÃO

O experimento foi conduzido no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/Jaboticabal, utilizando incubadoras horizontais com capacidade para 130 ovos equipadas com controladores de umidade e temperatura (Prêmio Ecológica – IP 130). Foram utilizados 270 ovos férteis, de matrizes com idade de 44 semanas. Os ovos foram pesados, foi obtido o peso médio desses ovos que foi de 66,57g ( $\pm 5\%$ ), numerados e distribuídos uniformemente em três incubadoras, sendo mantidos a 37,5°C até o nono dia de incubação. No décimo dia de incubação, a incubadora I foi mantida em temperatura de 37,5°C, a incubadora II foi reduzida para 36,5°C e a incubadora III aumentada para 38,5°C até o final do período de incubação (Tabela 1). A umidade relativa foi mantida em 60% e ocorreu viragem dos ovos em 45° a cada 2 horas. Os protocolos experimentais estão de acordo com CEUA (Comissão de Ética no Uso de Animais) da FCAV-UNESP (Protocolo n° 026367/11). Após a eclosão, 30 pintainhos machos foram colocados por box referente aos tratamentos, alojados em câmara climatizada com temperatura de 32°C e ao longo do crescimento essa temperatura se adequou a idade dos animais tendo uma redução de acordo com o manual Cobb (2008), foi utilizado programa de luz claro/escuro de 12h – 12h, os animais receberam água e ração com 22,48% de proteína bruta e 2960 kcal de energia metabolizável/kg segundo Rostagno et al. (2005) à vontade.

**Tabela 1.** Esquemas de temperatura de incubação durante o período experimental.

Período de incubação	Temperatura de incubação (°C)			
	Tempo	Termoneutra	Quente	Fria
1º ao 9º dia		37,5	37,5	37,5
10º ao 20º dia		37,5	38,5	36,5

## **2. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS:**

### **2.1. PARÂMETROS DA INCUBAÇÃO:**

#### **2.1.1. Perda de peso dos ovos**

Os ovos foram pesados antes da incubação e no 18º dia de incubação, quando foi realizada a transferência dos ovos para sacos de tule para o monitoramento do nascimento. Foi calculada a perda de água de 1 – 18 dias de incubação por meio da relação entre o peso antes da incubação e no 18º dia em porcentagem. Depois da pesagem, os ovos foram colocados novamente nas incubadoras até o nascimento dos pintainhos.

#### **2.1.2. Eclosão e Eclodibilidade**

A taxa de eclosão foi calculada por meio da relação entre o número de pintainhos eclodidos e o número total de ovos incubados. A eclodibilidade foi calculada através da relação entre o número de pintainhos eclodidos e o número de ovos férteis incubados.

#### **2.1.3. Bicagem Interna e Externa e Nascimento**

O monitoramento da bicagem interna, bicagem externa e nascimento teve início às 444 horas de incubação e foi realizado a cada 3 horas. Esse monitoramento foi realizado nos 270 ovos que foram distribuídos nas três máquinas, onde cada uma apresentava 90 ovos. A bicagem interna foi avaliada através de ovoscopia, a bicagem externa foi avaliada visualmente, observando-se o rompimento da casca do ovo pelo bico do pintainho e o nascimento visualmente observando-se a saída completa do pintainho da casca do ovo. A duração da bicagem interna foi calculada subtraindo-se o horário de início da bicagem externa do início da bicagem interna de cada ovo monitorado. A duração da bicagem externa foi calculada subtraindo-se o horário de início do nascimento do horário de início da bicagem externa. A duração

do nascimento foi calculada somando-se a duração da bicagem interna e a duração da bicagem externa, considerando-se que o processo de nascimento teve início no momento em que o pintainho perfurou a câmara de ar até ao momento da saída da casca.

#### 2.1.4. Avaliação dos Neonatos:

Após a eclosão, os pintainhos foram sexados e foi determinada a porcentagem de machos e de fêmeas. Também foi realizada a classificação dos pintainhos em pintainhos de primeira e de segunda, de acordo com adaptado de Tona et al., (2003) que foi para análise apenas de alguns parâmetros como mostra a Tabela 2.

**Tabela 2.** Atribuição dos escores a diferentes parâmetros observados.

Parâmetros	Características	Escores
Atividade	Boa	6
	Fraca	0
Penas e aparência	Limpas e secas	10
	Úmidas	8
	Sujas e úmidas	0
Retração da gema	Interiorização normal da gema	12
	Interiorização de gema grande e difícil ao toque	0
Olhos	Abertos e brilhantes	16
	Abertos e sem brilho	8
	Fechados	0
Pernas	Pernas e dedos normais	16
	Uma perna afetada	8
	Duas pernas afetadas	0
Umbigo	Completamente fechado e limpo	12
	Parcialmente aberto e cor semelhante à pele	6
	Aberto e cor diferente da pele	0
Membrana remanescente	Sem membrana	12
	Membrana pequena	8
	Membrana grande	6
	Membrana muito grande	0
Gema remanescente	Sem gema	16
	Gema pequena	12
	Gema grande	8
	Gema muito grande	0

(TONA et al., 2003)

## 2.2. FASE DE CRIAÇÃO

### 2.2.1. DETERMINAÇÃO DA VENTILAÇÃO ( $V_E$ )

A ventilação foi medida por pletismografia de corpo inteiro e sistema fechado (MORTOLA & FRAPPEL, 1998) em frangos machos do 10º e 20º dias. Durante a realização de cada medida de ventilação, o fluxo de ar foi interrompido e a câmara do animal permaneceu totalmente vedada por curtos períodos de tempo (~2 min). As oscilações da temperatura do ar da câmara causadas pela respiração foram medidas como oscilações de pressão, pelo fato do volume de ar corrente inspirado ser aquecido na temperatura da câmara à temperatura corporal ( $T_C$ ) e saturado com vapor de água, enquanto que o volume de ar corrente expirado foi novamente esfriado até a temperatura da câmara. Sinais de um transdutor de diferencial de pressão, conectado à câmara do animal e a uma câmara de referência, foram coletados por um pré-amplificador, passando através de um conversor analógico-digital, digitalizados em um computador equipado com um programa de aquisição<sup>1</sup>. A calibração do volume foi obtida durante cada experimento, injetando-se um volume de ar conhecido dentro da câmara do animal (1mL) com o uso de uma seringa graduada. Duas variáveis respiratórias foram medidas: a frequência respiratória (fR) e o volume corrente ( $V_T$ ), de acordo com a fórmula seguinte:

$$V_T = P_T/P_K \times V_K \times T_C (P_B - P_A)/T_C(P_B - P_A) - T_A (P_B - P_C)$$

$V_T$ : Volume corrente;

$V_K$ : Volume de ar injetado na câmara do animal para a calibração;

$P_T$ : Deflexão de pressão associada com cada volume de ar corrente;

$P_K$ : Deflexão de pressão associada ao volume injetado para a calibração;

$T_C$ : Temperatura corporal (em Kelvin);

$T_A$ : Temperatura do ar dentro da câmara do animal;

$P_B$ : Pressão barométrica.

$P_A$ : Pressão de vapor de água na câmara do animal

---

<sup>1</sup> ( Acqknowledge MP 100), BioPac Systems, Inc., Santa Bárbara, CA EUA)

A ventilação foi medida pelo produto de  $f_R$  e  $V_T$ . A ventilação e o  $V_T$  foram apresentados nas condições de pressão barométrica ambiente, à  $T_c$  e saturados com vapor d'água (BTPS).

### 2.3. MEDIDAS DE TEMPERATURA CORPORAL

Um sensor e registrador de temperatura integrado<sup>2</sup> foi implantado na cavidade celomática dos frangos, através de uma incisão na parede abdominal, esses animais foram anestesiados com 30mg/kg de ketamina + 1,5mg/kg de xilasina. Após a cirurgia, os animais receberam duas doses de enrofloxacin (10 mg / kg, por via intramuscular) e flunixinmeoglumine (2,5 mg / kg, por via intramuscular) para prevenir a infecção e desconforto pós-operatório, respectivamente. A primeira dose foi administrada no final da cirurgia, e a segunda foi administrado 6-12 h mais tarde. Após a calibração prévia aos experimentos, os dataloggers foram conectados ao computador, via conexão óptica e programados para a coleta durante o período experimental, com leituras a cada cinco minutos através do programa<sup>3</sup>.

### 2.4. PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS:

#### ***2.4.1. Efeito da temperatura controle na incubação sobre a ventilação e temperatura corporal, durante normocapnia, hipercapnia e hipóxia de frangos ao de 10<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias de idade.***

As medidas de  $V_E$  foram realizadas simultaneamente. A temperatura foi medida continuamente por meio de "dataloggers". Os frangos machos, de 10<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias foram previamente colocados em uma câmara pletismográfica. A câmara foi inicialmente ventilada com ar atmosférico (21%  $O_2$ ), com temperatura ambiente de 27°C por um período de aclimação de no mínimo 40 min. Foram então realizadas as medidas controles de  $V_E$ . Em seguida, o animal foi submetido a 30 minutos de hipóxia (10%  $O_2$ ), posteriormente a 60 minutos de normóxia e em seguida 30 minutos de hipercapnia (7%  $CO_2$ ). As medidas respiratórias foram realizadas nos

---

<sup>2</sup> (dataloggers, SubCue, Calgary, AT, CA).

<sup>3</sup> (dataloggers, SubCue, Calgary, AT, CA)

tempos 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Entre a mistura hipercápnic ou hipóxica a câmara foi ventilada por 60 minutos com ar atmosférico e medidas respiratórias foram realizadas 15, 30, 45 e 60 minutos para verificar se os padrões respiratórios voltaram aos valores basais.

***2.4.2. Efeito do aumento de temperatura na incubação sobre a ventilação e temperatura corporal, durante normocapnia, hipercapnia e hipóxia de frangos aos 10<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias de idade.***

Os mesmos procedimentos do protocolo anterior foram utilizados neste protocolo, contudo nestes experimentos os frangos foram provenientes de ovos incubados a partir do 10<sup>o</sup> dia a 38,5°C.

***2.4.3. Efeito da diminuição da temperatura na incubação sobre a ventilação e temperatura corporal, durante normocapnia, hipercapnia e hipóxia de frangos aos 10<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias de idade.***

Os mesmos procedimentos do protocolo anterior foram utilizados neste protocolo, contudo nestes experimentos os frangos foram provenientes de ovos incubados a partir do 10<sup>o</sup> dia a 36,5°C.

## **2.5. COLETA DE PULMÃO E CORAÇÃO**

Nos 10<sup>o</sup> e 20<sup>o</sup> dias de idade, os animais foram eutanasiados com Tiopental (100 mg/kg) para a coleta do pulmão e coração. Foram utilizadas 6 aves para cada tratamento, onde foram pesados as aves, o pulmão e o coração e calculados os pesos relativos por meio da relação entre o peso do órgão e o peso da ave em porcentagem. Para realização da análise estatística os dados foram transformados em raiz quadrada e apresentados na tabela como média real.



## 2.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram avaliados quanto ao atendimento das pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros estudentizados.

