

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INCORPORAÇÃO DO ^{13}C NOS TECIDOS MUSCULAR E
HEPÁTICO DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES
GRUPOS GENÉTICOS CRIADOS EM ESTRESSE CÍCLICO
DE CALOR**

Daniel Mendes Borges Campos

Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INCORPORAÇÃO DO ^{13}C NOS TECIDOS MUSCULAR E
HEPÁTICO DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES
GRUPOS GENÉTICOS CRIADOS EM ESTRESSE CÍCLICO
DE CALOR**

Daniel Mendes Borges Campos

Prof. Dr. Marcos Macari

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia

2014

C198i Campos, Daniel Mendes Borges
Incorporação do ^{13}C nos tecidos muscular e hepático de frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em estresse cíclico de calor / Daniel Mendes Borges Campos. – – Jaboticabal, 2014
xix, 47 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Marcos Macari
Banca examinadora: Juliana Célia Denadai, José Fernando Machado Menten, João Martins Pizauro Junior, Douglas Emygdio de Faria, Marcos Macari.
Bibliografia

1. Turnover. 2. Isótopos. 3. Proteína. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 591.1:636.6

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Daniel Mendes Borges Campos nascido em Jaboticabal no dia 10 de julho de 1979, graduou-se em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista – UNESP Câmpus de Jaboticabal em 2002. Durante o ano de 2003 trabalhou na Agrocerees Nutrição Animal como supervisor do controle de qualidade da linha de extrusão de rações *Pet Food* e organismos aquáticos. Em 2004 iniciou o mestrado em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista – UNESP Câmpus de Jaboticabal, obtendo o título de mestre no ano de 2006. A partir de agosto de 2006 até dezembro de 2010 trabalhou como professor do curso de medicina veterinária na Faculdade Anhanguera de Campinas Unidade III (FAC 3) nas disciplinas de Bromatologia e Nutrição Animal, Avicultura, Produção Animal, Bioestatística e Bioclimatologia. Também atuou como responsável técnico da Fazenda Escola de Sousas da Faculdade Anhanguera de Campinas Unidade III de 2008 a 2010. Trabalhou como professor na Fundação de Ensino Superior de Bragança Paulista (FESB) em 2009 como professor de Bioclimatologia, Nutrição Animal e Produção Animal (monogástricos). No ano de 2010 iniciou o programa de pós-graduação em Zootecnia para a obtenção do título de doutor.

Você é o que come.

Ditado popular.

Dedico à minha família

Ivomar, Sandra, Thaisa, Lúcia, Alice, Davi, Thomás,
Emiliano, Ana Paula, Eduardo, Thiago, Angélica, Gilberto
Miller, Danielle, Rita, Gilberto e Margarida.

Pelo amor recebido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio financeiro, projeto número 2011/05938-1. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida.

Ao professor Marcos Macari pelo exemplo profissional e orientação durante o período.

Aos professores do Centro de Isótopos Estáveis pelas conversas e orientações nos momentos de dificuldade, Carlos Ducatti, Márcia Sartori e Juliana Denadai.

Aos funcionários do setor de avicultura e fábrica de ração que ajudaram na execução dos experimentos: Robson, Vicente, Izildo e Helinho.

Aos técnicos Evandro e Cibele, do Centro de Isótopos Estáveis da UNESP de Botucatu, pelas análises realizadas.

Amigos de pós-graduação que trabalharam e me aconselharam além do âmbito profissional, os meus sinceros agradecimentos: Fernando de Souza (Mala), Miguel Frederico Allarcon (Dunga), Wedson Carlos (Wed), Paulo Carneiro, Raquel Lunedo e Fabrício Hada.

