

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR EM
FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO,
METABOLIZAÇÃO DOS NUTRIENTES E ATIVIDADE DE
ENZIMAS PANCREÁTICAS**

Lilian Francisco Arantes de Souza
Médica Veterinária

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL – 2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR EM
FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO,
METABOLIZAÇÃO DOS NUTRIENTES E ATIVIDADE DE
ENZIMAS PANCREÁTICAS**

Lilian Francisco Arantes de Souza

Orientador: Prof. Dr. Renato Luis Furlan

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Produção Animal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL - 2008

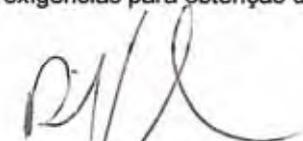
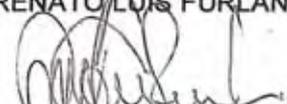
unesp**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR EM FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO, METABOLIZAÇÃO DOS NUTRIENTES E ATIVIDADE DE ENZIMAS PANCREÁTICAS

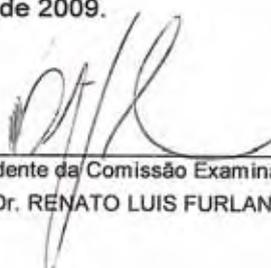
AUTORA: LILIAN FRANCISCO ARANTES DE SOUZA

ORIENTADOR: Dr. RENATO LUIS FURLAN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ZOOTECNIA pela Comissão Examinadora:


Dr. RENATO LUIS FURLAN
Dr. JOÃO WAINE PINHEIRO
Dr. JOÃO MARTINS PIZAURO JUNIOR

Data da realização: 23 de janeiro de 2009.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. RENATO LUIS FURLAN

DADOS CURICULARES DA AUTORA

LILIAN FRANCISCO ARANTES DE SOUZA – nascida na cidade de Barretos/SP aos 28 de setembro de 1981, ingressou na Universidade Estadual de Londrina – UEL em fevereiro de 2001, colando grau de Médica Veterinária em janeiro de 2006. Em agosto do mesmo ano iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, campus de Jaboticabal, submetendo-se ao Exame Geral de Qualificação em agosto de 2008.

**“Mas é claro que o sol vai voltar amanhã
Mais uma vez, eu sei
Escuridão já vi pior de endoidecer gente sã
Espera que o sol já vem”**

(Renato Russo)

Aos meus pais,
Haideé e Izaú,
que jamais mediram esforços para a realização dos meus sonhos,
apoiando e incentivando cada passo.

Aos meus irmãos,
Lucas, Ligia e Livia,
Pela amizade, carinho, paciência e tolerância.

Ao meu grande amor,
César,
Pela dedicação, companheirismo e por todos os momentos de ajuda.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por minha existência, por minha linda família e pelas bênçãos que recebo diariamente.

Ao Prof. Dr. Renato Luis Furlan pela oportunidade, orientação e grande exemplo pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. João Martins Pizauro Junior pela valiosa ajuda e paciência.

À minha família que sempre apoiou meus estudos apesar de alguns obstáculos. À minha mãe, Haideé, que sempre foi minha grande amiga e companheira, dedicando cada dia de sua vida à nossa família. Ao meu pai, Izaú, por sua força, carinho e incentivo constantes. À eterna amizade e união dos meus queridos irmãos, Lucas, Ligia e Lívia. Às minhas avós, Aide e Mariana, pelos sábios conselhos e aos meus avôs, José Francisco e Izaú Arantes de Souza (*In memoriam*) por serem fortes alicerces à família. Eu amo todos vocês.

Aos queridos companheiros Lívia, Nathalie, Marília, André Volpe, Leonardo, Karoll, Marcos, Aiane, Gustavo (Dito), Bruno, Elaine (Tocha), Junior, Fabrício, Rodrigo (Bago), Giuliana, Dayana e Dany, pela imensurável ajuda durante a condução do experimento e pelos divertidos momentos de convivência. Sem vocês eu não teria conseguido.

À Fátima, Márcia, Vanessa e Luis Flávio (Pudendo) do Laboratório de Bioquímica do Departamento de Tecnologia pelo carinho, amizade e inestimável ajuda nas análises laboratoriais. Vocês são especiais.

Ao meu amor, César Martoreli da Silveira, por sua dedicação e companheirismo e pela alegria de estar ao seu lado.

À família Martoreli da Silveira, Vitória, João César, Sara e Karinna pela agradável convivência e exemplo familiar.

Ao Sr. Orlando, Paulo Henrique e Ana Paula do Laboratório de Nutrição Animal pelo auxílio durante a realização das análises.

À Fátima, Márcia, Vanessa e Luis Flávio (Pudendo) do Laboratório de Bioquímica do Departamento de Tecnologia pelo carinho, amizade e inestimável ajuda nas análises laboratoriais.

Aos professores Vera Maria Barbosa de Moraes e Izabel Cristina Boleli (Exame Geral de Qualificação) e Daniel Emygdio de Faria Filho pela valiosa contribuição na elaboração desta dissertação.

Aos amigos Dayane (Daya), Vivian (Migalha), Kênia Bicego, Cristian, Bruno (Marvado), Cláudia (Portuguinha) pela íntima e inesquecível convivência.

Aos funcionários Sr. Orandi, Euclides, Damaris e Wiliam (Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal), Robson, Isildo e Vicente (Setor de Avicultura), Sandra e Sr. Oswaldo (Fábrica de Ração) pela ajuda e convivência.

À República Zorbonas, por tantos momentos felizes e pela acolhida em Jaboticabal.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos e auxílio à pesquisa.

A todas as pessoas que participaram de minha vida contribuindo para minha formação profissional e pessoal.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Prejuízos à produção de frangos de corte causados pelo calor.....	2
O calor e os prejuízos ao processo digestivo.....	6
Objetivos.....	8
REFERÊNCIAS.....	9
CAPÍTULO 2 – EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR EM FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO E METABOLIZAÇÃO DOS NUTRIENTES.....	15
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
Características avaliadas.....	21
Análises estatísticas.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
Desempenho.....	23
Coeficiente de metabolização dos nutrientes e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio.....	27
Conclusões.....	30
REFEFÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO 3 – EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR SOBRE ATIVIDADE DE ENZIMAS PANCREÁTICAS DE FRANGOS DE CORTE.....	35
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
Características avaliadas.....	40
Análises estatísticas.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	48

EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR EM FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO, METABOLIZAÇÃO DOS NUTRIENTES E ATIVIDADE DE ENZIMAS PANCREÁTICAS

RESUMO - Este trabalho avaliou o efeito da exposição ao calor crônico e cíclico sobre o desempenho, metabolização dos nutrientes, energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) e atividade de enzimas pancreáticas em frangos de corte. Foram utilizados 450 frangos, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 5 esquemas de temperatura/alimentação (TN/*Ad libitum*, Crônico/*Ad libitum*, TN/restrito a Crônico, Cíclico/*Ad libitum* e TN/restrito a Cíclico). Assim, TN representa a temperatura termoneutra e os grupos TN/restrito a Crônico e TN/restrito a Cíclico receberam a mesma quantidade de ração que Crônico/*Ad libitum* e Cíclico/*Ad libitum*, respectivamente. A exposição crônica ao calor afetou o desempenho de frangos de corte com maior intensidade que a exposição cíclica, havendo efeito direto do calor crônico e cíclico. Os coeficientes de metabolização da matéria seca, gordura e a EMAn aumentaram com a idade. Os coeficientes de metabolização dos nutrientes foram diminuídos pela exposição crônica ao calor, havendo efeito direto da temperatura apenas para gordura. A restrição alimentar gerada pelo calor crônico causou aumento da atividade da amilase e redução na atividade da tripsina. A atividade da lipase aumentou devido ao efeito direto do calor crônico. A menor digestibilidade dos nutrientes foi associada à piora do desempenho das aves expostas ao calor crônico, porém não foi relacionada à piora dos índices zootécnicos dos frangos expostos ao calor cíclico. A redução da atividade da tripsina pode estar associada à menor digestibilidade da proteína causada pelo estresse por calor crônico.

Palavras-chave: atividade de enzimas pancreáticas, digestibilidade dos nutrientes, estresse por calor, frangos de corte, *pair-feeding*

CHRONIC AND CYCLICAL HEAT STRESS IN BROILER CHICKENS: PERFORMANCE, METABOLIZATION OF NUTRIENTS AND PANCREATIC ENZYMES ACTIVITY

SUMMARY- This work evaluated the effect of the chronic and cyclical heat stress in performance, metabolization of nutrients, apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (EMAn) and pancreatic enzymes activity in broiler chickens. 450 chickens, distributed in completely randomized design with 5 groups of temperature/feeding (TN/*Ad libitum*, Chronic/*Ad libitum*, TN/Chronic restrict, Cyclical/*Ad libitum* and TN/Cyclical restrict). Thus, TN represents the thermoneutral temperature and the TN/Chronic restrict and TN/Cyclical restrict had received the same amount from feed that Chronic/*Ad libitum* and Cyclical/*Ad libitum*, respectively. The chronic exposition to the heat affected the performance of chickens with bigger intensity that the cyclical exposition, having direct effect of the chronic and cyclical heat. The coefficients of metabolization of dry matter, fat and EMAn had increased with the age. The coefficients of metabolization of nutrients had been decreased by the chronic heat stress, having direct effect of the temperature only for fat. The feed restriction generated by the chronic heat caused increase of amylase activity and reduction in trypsin activity. The lipase activity increased due to direct effect of chronic heat exposure. The lesser metabolization of nutrients was associated with the worsening of the performance of the chronic heat exposed broilers, however it was not related to the worsening of performance of chickens exposed to cyclical heat stress. The reduction of the trypsin activity can be associated to the lesser digestibility of the protein caused for chronic heat stress.

Keywords: broiler chickens, digestibility of nutrients, heat stress, *pair-feeding*, pancreatic activity enzymes

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nas últimas décadas, a produção de frangos de corte tem crescido significativamente no Brasil. Atualmente, o país ocupa posição de destaque no cenário da avicultura mundial como o terceiro maior produtor e maior exportador de carne de frango (USDA, 2007). Essa evolução se deve à constante melhora dos índices produtivos através de avanços nas áreas de genética, manejo, nutrição, sanidade e ambiência, além do aumento do consumo da carne de frangos, devido a qualidade associada ao preço e do crescimento do mercado internacional.

O melhoramento genético é responsável por grande parte da evolução da avicultura. Comparando linhagens, HAVENSTEIN *et al.* (2003a) mostraram que aos 42 dias a linhagem melhorada atingiu peso corporal 4,5 vezes maior e melhora de 47% na conversão alimentar em relação à linhagem estabilizada. Porém, nem todas as mudanças foram positivas, no mesmo trabalho os autores concluíram que as aves melhoradas tiveram o dobro da mortalidade quando comparadas às aves estabilizadas. Além de maior mortalidade, as aves atuais apresentam maior incidência de problemas como morte súbita, ascite e discondroplasia tibial (HAVENSTEIN *et al.*, 1994a). Ainda, o frango de corte atual está mais susceptível às condições ambientais, CAHANER *et al.* (1996) indicaram que quanto maior o potencial genético, maior a sensibilidade ao calor e que esse problema não pode ser totalmente eliminado através de práticas de manejo, principalmente em países em desenvolvimento devido ao elevado custo. O Brasil enfrenta grandes desafios na produção de frangos de corte, devido ao clima tropical, com alta temperatura e umidade.

Diante dessa situação, muitos estudos foram desenvolvidos com o objetivo de conhecer as alterações fisiológicas decorrentes do estresse térmico, estabelecer os prejuízos causados no desempenho das aves (MITCHEL & CARLISLE, 1992; AIN BAZIZ *et al.*, 1996; GERAERT *et al.*, 1996a; TEMIM *et al.*, 2000; ABU-DIEYEH, 2006) e desenvolver possíveis

alternativas que minimizem o impacto do calor na criação de frangos de corte, como restrição alimentar (YALCIN *et al.*, 2001), condicionamento térmico (BASÍLIO *et al.*, 2001; UNI *et al.*, 2001), uso de eletrólitos (BORGES *et al.*, 2003) e manipulação nutricional da dieta (FARIA FILHO, 2003; GONZALEZ-ESQUERRA & LEESON, 2005; GONZALEZ-ESQUERRA & LEESON, 2006).

Muitos estudos mostram que o calor causa prejuízos no desempenho das aves (AIN BAZIZ *et al.*, 1996; DEEB & CAHANER, 2001; GERAERT *et al.*, 1996a; TEMIM *et al.*, 2000; MUJAHID *et al.*, 2007) que podem ser explicados pela redução do consumo alimentar e piora na metabolização dos nutrientes (YAMAZAKI & ZI-YI, 1982; GERAERT, 1996 a). Um dos fatores que pode alterar a digestibilidade é a atividade das enzimas pancreáticas (HAI *et al.*, 2000; LIMA *et al.*, 2002; ROUTMAN *et al.*, 2003). Porém, existe grande variação nos resultados desses estudos em condições de estresse por calor.