Os resultados obtidos foram analisados em esquema fatorial 3 x 2 com os fatores temperaturas (37,5°C, 36,5°C e 38,5°C) e idades de avaliação (10 e 20 dias). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento *GLM (General Linear Models)* do programa SAS® e em caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Transformações: peso do pintainho: log10

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Parâmetros de incubação

De acordo com a Tabela 3 não houve efeito significativo das temperaturas de incubação sobre a eclosão e eclodibilidade. Observou-se menor peso do pintainho com a incubação em 38,5°C, em relação às demais temperaturas. Em relação à perda de peso dos ovos, a incubação em 38,5°C resultou em maior perda de peso, seguida por 37,5°C e por 36,5°C que apresentou menor valor. As diferentes temperaturas de incubação não influenciaram a qualidade do pintainho.

**Tabela 3.** Eclosão (ECS), eclodibilidade (ECD), peso dos pintainhos (PPI), perda de peso dos ovos (PP) e qualidade do pintainho (QL) de ovos incubados em diferentes temperaturas.

Fatores	Parâmetros Analisados				
	ECS	ECD	PPI	PP	QL
Temperatura (°C)	-----%-----	-----%-----	---g---	----%----	-----%----
36,5	72,22	77,61	48,81 A	7,30 C	53,81
37,5	80,00	85,71	48,77 A	8,57 B	56,12
38,5	70,00	74,96	46,46 B	12,12 A	55,82
CV (%)	10,69	10,49	3,22	25,01	9,83
P	0,1538	0,1469	<0,0001	<0,0001	0,1885

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

O tempo médio de bicagem externa e o tempo médio de incubação foram reduzidos pela incubação em 38,5°C em comparação a 37,5°C e 36,5°C que não diferiram entre si. Em comparação à temperatura de 37,5°C, a incubação em 36,5°C prolongou a duração da bicagem interna, externa e da incubação, já a temperatura de 38,5°C encurtou a duração desses parâmetros (Tabela 4).

**Tabela 4.** Tempo médio de bicagem interna (TMBI), de bicagem externa (TMBE) e de incubação (TMIN), duração da bicagem interna (DBI), da bicagem externa (DBE) e da incubação (DIN) de ovos incubados em diferentes temperaturas.

Fatores	Parâmetros Analisados					
	TMBI	TMBE	TMIN	DBI	DBE	DIN
Temperatura (°C)	-----h-----			---g/g--	----%---	---g/g---
36,5	12,33	19,93 A	32,27 A	779,47 A	491,80 A	511,73 A
37,5	10,16	19,13 A	29,29 A	470,51 B	480,67 B	499,80 B
38,5	9,47	16,27 B	25,73 B	465,53 C	475,00 C	491,27 C
CV (%)	60,29	30,73	20,51	1,62	1,83	1,72
P	0,0908	0,0067	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Aos 10 dias, o peso da ave, o peso do coração e do pulmão foram reduzidos com a incubação em temperatura de 36,5°C e de 38,5°C em comparação com a temperatura de 37,5°C (Tabela 5). Não houve efeito das temperaturas de incubação sobre o peso das aves, peso do coração e do pulmão e peso relativo do coração e do pulmão aos 20 dias (Tabela 6).

**Tabela 5.** Peso das aves (PA), peso do coração (PC), peso do pulmão (PP), peso relativo do coração (PRC) e peso relativo do pulmão (PRP) de frangos de corte de 10 dias de idade.

Fatores	Parâmetros Analisados				
	PA	PC	PP	PRC	PRP
Temperatura (°C)	-----g-----			----%-----	----%-----
36,5	155,63 B	1,26 B	1,33 B	0,82	0,87
37,5	205,32 A	1,54 A	1,77 A	0,76	0,87
38,5	141,66 B	1,15 B	1,12 B	0,82	0,77
<b>Probabilidades</b>					
CV(%)	0,66	0,69	14,55	12,92	16,36
P	0,0003	0,0002	0,0002	0,4927	0,5162

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

**Tabela 6.** Peso das aves (PA), peso do pulmão (PP), peso do coração (PC), peso relativo do coração (PRC) e peso relativo do pulmão (PRP) de frangos de corte de 20 dias de idade.

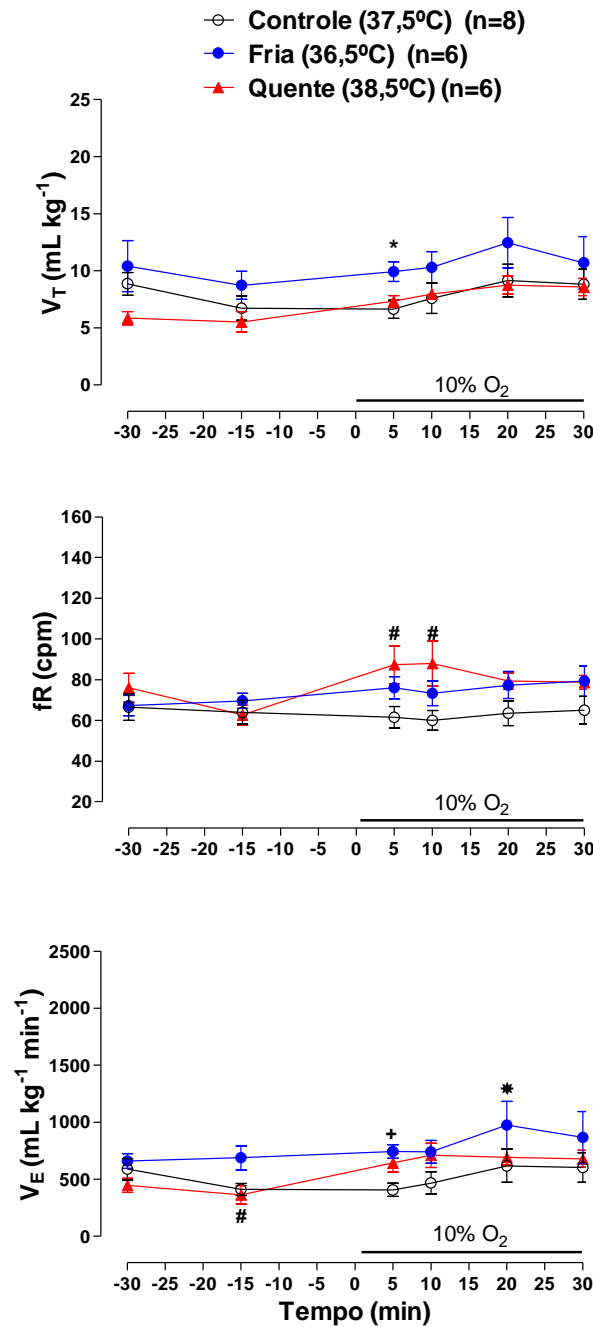
Fatores	Parâmetros Analisados				
	PA	PC	PP	PRC	PRP
Temperatura (°C)	-----g-----			-----%-----	-----%-----
36,5	656,35	4,20	4,79	0,64	0,74
37,5	706,17	4,40	4,87	0,62	0,70
38,5	634,99	3,90	3,83	0,62	0,61
	Probabilidades				
CV(%)	10,82	12,24	19,45	8,28	23,93
P	0,2459	0,2598	0,1133	0,7419	0,1909

### 3.2. Parâmetros respiratórios

#### 3.2.1. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipóxia no 10º dias de idade das aves.

Na Figura 1 é apresentada a resposta ventilatória à hipóxia de frangos machos com 10 dias de idade de ovos incubados em diferentes temperaturas. Durante a normóxia, os animais de ovos incubados na temperatura fria apresentaram maior  $V_E$  comparados com os animais incubados em temperatura quente no tempo -15min ( $361,94 \pm 81,72 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo quente e  $688,31 \pm 105,26 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo frio,  $409,68 \pm 52,33 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo controle,  $P < 0.05$ ). Durante a hipóxia, não houve aumento da ventilação nos animais controle, já os animais de ovos incubados em temperatura fria ( $36,5^\circ\text{C}$ ) apresentaram maior  $V_T$  aos 5 min comparados aos animais de ovos incubados na temperatura controle ( $37,5^\circ\text{C}$ ) e quente ( $38,5^\circ\text{C}$ ) ( $9,92 \pm 0,87 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo frio;  $6,64 \pm 0,79 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo controle e  $7,33 \pm 0,51 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo quente,  $P < 0.05$ ). A frequência respiratória dos animais de ovos incubados com temperatura quente foi maior nos tempos 5 e 10 min comparada aos animais de ovos incubados em temperatura fria (máxima resposta no tempo 10 min:  $88,0 \pm$

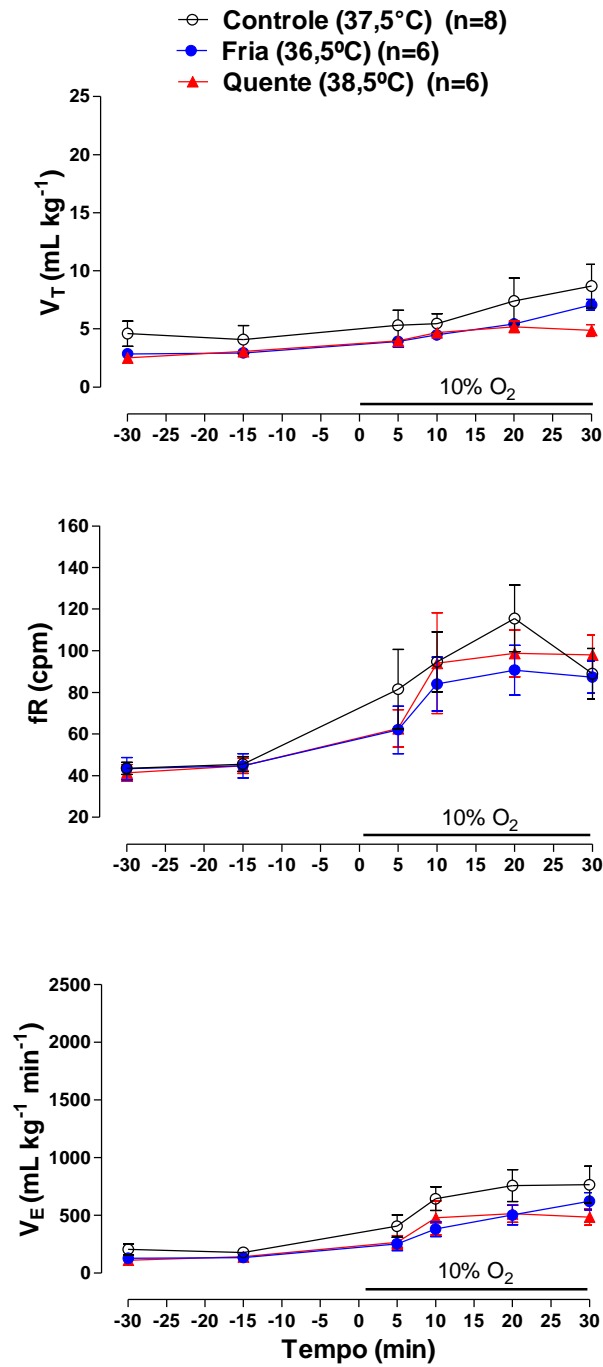
11,08 cpm grupo quente e  $73,3 \pm 5,99$  cpm grupo frio,  $60,00 \pm 4,84$  cpm grupo controle,  $P < 0.05$ ). A resposta ventilatória à hipóxia aos 5 min foi maior no grupo de animais de ovos incubados na temperatura fria comparados ao grupo controle ( $742,76 \pm 59,68$  mL kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> grupo frio e  $407,20 \pm 57,19$  mL kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> grupo controle,  $642,18 \pm 81,33$  mL kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> grupo quente,  $P < 0.05$ ), no entanto, no tempo 10 min os animais do grupo controle apresentaram uma redução significativa da resposta ventilatória à hipóxia em relação aos dois tratamentos (frio e quente) ( $467,25 \pm 97,47$  mL kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> grupo controle;  $740,31 \pm 100,38$  mL kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> grupo frio e  $709,0841 \pm 106,30$  mL kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> grupo quente,  $P < 0.05$ ).