Aos colegas do Centro de Isótopos Estáveis Vânia e Cetona que me auxiliaram de forma crucial. E da UNESP Katiane, Paula, Lilian e Myrielle que também não mediram esforços para a execução do trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	1
1.1. Estresse por calor e níveis de proteína da dieta.....	1
1.2. Turnover do tecido proteico.....	3
1.3. Isótopos estáveis.....	5
1.4. Objetivo.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1. Local.....	9
2.2. Aves e delineamento experimental.....	9
2.3. Desempenho.....	13
2.4. Características de carcaça.....	13
2.5 Incorporações do ^{13}C nos tecidos muscular e hepático.....	13
2.6. Fibras musculares.....	15
2.7. Análise estatística.....	16
3. RESULTADOS.....	17
3.1. Desempenho.....	17
3.1.1. Experimento 1.....	17
3.1.2. Experimento 2.....	20
3.2. Incorporações do ^{13}C	23
3.2.1 Experimento 1.....	23
3.2.2 Experimento 2.....	28
3.3. Fibras Musculares.....	33
4. DISCUSSÃO.....	37
5. CONCLUSÃO.....	42
6. REFERÊNCIAS.....	43

INCORPORAÇÃO DO ^{13}C NOS TECIDOS MUSCULAR E HEPÁTICO DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES GRUPOS GENÉTICOS CRIADOS EM ESTRESSE CÍCLICO DE CALOR

RESUMO – Objetivo do presente trabalho foi verificar se o desempenho e a incorporação de ^{13}C nos tecidos muscular e hepático, de aves de grupos genéticos distintos, respondem de maneira semelhante ao aumento do teor de proteína bruta da ração e a diferentes temperaturas ambientais. Dois experimentos foram conduzidos no período de 21 a 45 dias de idade no experimento I e de 21 a 55 dias de idade das aves no experimento II, sendo que até os 21 dias de idade as aves receberam mesma dieta com base em plantas do ciclo fotossintético C3 e foram criadas em temperatura termoneutra. Aos 21 dias o lote foi pesado e foram montadas unidades experimentais com frangos de mesmo peso médio e passaram a consumir dieta com base em plantas do ciclo fotossintético C4. No experimento I foram utilizados 720 frangos de corte, machos, da linhagem comercial Cobb 500® e no experimento II foram utilizados 720 frangos de corte, machos, de uma linhagem de crescimento lento (Label Rouge). Ambos os experimentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, sendo os fatores: temperatura ambiente (estresse cíclico de calor ad libitum, 22°C ad libitum, e 22°C restrito) e níveis de proteína bruta (18,91; 21 e 22,0% PB), totalizando nove tratamentos com quatro repetições de 20 aves cada, perfazendo 36 unidades experimentais. As dietas controle dos experimentos foram formuladas com os níveis nutricionais sugeridos por Rostagno (2011). As rações com alto teor proteico (21 e 22%) apresentarão os níveis nutricionais e de EM semelhantes aos da dieta controle. Os animais melhorados geneticamente, Cobb 500, foram afetados negativamente pelo estresse cíclico e melhoraram alguns parâmetros de desempenho ao aumento de 22%PB. Somente o índice de eficiência produtiva apresentou interação significativa entre os parâmetros avaliados. A incorporação do ^{13}C no peitoral maior, sartório e fígado diminuíram significativamente com o aumento para 22%PB em todas as condições de temperatura. Os frangos de corte de crescimento lento, Label Rouge, não foram afetados pelo estresse cíclico, e o aumento do teor proteico da dieta, não apresentou índices benéficos sobre desempenho e a incorporação do ^{13}C na proteína do peitoral maior, do sartório e do fígado.

Palavras-chave: turnover, estresse cíclico de calor, isótopos, proteína.

¹³C INCORPORATION IN MUSCLE AND LIVER TISSUES OF DIFFERENT GENETIC GROUP OF BROILERS REARED IN CYCLIC HEAT STRESS

ABSTRACT – Objective of this study was to verify if the performance and the ¹³C incorporation in the muscles and liver tissues of birds of different genetic groups respond similarly to increased crude protein content of the ration and different environmental temperatures. Two experiments were conducted within 21 - 45 days of age in experiment I, and 21 - 55 days of age the birds in experiment II, and until 21 days of age the birds received the same diet, based on plant C3 photosynthetic cycle and reared at thermoneutral temperature. At 21 days experimental units were mounted with chickens of the same average weight and started consuming diet based on C4 plants. In experiment I were used 720 broiler males commercial Cobb 500® and experiment II were used 720 broiler males from a line of slow growth (Label Rouge). Both experiments were distributed in a randomized factorial design 3 x 3, with factors: room temperature (cyclic heat stress *ad libitum*, 22°C *ad libitum*, and 22°C restricted) and crude protein (18.91; 21 and 22% CP), totaling nine treatments with four replicates of 20 birds each, a total of 36 experimental units. The experimental diets were formulated with nutrient levels suggested by Rostagno (2011). Diets with high protein content (21 and 22%) had other nutritional levels similar on the control diet. The genetically improved animals, Cobb 500, were negatively affected by cyclic stress and improved some parameters of performance by the increase of 22% CP. Only the productive efficiency index showed a significant interaction between the parameters evaluated. The ¹³C incorporation in pectoralis major, sartorius and liver decreased significantly with increasing to 22% CP in all temperature conditions. The slow growing broiler, Label Rouge, were not affected by cyclic stress, and increased protein content of the diet, resulted in no beneficial on performance and ¹³C incorporation rates in pectoralis major, sartorius and liver.