A grande maioria de estudos envolvendo estresse por calor foi desenvolvida em condições de estresse crônico, inclusive os trabalhos relacionados à atividade de enzimas pancreáticas. Nas condições ambientais naturais, o calor ocorre de forma cíclica e os trabalhos realizados mostram que o desempenho das aves é afetado de forma diferente quando são comparados os dois tipos de estresse térmico, cíclico e crônico (YAHAV *et al.*, 1996; YAHAV *et al.*, 1999). O desenvolvimento de trabalhos envolvendo temperaturas cíclicas é de grande importância, uma vez que mostram os reais prejuízos causados às aves.

Este trabalho teve como objetivo mostrar como diferentes tipos de estresse por calor podem afetar o desempenho, a metabolização dos nutrientes e a atividade de enzimas pancreáticas de frangos de corte em diferentes idades e o metabolismo energético das aves dos 22 aos 42 dias. Os resultados do presente trabalho auxiliam no esclarecimento da divergência de resultados de outras pesquisas com estresse por calor, bem como no desenvolvimento de pesquisas que buscam soluções para os problemas gerados pelo calor.

Prejuízos à produção de frangos de corte causados pelo calor

O notável crescimento da avicultura no Brasil se deve, principalmente, ao baixo custo de produção. Esse diferencial fez do Brasil o maior exportador

de carne de frango do mundo, mostrando claramente a importância do custo nessa atividade agropecuária. Entre os fatores responsáveis pela minimização dos gastos na atividade estão a mão-de-obra de baixo custo, o clima favorável ao cultivo dos grãos e a possibilidade da criação dos frangos em instalações de baixa tecnificação. Porém, o Brasil é um país de clima tropical, onde os fatores climáticos são pouco manipulados, expondo sua produtividade aos fatores ambientais.

A zona de conforto térmico ou termoneutra foi definida por FURLAN & MACARI (2002) como a faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e a homeotermia é mantida com menos gasto energético, sendo 24°C a temperatura termoneutra para os frangos de corte com 4 semanas e de 22°C a partir de 6 semanas de idade. Nestas condições, quando a temperatura ambiente excede a temperatura de conforto, a ave reduz o consumo de alimento e gasta energia para dissipar calor e manter a homeotermia, o que leva a piora no desempenho das aves.

Diante dessa situação, muitos estudos foram desenvolvidos com o objetivo de estabelecer os prejuízos no desempenho das aves, conhecer as alterações fisiológicas decorrentes do estresse térmico, bem como desenvolver possíveis alternativas que minimizem o impacto do calor na criação de frangos de corte.

Sabe-se que a exposição ao calor causa drástica queda nos índices zootécnicos das aves e que parte das perdas se deve à redução do consumo alimentar e a outra parcela ocorre devido aos efeitos diretos do calor no metabolismo das aves. Nesse sentido, é utilizada a técnica de alimentação equivalente ou *pair-feeding* com o objetivo de isolar o efeito negativo da redução da ingestão de alimentos das alterações metabólicas causadas pelo efeito direto da temperatura. FARIA FILHO (2006) concluiu que, em frangos de corte, aproximadamente 60% do pior ganho de peso é atribuído ao baixo consumo de ração gerado pela exposição ao calor e que os 40% restantes são devidos aos efeitos diretos da temperatura sobre o metabolismo das aves. DALE & FULLER (1980) encontraram valores de aproximadamente 63% da redução no crescimento devendo-se ao menor consumo alimentar e 37% a

outros fatores não relacionados diretamente à quantidade de ração consumida. GERAERT *et al.* (1996 a) mostraram que aproximadamente metade da redução no crescimento em altas temperaturas se deve ao efeito direto da alta temperatura e ABU-DIEYEH (2006) concluiu que 46% da piora no ganho de peso deve-se aos efeitos diretos da exposição ao calor. Quando comparadas aves expostas à temperatura termoneutra recebendo alimentação equivalente, as aves expostas ao calor mostraram menor ganho de peso e pior taxa de conversão alimentar (DALE & FULLER, 1980; GERAERT *et al.*, 1996 a, BONNET *et al.*, 1997).

Um efeito direto decorrente da exposição a altas temperaturas é o aumento do gasto energético para dissipação do calor em função da manutenção da homeostasia. A ofegação é o principal mecanismo de dissipação de calor latente, sendo estimados 550 calorias para cada grama de água evaporada por ofegação, assim quanto maior a frequência respiratória, maior a perda de calor para o meio ambiente, entretanto, a ave gasta energia para realizar a contração muscular gerando mais calor que pode levar o animal a hipertermia, além do desperdício energético para manutenção da estabilidade fisiológica (FURLAN & MACARI, 2002).

A maior parte dos experimentos envolvendo calor é conduzida em situações de exposição ao calor de forma crônica. Os resultados mostram redução do consumo alimentar e da taxa de crescimento e piora da conversão alimentar (MITCHEL & CARLISLE, 1992; AIN BAZIZ *et al.*, 1996; GERAERT *et al.*, 1996a). TEMIM *et al.* (2000) concluíram que a exposição crônica ao calor reduziu o ganho de peso em 25 a 35% e o consumo alimentar em 15 a 20%, resultando em uma significativa piora da conversão alimentar a 32°C (10 a 30%) em relação à 22°C. Tais valores representam a máxima resposta das aves, que quando expostas ao calor de forma crônica apresentam uma extrema redução no desempenho. Entretanto, nas condições ambientais naturais, a exposição ao calor ocorre de forma cíclica. Assim, existe uma variação na temperatura ao longo do dia, havendo um período de temperaturas mais amenas e outro com temperaturas mais elevadas. Com o objetivo de conhecer o real desempenho das aves expostas a condições cíclicas de calor,

alguns trabalhos foram desenvolvidos. HARRIS *et al.* (1974) estudaram o efeito de temperaturas cíclicas no desempenho de frangos de corte em fase de crescimento (3 a 8 semanas). Os resultados obtidos mostraram que o ganho de peso e consumo de ração foram maiores quando a temperatura foi constante (23,9°C) ou com amplitude térmica de 5,6°C (12 horas a 18,3°C e 12 horas a 23,9°C) e concluiu-se que a taxa de crescimento declinou com o aumento da amplitude das temperaturas. YAHAV *et al.* (1996) comparando diferentes temperaturas cíclicas e constantes concluíram que o aumento da amplitude térmica causou aumento no ganho de peso e consumo alimentar e que estas variáveis foram maiores nas aves expostas à temperatura cíclica quando comparadas com o grupo exposto à temperatura alta constante. Trabalhando com perus expostos a altas temperaturas (35°C), YAHAV *et al.* (1999) inferiram que o ganho de peso e o consumo de ração foram significativamente menores e que em temperatura cíclica, o ganho de peso e o consumo de ração foram inferiores aos valores encontrados com a temperatura média correspondente. Assim, demonstrou-se a complexidade e a importância de se avaliar os efeitos do estresse por calor cíclico, ou seja, em condições semelhantes às aquelas ocorridas a campo.

Entre as alternativas estudadas para minimizar o efeito negativo do calor no desempenho das aves estão a restrição alimentar (YALCIN *et al.*, 2001), condicionamento térmico (BASÍLIO *et al.*, 2001; UNI *et al.*, 2001), uso de eletrólitos (BORGES *et al.*, 2003) e manipulação nutricional da dieta (DALE & FULLER, 1980; DEATON *et al.*, 1984; FARIA FILHO, 2003; GONZALEZ-ESQUERRA & LEESON, 2005; GONZALEZ-ESQUERRA & LEESON, 2006). A adequação dos níveis nutricionais da dieta ocupa papel de destaque quando se trata de estresse térmico e tem sido estudada em exposição crônica e cíclica ao calor. DEATON *et al.* (1984) estudaram o efeito de diferentes temperaturas cíclicas (26,7 a 35°C e 21,1 a 35°C) e de diferentes níveis de energia da dieta (baixo e alto), concluindo que com a redução da baixa temperatura do ciclo em 5,6°C (de 26,7 para 21,1°C) podem ser obtidos melhores ganhos de peso, independente do nível de energia da dieta. Com o objetivo de conhecer os possíveis benefícios da utilização de altos níveis de gordura na dieta de

frangos de corte em situações de alta temperatura constante (32°C), baixa temperatura constante (14°C), temperatura cíclica fria (14 a 22°C) e cíclica quente (22 a 33°C), DALE & FULLER (1980) mostraram que a inclusão de altos níveis de gordura melhorou o crescimento e a conversão alimentar em todos os tratamentos, entretanto, quando o estresse constante foi imposto, essa melhora foi de magnitude similar em ambas as temperaturas (14°C e 32°C), diferentemente da situação em que as temperaturas foram cíclicas, onde a melhora na taxa de crescimento, devido à adição de gordura na ração, foi significativamente mais pronunciada. Esses resultados sugerem que quando as aves estão sujeitas à alta temperatura constante, o estresse é tão severo que excede os efeitos benéficos da redução do incremento calórico e que quando um estresse térmico menos severo é imposto (cíclico), a ave é aparentemente capaz de se beneficiar com a redução da produção de calor associada à gordura da dieta, superando parcialmente os efeitos da alta temperatura. Assim, fica mais explícita a importância de comparar diferentes intensidades de exposição ao calor. GONZALEZ-ESQUERRA & LEESON (2006) sugeriram que os resultados contraditórios encontrados nos experimentos com frangos de corte expostos ao calor poderiam ser explicados devido a pouca consideração com a severidade e o tempo de exposição ao calor na maioria dos experimentos e BALNAVE (2004) ressalta a necessidade da consideração com a intensidade de exposição ao calor nos casos de adequação dos níveis nutricionais da dieta, mostrando a importância da forma de exposição ao calor ao interpretar experimentos.

O calor e os prejuízos ao processo digestivo

A piora no desempenho das aves pode estar relacionada à menor digestibilidade dos nutrientes (GERAERT, 1996 a). GERAERT *et al.* (1992) encontraram que o teor de energia metabolizável da ração não foi alterado pela exposição de frangos ao calor, enquanto que KESHAVARZ & FULLER (1980) encontraram maiores teores e YAMAZAKI & ZI-YI (1982) verificaram teores reduzidos. O efeito da alta temperatura no valor da energia metabolizável

depende da dieta, o que poderia explicar as discrepâncias encontradas na literatura. BONNET *et al.* (1997) e ZUPRIZAL *et al.* (1993) mostraram que quando as aves expostas ao calor foram alimentadas com uma dieta à base de milho e soja, a digestibilidade da energia não foi alterada significativamente, no entanto, a energia metabolizável aparente diminuiu quando as aves foram expostas a 32°C comparado com 22°C, com a dieta de verão com maior teor de lipídios. Em relação ao coeficiente de metabolização dos nutrientes, WALLIS & BANALVE (1984) mostraram que frangos expostos ao calor apresentam menor metabolização de proteínas e aminoácidos, no entanto, esse efeito ocorre principalmente para as fêmeas. BONNET *et al.* (1997) utilizando a técnica do *pair feeding* encontraram que o estresse por calor diminui o coeficiente de metabolização da proteína e da gordura e associaram essa redução com o pior desempenho dos frangos expostos ao calor. ZUPRIZAL *et al.* (1993) e WALLIS & BALNAVE (1984), também concluíram que a exposição crônica ao calor diminuiu significativamente a metabolização de proteínas, particularmente com dietas de verão.

As alterações na digestibilidade da ração também podem estar associadas às mudanças fisiológicas e metabólicas em resposta à exposição a altas temperaturas como: aumento na taxa de passagem, devido ao aumento no consumo de água (BONNET *et al.*, 1997; FARIA FILHO, 2006), alterações na morfologia intestinal (SAVORY, 1986; MITCHELL & CARLISLE, 1992) e atividade enzimática (OSMAN & TANIOS, 1983; HAI *et al.*, 2000; LIMA *et al.*, 2002; ROUTMAN *et al.*, 2003). Estudando o desenvolvimento da atividade digestiva em frangos, patos e gansos, JAMROZ *et al.* (2002) encontraram que a atividade da amilase pancreática aumentou conforme a idade em frangos de corte, já atividade enzimática da lipase foi mantida baixa, mas aumentou a partir de 28 dias. SAKOMURA *et al.* (2004) inferiram que a atividade enzimática da amilase e tripsina aumentou com a idade, já a atividade da lipase variou conforme o alimento oferecido. Assim, fica clara a importância do fator idade na realização e interpretação de experimentos que avaliam a atividade de enzimas pancreáticas.