**Figura 1.** Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 10<sup>o</sup> dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória ( $fR$ ) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipóxia. O início e a duração da hipóxia estão sinalizados no gráfico. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. \* indica diferença significativa entre o tratamento do grupo frio (36,5°C) em relação ao controle (37,5°C) e quente (38,5°C), # indica diferença significativa entre o tratamento quente (38,5°C) e frio (36,5°C), + indica diferença significativa entre o tratamento do frio (36,5°C) e controle (37,5°C) e \* indica diferença significativa entre o tratamento controle (37,5°C) em relação ao frio (36,5°C) e quente (38,5°C), ( $P < 0,05$ ).

**3.2.2. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipóxia no 20º dias de idade.**

Na Figura 2 observamos que os animais com 20 dias de idade de ovos incubados em diferentes temperaturas, quando comparado aos animais controles, não apresentaram alterações significativas no volume corrente ( $V_T$ ), na frequência respiratória (fR) e na ventilação ( $V_E$ ) durante a hipóxia. Durante a hipóxia, nos animais controle, houve um aumento na ventilação ( $V_E$ ) nos tempos 10, 20, 30min quando expostos a hipóxia.

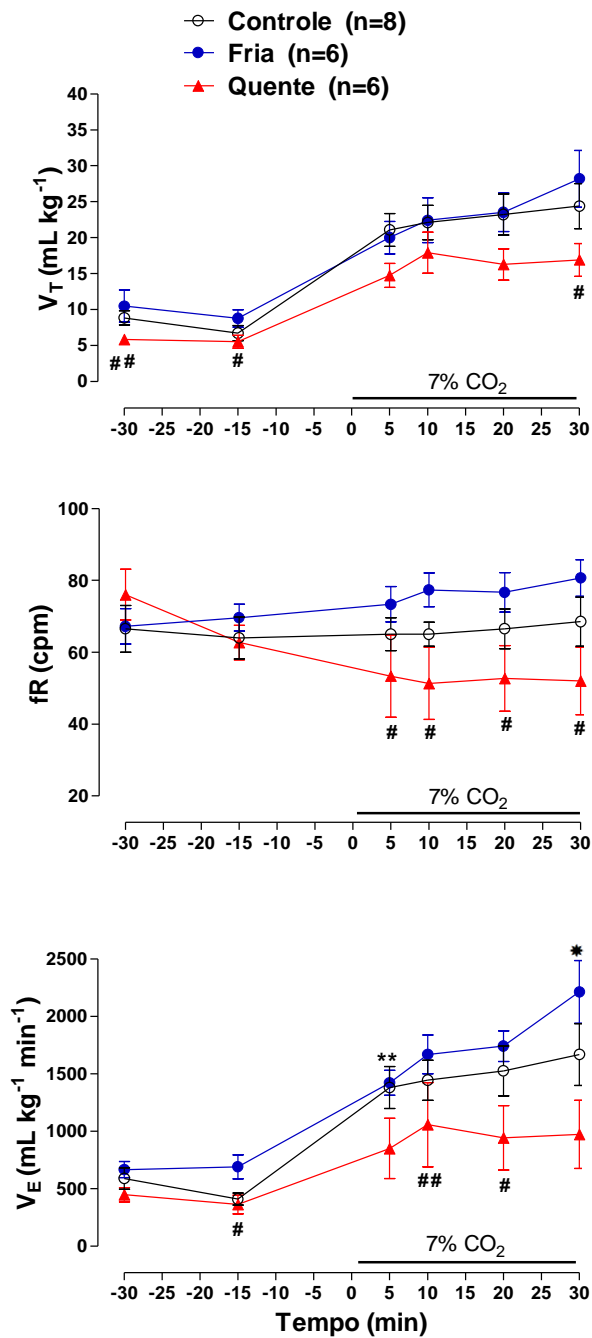


**Figura 2.** Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 20º dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória (fR) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipóxia. O início e a duração da hipóxia estão sinalizados no gráfico. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M, ( $P < 0,05$ ).

### **3.2.3. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipercapnia no 10º dias de idade.**

Na Figura 3 é apresentada a resposta ventilatória à hipercapnia de frangos machos, com 10 dias de idade, de ovos incubados em diferentes temperaturas. Durante a normocapnia, os animais incubados na temperatura fria apresentaram maior  $V_E$  e  $V_T$  comparados com os animais incubados em temperatura quente e controle ( $V_T$  no tempo -30 min:  $5,85 \pm 0,58 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo quente;  $8,85 \pm 0,99 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo controle e  $10,49 \pm 2,24 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo frio,  $P < 0.05$ ). A hipercapnia causou aumento da  $V_E$  em todos os grupos, contudo, o maior aumento foi observado no grupo de animais incubados em temperatura fria ( $V_E$  tempo 10 min:  $1056,91 \pm 366,93 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo quente;  $1444,08 \pm 173,60 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo controle e  $1669,19 \pm 169,41 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo frio,  $P < 0.05$ ). Houve também diferença significativa na frequência respiratória, nos tempos 05, 10, 20 e 30 min entre os grupos de animais incubados em temperatura fria e quente (máxima resposta no tempo 30 min:  $80,6 \pm 5,10 \text{ cpm}$  grupo frio e  $52,00 \pm 9,40 \text{ cpm}$  grupo quente,  $68,50 \pm 6,77 \text{ cpm}$  grupo controle,  $P < 0.05$ ).

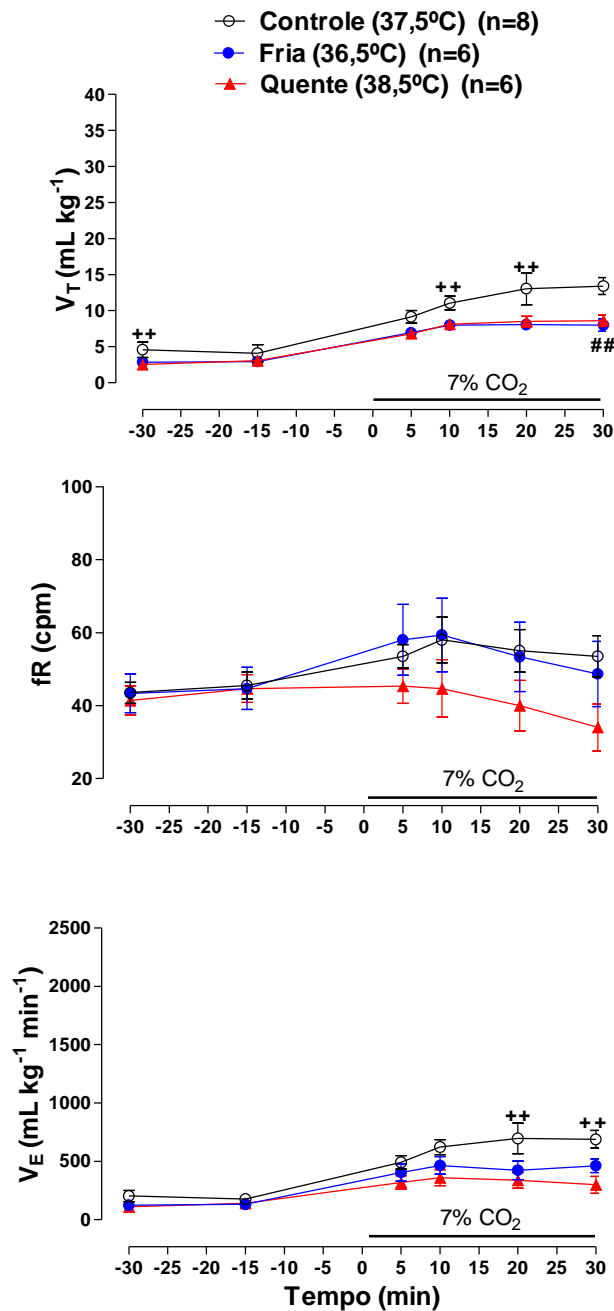




**Figura 3.** Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 10<sup>o</sup> dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória ( $fR$ ) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipercapnia. O início e a duração da hipercapnia estão sinalizados no gráfico. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. ## indica diferença significativa entre o tratamento quente (38,5°C) em relação entre os grupos controle (37,5°C) e fria (36,5°C), # indica diferença significativa entre o tratamento quente (38,5°C) em relação ao grupo fria (36,5°C), \*\* indica diferença significativa entre o tratamento do grupo fria (36,5°C) em relação ao grupo quente (38,5°C) e \* indica diferença significativa entre todos os tratamentos, ( $P < 0.05$ ).

### **3.2.4. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a ventilação durante hipercapnia no 20º dias de idade.**

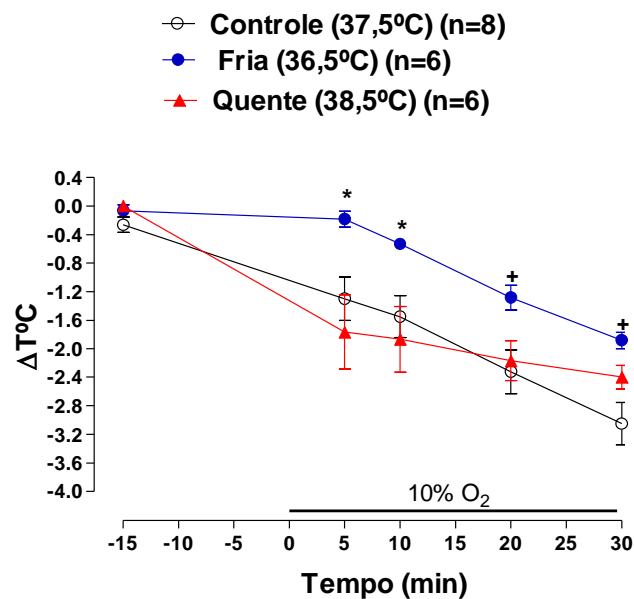
A Figura 4 apresenta os valores de volume corrente ( $V_T$ ), frequência respiratória (fR) e ventilação ( $V_E$ ) dos animais de ovos incubados em diferentes temperaturas e foram submetidos à hipercapnia com 20 dias após o nascimento. Durante a normocapnia, houve uma diferença significativa no volume corrente entre os animais incubados em temperatura controle comparado aos animais incubados em temperatura fria e quente ( $V_T$  no tempo -30 min:  $4,59 \pm 1,07 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo controle;  $2,85 \pm 0,15 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo fria e  $2,53 \pm 0,38 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo quente,  $P < 0.05$ ). A hipercapnia promoveu aumento na  $V_E$  em todos os grupos, contudo o aumento foi menor nos grupos incubados com temperatura quente e fria (máxima resposta no tempo 20 min:  $696,66 \pm 131,49 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo controle;  $423,46 \pm 80,42 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  no grupo frio e  $336,98 \pm 67,58 \text{ mL kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  grupo quente,  $P < 0.05$ ). Essa alteração foi devido à um maior  $V_T$  nos animais do grupo controle (máxima resposta no tempo 20 min:  $13,03 \pm 2,20 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo controle;  $8,07 \pm 0,60 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo frio e  $8,49 \pm 0,73 \text{ mL kg}^{-1}$  grupo quente,  $P < 0.05$ ).