Keywords: turnover, cyclic heat stress, isotopes, protein.

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.

1.1. Estresse por calor e níveis de proteína da dieta.

A temperatura ambiente que os frangos de corte são criados é de vital importância para os índices de desempenho zootécnicos. As aves, por serem animais endotérmicos possuem uma zona de conforto térmico, ou seja, uma zona de máximo desempenho onde a energia metabolizável utilizada para termogênese é mínima e a energia líquida de produção é máxima (FURLAN; MACARI, 2002). Esta zona de conforto térmico não é constante durante a vida dos animais endotérmicos. Para frangos de corte o mesmo padrão ocorre, pois na primeira semana de vida os animais precisam de grande necessidade de calor ambiental, devido à imaturidade do sistema termorregulador e a grande perda de calor dessas aves devido à relação área/volume (FURLAN; MACARI, 2002), contudo na fase de crescimento a situação é inversa, os animais podem apresentar dificuldade em dissipar calor e controlar a temperatura corporal com mínimo gasto energético, principalmente em ambientes com umidade relativa elevada e com altas temperaturas. A temperatura de conforto na fase de crescimento até o abate varia entre 19 e 22°C (LIN et al., 2006). O estresse por calor em frangos de corte nesse período ocasiona efeitos adversos no desempenho dos animais, tais como o aumento da mortalidade, a diminuição do consumo de ração e a piora na qualidade da carne (ZHANG et al., 2012).

Com o objetivo de se reduzir o incremento calórico, calor produzido pela digestão e metabolismo dos nutrientes, o consumo de ração é diminuído podendo chegar a 36% para frangos criados em 32°C em comparação aos criados em 22°C (AIN BAZIZ et al., 1996; GERARERT et al., 1996), mas a redução no desempenho não é promovida somente pela redução do consumo de ração, pois Ain baziz et al. (1996) mostraram que em frangos de corte, de 28 a 49 dias de idade, 53% da piora de ganho de peso foi ocasionado pela redução no consumo e 47% foi proveniente do efeito direto da temperatura. Geraert et al. (1996) mostraram que a diminuição do ganho de peso de aves em estresse térmico se deve em parte ao desvio da energia metabolizável para dissipação de calor por evaporação.

Várias estratégias têm sido propostas para suprir os efeitos negativos causados pelo estresse térmico na avicultura de corte. Uma delas é a redução ou o não aumento do teor de proteína bruta da alimentação das aves, visto que o metabolismo da proteína da dieta é associado ao maior incremento calórico quando comparado com gorduras e carboidratos (GONZALEZ-ESQUERRA; LEESON, 2005). Alguns autores reportaram a redução de desempenho quando utilizaram dietas com altos teores de proteína bruta na fase de crescimento em estresse térmico cíclico ou constante (CHENG et al., 1997 a,b; 1999). Entretanto, o aumento do teor de proteína bruta pode compensar a redução da ingestão de aminoácidos causados pelo estresse térmico em aves e aumentar a taxa de crescimento como demonstrado por outros autores (TEMIN et al., 1999; TEMIN et al., 2000 a,b; GONZALEZ-ESQUERRA; LEESON, 2005; FARIA FILHO, 2006).