Existe uma grande divergência de resultados em trabalhos que estudam o efeito da temperatura na atividade enzimática de frangos de corte. Em experimento conduzido para avaliar a atividade enzimática de poedeiras e frangos de corte expostos ao calor intermitente (42°C por 4 horas diariamente), OSMAN & TANIOS (1983) mostraram que em poedeiras expostas a 24 horas de calor houve diminuição no nível pancreático de amilase. Com 3 dias de exposição diária ao calor intermitente, houve drástica queda nos níveis de atividade enzimática intestinal em poedeiras e aumento do nível médio de atividade enzimática da amilase pancreática, mostrando o aumento da produção pancreática e a diminuição da secreção intestinal com a continuidade da exposição ao calor, sugerindo que o pâncreas não é apenas o principal local de biossíntese de amilase, mas também o regulador dos níveis intestinais durante o estresse por calor. Trabalhando com exposição ao calor, LIMA *et al.* (2002) concluíram que a temperatura afetou a produção enzimática, provocando aumento na atividade da lipase e uma diminuição na tripsina e amilase, sendo esse efeito marcante para a atividade da tripsina. ROUTMAN *et al.* (2003) mostraram que a atividade enzimática da amilase pancreática foi aumentada pelo calor e que a temperatura não afetou a atividade enzimática da lipase e da tripsina. Os resultados desse estudo sugerem que a atividade da amilase, lipase e tripsina pancreáticas em aves sobre estresse térmico pode estar regulado por diferentes mecanismos. Entretanto, HAI *et al.* (2000) comparando o efeito da temperatura (5, 21 e 32°C) no processo digestivo de frangos de corte, encontraram que a atividade enzimática da tripsina, quimotripsina e amilase foi diminuída pelo calor, não sendo influenciadas pela temperatura baixa.

Objetivos

Verificar o efeito da exposição crônica e cíclica ao calor, sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes e atividade de enzimas pancreáticas de frangos de corte em diferentes idades, isolando o efeito da

redução no consumo alimentar e o efeito direto do calor no metabolismo das aves através do *pair feeding*.

REFERÊNCIAS

ABU-DIEYEH, Z. H. M. Effect of high temperature *per ser* on growth performance of broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 1, p. 19-21, 2006.

AIN BAZIZ, H.; GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 505–513, 1996.

BALNAVE, D. Challenges of accurately defining the nutrients requirements of heat stressed poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 1, p. 5-14, 2004.

BASILIO, V.; VILARIÑO, M.; YAHAV, S.; PICARD, M. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. **Poultry Science**, Champaign, v.80, n. 1, p.29-36, 2001.

BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M.; CARRE, B.; GUILLAUMIN, S. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 857-863, 1997.

BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; FISCHER DA SILVA, A. V. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 975-981, 2003.

CAHANER, A.; DEEB, N.; SETTAR, P. The association between broiler potential growth rate and sensitivity to heat stress. In: ANNUAL NATIONAL BREEDERS ROUNDTABLE, 45, 1996, Saint Louis, Missouri. **Proceedings...**p. 29-41, 1996.

DALE, N. M.; FULLER, H. L. Effect of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. II. Constant vs. cycling temperatures. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 7, p. 1434–1441, 1980.

DEATON, J. W.; REECE, F. N.; LOTT, B. D. Effect of differing temperature cycles on broiler performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 4, p. 612–615, 1984.

DEEB, N.; CAHANER, A. Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate: the effects of high ambient temperature on dwarf versus normal broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 541-548, 2001.

FARIA FILHO, D. E. **Efeito de dietas com baixo teor protéico, formuladas usando o conceito de proteína ideal, para frangos de corte criados em temperaturas fria, termoneutra e quente.** 2003, 85 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FARIA FILHO, D. E. **Aspectos produtivos, metabólicos, econômicos e ambientais da nutrição protéica para frangos expostos ao calor.** 2006, 73 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002, p. 209-228.

GERAERT, P. A.; GUILLAUMIN, S.; ZUPRIZAL, L. M. Effect of high ambient temperature on dietary metabolizable energy value in genetically lean and fat chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 2113-2116, 1992.

GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: grow performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 75, n. 2, p. 195–204, 1996a.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Effect of acute versus chronic heat stress on broiler response to dietary protein. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 1562-1569, 2005.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Physiological and metabolic responses of broilers to heat stress – implications for protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 62, n. 2, p. 282-295, 2006.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, Z. Y. The effect of environment on the digestion of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Beekbergen, v. 83, n. 2, p. 57-64, 2000.

HARRIS, C. G.; DODGEN, W. H.; NELSON, G. S. Effects of diurnal cyclic growing temperatures on broiler performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 53, n.6, p. 2204–2208, 1974.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Growth, livability and feed conversion of 1957 and 2001 broilers when feed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 10, p. 1500-1508, 2003a.

HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; SCHEIDELER, S. E.; LARSON, B. T. Growth, livability and feed conversion of 1957 vs 1991 broilers when fed "typical" 1957 and 1991 broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 12, p. 1785-1794, 1994a.

JAMROZ, D.; WILICZKIEWICZ, A.; ORDA, J.; WETERLECKI, T.; SKORUPINSKA, J. Aspects of development of digestive activity of intestine in young chickens, ducks and geese. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Beekbergen, v. 86, n. 11-12, p. 353-366, 2002.

KESHAVARZ, K.; FULLER, H. L. The influence of widely fluctuating temperatures on heat production and energetic efficiency of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 9, p. 2121-2128, 1980.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURO JUNIOR, J. M.; MALHEIROS, E. B. Atividade enzimática pancreática de frangos de corte alimentados com dietas contendo enzima ou probiótico. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 187-193, 2002.

MITCHELL, M. A.; CARLISLE, A. J. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Roslin, v. 101, n. 1, p. 137-142, 1992.

MUJAHID, A.; AKIBA, Y; TOYAMIZO, M. Acute heat stress induces oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by downregulation of avian uncoupling protein. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 364-371, 2007.

OSMAN, A. M.; TANIOS, N. I. The effect of heat on the intestinal and pancreatic levels of amylase and maltase of laying hens and broilers. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Roslin, v. 75, n. 4, p. 563-567, 1983.

ROUTMAN, K.S.; YOSHIDA, L.; LIMA, A.C.F.; MACARI, M.; PIZAURO JUNIOR, J.M. Intestinal and pâncreas enzyme activity of broilers exposed to thermal stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2003.

SAVORY, C. J. Influence of ambient temperature on feeding activity parameters and digestive function in domestic fowls. **Physiology Behavior**, Elmsford, v. 38, n. 3, p. 353-357, 1986.

SAKOMURA, N. K.; BIANCHI, M. D.; PIZAURO JUNIOR, J. M.; CAFÉ, M. B.; FREITAS, E. R. Idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 924-935, 2004.

TEMIM, S.; CHAGNEAU, A. M.; GUILLAUMIN, S.; MICHEL, J. PERESSON, R.; TESSERAUD, S. Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens ?. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 1, p. 312–317, 2000.

UNI, Z.; GAL-GARBER, O.; GEYRA, A.; SKLAN, D.; YAHAV, S. Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to early thermal conditioning. **Poultry Science**, Champaign, v.80, n. 4, p.438-445, 2001.

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE: USDA (2007).

Disponível em <<http://www.faz.usda.gov>> Acesso em 22 de janeiro de 2009

WALLIS, I. R.; BANALVE, D. The influence of environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 25, n. 3, p. 401-407, 1984.

YAHAV, S. The effect of constant and diurnal cyclic temperatures on performance and blood system of young turkeys. **Journal of Thermal Biology**, Dubram, v. 24, n. 1, p. 71-78, 1999.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Effects of diurnally cycling versus constant temperatures on chicken growth and food intake. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 37, n. 1, p. 43-54, 1996.

YALCIN, S.; OZKAN, S.; TURKMUT, L.; SIEGEL, P.B. Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 1. Performance traits. **British Poultry Science**, Obingdon, v.42, n. 2, p.149-52, 2001.

YAMAZAKI, M.; ZI-YI, Z. A note on the effect of temperature on true and apparent metabolizable energy values of a layer diet. **British Poultry Science**, Obingdon, v. 23, n. 1, p. 447-450, 1982.

ZUPRIZAL; LARBIER, M.; CHAGNEAU, A.M.; GERAERT, P.A. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals en broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 289-295, 1993.

CAPÍTULO 2 – EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR EM FRANGOS DE CORTE: DESEMPENHO E METABOLIZAÇÃO DOS NUTRIENTES

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de duas intensidades de exposição ao calor sobre o desempenho e a metabolização dos nutrientes em frangos de corte aos 28, 35 e 42 dias de idade. Foram utilizados 450 frangos, machos, Cobb®, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, tendo como parcelas 5 esquemas de temperatura/alimentação (TN/*Ad libitum*, Crônico/*Ad libitum*, TN/restrito a Crônico, Cíclico/*Ad libitum* e TN/restrito a Cíclico) e subparcelas 3 idades de avaliação (28, 35 e 42 dias). Assim, TN representa a temperatura termoneutra para cada idade avaliada e os grupos TN/restrito a Crônico e TN/restrito a Cíclico receberam a mesma quantidade de ração que Crônico/*Ad libitum* e Cíclico/*Ad libitum*, respectivamente. A exposição crônica ao calor afetou o desempenho de frangos de corte com maior intensidade que a exposição ao calor de forma cíclica, havendo efeito direto da exposição ao calor crônico e cíclico, porém esse efeito foi observado principalmente aos 42 dias de idade. Os coeficientes de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço zero de nitrogênio aumentaram com o avanço da idade das aves. Os coeficientes de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e proteína foram afetados pela exposição crônica ao calor, havendo efeito direto da temperatura apenas para a digestibilidade da gordura. A menor digestibilidade dos nutrientes foi associada à piora do desempenho das aves expostas ao calor crônico, porém não foi relacionada à piora dos índices zootécnicos dos frangos expostos ao calor de forma cíclica.

Palavras-chave: desempenho, digestibilidade, estresse por calor, frangos de corte, *pair-feeding*.

INTRODUÇÃO

Técnicas de manejo, nutrição, sanidade e melhoramento genético são responsáveis por grandes avanços na avicultura moderna, resultando em frangos de corte com índices zootécnicos cada vez melhores. Entretanto, o melhoramento genético tem produzido aves com maior sensibilidade às condições ambientais devido à alta taxa metabólica e dificuldade de dissipar o calor. CAHANER *et al* (1996) indicaram que quanto maior o potencial genético, maior a sensibilidade ao calor e que esse problema não pode ser totalmente eliminado através de práticas de manejo, principalmente em países em desenvolvimento devido ao elevado custo para implantação destas práticas.

Sabe-se que o estresse térmico é responsável por grandes perdas econômicas na avicultura e que a primeira resposta das aves ao calor é a redução no consumo de ração. Através da técnica de alimentação equivalente é possível isolar os prejuízos causados pela ação direta do calor no metabolismo das aves do efeito da redução no consumo alimentar gerada pelo calor. Assim, FARIA FILHO (2006) mostrou que 40% do pior ganho de peso das aves expostas ao calor deve-se aos efeitos diretos da temperatura sobre o metabolismo das aves, enquanto GERAERT *et al.* (1996 a) e ABU-DIEYEH (2006) encontraram valores de 50 e 46%, respectivamente.

A menor digestibilidade dos nutrientes pode ser responsável pela piora no desempenho das aves expostas ao calor (GERAERT *et al.*, 1996 a; BONNET *et al.*, 1997). Os resultados da literatura são inconclusivos em relação à metabolização dos nutrientes. GERAERT *et al.* (1992) e FARIA FILHO *et al.* (2007) encontraram que o teor de energia metabolizável da ração não foi alterado pela exposição de frangos ao calor, enquanto que KESHAVARZ & FULLER (1980) encontraram maiores teores e YAMAZAKI & ZI-YI (1982) verificaram teores reduzidos. Em relação aos coeficientes de metabolização dos nutrientes, BONNET *et al.* (1997) utilizando a técnica do *pair feeding* encontraram que o estresse por calor diminui o coeficiente de metabolização da proteína e da gordura. ZUPRIZAL *et al.* (1993) também concluíram que a

exposição crônica ao calor diminuiu significativamente a metabolização de proteínas. Já, FARIA FILHO *et al.* (2007) concluíram que o calor não afetou a metabolização de proteínas.

GONZALEZ-ESQUERRA & LEESON (2006) sugeriram que os resultados contraditórios encontrados nos experimentos com frangos de corte expostos ao calor poderiam ser explicados devido a pouca consideração com a severidade e o tempo de exposição ao calor na maioria dos experimentos. Assim, alguns trabalhos foram desenvolvidos em exposição crônica ao calor (FARIA FILHO *et al.*, 2007; FARIA FILHO, 2006; ABU-DIEYEH, 2006; BONNET *et al.*, 1997; GERAERT *et al.*, 1996 a; ZUPRIZAL *et al.*, 1993), outros em condições cíclicas de calor (YAMAZAKI & ZI YI, 1982; KESHAVARZ & FULLER, 1980). A exposição crônica ao calor mostra a máxima resposta das aves ao estresse térmico, já a submissão ao calor de forma cíclica mimetiza a variação na temperatura em condições ambientais naturais, onde existe um período de temperaturas mais amenas e outro com temperaturas mais elevadas.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da exposição cíclica e crônica ao calor sobre o desempenho, a metabolização dos nutrientes e a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio em frangos de corte de diferentes idades.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nas Câmaras Climatizadas do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal – SP.

Foram utilizados frangos de corte machos, da linhagem Cobb-500[®]. Durante o período de 1 a 21 dias (pré-experimento), as aves foram criadas no piso em temperatura termoneutra (Tabela 1), conforme Guia de Manejo da Cobb (2004). Ração e água foram fornecidas *ad libitum*. As aves receberam

duas dietas (Tabela 2), uma inicial para o período pré-experimental e outra de crescimento para o período experimental.