**Figura 4.** Efeito da incubação com temperaturas diferentes no 20º dias de idade sobre o volume corrente ( $V_T$ ), a frequência respiratória ( $fR$ ) e a ventilação ( $V_E$ ) de pintos durante a hipercapnia. O início e a duração da hipercapnia estão sinalizados no gráfico. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. ++ indica diferença significativa entre os tratamentos controle (37,5°C) em relação aos grupos quente (38,5°C) e fria (36,5°C) e ## indica diferença significativa entre o tratamento quente (38,5°C) em relação aos grupos controle (37,5°C) e fria (36,5°C), ( $P < 0.05$ ).

### 3.2.5. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipóxia no 10º dias de idade.

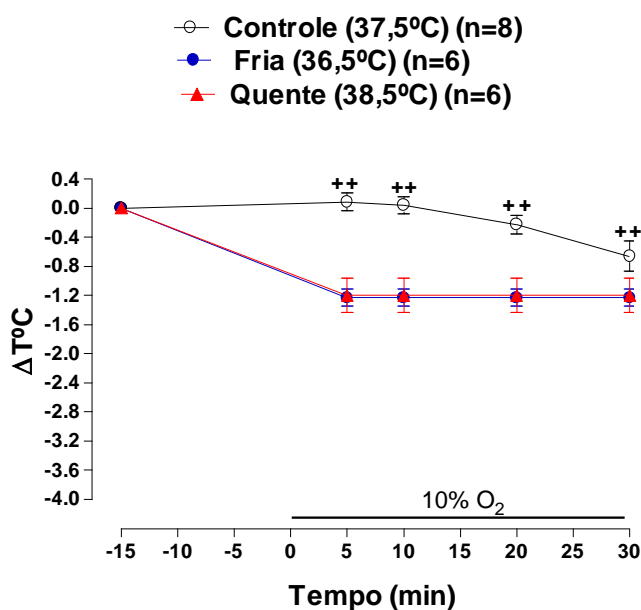
A hipóxia causou queda na temperatura corporal (anapirexia) em todos os grupos de animais de 10 dias (Figura 5). Contudo, os animais que foram incubados na temperatura fria apresentaram atenuação da queda quando comparados aos tratamentos quente e controle nos tempos 5 e 10 minutos (máxima resposta no tempo 10 min:  $\Delta T_c$  grupo frio =  $-0,533 \pm 0,056^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T_c$  grupo quente =  $-1,9 \pm 0,400^\circ\text{C}$  grupo quente e  $\Delta T_c$  grupo controle =  $-1,550 \pm 0,3^\circ\text{C}$ ,  $P < 0.05$ ). Já nos tempos 20 e 30 minutos, os animais incubados em temperatura fria apresentaram menor queda comparado apenas ao grupo controle (máxima resposta no tempo 30 min:  $\Delta T_c$  grupo frio =  $-1,883 \pm 0,114^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T_c$  grupo controle =  $-3,050 \pm 0,295^\circ\text{C}$  grupo controle,  $P < 0.05$ )



**Figura 5.** Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre o  $\Delta T_c$  (delta da temperatura corporal) durante hipóxia no 10º dias de idade. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. \* indica diferença significativa entre o tratamento fria (36,5°C) em relação ao grupo quente (38,5°C) e grupo controle (37,5°C) e + indica diferença significativa entre o tratamento fria (36,5°C) em relação ao grupo controle (37,5°C), ( $P < 0.05$ ).

### 3.2.6. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipóxia no 20º dias de idade.

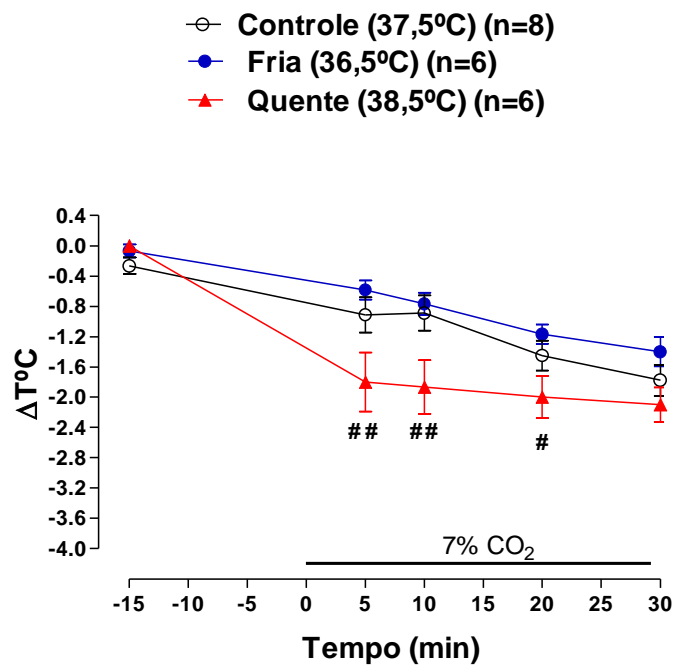
A hipóxia causou queda na temperatura corporal (anapirexia) em todos os grupos de animais de 20 dias (Figura 6). Como pode ser observado houve uma diferença significativa nos tempos 05 a 30 min, entre o grupo incubado com temperatura controle em relação ao grupo quente e grupo fria tendo uma menor resposta anapirética (máxima resposta no tempo 30 min:  $\Delta T_c$  grupo controle =  $-0,663 \pm 0,208$  °C;  $\Delta T_c$  grupo quente =  $-1,200 \pm 0,234$  °C ; e  $\Delta T_c$  grupo frio =  $-1,233 \pm 0,117$ °C,  $P < 0.05$ ).



**Figura 6.** Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre o  $\Delta T_c$  (delta da temperatura corporal) a temperatura corporal durante hipóxia no 20º dias de idade. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. ++ indica diferença significativa entre o tratamento controle (37,5°C) em relação ao grupo quente (38,5°) e grupo fria (36,5°C), ( $P < 0.05$ ).

### 3.2.7. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipercapnia no 10º dias de idade.

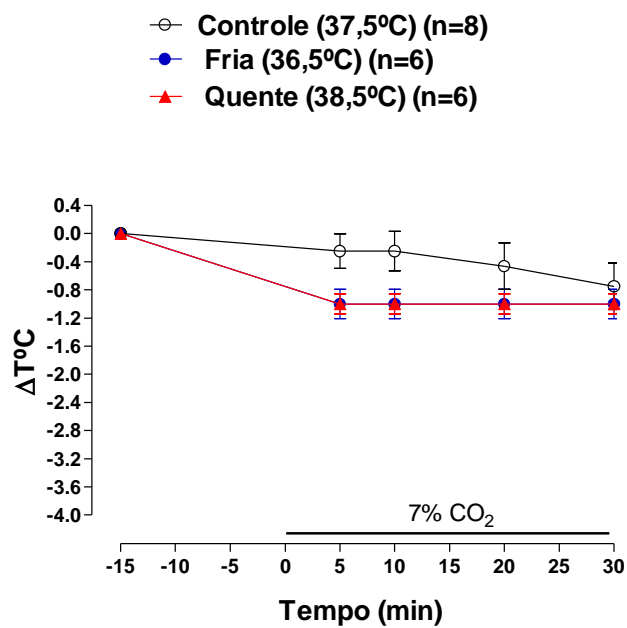
A hipercapnia causou queda de temperatura em todos os grupos. Houve diferença significativa entre os animais incubados em temperaturas quente em relação ao grupo frio e grupo controle nos tempo 5 e 10 minutos (máxima resposta no tempo 10 min:  $\Delta T_c$  grupo quente =  $-1,867 \pm 0,353$  °C,  $\Delta T_c$  grupo frio =  $-0,767 \pm 0,148$  °C,  $\Delta T_c$  grupo controle =  $-0,888 \pm 0,230$ °C,  $P < 0.05$ ) e no tempo 20 minutos ( $\Delta T_c$  grupo quente =  $-2,000 \pm 0,278$  °C e  $\Delta T_c$  grupo frio =  $-1,167 \pm 0,126$  °C,  $P < 0.05$ ), os animais incubados em temperatura quente se diferenciou apenas do grupo frio aumentando a temperatura (Figura 7).



**Figura 7.** Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre o  $\Delta T_c$  (delta da temperatura corporal) durante hipercapnia no 10º dias de idade. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. ## indica diferença significativa entre o tratamento quente (38,5°C) em relação aos grupos controle (37,5°C) e frio (36,5°C) e # indica diferença significativa entre o tratamento quente (38,5°C) em relação ao grupo frio (36,5°C), ( $P < 0.05$ ).

### 3.2.8. Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante hipercapnia no 20º dias de idade.

Não ocorreu diferença significativa entre os animais incubados em diferentes temperaturas sobre a temperatura corporal durante a hipercapnia em animais de 20 dias de nascidos. (Figura 8).



**Figura 8.** Efeito da incubação com diferentes temperaturas sobre o  $\Delta T_c$  (delta da temperatura corporal) durante hipercapnia no 20º dias de idade. Os valores são expressos como média  $\pm$  E.P.M. ( $P < 0.05$ ).

**Tabela 7.** Média dos valores de temperatura corporal de frangos de corte de 10 e 20 dias de idade expostos à hipóxia e hipercapnia incubados em temperatura controle (37,5°C), quente (38,5°C) e frio (36,5°C).

TEMPO	HIPÓXIA 10 DIAS			HIPÓXIA 20 DIAS			HIPERCAPNIA 10 DIAS			HIPERCAPNIA 20 DIAS		
	CONTROLE	QUENTE	FRIO	CONTROLE	QUENTE	FRIO	CONTROLE	QUENTE	FRIO	CONTROLE	QUENTE	FRIO
-15 min	40,65 ± 0,70	42,20 ± 0,15	40,74 ± 0,31	41,80 ± 0,32	42,36 ± 0,09	42,15 ± 0,15	40,65 ± 0,70	42,20 ± 0,15	40,74 ± 0,31	41,80 ± 0,32	42,37 ± 0,09	42,15 ± 0,15
5 min	39,48 ± 0,90	40,43 ± 0,41	40,60 ± 0,36	41,88 ± 0,25	41,17 ± 0,23	40,92 ± 0,24	39,90 ± 0,85	40,40 ± 0,28	40,20 ± 0,42	41,55 ± 0,40	41,37 ± 0,12	41,15 ± 0,28
10 min	39,23 ± 0,86	40,33 ± 0,36	40,25 ± 0,36	41,83 ± 0,28	41,17 ± 0,23	40,92 ± 0,24	39,90 ± 0,84	40,33 ± 0,25	40,02 ± 0,43	41,55 ± 0,43	41,37 ± 0,12	41,15 ± 0,28
20 min	38,46 ± 0,78	40,03 ± 0,21	39,50 ± 0,39	41,58 ± 0,23	41,17 ± 0,23	40,92 ± 0,24	39,34 ± 0,78	40,20 ± 0,19	39,62 ± 0,40	41,34 ± 0,40	41,37 ± 0,12	41,15 ± 0,28
30 min	37,73 ± 0,70	39,80 ± 0,18	38,90 ± 0,31	41,14 ± 0,24	41,17 ± 0,23	40,92 ± 0,24	39,01 ± 0,77	40,10 ± 0,17	39,38 ± 0,43	41,05 ± 0,39	41,37 ± 0,12	41,15 ± 0,28



## 4. DISCUSSÃO

Os dados do presente estudo mostram que a incubação em diferentes temperaturas promove alteração do peso e a perda de água do ovo, tempo de bicagem externa e interna, da quimiossensibilidade respiratória, e peso do coração e pulmão dos animais. Contudo, a temperatura não interferiu na eclosão e eclodibilidade e na qualidade do pintainho.