O autor, Rosa (2005) estudou o efeito do estresse térmico em diferentes genótipos de aves, melhoradas (AgROSS 308) e não melhoradas geneticamente (EMBRAPA), que vem sendo mantida em reprodução ao acaso desde 1984. Ficou evidenciado que a linhagem melhorada, quando submetida ao estresse por calor, apresentou redução mais intensa no consumo de ração e diminuiu em 10% o rendimento de peito quando comparada com as aves em termoneutra. Este fato não ocorreu nos animais não melhorados, mostrando maior dificuldade da linhagem comercial em lidar com o calor na fase de crescimento. Resultados semelhantes foram encontrados por When e Zhang (2007), onde as aves da raça Beijing You, uma espécie local da China e de crescimento lento, apresentaram resistência maior ao calor quando comparadas com as aves de linhagem de crescimento rápido Arbor Acres. Os frangos de crescimento lento criados a 34°C na fase de crescimento não apresentam diferença mínima significativa para rendimento de peito e ganho de peso quando comparados com as aves de sua raça criadas a 21°C. Por outro lado as aves Arbor Acres apresentaram diminuição no ganho de peso diário de 61,45 (g/dia) na temperatura termoneutra para 22,29 (g/dia) quando as aves foram submetidas ao estresse por calor. Para o rendimento de peito foi verificada redução de 5,9% para as aves em estresse pelo calor.

1.2. Turnover do tecido proteico.

A deposição da proteína corporal dos animais, grande objetivo da produção animal, é o resultado da taxa de síntese e degradação. A natureza dinâmica do metabolismo proteico é conhecido a mais de 60 anos (SCHOENHEIMER et al., 1939). Esses autores demonstraram que a proteína corporal é continuamente degradada e re-sintetizada, e que a taxa de síntese difere entre os tecidos dos animais. Esse processo dinâmico e contínuo de síntese e degradação foi de chamado de turnover proteico (RATHMACHER, 2000). Contudo não somente a proteína corporal possui essa característica, todos os constituintes corporais encontram-se em estado dinâmico, de anabolismo e/ou catabolismo, para as mais diversas funções. É um mecanismo homeostático de extrema importância para adaptação e sobrevivência dos animais. Um exemplo da importância desse processo, é a taxa de degradação de 20 a 25% da proteína muscular de humanos e animais domésticos na fase inicial de vida, período de grande desenvolvimento corporal, sendo que essa taxa de degradação diminui com a idade (RATHMACHER, 2000; MITUO, 2008).

Assim, a deposição da proteína corporal é influenciada pela síntese e degradação proteica, sendo esses mecanismos independentes e influenciados de maneira distinta. Algumas vezes, a importância do processo de degradação proteica é minimizada, contudo, se a taxa de síntese não for alterada e ocorrer diminuição de 10% da degradação, acarretará a 23% de aumento na deposição da proteína corporal dos animais. Enquanto que, 10% de aumento na taxa de síntese ocasionam 11% de aumento na taxa de deposição da proteína (BEQUETE, 2003). Pode-se teorizar o benefício na deposição da proteína corporal, quando ambos os processos, síntese e degradação, são otimizados.

Um grande fator de ineficiência energética do metabolismo é o gasto de energia devido a altas taxas de turnover dos tecidos, Doherty et al. (2009) demonstraram que o pool proteico é dinâmico, e o gasto energético para a continua síntese e degradação das proteínas celulares é considerável. O organismo animal requer 4,5 a 7 mol de ATP por mol de ligação peptídica formada, e 1 a 2 mol de ATP por mol de ligação peptídica degradada. Dentre os aminoácidos provenientes do processo de degradação, 80% são reutilizados pela maioria dos tecidos, sendo o

restante oxidados (BEQUETE, 2003). Dessa forma, estratégias que minimizam a degradação da proteína corporal, parecem ser benéficas em diminuir a perda energética e melhorar a eficiência da proteína da dieta dos animais domésticos.

Os autores Ge et al. (2008), demonstraram o impacto do aumento da produção de calor, termogênese, como um dos principais fatores para diminuir a eficiência da utilização de energia pelos animais. Os autores relataram trabalhos com dietas com teores de proteína abaixo do recomendado, que ocasionaram aumento na produção de calor e redução da eficiência energética em suínos, ratos e humanos. Assim, há indicativo do aumento de termogênese, juntamente com aumento da degradação da proteína corporal, em dietas com teores de proteína abaixo do recomendado.