Aos 4 e 14 dias as aves foram vacinadas contra o vírus da doença infecciosa da bursa (Doença de gumboro).

Tabela 1 – Temperatura média ambiental (T, °C) e umidade relativa (UR, %) durante o período pré-experimental.

Período	T	UR
1ª semana	30,9 ±2,2	63,4 ±9,3
2ª semana	27,9 ±2,0	76,1 ±6,7
3ª semana	26,8 ±1,9	77,1 ±7,1

Tabela 2 – Composição das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Inicial (1 a 21 dias)	Final (22 a 42 dias)
Milho	57,96	58,47
Farelo de Soja	35,62	32,42
Óleo de soja	2,57	5,47
Fosfato bicálcico	1,82	1,68
Calcário calcítico	0,99	0,95
Sal comum	0,44	0,40
Cloreto de colina 60%	0,10	0,10
DL-metionina	0,15	0,14
L-lisina	0,16	0,18
Suplemento ¹	0,10	0,10
Promotor de crescimento ²	0,04	0,04
Coccidiostático ³	0,05	0,05
Total	100,00	100,00
Composição		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000	3200
Proteína	21,4	20,00
Cálcio (%)	0,96	0,90
Fósforo disponível (%)	0,45	0,42
Sódio (%)	0,22	0,20
Potássio (%)	0,83	0,77
Cloro (%)	0,37	0,35
Colina (ppm)	1950	1868
Lisina digestível (%)	1,14	1,08
Metionina digestível (%)	0,45	0,42

¹ Suplemento mineral e vitamínico – níveis de garantia por kg do produto (vitamina A – 7000000 UI; vitamina D3 – 3000000 UI; vitamina E – 25000 mg; vitamina K – 980 mg; vitamina B1 – 1780 mg; vitamina B2 – 9600 mg; vitamina B6 - 3465 mg; vitamina B12 10000 mcg;; ac. nicotínico – 34650 mg; pantetonato de cálcio – 9500 mg; biotina – 1600mg; cobre – 10000 mg; iodo – 1300mg; manganês – 76260 mg; selênio – 273,6 mg; zinco – 91250 mg; antioxidante – 100 mg. ² Bacitracina de Zinco 15%. ³ Coxistac 12%®.

Aos 21 dias de idade foi determinado o peso médio do lote (834,87 \pm 11,20) e montadas unidades experimentais de mesmo peso médio. Para tanto, 450 aves foram transferidas para gaiolas metálicas onde foram criadas até o final do experimento, recebendo manejo convencional com 23 horas de luz e 1 hora de escuro, distribuídas em 5 esquemas temperatura/alimentação com 6 repetições de 15 aves cada, conforme a Tabela 3. Para tanto, as aves foram distribuídas em 3 câmaras climatizadas e as temperaturas médias obtidas semanalmente em cada câmara climatizada estão apresentadas na Tabela 4. O gráfico 1 esquematiza a variação da temperatura da câmara cíclica. Os valores observados de umidade relativa do ar (%) durante o período experimental foram de 66,2 \pm 7,4, 60,2 \pm 5,5 e 68,3 \pm 8,3 para as câmaras termoneutra, crônica e cíclica, respectivamente. O aquecimento das câmaras foi feito através de postes com lâmpadas infravermelhas de 250 watts e o resfriamento através de refrigeradores. Todo o sistema de aquecimento e refrigeração foi controlado por termostatos.

Tabela 3 – Esquemas temperatura/alimentação (22 a 42 dias de idade).

Tratamento	Temperatura	Alimentação
TN/ <i>Ad libitum</i>	Termoneutra	<i>Ad libitum</i>
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	32°C constante	<i>Ad libitum</i>
TN/restrito a Crônico	Termoneutra	<i>Pair-fed</i> com Crônico/ <i>Ad libitum</i> **
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	32°C cíclico*	<i>Ad libitum</i>
TN/restrito a Cíclico	Termoneutra	<i>Pair-fed</i> com Cíclico/ <i>Ad libitum</i> **

* 8 horas (das 9h00 às 17h00) com temperatura constante de 32°C e o restante em temperatura termoneutra conforme a idade.

** O consumo de ração dos frangos expostos ao calor crônico (Crônico/*Ad libitum*) e cíclico (Cíclico/*Ad libitum*) foram medidos diariamente e fornecidos aos frangos criados em TN/restrito a Crônico e TN/restrito a Cíclico respectivamente.

Tabela 4 – Médias obtidas semanalmente da temperatura ambiental (T, °C) durante o período experimental.

Período	Termoneutra	Crônico	Cíclico	
	T	T	T	T
4ª semana	25,7 \pm 1,4	31,9 \pm 1,2	26,2 \pm 1,6	32,4 \pm 1,6
5ª semana	24,2 \pm 0,9	32,2 \pm 1,4	25,2 \pm 1,2	32,5 \pm 1,3
6ª semana	21,7 \pm 1,0	32,2 \pm 1,3	24,7 \pm 1,3	32,2 \pm 1,7

A Tabela 5 mostra as comparações pertinentes ao esquema temperatura/alimentação (*pair-feeding*). O *pair-feeding* consiste em fornecer a mesma quantidade de alimento consumido pelas aves expostas ao calor para um grupo de aves em temperatura termoneutra, assim torna-se possível isolar os efeitos causados pelo calor (efeito direto da temperatura e efeito da redução no consumo alimentar). Para isso, o consumo de ração das aves submetidas ao estresse crônico (*Crônico/Ad libitum*) e cíclico (*Cíclico/Ad libitum*) foi mensurado diariamente e a mesma quantidade de ração consumida foi fornecida às aves dos grupos TN/restrito a Crônico e TN/ restrito a Cíclico, respectivamente, no dia seguinte. As aves do esquema TN/*Ad libitum* receberam ração a vontade.

Gráfico 1 – Variação de temperatura diária na câmara cíclica.

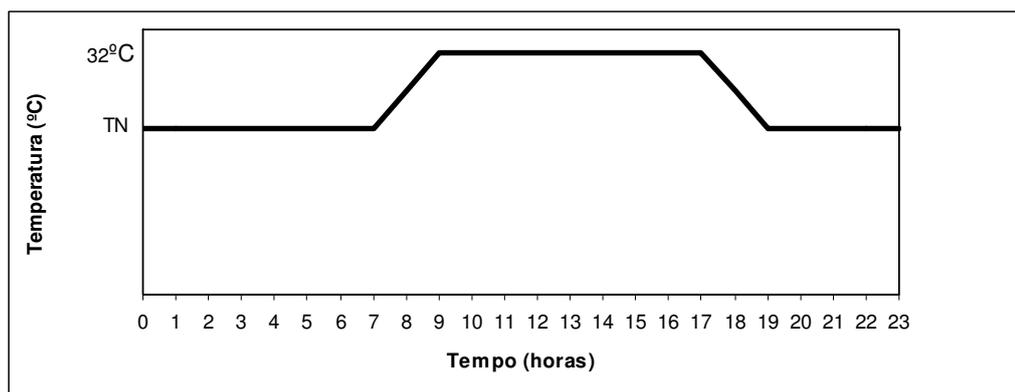


Tabela 5 – Comparações para o esquema *pair-feeding*

Comparações	Efeito isolado
Exposição constante ao calor	
TN/ <i>Ad libitum</i> vs Crônico/ <i>Ad libitum</i>	Efeito total da temperatura
Crônico/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito Crônico	Efeito direto da temperatura
TN/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito Crônico	Efeito do baixo consumo de ração
Exposição cíclica ao calor	
TN/ <i>Ad libitum</i> vs Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	Efeito total da temperatura
Cíclico/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito Cíclico	Efeito direto da temperatura
TN/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito Cíclico	Efeito do baixo consumo de ração

Características avaliadas

O desempenho foi avaliado semanalmente com os períodos de avaliação correspondentes a 22 a 28 dias, 22 a 35 dias e 22 a 42 dias de idade através do consumo de ração (CR), ganho de peso corporal (GP), conversão alimentar (CA=CR/GP) e o índice de eficiência produtiva (IEP) por meio da fórmula: $[(GMD \times VC) / (CA \times 10)]$, onde GMD corresponde ao ganho de peso médio diário e VC à viabilidade criatória (VC=100% - %mortalidade). O efeito direto do calor no metabolismo das aves foi calculado através da relação entre a redução causada pelo efeito direto do calor no metabolismo das aves (Crônico/*Ad libitum* vs TN/restrito Crônico e Cíclico/*Ad libitum* vs TN/restrito Cíclico) e o efeito total do calor (TN/*Ad libitum* vs Crônico/*Ad libitum* e TN/*Ad libitum* vs Cíclico /*Ad libitum*).

A metabolização dos nutrientes foi avaliada pelo método de coleta total de excretas. Foram realizados 3 ensaios de metabolismo com duração de 4 dias cada, para determinação do coeficiente de metabolização da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo e a da energia metabolizável aparente corrigida para balanço zero de nitrogênio (EMAn). O primeiro ensaio foi realizado de 23 a 26 dias de idade das aves, o segundo de 30 a 33 dias e o terceiro de 39 a 42 dias. Foram utilizadas 14, 13 e 12 aves por parcela, no primeiro, segundo e terceiro ensaios, respectivamente. Para a coleta das excretas foram instaladas bandejas revestidas com plástico abaixo das gaiolas. No primeiro e no último dia de coleta, foi adicionado 1% de óxido férrico nas rações para associar o consumo de ração à produção de excretas. As coletas de excretas foram realizadas duas vezes ao dia, sendo as mesmas acondicionadas por repetição e imediatamente congeladas (-4°C). No final do experimento determinou-se a quantidade de ração consumida e o total de excreta produzida em cada um dos ensaios. Após o descongelamento à temperatura ambiente, as excretas foram homogeneizadas e secas em estufa de circulação forçada de ar em $55 \pm 2^\circ\text{C}$ por 72 horas e posteriormente moídas. As rações e as excretas foram analisadas em triplicatas quanto aos teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta (EB), conforme SILVA & QUEIROZ (2002).

A EMAn foi calculada pela fórmula:

$$\text{EMAn (kcal/kg matéria seca)} = \frac{[(\text{EB ingerida}) - (\text{EB excretada})]}{\text{Kg matéria seca ingerida}} - 8,22 \times \text{BN}$$

Em que, BN corresponde ao balanço de nitrogênio que foi determinado pela diferença entre o nitrogênio ingerido e o excretado, expresso em gramas. A EB ingerida e a excretada foram expressas por kg de matéria seca.

Os coeficientes de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta foram calculados pela fórmula:

$$\text{Metabolização (\%)} = \frac{[(\text{nutriente ingerido}) - (\text{nutriente excretado})]}{\text{nutriente ingerido}} \times 100$$

Análises estatísticas

Os dados de desempenho e metabolização dos nutrientes foram analisados em parcelas subdivididas com 5 parcelas (tratamentos descritos na Tabela 3) e com as idades de avaliação como subparcelas (desempenho: 28, 35 e 42 dias de idade e metabolização dos nutrientes: 23 a 26, 30 a 33 e 39 a 42 dias de idade).

Os dados foram verificados quanto à presença de dados discrepantes, a homogeneidade de variâncias (teste de Levene) e a normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer-Von Mises). Após a constatação do atendimento dessas pressuposições os dados foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento “General Linear Model” do programa SAS[®] (LITTELL *et al.*, 2002). Em caso de análise de variância significativa ($p < 0,05$) o efeito de tratamentos foi testado por meio dos contrastes descritos na Tabela 5 e o efeito da idade avaliado pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho

Houve interação significativa entre o esquema temperatura/alimentação e as idades sobre as variáveis de desempenho (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias observadas e resultados da análise de variância para consumo de ração (CR, g), ganho de peso (GP, g), conversão alimentar (CA, g/g) e índice de eficiência produtiva (IEP) de frangos aos 28, 35 e 42 dias.

Fatores	CR	GP	CA	IEP
Temperatura/alimentação				
TN/ <i>Ad libitum</i>	2085	1262	1,64	526
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	1605	862	1,80	345
TN/restrito Crônico	1595	937	1,69	389
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	1793	1083	1,62	466
TN/restrito Cíclico	1782	1093	1,62	471
Idades				
28	793	500	1,59	444
35	1728	1037	1,68	439
42	2795	1605	1,76	435
Temperatura/alimentação (T)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Idades (I)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2404
T x I	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV Parcelas (%)	6,22	6,68	4,19	10,19
CV Subparcelas (%)	2,79	2,57	2,33	4,72
R²	0,99	0,99	0,94	0,96

O desdobramento da interação entre temperatura/alimentação e idade para consumo de ração mostrou que o consumo de ração aumentou com a idade em todos os tratamentos (Tabela 7). A exposição crônica ao calor causou redução no consumo de ração de 12,44%, 22,89% e 25,85% aos 28, 35 e 42 dias, respectivamente. Já a exposição ao calor cíclico reduziu o consumo de ração em 13,52% e 16,30%, aos 35 e 42 dias, respectivamente. Os resultados obtidos evidenciaram que a termotolerância diminui com o aumento da idade das aves, concordando com FURLAN & MACARI (2002) e que as aves reduzem o consumo alimentar para evitar aumento na produção de calor metabólico (GONZALES, 2002). A maior redução no consumo nas aves expostas ao calor crônico em relação às aves expostas ao calor cíclico pode ser explicada pelo fato das aves compensarem o consumo de ração durante a

fase temoneutra do ciclo. Os dados obtidos estão de acordo com outros trabalhos onde foram observadas redução no consumo de ração de 18, 20, 22, 29 e 34% (FARIA FILHO *et al.*, 2007; KESHAVARZ & FULLER, 1980; GERAERT *et al.*, 1996 a; TEMIM *et al.*, 1999; BONNET *et al.*, 1997).