### 4.1. Incubação

Vários estudos têm demonstrado que as condições de incubação influenciam o desenvolvimento de pintainhos (FREEMAN e VINCE, 1974, LOURENS et al, 2005, 2007) e que a temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes durante a incubação (DECUYPERE e MICHELS, 1992). No presente estudo, a redução ou elevação de 1°C na temperatura de incubação, no período do 10º dia até o nascimento, não apresentou efeito sobre a eclosão e eclodibilidade.

Os embriões de aves são poiquilotérmicos ao longo da incubação, isso os torna mais suscetíveis às oscilações na temperatura ambiente (TAZAWA et al., 1988, 1989; WHITTOW e TAZAWA, 1991). As mudanças de temperatura ao longo do desenvolvimento causam efeitos mais complexos do que simplesmente acelerar ou desacelerar o desenvolvimento do embrião como uma unidade (BULL, 1980; TEMPLE et al, 2001;. GUTZKE e CREWS, 1988,. JOHNSTON et al, 1996; SPICER e BURGGREN, 2003).

Em nosso trabalho, a incubação com diferentes temperaturas não promoveu diferença na eclodibilidade. Vários estudos verificaram o efeito da alteração da temperatura ambiente sobre a eclodibilidade, contudo os dados são contraditórios. Segundo Lourens et al. (2005) e Molenaar et al. (2011), embriões expostos a uma temperatura de 38,9°C na última semana de incubação apresentam pior eclodibilidade. Adicionalmente, Yalcin et al. (2012) submeteram os embriões à temperatura de 36,6°C do 10º ao 18º dia de incubação por 6 horas e observaram uma pior eclodibilidade. Morita et al., (2010) avaliaram o efeito da temperatura de incubação em ovos de matriz jovem e observaram que o aumento da temperatura de

incubação para 39°C causou maior perda e maior taxa de mortalidade em relação a temperatura mais fria (36°C), sendo que a temperatura mais baixa de incubação demonstrou ser melhor para a eclosão. Nesse contexto, Willemsen et al., (2010) demonstraram que a eclosão de animais incubados em temperatura quente (3°C acima da temperatura normal de incubação) foi menor em relação aos animais incubados em baixa temperatura (3°C abaixo da temperatura normal de incubação) e controle. Por outro lado, Tzschentke e Halle (2009) observaram melhor eclodibilidade de embriões incubados em altas temperaturas (38,2 – 38,4°C) do 18º a 21º dia. Além disso, Collin et al. (2005) não observaram efeito depressivo sobre a eclodibilidade em diferentes períodos (3-24h) de manipulação térmica de 39,5°C, nos dias 16 e 18. Desta forma, as diferenças encontradas no presente estudo e nos demais podem ter ocorrido devido às diferenças nos protocolos experimentais (tempo de exposição ao estresse térmico e período o qual os animais foram expostos).

Em relação ao encurtamento e alongamento do período médio de bicagem interna, externa e nascimento em função de aumentos ou reduções na temperatura, estudos mostram que a incubação de ovos em temperaturas alta resulta em menor duração da incubação, já a incubação em temperatura fria resulta em incubação mais longa em relação à temperatura controle. Nossos dados mostraram que a incubação em temperatura mais elevada reduziu a duração da incubação, bem como o período médio de bicagem interna, externa e nascimento. Estudos de Morita et al., (2010) e Molenaar et al., (2011) observaram menor duração na incubação com temperatura mais elevada em relação ao controle. Christensen et al. (1999) relataram desenvolvimento mais rápido em embriões de perus incubados em alta temperatura no período final de incubação. Entretanto, Yalcin et al. (2012) encontraram maior período de incubação em frangos de corte submetidos a baixa temperatura, de forma intermitente entre 10 e 18 dias de incubação. De acordo com Kuhn et al. (1982), a redução na temperatura de incubação de 37,8°C para 33,8°C nos últimos cinco dias de incubação também resultou em eclosão tardia.

Em relação ao peso dos pintainhos, exposição à temperatura de 36,5°C na segunda metade da incubação resultou em redução deste parâmetro. Da mesma forma, os pintainhos de ovos incubados em 38,5°C apresentaram peso menor entre

os pintainhos de ovos incubados em 37,5°C e 36,5°C. De acordo com Lourens et al. (2007), a incubação em 38,9°C resulta em menor peso do pinto e maior produção de calor pelo embrião, podendo então reduzir o peso do animal. Adicionalmente, segundo, Decuypere et al. (1979), a incubação em alta temperatura nos primeiros 10 dias influencia a taxa de desenvolvimento, entretanto não altera o consumo de oxigênio pelos animais.

No presente trabalho, a redução ou aumento na temperatura de incubação resultaram em menor peso do coração e pulmão em comparação ao controle, entretanto, o peso relativo dos órgãos não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Vários estudos demonstraram que os pesos de órgãos de pintainhos e, especialmente, pesos do coração, são reduzidos devido a uma alta temperatura da casca durante o período de incubação (WINELAND et al, 2000, LEKSRIOMPONG et al, 2007; LOURENS et al, 2007). O menor desenvolvimento dos órgãos é um fator que contribui para o menor desenvolvimento dos animais (MOLENAAR et al., 2011). A redução do peso do coração no nascimento devido à exposição às altas temperaturas na incubação pode aumentar a susceptibilidade da incidência de desordens metabólicas relacionadas ao desenvolvimento cardiovascular mais tarde na vida, tais como ascite (LEKSRIOMPONG et al., 2007). Os frangos que são incubados com temperaturas elevadas da casca podem ter uma capacidade vascular pulmonar insuficiente, o que pode aumentar as suas necessidades metabólicas ao O<sub>2</sub> e resultar no desenvolvimento de ascite (LUBRITZ e MCPHERSON, 1994). Como resultado do aumento da necessidade por O<sub>2</sub>, a capacidade de transporte de O<sub>2</sub> é reforçada pelo aumento do número de glóbulos vermelhos (DECUYPERE et al., 2000). Como consequência, a viscosidade do sangue aumenta o que pode acarretar em aumento do débito cardíaco, hipertensão pulmonar, hipertrofia ventricular direita, as quais são sinais de desenvolvimento de ascite (SCHEELE et al, 1991,. JULIAN, 1993; LUBRITZ e MCPHERSON , 1994; DECUYPERE et al, 2000).

Da mesma forma que observamos no presente estudo, Givisiez et al., (2000) submetendo os ovos ao calor (38,8°C) e ao frio (35,8°C) durante a incubação após o 13º dia observaram uma redução no peso dos órgãos como coração e pulmão. Os autores observaram que o estresse induzido pelo frio causou um menor peso do

embrião, do pulmão enquanto o coração foi mais leve nos embriões estressados pelo calor. Muitos dos problemas como a síndrome de morte súbita e ascite podem estar relacionados com problemas com o desenvolvimento e função cardiovascular. Esses trabalhos corroboram com o nosso, pois a incubação com diferentes temperaturas observou o menor peso do coração e pulmão podendo estar diretamente ligado às alterações na resposta ventilatória desses animais.

#### **4.2. Efeito da Hipóxia durante a resposta respiratória em animais de 10 e 20 dias**

Os resultados do presente trabalho mostram que a diminuição e o aumento de temperatura durante a incubação podem influenciar as respostas ventilatórias de frangos de corte de 10 e 20 dias de idades quando submetidos à hipóxia.

As repostas respiratórias de aves em hipóxia foram estudadas em várias espécies diferentes (BOUVEROT, 1978; BLACK e TENNEY, 1980; BOGGS e KILGORE, 1983; BOUVEROT et al., 1979; BRACKENBURY et al., 1982; BUTLER e TAYLOR, 1983; FARACI et al., 1984; ORR e WATSON, 1913; RAY e FEDDE, 1969), sendo que na maioria dos estudos é observado um aumento na taxa do fluxo expiratório e aumento da frequência respiratória quando os animais são submetidos à baixas pressões parciais de O<sub>2</sub>. Outros estudos demonstraram que não ocorre alteração do volume corrente de aves durante a hipóxia (BOGGS e KILGORE, 1983; BRACKENBURY et al., 1982; JONES e HOLETON, 1972). Por outro lado, gansos (BLACK et al., 1976) e codorniz (BOGGS e KILGORE, 1983) apresentaram um aumento significativo no volume corrente com a hipóxia. Uma vez que o CO<sub>2</sub> tem fortes efeitos sobre o padrão da respiração em aves, é provável que a hiperventilação e hipocapnia subsequente durante hipóxia ajudem a determinar o volume corrente e a frequência respiratória.

Os quimiorreceptores intrapulmonares nas aves são ativados através do aumento da descarga do nervo vago, para diminuir o volume corrente, frequência respiratória quando a pressão parcial de CO<sub>2</sub> pulmonar diminui (BARNAS e BURGER, 1985). Em estudos nos quais o CO<sub>2</sub> foi adicionado durante a hipóxia para prevenir a hipocapnia, o volume corrente foi significativamente aumentado (BOGGS

e KILGORE, 1983, BUTLER e TAYLOR, 1983; JONES e PURVES, 1970; RAY e FEDDE, 1969).