A temperatura ambiente também altera o turnover da proteína corporal, Aoyagi et. al. (1988) demonstraram que em aves de 15 dias de idade o turnover proteico é diminuído quando a temperatura sobe de 20°C para 30°C. Do mesmo modo, Temin et al. (2000b) demonstraram que animais mantidos em estresse por calor apresenta menor turnover da proteína muscular quando comparado com animais em condições de termoneutralidade. A 32°C a síntese protéica é mais afetada do que a proteólise nos músculos peitoral maior e gastrônêmio levando a menor deposição protéica muscular. A fração do tecido muscular composto por fibras glicolíticas de contração rápida foi mais susceptível aos efeitos do estresse calórico do que as fibras de contração mais lenta (AIN BAZIZ et. al., 1996; TEMIN et. al., 2000b).

Assim sendo, diversos fatores afetam o turnover da proteína corporal dos animais domésticos, tais como: a qualidade das proteínas (WOLFE, 1992), o consumo de ração, a idade do animal (RATHMACHER, 2000 e MITUO, 2008), o nível proteico da dieta, a temperatura ambiente (FARIA FILHO, 2006) e o nível energético da alimentação (COLLETA et al., 2012 e HARRISON et al., 2011). Entender esses fatores e a interação entre eles sobre a síntese a degradação da proteína corporal, é de extrema importância para a produção animal.

1.3. Isótopos estáveis.

Os isótopos estáveis do carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N) ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. O termo isótopo vem do grego *ISO* (mesmo ou igual) e *TOPOS* (lugar), referindo-se ao fato de que ocupam o mesmo lugar na tabela periódica. A expressão *estável* significa que não emitem radiação. Os isótopos são átomos do mesmo elemento químico (mesmo número de prótons), mas que diferem em número de nêutrons, apresentando diferentes massas atômicas (DUCATTI, 2007). Por possuírem sua camada eletrônica igual, ou seja, com o mesmo número de elétrons, pode-se dizer que os isótopos são elementos que apresentam as mesmas propriedades químicas e diferentes propriedades físicas, o que permite que eles sejam utilizados como traçadores naturais em pesquisas (MITUO, 2008). A Tabela 1 apresenta os valores de abundância natural dos isótopos em átomos %. Cada elemento químico apresenta um isótopo estável leve, dominante e um ou dois isótopos pesados em uma menor abundância (DUCATTI, 2007).

Tabela 1- Abundância natural dos isótopos estáveis em átomos %.

Isótopo leve		Isótopo pesado		Padrão Internacional
¹² C	98,892	¹³ C	1,108	V-PDB
¹ H	99,985	² H	0,015	V-SMOW
¹⁶ O	99,759	¹⁷ O	0,0374	V-SMOW e PDB
		¹⁸ O	0,2036	
¹⁴ N	99,6337	¹⁵ N	0,3663	N ₂ atm
³² S	95,02	³⁴ S	4,22	V-CDT

Adaptado de DUCATTI (2007). V-PDB é a abreviação do *Cretaceous carbonate fossil Bellemnitella americana*, da formação Peedee da Carolina do Sul/USA. V-SMOW é a abreviação *Vienna Standard Mean Ocean Water*. V-CDT é a abreviação do mineral troilita do meteorito *Cañon Diablo*.

Os valores de enriquecimento relativo são expressos na terminologia dos isótopos estáveis, delta per mil (‰) da razão isotópica do isótopo pesado / isótopo leve da amostra em relação ao padrão internacional. A terminologia empregada no estudo da variabilidade isotópica dos elementos químicos é resultante da expressão abaixo (DUCATTI, 2007).

$$\delta X_{(\text{amostra, padrão})} = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1] \cdot 10^3$$

Onde $\delta X_{(\text{amostra, padrão})}$ é o enriquecimento da razão isotópica do elemento químico em questão, de uma dada amostra em relação ao seu respectivo padrão internacional, em partes per mil (‰) e R significa a razão isotópica do isótopo pesado em relação ao leve (ex: $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). As mensurações dos valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ são realizadas no espectrômetro de massa de razão isotópicas (IRMS), com erro analítico de 0,2‰ (DUCATTI, 2007).