O desdobramento da interação entre idade e temperatura/alimentação para ganho de peso mostrou que o ganho de peso aumentou com a idade, independentemente da temperatura/alimentação (Tabela 8). Aos 28 dias, os animais do esquema TN/*Ad libitum* obtiveram maior ganho de peso (15%) que Crônico/*Ad libitum* e TN/restrito Crônico, porém não houve diferença estatística entre esses dois últimos tratamentos. Em relação à exposição cíclica ao calor, não houve diferença estatística entre o ganho de peso das aves criadas em TN/*Ad libitum*, Cíclico/*Ad libitum* e TN/restrito Cíclico. Os resultados mostraram que, nesta idade, a exposição ao calor de forma cíclica e a equivalente redução no consumo de ração não causaram piora no ganho de peso das aves, já na exposição crônica ao calor o ganho de peso foi afetado apenas pela redução do consumo alimentar. Aos 35 dias, observou-se piora no ganho de peso das aves expostas às duas intensidades de calor, porém os animais criados em Crônico/*Ad libitum* apresentaram maior redução (29,3%) que Cíclico/*Ad libitum* (9,20%) em relação ao grupo TN/*Ad libitum*, não havendo diferença estatística entre esses tratamentos e seus respectivos grupos restritos (TN/restrito Crônico e TN/restrito Cíclico), inferindo que, nesta idade, não houve efeito direto do calor no metabolismo das aves, ou seja, o efeito deve-se apenas à redução no consumo de ração. Aos 42 dias, as aves criadas em Crônico/*Ad libitum* apresentaram diminuição no ganho de peso de 37,8% em relação ao grupo TN/*Ad libitum*, e de 12,77% em relação a TN/restrito Crônico, indicando que aproximadamente 34% da piora no ganho de peso deve-se a ação direta da temperatura no metabolismo dos frangos de corte e que o restante (66%) refere-se ao menor consumo de ração causado pelo calor crônico. Já a redução no ganho de peso das aves criadas em Cíclico/*Ad libitum* foi de aproximadamente 20% comparados a TN/*Ad libitum* e de 4,15% em relação a TN/restrito Cíclico, mostrando que 20,87% do pior ganho de peso deve-se ao efeito direto da exposição ao calor cíclico e que 79,13% é causado pela

diminuição no consumo alimentar. Através dos resultados obtidos conclui-se que calor causou efeito direto nas aves apenas durante a 6^a semana de vida das aves, concordando com GERAERT *et al.*, (1996 a) que observou efeito direto da exposição crônica ao calor no ganho de peso de aves de 4 a 6 semanas, não havendo diferença nos frangos de 2 a 4 semanas. Os valores obtidos com a exposição crônica ao calor são semelhantes aos obtidos por FARIA FILHO (2006) e ABU-DIEYEH (2006) que encontraram redução de 40 e 46% no ganho de peso devido ao efeito direto da temperatura no metabolismo das aves. Em relação à exposição ao calor de forma cíclica a redução foi menos severa, indicando que, além da redução no consumo alimentar ser menos aguda, também houve efeito direto da temperatura no metabolismo das aves, porém, de menor intensidade.

Tabela 7 – Desdobramento da interação entre esquemas temperatura/alimentação e idades de avaliação para consumo de ração (g) de frangos de corte.

Fatores	Idades		
	28	35	42
Temperatura/alimentação			
TN/ <i>Ad libitum</i>	860 Ac	2027 Ab	3369 Aa
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	753 Bc	1563 Cb	2498 Ca
TN/restrito a Crônico	747 Bc	1555 Cb	2483 Ca
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	805 ABc	1753 Bb	2820 Ba
TN/restrito a Cíclico	799 ABc	1743 Bb	2805 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Tabela 8 – Desdobramento da interação entre esquemas temperatura/alimentação e idades de avaliação para ganho de peso (g) de frangos de corte.

Fatores	Idades		
	28	35	42
Temperatura/alimentação			
TN/ <i>Ad libitum</i>	547 Ac	1218 Ab	2021 Aa
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	470 BCc	861 Cb	1257 Ea
TN/restrito a Crônico	460 Cc	909 Cb	1441 Da
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	525 ABc	1106 Bb	1619 Ca
TN/restrito a Cíclico	500 ABCc	1091 Bb	1689 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A Tabela 9 mostra o desdobramento da interação entre a idade e o esquema temperatura/alimentação sobre a conversão alimentar. Aos 28 dias, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Aos 35 dias, observou-se piora da conversão alimentar das aves criadas em Crônico/*Ad libitum* de 8,24%

em relação a TN/*Ad libitum*, porém não houve diferença estatística entre TN/restrito Crônico e TN/*Ad libitum* mostrando apenas efeito direto da temperatura. Para a exposição cíclica ao calor não houve diferença estatística entre os tratamentos. Aos 42 dias, observou-se piora de 16% na conversão alimentar das aves criadas em Crônico/*Ad libitum* em relação a TN/*Ad libitum* e de 13,57% em relação a TN/restrito Crônico, resultando em aproximadamente 85% da piora da conversão alimentar relacionada ao efeito direto da temperatura no metabolismo dos frangos de corte. Para as aves criadas em Cíclico/*Ad libitum* houve piora de 4% em relação a TN/*Ad libitum*, não havendo diferença estatística entre TN/*Ad libitum* e TN/restrito Cíclico, evidenciando apenas efeito direto da temperatura. Trabalhando com exposição crônica ao calor, FARIA FILHO (2006) e GERAERT *et al.* (1996 a) inferiram que a redução na conversão alimentar se deve apenas ao efeito direto da temperatura, já BONNET *et al.* (1997) observaram que 77% da piora na conversão alimentar deve-se ao efeito direto da temperatura.

Tabela 9 – Desdobramento da interação entre esquemas temperatura/alimentação e idades de avaliação para conversão alimentar (g/g) de frangos de corte.

Fatores Temperatura/alimentação	Idades		
	28	35	42
TN/ <i>Ad libitum</i>	1,58 ABb	1,67 BCa	1,67 Ca
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	1,60 ABc	1,82 Ab	1,99 Aa
TN/restrito a Crônico	1,63 Ab	1,71 Ba	1,72 Ba
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	1,54 Bb	1,59 DCb	1,74 Ba
TN/restrito a Cíclico	1,60 ABa	1,60 Cb	1,66 Ca

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O desdobramento da interação entre idade e temperatura/manejo para IEP está apresentado na Tabela 10. O IEP melhorou com a idade das aves criadas em TN/*Ad libitum*. Aos 28 dias, o IEP dos animais criados em Crônico/*Ad libitum* e TN/restrito a Crônico não diferiram estatisticamente entre si, mas foram inferiores ao de TN/*Ad libitum* em aproximadamente 18%. Nesta mesma idade, o IEP do grupo Cíclico/*Ad libitum* não diferiu estatisticamente de TN/*Ad libitum* e TN/restrito a Cíclico, mostrando que, nesta idade, apenas a redução no consumo alimentar foi capaz de afetar essa variável. Aos 35 dias, também não houve diferença estatística entre os

tratamentos TN/*Ad libitum*, Cíclico/*Ad libitum* e TN/restrito a Cíclico, já entre os grupos Crônico/*Ad libitum* e TN/restrito a Crônico não ocorreu diferença estatística para essa variável, porém foram, em média, 32% inferiores a TN/*Ad libitum*, mostrando ainda apenas efeito da redução no consumo de ração. Aos 42 dias, comparando as aves criadas em Crônico/*Ad libitum* com as criadas em TN/*Ad libitum* e TN/restrito a Crônico o IEP foi reduzido em aproximadamente 48% e 25%, respectivamente. Comparando-se Cíclico/*Ad libitum* com TN/*Ad libitum* e TN/restrito a Cíclico a redução foi de 24,21% e de 10,20%, respectivamente. Os resultados mostram que, aos 42 dias, aproximadamente 52% e 42% da redução no IEP devem-se aos efeitos diretos do calor crônico e cíclico, respectivamente. FARIA FILHO (2006) encontrou 61% de redução no IEP devido ao efeito direto do calor crônico em frangos de corte de 21 a 42 dias de idade.

Tabela 10 – Desdobramento da interação entre esquemas temperatura/alimentação e idades de avaliação para índice de eficiência produtiva de frangos de corte.

Fatores Temperatura/alimentação	Idades		
	28	35	42
TN/ <i>Ad libitum</i>	488 Ab	519 Ab	570 Aa
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	405 Ba	333 Bb	297 Db
TN/restrito a Crônico	399 Ba	374 Ba	394 Ca
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	481 Aa	485 Aa	432 Cb
TN/restrito a Cíclico	448 Aa	484 Aa	481 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Coefficiente de metabolização dos nutrientes e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio

As médias observadas para o coeficiente de metabolização dos nutrientes e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço zero de nitrogênio da ração (EMAn) estão apresentadas na Tabela 11. Os esquemas de temperatura/alimentação e idade estudados não interagiram significativamente sobre as variáveis coeficiente de metabolização da matéria seca (MS), do extrato etéreo (EE) e EMAn.

Para coeficiente de metabolização da matéria seca, Crônico/*Ad libitum* apresentou menor digestibilidade da matéria seca em relação a TN/*Ad libitum* e

na 6ª semana houve aumento significativo dessa variável em relação a 4ª semana, mostrando efeito da idade nesta variável. Utilizando diferentes tipos de dieta em diferentes idades SAKOMURA *et al.* (2004) não encontraram efeito da idade sobre MS. BONNET *et al.* (1997) observaram efeito direto da temperatura e da redução no consumo de ração na digestibilidade da matéria seca, efeito não observado por FARIA FILHO *et al.* (2007).

O coeficiente de metabolização do extrato etéreo aumentou conforme a idade das aves e foi inferior nas aves criadas em Crônico/*Ad libitum* em relação aos demais esquemas de temperatura/alimentação que não diferiram estatisticamente entre si. Esse resultado indica um efeito direto da exposição crônica ao calor. SAKOMURA *et al.* (2004) não observaram efeito da idade sobre a digestibilidade da gordura. BONNET *et al.* (1997) encontraram efeito do calor na digestibilidade da gordura, por outro lado, FARIA FILHO *et al.* (2007) não relataram efeito da temperatura na metabolização desse nutriente.

Tabela 11 – Médias observadas e resultados da análise de variância para coeficiente de metabolização da matéria seca (MS, %), proteína bruta (PB, %), extrato etéreo (EE, %) e para energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn, kcal/kg de matéria seca).

Fatores	MS	PB	EE	EMAn
Temperatura/alimentação				
TN/ <i>Ad libitum</i>	74,02 A	59,96	79,32 A	3151,13
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	72,20 B	57,17	73,81 B	3154,97
TN/restrito a Crônico	73,37 AB	58,73	82,10 A	3169,44
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	72,44 AB	58,16	79,29 A	3150,26
TN/restrito a Cíclico	73,36 AB	58,73	81,87 A	3153,39
Idades				
4ª semana	72,54 B	58,19	73,56 C	3121,15 C
5ª semana	72,96 AB	59,54	80,88 B	3150,18 B
6ª semana	73,73 A	58,91	83,41 A	3196,19 A
Temperatura/alimentação (T)	0,0004	0,0043	<0,0001	0,1409
Idades (I)	0,0024	0,4064	<0,0001	<0,0001
T x I	0,1745	0,0016	0,081	0,1473
CV Parcelas (%)	2,50	4,85	4,02	1,18
CV Subparcelas (%)	1,73	3,52	3,16	0,78
R²	0,67	0,66	0,89	0,81

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Em relação à EMAn ocorreu efeito significativo da idade, onde a EMAn aumentou conforme a idade. SAKOMURA *et al.* (2004) não observaram efeito

da idade sobre a EMAn. Não houve efeito da temperatura sobre a EMAn. Esse resultado está de acordo com WALLIS & BALNAVE (1984), GERAERT *et al.* (1992), ZUPRIZAL *et al.* (1993) e FARIA FILHO *et al.* (2007), diferindo de YAMAZAKI & ZI YI (1982) que encontraram diminuição da EMAn devido à exposição ao calor cíclico. Esta diferença nos resultados talvez se deva à diferença na linhagem e idade das aves avaliadas (galos leghorns de 12 meses de idade). BONNET *et al.* (1997) observaram maior EMAn para o grupo criado em temperatura termoneutra restrito ao consumo de ração do grupo exposto ao calor. Embora não tenha ocorrido diferença estatística entre os esquemas temperatura/alimentação do presente experimento houve uma tendência de aumento na EMAn das aves criadas em TN/restrito a Crônico.