No presente estudo, a hipóxia causou aumento da ventilação em todos os grupos de animais de 10 e 20 dias. A hipóxia causa ativação dos quimiorreceptores periféricos que estão presentes no arco aórtico e no corpo carotídeo que detectam também alterações de CO<sub>2</sub> e pH. Este órgão é innervado pelo vago em aves, e está localizado perto dos gânglios nodoso vagal (KAMEDA, 2002). As respostas ventilatórias tanto à hipóxia quanto à hiperóxia são eliminadas ou drasticamente reduzidas em patos cujos corpos carotídeos são desnervados (JONES e PURVES 1970; BOUVEROT et al., 1979). Alterações na temperatura afetam a quimiossensibilidade e o aumento da temperatura eleva a taxa de disparo dos quimiorreceptores periféricos, aumentando a resposta a hipóxia (MORTOLA & FRAPPEL, 2000). No nosso estudo, a incubação com a temperatura mais fria causou maior resposta ventilatória à hipóxia dos animais de 10 dias. Diversos estudos têm questionado se as respostas ventilatória à hipóxia ou hipercapnia refletem um programa geneticamente controlado e fixo ou é uma característica fenotípica que pode ser modificada por meio de experiências, um fenômeno referido frequentemente como plasticidade de desenvolvimento (CARROL, 2003). O aumento da quimiossensibilidade em animais expostos ao frio pode ter ocorrido por alterações na transdução da informação pelo corpo carotídeo ou alterações em áreas do sistema nervoso central que controlam a ventilação. No frango, os primeiros brotos dos órgãos carotídeos atingem a sua posição final na bifurcação do tronco arterial braquicéfalo no 8º dia embrionário, e as características de células glômicas quimiossensíveis maduras são reconhecidas alguns dias mais tarde (KAMEDA, 1994). A exposição ao frio pode ter ocasionado alteração no metabolismo das aves e dessa forma ter aumentado a resposta ventilatória à hipóxia. De fato, o frio durante os últimos dias de incubação, ou seja, quando as habilidades termogênicas começam a se desenvolver, aumenta a capacidade termogênica dos filhotes, semelhante ao que ocorre também em mamíferos com exposições frias durante o desenvolvimento pós-natal (SKÁLA e HAHN, 1974, BERTIN e PORTET de 1981, CANNON e NEDERGAARD, 1983, BERTIN et al., 1993 e SANT'ANNA e MORTOLA, 2003). De acordo com Mortola (2006), durante a

maior parte do desenvolvimento embrionário, o frio provoca um estado hipometabólico sustentado, enquanto que, no final da incubação, com o início do controle termogênico, e no período pós-natal, o frio promove aumento do consumo de  $O_2$  e uma condição hipermetabólica. Portanto, o aumento da resposta ventilatória à hipóxia pode ter ocorrido devido a esse aumento no metabolismo. Contudo, a resposta só é apresentada pelos animais de 10 dias, aos 20 dias a resposta se normaliza, indicando que algum tipo de plasticidade possa ter ocorrido no sistema respiratório do animal.

#### **4.3. Efeito da Hipercapnia durante a resposta respiratória em animais de 10 e 20 dias**

Nesse estudo observamos que a diminuição e o aumento de temperatura durante a incubação podem influenciar as respostas ventilatórias de frangos de corte de 10 e 20 dias de idade quando submetidos à hipercapnia.

O  $CO_2$  é um estímulo poderoso na respiração na maioria dos vertebrados terrestres que respiram ar. A hipercapnia é causa estimulação dos quimiorreceptores centrais e periféricos, que são sensíveis ao aumento do  $CO_2$  e redução do pH arterial (MILSOM, 2002). Nas aves, em particular alguns estudos, especulam que existem três grupos de quimiorreceptores dominantes. Alguns estudos mostram os quimiorreceptores centrais exercem papel dominante na resposta ventilatória à hipercapnia, enquanto os quimiorreceptores do corpo carotídeo, também contribuem substancialmente para o “drive” respiratório durante a hipercapnia (MILSOM et al., 1981). Os quimiorreceptores intrapulmonares em aves são os únicos que são sensíveis ao  $CO_2$  (HEMPLEMAN e POSNER, 2004; MILSOM et al, 2004), mais ainda o papel desse grupo de quimiorreceptores ainda não é muito claro e os intrapulmonares são conhecidos para regular a padrão da respiração e também podem influenciar a ventilação total.

No presente estudo a resposta ventilatória à hipercapnia foi principalmente causada por aumento do  $V_T$ , ao invés de alterar a fR. Esse padrão de resposta também é observado em outras espécies de aves (SCHEID & PIIPER, 1986, COLBY

et al., 1987; BOUVEROT et al., 1974; POWELL et al., 1978; MILSOM et al., 1981; BRACKENBURY et al., 1982; DODD & MILSOM, 1987). Essa estratégia auxilia na redução do espaço morto, tornando a  $V_E$  do animal mais eficiente. Ajustes ventilatórios à hipercapnia similares foram observados em outras aves (JONES & PURVES, 1970; BOUVEROT et al, 1974; POWELL et al, 1978;. BRACKENBURY et al, 1982) e são uma resposta partilhada por mamíferos e muitos (mas não todos) répteis (MILSOM, 1998). Em alguns estudos, a fR pode até diminuir durante hipercapnia em algumas situações (JONES & PURVES, 1970, BOUVEROT & LEITNER, 1972, OSBORNE et al., 1977, COLBY et al., 1987), possivelmente devido aos efeitos do  $CO_2$  sobre os quimiorreceptores intrapulmonares (MILSOM et al., 1981).

No nosso estudo observamos mudanças na resposta ventilatória de frango de corte incubados em diferentes temperaturas, sendo que os animais de 10 e 20 dias que foram submetidos à hipercapnia de 7% apresentaram mudança na resposta ventilatória. Nos animais que foram incubados em temperatura fria observamos que na idade de 10 dias ocorreu maior resposta ventilatória e com idade de 20 dias houve redução na resposta ventilatória nos animais incubados nas temperaturas fria e quente.

Da mesma forma que observamos para hipóxia, a resposta ventilatória à hipercapnia está aumentada nos animais de 10 dias incubados na temperatura fria. Esse aumento pode ter ocorrido devido ao aumento do metabolismo, como foi abordado anteriormente. Contudo, a menor resposta encontrada nos animais incubados na temperatura quente e fria nos animais de 20 dias, pode ter sido uma alteração no sistema nervoso central, de áreas sensíveis ao  $CO_2$ , uma vez que essa resposta não foi encontrada nos animais submetidos à hipóxia.

#### **4.4. Efeito da Hipóxia e Hipercapnia sobre a temperatura corporal em animais de 10 e 20 dias**

Durante a exposição da hipóxia nos frangos de 10 e 20 dias de idade oriundo de ovos incubados em diferentes temperaturas, ocorreu uma queda da temperatura corporal. A hipóxia é estímulo que causam aumento na ventilação e queda na  $T_c$ .

Embora mamíferos e aves sejam homeotérmicos, a temperatura corporal pode ser aumentada ou diminuída de um modo regulado, como durante a febre e a hipóxia, respectivamente. A hipóxia provoca uma hipotermia regulada da temperatura corporal muitas vezes referida como anapirexia, uma resposta que não é causada apenas por uma redução da termogênese, mas também pelo aumento da perda de calor e o comportamento de busca ao ambiente ao frio (WOOD, 1991 e STEINER e BRANCO, 2002). A hipotermia induzida por hipóxia está relacionada com os mecanismos regulados centralmente (WOOD, 1991; STEINER e BRANCO, 2002), apesar de uma ação periférica também ter sido sugerida (JOHNSON et al., 2007).

No presente estudo, a hipóxia causou uma queda na temperatura corporal nos animais na idade de 10 e 20 dias que foram incubados em diferentes temperaturas. Contudo, nos animais incubados em temperatura fria com idade de 10 dias, pode-se observar uma atenuação na resposta anapirética e nos animais de 20 dias tanto os incubados em temperatura quente e fria ocorreu uma exacerbação da queda de temperatura induzida por hipóxia. A atenuação da resposta anapirética nos animais de 10 dias pode ter ocorrido por esses animais estarem com um maior metabolismo, o que também acarretou em uma maior resposta ventilatória à hipóxia e hipercapnia.

Durante a exposição à hipercapnia, os frangos de 10 dias apresentaram uma queda na temperatura corporal e os frangos de 20 dias que foram incubados em diferentes temperaturas, não apresentaram alteração da temperatura corporal em nenhum grupo. Paralelamente ao aumento da ventilação, a hipercapnia pode causar hipotermia (BRANCO & WOOD, 1994; BARROS & BRANCO, 1998). Neste contexto, Tamaki & Nakayama (1987) observaram que a hipercapnia promove um aumento da atividade dos neurônios da área pré-óptica do hipotálamo anterior, região encefálica essencial para a regulação da temperatura corporal (BOULANT, 1998; 2000). Estudo em cobaias recém-nascido mostrou que a temperatura retal começa a cair quando os animais são expostos a 6% de CO<sub>2</sub> (FARKAS & DONHOFFER, 1975). Já em ratos, verificou-se uma inibição completa da termogênese, quando os animais foram submetidos a misturas gasosas contendo 10% ou mais de CO<sub>2</sub> (PEPELKO & DIXON, 1974). No presente estudo, a hipercapnia não promoveu queda na T<sub>c</sub> em 20 dias de idade, corroborando estudos em ratos (BIANCARDI et al. 2008; CARVALHO



et al., 2010). Da mesma forma, Barros et al. (2004) observaram que a hipercapnia (3 e 5% CO<sub>2</sub>) não promoveram queda da T<sub>C</sub> em roedores do cerrado brasileiro.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os dados do presente estudo foi possível demonstrar que:

1) mudanças na temperatura de incubação afetam a morfofisiologia do sistema cardiorrespiratório. Alterações constantes, mesmo que de apenas 1°C em relação à temperatura de 37,5°C a partir do 10º dia de incubação, prejudicam parâmetros da incubação como a janela de nascimento, não sendo recomendadas na indústria avícola;

2) a diminuição e o aumento de temperatura durante a incubação influenciam as respostas ventilatórias de frangos de corte de 10 e 20 dias de idade quando submetidos à hipóxia e à hipercapnia.

3) em relação à temperatura corporal, os animais de 10 dias oriundos de ovos incubados em temperatura fria apresentaram uma queda de temperatura menor durante a hipóxia. Os animais de 20 dias que foram incubados em temperatura quente e fria e submetidos à hipóxia apresentaram maior resposta anapirética comparados ao grupo controle. Na hipercapnia os animais incubados em temperatura quente apresentam uma exacerbação da queda da temperatura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAGIED, E.M., KING, A.S. The topographical anatomy and blood supply of the carotid body region of the domestic fowl. **Journal of Anatomy**. Aug;126(Pt 3):535-46. 1978.

ALVES FILHO, E.; ARAÚJO, M. DA P. Origens e desenvolvimento do sistema de produção integrada no Brasil. In: Casimiro Filho, F.; Shikida, P. F. (coord). Agronegócio e desenvolvimento regional. Cascavel: Edunioeste, 1999.

BARNAS, G. M., AND R. E. BURGER. Intrapulmonary chemoreceptor control of ventilatory movements in the self-ventilating chicken. **Journal of Experimental Biology**. 114: 121-130, 1985.

BARROS, R.C.; ABE, A.S.; CÁRNIO, E.C.; BRANCO, L.G. Regulation of breathing and body temperature of a burrowing rodent during hypoxic-hypercapnia. **Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.** v. 138, n. 1, p. 97-104, 2004.

BARROS, R.C.H., BRANCO, L.G.S. Effect of nitric oxide synthase inhibition on hypercapnia-induced hypothermia and hyperventilation. **Journal of Applied Physiology**., v. 85, p. 967-972, 1998.

BERTIN, R., DE MARCO, F., MOUROUX, I., PORTET., R. Postnatal development of nonshivering thermogenesis in rats: effects of rearing temperature. **Journal Developing Physiology**., v.19 ,pp. 9–15. 1993.

BERTIN, R., PORTET, R. Effect of ambient temperature on lipid metabolism in brown fat during the perinatal period **Comparative Biochemistry and Physiology** ., 70B , pp. 193–197. 1981.