Os ingredientes alimentares provenientes de plantas do ciclo fotossintético C_3 e plantas do ciclo fotossintético C_4 apresentam valores isotópicos distintos, da ordem de 14‰. Durante a assimilação fotossintética, as plantas do ciclo fotossintético C_3 fixam o CO_2 atmosférico através do ciclo de *Clavin-Benson* e apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -22 e -34‰. As plantas C_4 fixam o CO_2 através do ciclo *Hatch-Slack* e apresentam valores entre -9 a -16‰. O sinal negativo indica que as plantas apresentam menor concentração de ^{13}C que o padrão internacional. Portanto, as plantas C_3 e C_4 possuem assinaturas isotópicas distintas ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), devido ao fracionamento que ocorre durante a fixação fotossintética do carbono (GANNES et al., 1998). Esta diferença natural na razão isotópica que permite formular dietas com padrões isotópicos distintos, podendo ser utilizadas como traçadores naturais, sem a necessidade de sintetizar compostos especificamente marcados associados ao uso de isótopos radioativos que podem causar problemas ambientais ou de saúde.

A análise de isótopos estáveis ambientais pode ser utilizada em estudos fisiológicos e de nutrição animal. O modelo proposto por Ducatti et al., (2002) permite avaliar o enriquecimento relativo ‰ (delta per mil) em função do tempo e suplementação de dietas com valores isotópicos diferentes, formuladas com grãos de plantas dos ciclos fotossintéticos C_3 e C_4 .

$$\delta^{13}\text{C}_{(t)} = \delta^{13}\text{C}_{(f)} + [\delta^{13}\text{C}_{(i)} - \delta^{13}\text{C}_{(f)}] e^{-kt}$$

A simbologia adimensional significa:

$\delta^{13}\text{C}_{(t)}$ = enriquecimento isotópico do carbono no tempo desejado;

$\delta^{13}\text{C}_{(i)}$ = enriquecimento isotópico inicial no tecido;

$\delta^{13}\text{C}_{(f)}$ = enriquecimento isotópico do carbono no final;

k = é a constante de troca de carbono;

t = unidade de tempo.

Segundo Ducatti (2007), o modelo é adequado para determinar o tempo de substituição total ou parcial (meia vida, $T = \ln 2/k$) de carbono nos tecidos em estudo. O período em que a concentração isotópica tecidual refletirá a assinatura isotópica de uma dieta em particular dependerá, em parte, da taxa de *turnover* no tecido, pois depende das taxas de aquisição, anabolismo e catabolismo de cada componente tecidual. A Figura 1 ilustra estes conceitos.

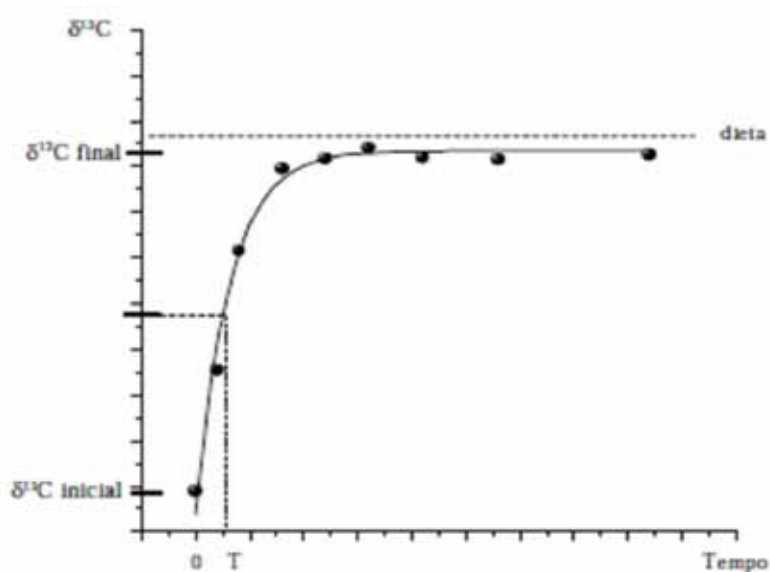


Figura 1. Enriquecimento isotópico inicial e final de um período experimental, e o tempo de substituição parcial, meia vida (T). Adaptado de DUCATTI (2007).

Mituo (2008) trabalhando com frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em temperatura termoneutra, em que aos 35 dias de vida substituíam-se a dieta com base em plantas do ciclo fotossintético C_3 , arroz, por uma dieta com plantas do ciclo fotossintético C_4 , milho, até os 49 dias de vida, observou-se uma meia vida (T) para músculo peitoral, quilha, tíbia e fígado respectivamente 5,5; 4,1; 5,2; 1,7 dias. O menor valor de meia vida encontrado no fígado indica maior taxa metabólica, sugerindo rápida incorporação do carbono 13 em comparação aos demais tecidos.