Para o coeficiente de metabolização da proteína houve interação entre as idades e os esquemas temperatura/alimentação (Tabela 12) e através do desdobramento dessa interação observou-se que apenas na 6ª semana de idade houve influencia da temperatura, assim, a digestibilidade da proteína foi inferior em Crônico/*Ad libitum* em relação a TN/*Ad libitum*. Para o esquema Crônico/*Ad libitum* também houve efeito da idade, reduzindo a digestibilidade da proteína comparado aos demais esquemas temperatura/alimentação. Apesar da não haver efeito da idade sobre o coeficiente de metabolização da proteína houve uma tendência ($p=0,06$) dessa variável aumentar com a idade para o tratamento TN/*Ad libitum* semelhante aos resultados obtidos por WALLIS & BALNAVE (1984) e HUANG *et al.* (2005) que concluíram que a digestibilidade dos aminoácidos tende a aumentar com o avanço da idade. Em relação ao efeito da temperatura, os resultados observados são semelhantes aos obtidos por BONNET *et al.* (1997) que encontraram menor metabolização da proteína para as aves criadas em Crônico/*Ad libitum* comparadas às criadas em TN/*Ad libitum* e TN/restrito a Crônico e ZUPRIZAL *et al.* (1993) inferiram que a metabolização da proteína é reduzida pelo calor independentemente do sexo e da dieta. Por outro lado, FARIA FILHO *et al.* (2007) não observaram efeito da temperatura sobre esta variável.

Tabela 12 – Desdobramento da interação entre esquemas temperatura/alimentação e idades de avaliação para coeficiente de metabolização da proteína bruta de frangos de corte.

Fatores	Idades		
	4ª semana	5ª semana	6ª semana
Temperatura/alimentação			
TN/ <i>Ad libitum</i>	57,98 Aa	60,53 Aa	61,36 Aa
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	59,78 Aa	56,35 Aab	55,38 Bb
TN/restrito a Crônico	57,57 Aa	59,52 Aa	59,10 ABa
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	58,10 Aa	57,48 Aa	58,89 Aba
TN/restrito a Cíclico	57,53 Aa	58,82 Aa	59,83 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O efeito da idade sobre os coeficientes de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e sobre a EMAn pode estar associado ao desenvolvimento dos órgãos do trato digestivo com o avançar da idade. Em relação ao efeito da temperatura na redução do coeficiente de metabolização dos nutrientes, houve efeito apenas da exposição crônica ao calor sobre o coeficiente de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e da proteína, mostrando que a exposição cíclica não causou efeito na digestibilidade dos nutrientes. Assim, a piora no desempenho das aves expostas ao calor crônico pode ser explicada pela menor digestibilidade dos nutrientes, no caso do calor cíclico, a metabolização dos nutrientes não está associada à queda nos índices zootécnicos. Aves expostas ao calor apresentam maior consumo de água (BONNET *et al.*, 1997; FARIA FILHO, 2006) que pode causar menor digestibilidade dos nutrientes por aumentar a taxa de passagem da ração. O calor também é responsável por reduzir o tamanho de órgãos (SAVORY, 1986) e da superfície das vilosidades intestinais (MITCHELL & CARLISLE, 1992).

Conclusões

A exposição crônica ao calor afetou o desempenho de frangos de corte com maior intensidade que a forma cíclica.

Houve efeito direto da exposição ao calor crônico e cíclico no desempenho das aves, porém esse efeito foi observado principalmente aos 42 dias de idade.

Os coeficientes de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço zero de nitrogênio aumentaram com a idade das aves.

Os coeficientes de metabolização da matéria seca, extrato etéreo e proteína foram afetados diretamente pela exposição crônica ao calor.

A menor digestibilidade dos nutrientes foi associada à piora do desempenho das aves expostas ao calor crônico, porém não foi relacionada à piora dos índices zootécnicos dos frangos expostos ao calor de forma cíclica.

REFEFÊNCIAS

ABU-DIEYEH, Z. H. M.; Effect of high temperature *per ser* on growth performance of broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 1, p. 19-21, 2006.

BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M; CARRE, B; GUILLAUMIN, S. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 857-863, 1997.

CAHANER, A; DEEB, N.; SETTAR, P. The association between broiler potential growth rate and sensitivity to heat stress. In: ANNUAL NATIONAL BREEDERS ROUNDTABLE, 45, p. 29-41, 1996, Saint Louis, Missouri. **Proceedings...** 1996

COBB VANTRESS. **Cobb broiler management guide**, Arkansas, 2004, 63 p.

FARIA FILHO, D.E. **Aspectos produtivos, metabólicos, econômicos e ambientais da nutrição protéica para frangos expostos ao calor**. 2006, 73 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FARIA FILHO, D. E.; CAMPOS, D. M. B.; TORRES, K. A. A.; VIEIRA, B.S.; ROSA, P.S.; VAZ, A. M.; MACARI, M.; FURLAN, R.L. Protein levels for heat-exposed broilers: performance, nutrients digestibility, and energy and protein metabolism. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 6,n. 3, p. 187-194, 2007.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002, p 209-228.

GERAERT, P. A.; GUILLAUMIN, S.; ZUPRIZAL, L. M. Effect of high ambient temperature on dietary metabolizable energy value in genetically lean and fat chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 2113-2116, 1992.

GERAERT, P. A.; PADILHA, J. C. F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: grow performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 75, n. 2, p. 195–204, 1996a.

GONZALES, E. Ingestão de alimentos: mecanismos regulatórios. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002, p 187-199.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Physiological and metabolic responses of broilers to heat stress – implications for protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 62, n. 2, p. 282-295, 2006.

HUANG, K. H.; RAVINDRAN, V.; LI, X.; BRYDEN, W. L. Influence of age on the apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. **British Poultry Science**, Obingdon, v. 46, n. 2, p. 236-245, 2005.

KESHAVARZ, K.; FULLER, H. L. The influence of widely fluctuating temperatures on heat production and energetic efficiency of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 9, p. 2121-2128, 1980.

LITTELL, R. C.; STROUP, W. W.; FREUND, R. J. **SAS For Linear Models**. SAS Institute. 4. ed., SAS Institute, 2002, Cary, 466 p, 2002.

MITCHELL, M. A.; CARLISLE, A. J. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Roslin, v. 101, n. 1, p. 137–142, 1992.

SAKOMURA, N. K.; BIANCHI, M. D.; PIZAURO JUNIOR, J. M.; CAFÉ, M. B.; FREITAS, E. R. Idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 924-935, 2004.

SAVORY, C. J. Influence of ambient temperature on feeding activity parameters and digestive function in domestic fowls. **Physiology Behavior**, Elmsford, v. 38, n. 3, p. 353-357, 1986.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa:UFV, 2002, 235p.

TEMIM, S.; CHAGNEAU, A. M.; GUILLAUMIN, S. Effects of chronic heat exposure and protein intake on growth performance, nitrogen retention and muscle development in broiler chickens. **Reproduction, Nutrition, Development**, Paris, v. 39, n. 1, p. 145-156, 1999.

WALLIS, I.R.; BANALVE, D. The influence of environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 25, n. 3, p. 401-407, 1984.

YAMAZAKI, M.; ZI-YI, Z. A note on the effect of temperature on true and apparent metabolizable energy values of a layer diet. **British Poultry Science**, Obingdon, v. 23, n. 1, p. 447-450, 1982.

ZUPRIZAL; LARBIER, M.; CHAGNEAU, A. M.; GERAERT, P. A. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals en broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 289-295, 1993.

CAPÍTULO 3 – EXPOSIÇÃO CRÔNICA E CÍCLICA AO CALOR SOBRE ATIVIDADE DE ENZIMAS PANCREÁTICAS DE FRANGOS DE CORTE

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de duas intensidades de exposição ao calor, crônica e cíclica sobre a atividade de enzimas pancreáticas em frangos de corte aos 21, 29, 36 e 42 dias de idade. Foram utilizados 450 frangos, machos, Cobb®, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4, sendo 5 esquemas de temperatura/alimentação (TN/*Ad libitum*, Crônico/*Ad libitum*, TN/restrito a Crônico, Cíclico/*Ad libitum* e TN/restrito a Cíclico) e 4 idades de avaliação. Assim, TN representa a temperatura termoneutra para cada idade avaliada, Crônico, a exposição a 32°C de forma crônica e Cíclico a exposição ao calor de forma cíclica e os grupos TN/restrito a Crônico e TN/restrito a Cíclico receberam a mesma quantidade de ração que Crônico/*Ad libitum* e Cíclico/*Ad libitum*, respectivamente. A restrição alimentar gerada pelo calor crônico causou aumento da atividade enzimática da amilase aos 29 dias de idade e redução na atividade enzimática da tripsina aos 36 dias de idade. A atividade enzimática da lipase aumentou devido ao efeito direto da exposição ao calor de forma crônica no metabolismo das aves aos 36 e 42 dias de idade. Não houve efeito da idade e da exposição cíclica ao calor na atividade das enzimas pancreáticas. A exposição ao calor afetou diferentemente a atividade enzimática da amilase, lipase e tripsina.

Palavras-chave: amilase, estresse por calor, frangos de corte, lipase, tripsina.

INTRODUÇÃO

É notável o desenvolvimento da avicultura nas últimas décadas, com aumento da produção e consumo mundial de carne de frango (USDA, 2007). A boa qualidade do produto e o preço acessível implicam em crescente demanda pelos consumidores. Para atender tais exigências, foram desenvolvidas técnicas de manejo, nutrição e melhoramento genético que resultaram em uma ave de rápido desenvolvimento e alta performance.

Sabe-se que o estresse por calor causa grandes perdas econômicas na avicultura. A primeira resposta das aves frente à exposição ao calor é a redução no consumo alimentar. Assim, além do efeito causado pela temperatura no metabolismo das aves existe também o efeito gerado pelo menor consumo de ração. Através da técnica de alimentação equivalente ou *pair feeding*, que permite isolar tais efeitos, FARIA FILHO (2007) mostrou que 40% do pior ganho de peso das aves expostas ao calor deve-se aos efeitos diretos da temperatura sobre o metabolismo das aves, enquanto GERAERT *et al.* (1996 a) e ABU-DIEYEH (2006) encontraram valores de 50 e 46%, respectivamente.

A atividade de enzimas pancreáticas pode ser influenciada pela exposição das aves ao calor, porém, os resultados da literatura são bastante divergentes. LIMA *et al.* (2002) concluíram que, com o aumento da idade, a temperatura afetou a produção e secreção enzimática, provocando um aumento na atividade da lipase e uma diminuição na tripsina e amilase. ROUTMAN *et al.* (2003) mostraram aumento da atividade enzimática da amilase pancreática pelo calor, porém sem alterações na lipase e tripsina. Já, HAI *et al.* (2000) encontraram que o calor diminuiu a atividade enzimática da tripsina e amilase. Além da divergência, os trabalhos encontrados na literatura não isolam o efeito causado pela redução no consumo alimentar do efeito direto do estresse por calor no metabolismo das aves.

Ainda, a maioria dos experimentos envolvendo estresse por calor foi desenvolvida em condições de exposição crônica, mostrando uma máxima resposta fisiológica das aves. Entretanto, nas condições ambientais naturais, a

exposição ao calor ocorre de forma cíclica, com variação na temperatura ao longo do dia, havendo um período de temperaturas mais amenas e outro com temperaturas mais elevadas.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito direto da exposição cíclica e crônica ao calor sobre a atividade enzimática da amilase, lipase e tripsina pancreáticas, isolando o efeito da redução no consumo alimentar e o efeito direto do calor no metabolismo das aves através do *pair feeding*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nas Câmaras Climatizadas do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal – SP.

Foram utilizados frangos de corte machos, da linhagem Cobb-500[®]. Durante o período de 1 a 21 dias (pré-experimento), as aves foram criadas no piso em temperatura termoneutra (Tabela 1), conforme Guia de Manejo da Cobb (2004). Ração e água foram fornecidas *ad libitum*. As aves receberam duas dietas (tabela 2), uma inicial para o período pré-experimental e outra de crescimento para o período experimental.

Tabela 1 – Temperatura média ambiental (T, °C) e umidade relativa (UR, %) durante o período pré-experimental.

Período	T	UR
1ª semana	30,9 ±2,2	63,4 ±9,3
2ª semana	27,9 ±2,0	76,1 ±6,7
3ª semana	26,8 ±1,9	77,1 ±7,1

Aos 21 dias de idade foi determinado o peso médio do lote (834,87 ±11,20) e montadas unidades experimentais de mesmo peso médio. Para tanto, 450 aves foram transferidas para gaiolas metálicas onde foram criadas até o final do experimento, recebendo manejo convencional com 23 horas de

luz e 1 hora de escuro, distribuídas em 5 esquemas temperatura/alimentação com 6 repetições de 15 aves cada, conforme a Tabela 3. Para tanto, as aves foram distribuídas em 3 câmaras climatizadas e as temperaturas medias obtidas semanalmente em cada câmara climatizada estão apresentadas na tabela 4. O gráfico 1 esquematiza a variação da temperatura da câmara cíclica. Os valores observados de umidade relativa do ar (%) durante o período experimental foram de $66,2 \pm 7,4$, $60,2 \pm 5,5$ e $68,3 \pm 8,3$ para as câmaras termoneutra, crônica e cíclica, respectivamente.