BIANCARDI, V.; BICEGO, K. C.; ALMEIDA, M. C.; GARGAGLIONI, L. H. Locus coeruleus noradrenergic neurones and CO<sub>2</sub> drive to breathing. **European Journal of Physiology** ., v. 455, p. 1119-1128, 2008.

BLACK, C. P., AND TENNEY, S. M. Oxygen transport during progressive hypoxia in high-altitude and sea-level waterfowl. **Respiratory Physiology**. 39: 217-239,1980.

BLACK, C. P., S. M. TENNEY, AND A. R. PAULSEN. Hypoxic tolerance and ventilatory response in the bar-headed goose. **Physiologist** 19: 130,1976.

BOGGS, D. F., AND D. L. KILGORE, JR. Ventilatory responses of the burrowing owl and bobwhite to hypercarbia and hypoxia. **Journal of Comparative Physiology B**. 149: 527-533,1983.

BOULANT, J.A. Neural thermal reception and regulation of body temperature. In: Blatteis, C.M. (ed.), *Physiology and Pathophysiology of temperature regulation*, New Jersey, USA, **World Scientific**. p. 94-104, 1998.

BOULANT, J.A. Role of preoptic-anterior hypothalamus in thermoregulation and fever. **Clinical Infectious Diseases**., v. 31, p 157-161, 2000.

BOUVEROT, P. Control of breathing in birds compared with mammals. **Physzbl. Rev.** 58: 604-655,1978.

BOUVEROT, P., DOUGUET, D., AND SEBERT, P. Role of arterial chemoreceptors in ventilatory and circulatory adjustments to hypoxia in awake Peking ducks. **Journal of Comparative Physiology B**. 133: 177-186, 1979.

BOUVEROT, P., HILL, N., JAMMES, Y. Ventilatory responses to CO<sub>2</sub> in intact and chronically chemodenervated Peking ducks. **Respiratory Physiology**. Oct;22(1-2):137-56. 1974

BOUVEROT, P., LEITNER, L.M. Arterial chemoreceptors in the domestic fowl. **Respiratory Physiology**. 1972 Jul;15(3):310-20.

BRACKENBURY, J. H., GLEESON, M. AND AVERY, P. Control of ventilation in running birds: effects of hypoxia, hyperoxia, and Cot. **Journal of Applied Physiology**. 53: 1397-1404,1982.

BRANCO, L.G., WOOD, S.C. Role of central chemoreceptors in behavioral thermoregulation of the toad, *Bufo marinus*. **American Journal of Physiology**., v. 266, p. 1483-1487, 1994

BULL, J. J. Sex determination in reptiles. **The Quarterly Review of Biology**. 55, 4-21, 1980.

BUTLER, P. J., AND TAYLOR, E. W. Factors affecting the respiratory and cardiovascular responses to hypercapnic hypoxia, in mallard ducks. **Respiratory Physiology**. 53: 109-127, 1983.

CANNON, B. , NEDERGAARD, J. Biochemical aspects of acclimation to cold. **Journal of Thermal Biology**., v.8 , pp. 85–90, 1983.

CARROLL, J.L. Plasticity in respiratory motor control. invited review: developmental plasticity in respiratory control. **Journal of Applied Physiology**. 94, 375–389. 2003.

CARVALHO, D.; BÍCEGO, K. C.; CASTRO, O. W.; DA SILVA, G. S. F.; CAIRASCO, N. G.; GARGAGLIONI, L. H. Role of neurokinin-1 expressing neurons in the locus coeruleus on ventilatory and cardiovascular responses to hypercapnia. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 172, p. 24 – 31, 2010.

CHRISTENSEN, V. L.; DONALDSON, W. E.; NESTOR, K. E. Length of plateau and pipping stages of incubation affects the physiology and survival of turkeys. **British Poultry Science**, v. 40, p. 297–303, 1999.

CHRISTENSEN, V.L.; DAVIS, G.S.; NESTOR, K.E. Environmental incubation factors influence embryonic thyroid hormones. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 442-450, 2002.

COBB. Guia de Manejo de Incubação. Outubro, 2008.

COLBY, C., KILGORE, D.L. JR, HOWE, S. Effects of hypoxia and hypercapnia on VT, f, and VI of nestling and adult bank swallows. **American Journal of Physiology**. Dec;253(6 Pt 2):R854-60. 1987.

COLLIN, A., C. BERRI, S. TESSERAUD, F. E. RODON, S. SKIBA-CASSY, S. CROCHET, M. J. DUCLOS, N. RIDEAU, K. TONA, J. BUYSE, V. BRUGGEMAN, E. DECUYPERE, M. PICARD, AND S. YAHAV. Effects of thermal manipulation during early and late embryogenesis on thermotolerance and breast muscle characteristics in broiler chickens. *Poult. Sci.* 86:795–800. 2007.

COLLIN, A., PICARD, M. & YAHAV, S. The effect of duration of thermal manipulation during broiler chick embryogenesis on body weight and body temperature of post-hatched chicks. **Animal Research**, 54: 105–111, 2005.

DECUYPERE, E., BUYSE, J., BUYS, N. Ascites in broiler chickens: exogenous and endogenous structural and functional causal factors. **World's Poultry Science Journal**, v.56, n.4, p.367-377, 2000.

DECUYPERE, E.; BRUGGEMAN, V. The endocrine interface of environmental and egg factors affecting chick quality. **Poultry Science**, v. 86, p. 1037-1042, 2007.

DECUYPERE, E.; MITCHELS, H. Incubation temperature as a management tool: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 48, p. 28-38, 1992.

DECUYPERE, E.; NOUWEN, E.J.; KUHN, E.R.; GEERS,R.; MICHELS, H. Iodohormones in the serum of chick embryos and post-hatching chickens as influence by incubation temperature. Relationship with the hatching process and thermogenesis. **Annales De Biologie Animale, Biochimie, Biophysique**, v. 19, n. 6, p. 1713–1723, 1979.

DODD, G.A, MILSOM, W.K. Effects of H<sup>+</sup> versus CO<sub>2</sub> on ventilation in the Pekin duck. **Respiratory Physiology**. 1987 May;68(2):189-201.

ENGLISH D. R.; MACLNISS, R. J.; HODGE, A. M.; HOPPER, J. L.; HAYDON, A. M.; GILES, G. G. Red meat, chicken and fish consumption and risk of colorectal cancer. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, v. 13, n. 9, p. 1509-1514, 2004.

FARACI, F. M., KILEY, J. P., AND FEDDE, M. R. Chemoreflex drive of ventilation during exercise in ducks. **Pfluegers Arch**. 402: 162- 165,1984.

FARKAS, M., DONHOFFER, S. The effect of hypercapnia on heat production and body temperature in the new-born guinea pig. **Acta Physiol Acad Sci Hung.**, v. 46, p. 201-217, 1975.

FLETCHER, D. L. Poultry Meat Quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FREEMAN, B.M., AND VINCE, M.A. Development of the Avian Embryo. Chapman and Hall, London, UK. 1974.

FRENCH, N. A. modeling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size. **Poultry Science**, v. 76, p. 124-133, 1997.

GIGLI, S. C. A. Monitoramento do ambiente em incubatório visando melhorias na produção. Campinas, 2007. Dissertação (mestado em engenharia agrícola).

GIVISIEZ, P.E.N., BRUNO, L.D.G., MACHADO, J.R.S.A., SECATO, E.R., FREITAS, D., RIBEIRO, L.T., MACARI, M. Desempenho e resposta ao estresse calórico gradativo de frangos submetidos a estresse de calor e frio durante a incubação. *Revista Brasileira de Ciência Avícola (Suplemento)*; 2:1. 2000.

GLADYS, G. E.; HILL, D.; MEIJERHOF, R.; SALEH, T. M.; HULLET, R. M. Effect of embryo temperature and age of breeder flock on broiler post hatch performance. **Poultry Science**, v. 79, p. 123, 2000.

GONZALES, E. CAFÉ, M.B. Produção de pintinhos com qualidade total. In: MACARI, M. GONZALES, E. (Eds). *Manejo da incubação*. 2. ed. Campinas: FACTA; 2003. p. 515-526.

GUTZKE, W. H. N. AND CREWS, D. Embryonic temperature determines adult sexuality in reptile. **Nature** 332, 832-834. 1988.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Growth, livability and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, v. 82, p. 1500-1508, 2003.

HEMPLEMAN, S. C., EGAN, S. X., PILARSKI, J.Q., ADAMSON, T. P., SOLOMON, I. C. Calcium and avian intrapulmonary chemoreceptor response to CO<sub>2</sub>. **Journal of Applied Physiology** 101:565–1575, 2006.

HEMPLEMAN, S.C., POSNER, R.G. CO<sub>2</sub> transduction mechanisms in avian intrapulmonary chemoreceptors: experiments and models. **Respiratory Physiology & Neurobiology**. 144, 203–214. 2004.



HISLOP, A. Developmental biology of the pulmonary circulation. **Paediatr Respir Rev.** v6(1), p.35-43. 2005

ISHII, K., KUSAKABE, T., Electrophysiological aspects of reflexogenic area in the chelonian *Geoclemmys reevesii*. **Respiratory. Physiology.** 59, 45–54. 1985a.

JOHNSON, C., HUDSON, S., MARSHALL, J. Responses evoked in single sympathetic nerve fibres of the rat tail artery by systemic hypoxia are dependent on core temperature. **Journal of Physiology.** 584:221–233. 2007.

JOHNSTON, I. A., VIERA, V. L. A. AND HILL, J. Temperature and ontogeny in ectotherms: muscle phenotype in fish. In Phenotypic and Evolutionary Adaptations of Organisms to Temperature (ed. I. A. Johnston and A. F. Bennet), pp. 153-181. Cambridge: Cambridge University Press. 1996.

JONES, D. R., AND G. F. HOLETON. Cardiovascular and respiratory responses of ducks to progressive hypocapnic hypoxia. **The Journal of Experimental Biology.** 56: 657-666, 1972.

JONES, D. R., AND M. J. PURVES. The carotid body in the duck and the consequences of its denervation upon the cardiac responses to immersion. **The Journal of Physiology.** 211: 279-294, 1970.

JONES, D.R., MILSOM, W.K., Peripheral receptors affecting breathing and cardiovascular function in non-mammalian vertebrates. **The Journal of Experimental Biology.** 100, 59–91, 1982.

JONES, T. C; HUNT, R. D.; KING, N. W. Patologia veterinária. 6. ed, São Paulo: Manole, p. 1005-1006. 2000.

JULIAN, R.J. Ascites in poultry. **Avian Pathology**, v.22, n.3, p.419-454, 1993.

KAMEDA, Y. Carotid body and glomus cells distributed in the wall of the common carotid artery in the bird. **Microscopy Research and Technique** 59:196–206, 2002.

KAMEDA, Y., 1994. Electron microscopic study on the development of the carotid body and glomus cell groups distributed in the wall of the common carotid artery and its branches in the chicken. **Journal of Comparative Neurology**. 348, 544–555.

KÜHN, E.R.; DECUYPERE, E.; COLEN, L.M.; MICHELS, H. Posthatch growth and development of a circadian rhythm for thyroid hormones in chicks incubated at different temperatures. **Poultry Science**; 61:540-549. 1982.

LANCASTER, F.M.; JONES, D.R. Cooling of broiler hatching eggs during incubation. **British Poultry Science**; 29:597-604. 1988.