Tabela 2 – Composição das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Inicial (1 a 21 dias)	Final (22 a 42 dias)
Milho	57,96	58,47
Farelo de Soja	35,62	32,42
Óleo de soja	2,57	5,47
Fosfato bicálcico	1,82	1,68
Calcário calcítico	0,99	0,95
Sal comum	0,44	0,40
Cloreto de colina 60%	0,10	0,10
DL-metionina	0,15	0,14
L-lisina	0,16	0,18
Suplemento ¹	0,10	0,10
Promotor de crescimento ²	0,04	0,04
Coccidiostático ³	0,05	0,05
Total	100,00	100,00
Composição		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000	3200
Proteína	21,4	20,00
Cálcio (%)	0,96	0,90
Fósforo disponível (%)	0,45	0,42
Sódio (%)	0,22	0,20
Potássio (%)	0,83	0,77
Cloro (%)	0,37	0,35
Colina (ppm)	1950	1868
Lisina digestível (%)	1,14	1,08
Metionina digestível (%)	0,45	0,42

¹ Suplemento mineral e vitamínico – níveis de garantia por kg do produto (vitamina A – 7000000 UI; vitamina D3 – 3000000 UI; vitamina E – 25000 mg; vitamina K – 980 mg; vitamina B1 – 1780 mg; vitamina B2 – 9600 mg; vitamina B6 - 3465 mg; vitamina B12 10000 mcg;; ac. nicotínico – 34650 mg; pantetonato de cálcio – 9500 mg; biotina – 1600mg; cobre – 10000 mg; iodo – 1300mg; manganês – 76260 mg; selênio – 273,6 mg; zinco – 91250 mg; antioxidante – 100 mg. ² Bacitracina de Zinco 15%. ³ Coxistac 12%®.

Aos 4 e 14 dias as aves foram vacinadas contra o vírus da doença infecciosa da bursa (Doença de gumboro).

Tabela 3 – Esquemas temperatura alimentação (22 a 42 dias de idade).

Tratamento	Temperatura	Alimentação
TN/ <i>Ad libitum</i>	Termoneutra	<i>Ad libitum</i>
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	32°C constante	<i>Ad libitum</i>
TN/restrito a Crônico	Termoneutra	<i>Pair-fed</i> com Crônico/ <i>Ad libitum</i> **
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	32°C cíclico*	<i>Ad libitum</i>
TN/restrito a Cíclico	Termoneutra	<i>Pair-fed</i> com Cíclico/ <i>Ad libitum</i> **

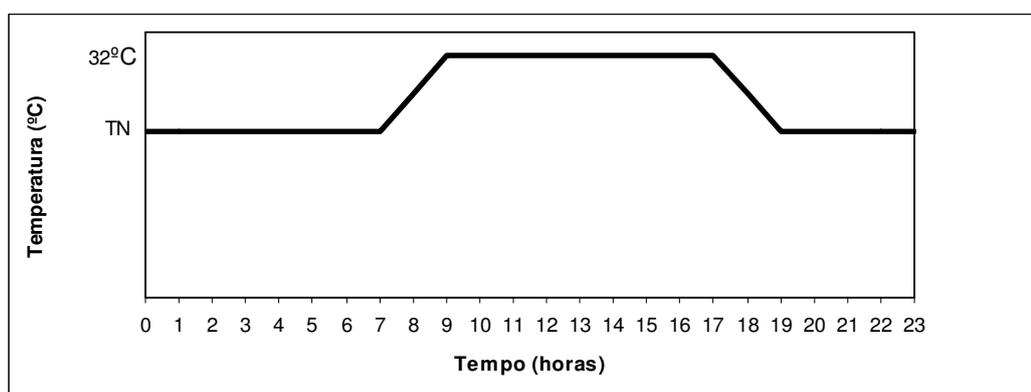
* 8 horas (das 9h00 às 17h00) com temperatura constante de 32°C e o restante em temperatura termoneutra conforme a idade.

** O consumo de ração dos frangos expostos ao calor crônico (Crônico/*Ad libitum*) e cíclico (Cíclico/*Ad libitum*) foram medidos diariamente e fornecidos aos frangos criados em TN/restrito a Crônico e TN/restrito a Cíclico respectivamente.

Tabela 4 – Médias obtidas semanalmente da temperatura ambiental durante o período experimental.

Período	Termoneutra	Crônico	Cíclico	
	T°C	T°C	T°C	T°C
4ª semana	25,7±1,4	31,9±1,2	26,2±1,6	32,4±1,6
5ª semana	24,2±0,9	32,2±1,4	25,2±1,2	32,5±1,3
6ª semana	21,7±1,0	32,2±1,3	24,7±1,3	32,2±1,7

Gráfico 1 – Variação de temperatura diária na câmara cíclica.



A Tabela 5 mostra as comparações pertinentes ao esquema temperatura/alimentação (*pair-feeding*). O *pair-feeding* consiste em fornecer a mesma quantidade de alimento consumido pelas aves expostas ao calor para um grupo de aves em temperatura termoneutra, assim torna-se possível isolar

os efeitos (efeito direto da temperatura e efeito da redução no consumo alimentar). Para isso, o consumo de ração das aves submetidas ao estresse crônico (Crônico/*Ad libitum*) e cíclico (Cíclico/*Ad libitum*) foi mensurado diariamente e a mesma quantidade de ração consumida foi fornecida às aves dos grupos TN/restrito a Crônico e TN/ restrito a Cíclico, respectivamente. As aves do esquema TN/*Ad libitum* receberam ração a vontade.

Tabela 5 – Comparações para o esquema pair-feeding

Comparações	Efeito isolado
Exposição constante ao calor	
TN/ <i>Ad libitum</i> vs Crônico/ <i>Ad libitum</i>	Efeito total da temperatura
Crônico/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito a Crônico	Efeito direto da temperatura
TN/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito Crônico	Efeito do baixo consumo de ração
Exposição cíclica ao calor	
TN/ <i>Ad libitum</i> vs Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	Efeito total da temperatura
Cíclico/ <i>Ad libitum</i> vs TN/restrito Cíclico	Efeito direto da temperatura
TN/ <i>mkAd libitum</i> vs TN/restrito Cíclico	Efeito do baixo consumo de ração

Características avaliadas

Aos 22, 29, 36 e 42 dias, foi determinada a atividade enzimática da amilase, lipase e tripsina. Para tanto, uma ave por parcela, dentro do peso médio, foi mantida em jejum alimentar por 6 horas com água *ad libitum* nas mesmas condições experimentais. Após esse período, as aves foram sacrificadas por deslocamento cervical e o pâncreas foi removido e congelado em nitrogênio líquido e armazenado a -80 °C.

A obtenção da colipase e a determinação das atividades enzimáticas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Tecnologia da FCAV/UNESP – Jaboticabal. Para tanto, o pâncreas foi homogeneizado em um homogeneizador OMNI GLH por três pulsos de trinta segundos, utilizando-se tampão tipo Tris-HCl 500 mM, pH 8,0 contendo CaCl₂ 50 mM, numa proporção 1:10 (peso:volume). Imediatamente uma fração foi separada para a análise da lipase onde adicionou-se glicerol e ditioneitol (DTT) 1,5mM. Os extratos brutos assim obtidos foram centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos

a 4°C, filtrados em lã de vidro, aliquotados, congelados em nitrogênio líquido e armazenado à -80°C e utilizado posteriormente para a determinação da atividade enzimática de amilase, tripsina e lipase. Em cada determinação foram incluídos controles sem adição de enzima, para se estimar a hidrólise espontânea do substrato. As determinações foram feitas em triplicatas, sendo que as velocidades iniciais permaneceram constantes durante a reação, com menos de 5% do substrato sendo hidrolisado.

Preparo do pâncreas delipidado para obtenção da colipase

O pâncreas delipidado foi preparado de acordo com o procedimento descrito por BROCKMAN (1981). Para isso, 60 g de pâncreas de frango fresco sem gordura foram triturados em um triturador mecânico e lavados três vezes consecutivas em solução de clorofórmio-n-butanol (9:1, v/v) à temperatura ambiente. O sobrenadante foi desprezado e o precipitado foi lavado duas vezes com Clorofórmio-n-butanol (4:1, v/v) a 4°C. Finalmente, o precipitado foi lavado com éter sulfúrico à temperatura ambiente, filtrado em funil de Büchner com papel filtro Whatman nº 1, seco sob filtração a vácuo e armazenado a -20°C.

Obtenção da colipase parcialmente purificada

A colipase de frango parcialmente purificada e livre de atividade de lipase foi preparada, utilizando-se a metodologia descrita por BROCKMAN (1981) para obtenção de colipase de pâncreas de suíno. Para isso, 2 g de pó de pâncreas de frango delipidado foram dissolvidos em 20 ml de H₂SO₄ 0,1 M e mantido sob agitação constante por uma hora à temperatura ambiente. A seguir, a solução foi centrifugada a 14.000 x g por 10 minutos a 4°C e o sobrenadante ajustado para pH 7,0 com NaOH e centrifugado novamente. Após a centrifugação, lentamente foi adicionada ao sobrenadante (NH₄)₂SO₄ em pó até a obtenção de 55% de saturação. A solução obtida foi mantida sob agitação por trinta minutos a 4°C. Em seguida, a solução foi recentrifugada a 17.000 x g por quinze minutos. O precipitado foi dissolvido em tampão Tris-HCl,

2 nM, pH 6,5. A esta solução foi adicionado, lentamente sob agitação, etanol a 4°C, e posteriormente foi centrifugada a 17.000 x g. O precipitado obtido foi dissolvido em tampão Tris-HCl, 2 nM, contendo 6 nM de taurodeoxicolato de sódio, 0,15 M de NaCl, 1 mM de CaCl₂ e 0,3 mM de azida sódica, pH 6,5. Finalmente, alíquotas de 200 µl foram congeladas e armazenadas a -20°C.

Determinação da atividade da lipase

A atividade da lipase foi determinada continuamente à 37°C, em meio de reação contendo concentrações finais de p-nitrofenilpalmitato, 0,5 mM, CaCl₂ 5 nM, NaCl 150 mM, taurodeoxicolato de sódio 2 mM, Triton X 100 1,27 mg, goma arábica 0,63 mg e excesso de colipase de frango parcialmente purificada, em um volume final de 1,5 ml.

A reação foi iniciada pela adição do extrato enzimático ao meio de reação, e a liberação do produto foi determinada continuamente através da formação do íon p-nitrofenolato (coeficiente de absorção = $1,32 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) a 410 nm, durante 120 segundos, em um espectrofotômetro Hitachi U-200, equipado com célula termoestabilizável com variação de $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Em cada determinação foram incluídos controles sem adição de enzima, para se estimar a hidrólise espontânea do substrato. Uma unidade de atividade enzimática de lipase foi definida e expressa como a quantidade de enzima que libera 1 nmol de p-nitrofenolato por minuto.

Determinação da atividade da tripsina

A atividade da tripsina foi determinada segundo KAKADE *et al.* (1974). A ativação do tripsinogênio foi efetuada em tampão Tris-HCl 50 nM contendo CaCl₂ 50mM, pH 8,2. Em cada dosagem, o extrato diluído de cada um dos segmentos, foi incubado com igual volume de enteroquinase de intestino de suíno (4,5 unidades da SIGMA). Após 30 minutos de incubação, à 37°C, uma alíquota de 0,4 ml do meio de reação obtido foi utilizada para a determinação da atividade da tripsina. A reação foi iniciada pela adição do substrato N-alfa-

benzoi-DL-arginina-para-nitroanilida (BAPNA) ao meio de reação. Após 5 minutos, a reação foi interrompida pela adição de 0,2 ml de ácido acético 30% (v/v). Após centrifugação (microcentrífuga Spin) a p-nitroanilida liberada foi determinada em 410 nM. Em cada experimento foram incluídos controles sem adição de enzima, para se estimar a hidrólise espontânea do substrato. As determinações foram feitas em triplicatas. Uma unidade (U) de enzima foi definida como sendo 1 nmol de p-nitroanilida liberada por minuto/mg de proteína.

Determinação da atividade da amilase

A atividade da α -amilase foi determinada segundo BERNFELD (1955). As condições padrões dos ensaios foram tampão fosfato 20 mM, pH 6,9, contendo NaCl 7mM e amido solúvel 1%, em um volume final de 1ml. Após 5 minutos, a reação foi interrompida pela adição de 0,5 ml do reagente do ácido 3,5-dinitrosalicílico. Após homogeneização, as amostras foram colocadas em banho-maria em ebulição, por 5 minutos, resfriadas e diluídas com 10 ml de água destilada. Após agitação, a absorbância foi determinada a 530 nm. Em cada determinação, foram incluídos controles sem a adição da enzima para se estimar a hidrólise não enzimática do substrato. Uma unidade de atividade enzimática da amilase pancreática foi definida e expressa como a quantidade de enzima que libera 1 μ mol de maltose/minuto.

Dosagem da proteína

A quantidade de proteína presente no extrato bruto foi determinada de acordo com o procedimento descrito por HARTREE (1972), utilizando-se soroalbumina bovina (BSA) como padrão protéico.

Análises estatísticas

A atividade enzimática foi avaliada através de um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4 com os fatores: grupos

descritos na Tabela 2 e idades de avaliação (22, 29, 36 e 42 dias de idade) totalizando 20 tratamentos com 6 repetições de 1 ave cada .

Os dados foram verificados quanto à presença de dados discrepantes, a homogeneidade de variâncias (teste de Levene) e a normalidade dos erros studentizados (teste de Cramer-Von Mises). Após a constatação do atendimento dessas pressuposições os dados foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento “General Linear Model” do programa SAS® (LITTELL *et al.*, 2002) e em caso de diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) o efeito de tratamentos foi testado por meio dos contrastes descritos na Tabela 5 e o efeito da idade avaliado pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre o esquema temperatura/alimentação e as idades sobre a atividade enzimática da amilase, lipase e tripsina pancreáticas (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias observadas e resultados da análise de variância para atividade enzimática da amilase, lipase e tripsina pancreáticas de frangos aos 22, 29, 36 e 42 dias.

Fatores	Amilase	Lipase	Tripsina
Temperatura/alimentação			
TN/ <i>Ad libitum</i>	95,16	43,08	57,68
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	110,66	60,81	45,63
TN/restrito a Crônico	112,12	43,66	39,69
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	93,87	47,92	53,53
TN/restrito a Cíclico	104,85	45,94	56,12
Idades			
22 dias	103,85	40,91	50,84
29 dias	99,40	43,91	47,33
36 dias	95,27	54,84	52,75
42 dias	114,82	54,27	51,20
Temperatura/alimentação (T)	0,0017	<0,0001	<0,0001
Idades (I)	0,0011	<0,0001	0,1924
T x I	0,0033	<0,0001	0,0432
CV (%)	16,84	15,96	17,80
R²	0,47	0,75	0,52

O desdobramento da interação entre os esquemas temperatura/alimentação e idades mostrou que não houve efeito da idade para

a atividade da amilase (Tabela 7) e que aos 29 dias de idade o grupo Crônico/*Ad libitum* e TN/restrito a crônico não diferiram estatisticamente entre si, mas apresentaram maior atividade da amilase em relação a TN/*Ad libitum*. Aos 36 e 42 dias de idade não houve efeito significativo dos esquemas temperatura/alimentação, sugerindo uma adaptação das aves ao estresse por calor. ROUTMAN *et al.* (2003) também observaram aumento da atividade enzimática da amilase de frangos de corte em situação de estresse por calor e PINHEIRO *et al.* (2004) encontraram incremento da atividade de enzimas pancreáticas em aves submetidas à restrição alimentar. RODEHEAVER & WYATT (1984) relacionaram o aumento da atividade enzimática da amilase pancreática à menor secreção da enzima no intestino devido a restrição alimentar. Já PINHEIRO *et al.* (2004) atribuiu o aumento à presença de alimento por um período maior no trato gastrintestinal devido a menor taxa de passagem em animais submetidos à restrição alimentar. Os resultados obtidos mostraram que não houve efeito direto da exposição ao calor sobre a atividade enzimática da amilase, evidenciando efeito da restrição alimentar gerada pelo calor.

Tabela 7 – Desdobramento da interação entre esquemas temperatura/alimentação e idades de avaliação para atividade enzimática da tripsina de frangos de corte.

Fatores Temperatura/alimentação	Idades			
	22	29	36	42
TN/ <i>Ad libitum</i>	95,89 A	75,32 B	96,94 A	112,49 A
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	103,38 A	122,49 A	92,39 A	124,41 A
TN/restrito a Crônico	118,17 A	117,98 A	89,22 A	123,09 A
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	92,34 A	71,58 B	103,67 A	107,91 A
TN/restrito a Cíclico	109,47 A	109,63 AB	94,11 A	106,19 A

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Através do desdobramento da interação entre idade e esquemas temperatura/alimentação (Tabela 8), observou-se aumento da atividade enzimática da lipase aos 29, 36 e 42 dias de idade, nas aves do grupo Crônico/*Ad libitum* em relação às aves criadas em TN/*Ad libitum*. Aos 36 e 42 dias, as aves do grupo TN/restrito a Crônico e TN/*Ad libitum* apresentaram valores significativamente iguais para atividade enzimática da lipase,

mostrando que, nestas idades, o efeito deve-se apenas ao calor, não se relacionando à restrição alimentar causada pela exposição ao calor. Os resultados obtidos estão de acordo com LIMA *et al.* (2002) que também obtiveram incremento na atividade enzimática da lipase em aves submetidas ao estresse por calor.

Tabela 8 – Médias observadas para atividade enzimática da lipase pancreática de frangos de corte conforme a idade.

Fatores	Idades			
	22	29	36	42
Temperatura/alimentação				
TN/ <i>Ad libitum</i>	46,24 Aa	32,85 Ba	45,44 Ba	47,78 Ba
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	32,35 Ac	59,05 Ab	77,19 Aa	74,64 Aab
TN/restrito a Crônico	40,79 Aa	45,97 ABa	44,44 Ba	43,44 Ba
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	35,75 Ac	40,55 Bbc	56,02 Bab	59,37 Aab
TN/restrito a Cíclico	49,44 Aa	37,12 Ba	51,09 Ba	46,10 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

A Tabela 9 mostra o desdobramento da interação entre idade e esquemas de temperatura/alimentação sobre a atividade enzimática da tripsina. Não houve efeito da idade sobre a atividade da tripsina em nenhum dos esquemas temperatura/alimentação. Aos 36 dias de idade observou-se diminuição desta variável para as aves do grupo TN/ restrito a crônico em relação ao grupo TN/*Ad libitum*. As aves expostas ao calor crônico (Crônico/*Ad libitum*) não apresentaram diferença significativa em relação aos grupos TN/*Ad libitum* e TN/ restrito a crônico. Esses resultados sugerem que houve efeito da restrição alimentar gerada pelo calor, não havendo efeito direto do calor sobre a atividade da tripsina. Este resultado está de acordo com LIMA *et al.* (2002), que observaram redução da atividade enzimática da tripsina em aves submetidas ao estresse por calor. Ainda, HAI *et al.* (2000) também observaram redução da atividade enzimática da tripsina no suco intestinal de aves expostas ao calor.

O aumento da atividade enzimática da lipase e a redução da atividade da tripsina podem estar relacionados ao metabolismo de lipídios e proteínas em aves expostas ao calor. Frangos de corte expostos ao calor apresentam maior teor de gordura e menor de proteína bruta corporal (CHENG *et al.*, 1997 a,b). Trabalhando com frangos de corte expostos ao calor e aves em esquema

pair feeding, FARIA FILHO (2006) obteve aumento da deposição de gordura no peito e na coxa e sobrecoxa apenas das aves expostas ao calor, relacionando o aumento apenas ao efeito do calor no metabolismo das aves. Em relação à proteína, FARIA FILHO (2006) encontrou redução da deposição de proteína no peito de frangos de corte causado pelo calor. BONNET *et al.* (1997) e SOUZA (dados não publicados*) obtiveram redução da digestibilidade da proteína em aves submetidas ao estresse por calor. Essa diminuição pode estar associada à menor atividade enzimática da tripsina em frangos de corte expostos a alta temperatura aos 36 dias.

Tabela 9 – Médias observadas para atividade enzimática da tripsina pancreática de frangos de corte conforme a idade.

Fatores	Idades			
	22	29	36	42
Temperatura/alimentação				
TN/ <i>Ad libitum</i>	56,98 Aa	51,66 Aa	64,24 Aa	57,86 Aa
Crônico/ <i>Ad libitum</i>	43,03 Aa	39,69 Aa	46,05 ABa	53,73 Aa
TN/restrito a Crônico	46,46 Aa	37,17 Aa	37,85 Ba	37,29 Aa
Cíclico/ <i>Ad libitum</i>	44,76 Aa	52,99 Aa	59,99 Aa	56,37 Aa
TN/restrito a Cíclico	62,94 Aa	55,16 Aa	55,63 ABa	50,75 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

Ainda, o menor incremento calórico gerado pelos lipídios em relação aos carboidratos e proteínas (MUSHARAF & LATSHAW, 1999), pode estar associado à alteração da atividade enzimática da amilase, lipase e tripsina. Assim, a redução da atividade enzimática da tripsina e aumento da amilase e lipase podem refletir uma tentativa de diminuir o efeito gerado pela exposição ao calor

Não houve efeito significativo da exposição ao calor cíclico sobre a atividade enzimática da amilase, tripsina e lipase. Esses resultados mostram que a exposição ao calor em condições ambientais naturais não foi capaz de afetar a atividade de enzimas pancreáticas.

*Capítulo 2 desta Dissertação.

Conclusões

A restrição alimentar gerada pelo calor crônico causou aumento da atividade enzimática da amilase aos 29 dias de idade e redução na atividade enzimática da tripsina aos 36 dias de idade.

A atividade enzimática da lipase aumentou devido ao efeito direto da exposição ao calor de forma crônica no metabolismo das aves aos 36 e 42 dias de idade.

Não houve efeito da idade na atividade das enzimas pancreáticas.

A exposição ao calor de forma cíclica não foi capaz de afetar a atividade das enzimas pancreáticas.

O incremento calórico e deposição de lipídeos e proteínas nas aves expostas ao calor parecem estar relacionados à regulação da amilase, lipase e tripsina pancreáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-DIEYEH, Z. H. M.; Effect of high temperature *per ser* on growth performance of broilers. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 5, n. 1, p. 19-21, 2006.

BERNFELD, P. Amylases α and β . In: COLOWICK, S.B.; KAPPLAN, N.O. (Ed.) **Methods in Enzymology**. New York: Academic Press, 1955, v. 1, p. 143-153.

BONNET, S.; GERAERT, P. A.; LESSIRE, M.; CARRE, B.; GUILLAUMIN, S. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 857-863, 1997.

BROCKMAN, H.L. Triglyceride lipase from porcine pancreas. In: BOYER, P.D. (Ed.) **Methods in enzymology**. New York: Academic Press, 1981, v. 71, p. 619-627.

CHENG, T. K.; HAMRE, M. L.; COON, C. N. Effect of environmental temperature, dietary protein, and energy levels on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, Tampe, v. 6, n. 1, p. 1-17, 1997 a.

CHENG, T. K.; HAMRE, M. L.; COON, C. N. Responses of broilers to dietary protein levels and amino acid supplementation to low protein diets at various environmental temperatures. **Journal of Applied Poultry Research**, Tampe, v. 6, n. 1, p. 18-33, 1997 b.

COBB VANTRESS, **Cobb broiler management guide**, Arkansas, 2004, 63 p.

FARIA FILHO, D.E. **Aspectos produtivos, metabólicos, econômicos e ambientais da nutrição protéica para frangos expostos ao calor**. 2006, 73 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

FARIA FILHO, D. E.; CAMPOS, D. M. B.; TORRES, K. A. A.; VIEIRA, B.S.; ROSA, P.S.; VAZ, A. M.; MACARI, M.; FURLAN, R.L. Protein levels for heat-exposed broilers: performance, nutrients digestibility, and energy and protein metabolism. **International Journal of Poultry Science**, Faisalabad, v. 6, n. 3, p. 187-194, 2007.

GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: grow performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 75, n. 2, p. 195–204, 1996a.

HAI, L.; RONG, D.; ZHANG, Z.-Y. The effect of environment on the digestion of broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Beekbergen, v. 83, n. 2, p. 57-64, 2000.

HARTREE, E. F. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. **Analytical Biochemistry**., Orlando, v. 48, n. 1, p. 422-427, 1972.

KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, n. 3, p. 376-382, 1974.

LIMA, A. C. F.; MACARI, M.; PIZAURO JUNIOR, J. M.; MALHEIROS, E. B. Atividade enzimática pancreática de frangos de corte alimentados com dietas contendo enzima ou probiótico. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 187-193, 2002.

LITTELL, R. C.; STROUP, W. W.; FREUND, R. J. **SAS For Linear Models**.. 4. ed., SAS Institute, Cary, 2002, 466 p.

MUSHARAF, N. A.; LATSHAW, J. D. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 55, n. 3, p. 233-240, 1999.

PINHEIRO, D. F.; CRUZ, V. C.; SARTORI, J. R., VICENTINI PAULINO, M. L. M. Effect of Early Feed Restriction and Enzyme Supplementation on Digestive Enzyme Activities in Broilers, **Poultry Science**, Champaign, v. 83, n. 9, p. 1544-1550, 2004.

RODEHEAVER, D. P.; WYATT, R. D. Effect of decreased feed intake on serum and pancreatic alpha-amylase of broiler chickens. **Avian Diseases**, Tempe, v. 28, n. 3, p. 662-668, 1984.

ROUTMAN, K.S.; YOSHIDA, L.; LIMA, A.C.F.; MACARI, M.; PIZAURO JUNIOR, J.M. Intestinal and pâncreas enzyme activity of broilers exposed to thermal stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 23-27, 2003.

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE: USDA (2007).
Disponível em <<http://www.faz.usda.gov>> Acesso em 22 de janeiro de 2009