LEKSINSOMPONG, N.; ROMERO-SANCHEZ, H.; PLUMSTEAD, P.W.; BRANNAN, K. E.; BRAKE, J. Broiler incubation. 1. Effect of elevated temperature during late incubation on body weight and organs of chicks. **Poultry Science**, v. 86, p. 2685-2691, 2007.

LOURENS, A.; VAN DEN BRAND, H.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B. Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. **Poultry Science**, v. 84, p. 914-920, 2005.

LOURENS, A.; VAN DER BRAND, H.; HEETKAMP, M. J. W. et al. Effects of eggshell temperature and oxygen concentration on embryo growth and metabolism during incubation. **Poultry Science**, v.86, p.2194-2199, 2007.

LUBRITZ, D.L.; McPHERSON, B.N. Effect of genotype and cold stress on incidence of ascites in cockerels. **Journal of Applied Poultry Research**, v.3, n.2, p.171-178, 1994.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 296p.

MILSOM, W. K. Phylogeny of CO<sub>2</sub>/H<sup>+</sup> chemoreception in vertebrates. **Respiratory of Physiology Neurobiology**. 131, 29–41. 2002.

MILSOM, W.K. Phylogeny of respiratory chemoreceptor function in vertebrates. **Zoology-Analysis Complex Syst**. 101, 316–332. 1998.

MILSOM, W.K., ABE, A.S., ANDRADE, D.V., TATTERSALL, G.J. Evolutionary trends in airway CO<sub>2</sub>/H<sup>+</sup> chemoreception. **Respiratory of Physiology Neurobiology**. 144, 191–202, 2004.

MILSOM, W.K., JONES, D.R., GABBOTT, G.R.J. On chemoreceptor control of ventilatory responses to CO<sub>2</sub> in unanesthetized ducks. **Journal of Applied Physiology**. 50, 1121–1128. 1981.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (2010). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/mercado-interno>. Acessado em 14 de março de 2013.

MINNE, B. AND DECUYPÈRE, E. Effect of late prenatal temperatures on some thermoregulatory aspects of young chickens. **Arch. Exp. Vetmed**. 38: 374–383. 1984.

MOLENAAR, R.; VAN DEN ANKER, I.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B.; VAN DEN BRAND, H. Effect of eggshell temperature and oxygen concentration during incubation on the developmental and physiological status of broiler hatchlings in the perinatal period. **Poultry Science**, v. 90, n. 6, p. 1257-1266, 2011.

MORITA, V. S., BOLELI, I. C., AND OLIVEIRA, J. A. Hematological and Incubation Parameters of Chicks from Young Breeders Eggs: Variation with Sex and Incubation Temperature. **International Journal of Poultry Science** 9 (6): 606-612, 2010.

MORTOLA, J. P. Gas exchange in avian embryos and hatchlings. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A** 153, 359–377, 2009.

MORTOLA, J. P. Metabolic response to cooling temperatures in chicken embryos and hatchlings after cold incubation. **Comp.Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.** 145:441–448. 2006.

MORTOLA, J.P.; FRAPPEL, P.B. Ventilatory responses to changes in temperature in mammals and other vertebrates. **Annu Rev Physiol.** v. 62, p.847-74. 2000.

MURILLO-FERROL, N.L. The development of the carotid body in *Gallus domesticus*. **A descriptive study. Acta Anat.** 68, 102–126. 1967.

NATTI, E. E LI, A. Central Chemoreceptors: Locations and Functions. **Comprehensive Physiology.** v. 2, January 2012.

NICHELMANN, M. Activation of thermoregulatory control elements in precocial birds during the prenatal period. **Journal of Thermal Biology.** 29:621–627. 2004.

ORR, J. B., AND A. WATSON. Study of the respiratory mechanism in the duck. **The Journal of Physiology.** 46: 337-348, 1913.

OSBORNE, J.L., MITCHELL, G.S. Regulation of arterial PCO<sub>2</sub> during inhalation of CO<sub>2</sub> in chickens. **Respiratory of Physiology.** Dec;31(3):357-64. 1977.

PEPELKO, W.E, DIXON, G.A. Elimination of cold-induced nonshivering thermogenesis by hypercapnia. **American Journal of Physiology**, v. 227, p. 264-267, 1974.

PIESTUN, Y., M. HAREL, M. BARAK, S. YAHAV, AND O. HALEVY. Thermal manipulations in late-term chick embryos have immediate and longer term effects on myoblast proliferation and skeletal muscle hypertrophy. **Journal of Applied Physiology**. 106:233–240. 2009.

POWELL, F.L, FEDDE, M.R, GRATZ, R.K., SCHEID, P. Ventilatory response to CO<sub>2</sub> in birds. I. Measurements in the unanesthetized duck. **Respiratory of Physiology**. Dec;35(3):349-59. 1978.

RAY, P. J., AND M. R. FEDDE. Responses to alterations in respiratory Po<sub>2</sub> and PCO<sub>2</sub> in the chicken. **Respiratory of Physiology**. 6: 135-143, 1969.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, L. S. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª Edição. Viçosa, 2005.

SANT'ANNA, G., MORTOLA, J.P. Thermal and respiratory control in young rats exposed to cold during postnatal development. **Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol**. Feb;134(2):449-59. 2003.

SCHEELE, C. W.; WIT, W. de; FRANKENHUIS, M. T.; VEREIJKEN, P. F. G. Ascites in broilers. 1. Experimental factors evoking symptoms related to ascites. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 5, p. 1069-1083, 1991.

SCHEID, P., PIIPER, J. Inert gas wash-out from tissue: model analysis. **Respiratory of Physiology**. Jan;63(1):1-18. 1986.

SÉBERT P. Evidence for a central action of CO<sub>2</sub> ventilatory stimulus in Pekin ducks (author's transl). **Journal Physiology (Paris)**. 75(8):901-9. 1979.

SHINDER, D., D. LUGER, M. RUSAL, V. RZEPAKOVSKY, V. BRESLER, AND S. YAHAV. Early age cold conditioning in broiler chickens (*Gallus domesticus*): Thermotolerance and growth responses. **Journal of Thermal Biology**. 27:517–523. 2002.

SHINDER, D., M. RUSAL, M. GILOH, and YAHAV, S.. Effect of repetitive acute cold exposures during the last phase of broiler embryogenesis on cold resistance through the life span. **Poultry Science**. 88:636–646, 2009.

SKÁLA, J., HAHN P. Changes in interscapular brown adipose tissue of the rat during perinatal and early postnatal development after cold acclimation. VI. Effect of hormones and ambient temperature. **International Journal of Biochemistry**., 5 , pp. 95–106. 1974.

SPICER, J. I. AND BURGGREN, W. W. Development of physiological regulatory systems: altering the timing of crucial events. **Zool**. 106, 91-99. 2003.

STEINER, A. A., BRANCO, L. G. Hypoxia-induced anapyrexia: implications and putative mediators. **Annu Rev Physiol** 64:263–288, 2002.

SUAREZ, M. E., WILSON, H. R., MCPHERSON, B. N., MATHER, F. B. AND WILCOX, C. J. Low temperature effects on embryonic development and hatch time. **Poultry Science**. 75: 924–932. 1996.

SZDZUY, K; MORTOLA, J. P. Ventilatory chemosensitivity of the 1-day-old chicken hatchling after embryonic hypoxia, **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 293: R1640–R1649, 2007.

TAMAKI, Y., NAKAYAMA, T. Effects of air constituents on thermosensitivities of preoptic neurons: hypoxia versus hypercapnia. **Pflügers Arch.**, v. 409, p.1-6, 1987.

TAZAWA, H., WAKAYAMA, H., TURNER, J. S. AND PAGANELLI, C. V. Metabolic compensation for gradual cooling in developing chick embryos. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 89A, 125-129. 1988.

TAZAWA, H., WHITTOW, G. C., TURNER, J. S. AND PAGANELLI, C. V. Metabolic responses to gradual cooling in chicken eggs treated with thiourea and oxygen. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 92A, 619-622. 1989.

TEMPLE, G. K., COLE, N. J. AND JOHNSTON, I. A. Embryonic temperature and the relative timing of muscle-specific genes during development in herring (*Clupea harengus* L.). **The Journal of Experimental Biology**. 204, 3629-3637, 2001.

TONA, K.; BAMELIS, F.; DE KETELAERE, B.; BRUGGEMAN, V.; MORAES, V.M.B.; BUYSE, J.; ONAGBESAN, O.; DECUYPERE, E. Effects of egg storage time and spread of hatch, chick quality, and chick juvenile growth. **Poultry Science**, v.82, n.5, p.736-741, 2003.

TULLETT, S. G. The Science and art of incubation. **Poultry Science**, v. 69, p. 1-15, 1990.

TZSCHENTKE, B., AND BASTA, D. Early development of neuronal hypothalamic thermosensitivity in birds: Influence of epigenetic temperature adaptation. **Comp. Biochem. Physiol. Mol. Integr. Physiol.** 131:825–832. 2002.

TZSCHENTKE, B., AND I. HALLE. Influence of temperature stimulation during the last 4 days of incubation on secondary sex ratio and later performance in male and female broiler chicks. **Poultry Science**. 50:634–640. 2009.

TZSCHENTKE, B., AND M. NICHELMANN. Influence of prenatal and postnatal acclimation on nervous and peripheral thermoregulation. **Ann. N. Y. Acad. Sci.** 813:87–94. 1997.

United States Department of Agriculture. Disponível em [www.usda.gov](http://www.usda.gov). Acesso em 24 de outubro de 2011.

United States Department of Agriculture. Disponível em [www.usda.gov](http://www.usda.gov). Acesso em 16 de março 2012.

VRIES, M.; BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 128, n. 1-3, p. 1-11, 2010.

WEBB, D.R. Thermal tolerance of avian embryos: a review. **Condor**; 89:874-898. 1987.

WHITTOW, G. C. AND TAZAWA, H. The early development of thermoregulation in birds. **Physiol. Zool.** 64, 1371-1390. 1991.

WILLEMSEN, H., DEBONNE, M., SWENNEN, Q., EVERAERT, N., CAREGHI, C., HAN, H. J., BRUGGEMAN, V., TONA, K. and DECUYPERE, E. Delay in feed access and spread of hatch: Importance of early nutrition. **World's Poult. Sci. J.** 66:177-188, 2010.

WINDHORST, H. W. Changes in poultry and trade worldwide. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 4, p. 584–602, 2006.

WINELAND, M. J., K. M. MANN, B. D. FAIRCHILD, AND V. L. Christensen. Effect of different setter and hatcher temperature upon the broiler embryo. **Poultry Science.** 79(Suppl. 1):123, 2000.



WOOD, S.C. Interactions between hypoxia and hypothermia. **Annu Rev Physiol** 53:71–85. 1991.

YAHAV, S., AND HURWITZ, S. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. **Poultry Science**. 75:402–406. 1996.

YALCIN, S.; OZKAN, S.; SIEGEL, P.; YENISEV, C.; AKSIT, M. Manipulation of Incubation Temperatures to Increase Cold Resistance of Broilers: Influence on Embryo Development, Organ Weights, Hormones and Body Composition. **The Journal of Poultry Science**, v. 49, n. 2, p. 133-139, 2012.