No presente trabalho, os valores de meia-vida (T), demonstram a taxa de incorporação do carbono 13 nos tecidos avaliados. Assim, assumiremos que a essa taxa de incorporação do elemento carbono, refletirá o turnover proteico do tecido

avaliado, uma vez que os aminoácidos são formados por um esqueleto de carbono, além do grupamento amino (DUCATTI, 2007).

1.4. Objetivo.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar se o desempenho e a incorporação de ^{13}C nos tecidos muscular e hepático, de aves de grupos genéticos distintos, respondem de maneira semelhante ao aumento do teor de proteína bruta da ração e a diferentes temperaturas ambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS.

2.1. Local.

Os experimentos foram conduzidos na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, Jaboticabal – SP. No departamento de Zootecnia, nas Câmaras Climatizadas do aviário experimental. Foram utilizadas três câmaras climatizadas, cada uma com 6,0 m largura x 8,0 m comprimento, com piso de concreto, paredes laterais e superiores de material termo-isolante e com quatro exaustores para renovação do ar. As câmaras eram equipadas com refrigeradores e postes com lâmpadas infravermelhas, sendo o sistema de refrigeração e aquecimento controlado por termostatos. O fotoperíodo utilizado em todo o período experimental foi 24 horas de luz, com umidade relativa média de $51,41 \pm 0,72\%$.

2.2. Aves e delineamento experimental.

O experimento I foi conduzido no período de 21 a 45 dias de idade das aves e o experimento II foi conduzido de 21 a 55 dias de idade. Em ambos os experimentos, até aos 21 dias de idade, as aves receberam mesma dieta com base em plantas do ciclo fotossintético C_3 e foram criadas em temperatura recomendada pelo manual da linhagem Cobb 500. Aos 21 dias o lote foi pesado e foram compostas as unidades experimentais com frangos de mesmo peso médio, e passaram a consumir dieta com base em plantas do ciclo fotossintético C_4 .

No experimento I foram utilizados 720 frangos de corte, machos, da linhagem comercial Cobb 500[®]. E no experimento II foram utilizados 720 frangos de corte, machos, da raça Label Rouge (pescoço pelado). Ambos os experimentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3×3 , sendo os fatores: temperatura ambiente (estresse cíclico calor *ad libitum*, 22°C *ad libitum*, e 22°C restrito) e níveis de proteína bruta (18,91; 21 e 22% PB), totalizando nove tratamentos com quatro repetições de 20 aves cada, perfazendo 36 unidades experimentais em cada experimento.

No estresse cíclico diário de calor os animais foram criados em um esquema oscilante de temperatura, por 16 horas a temperatura ambiente foi de 22°C e 8 horas

com uma temperatura de 32°C, buscando simular as condições de campo da produção de aves.

As aves do tratamento 22°C restrito, receberam diariamente a mesma quantidade de ração consumida pelas aves do tratamento de estresse cíclico de calor *ad libitum* do dia anterior. Esse esquema de temperatura permitiu isolar o efeito do estresse cíclico de calor do efeito da redução do consumo de ração causado pelo estresse de calor.

A dieta controle dos dois experimentos foi formulada com os níveis nutricionais sugeridos por Rostagno *et al.* (2011). As dietas com alto teor proteico (21 e 22%) apresentaram os níveis nutricionais e de energia metabolizável semelhantes aos da dieta controle (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Composição percentual, níveis nutricionais calculados e valores do enriquecimento isotópico das dietas experimentais para as aves da Linhagem Cobb.

Ingredientes (%)	Inicial (1-21 dias)	Crescimento (22-45 dias)		
		Controle 18,91% PB	21% PB	22% PB
Milho	-	62,36	54,59	51,41
Arroz, quirera	55,66	-	-	-
Farelo de Soja, 45%	36,15	28,29	35,75	38,97
Óleo de Soja	3,98	4,54	5,84	6,32
Calcário	0,84	0,83	0,83	0,83
Fosfato bicálcico	1,80	1,22	1,16	1,13
Sal comum	0,49	0,45	0,45	0,45
¹ Suplemento vitamínico mineral	0,50	-	-	-
² Suplemento vitamínico mineral	-	0,50	0,50	0,50
L-Lisina HCL	0,24	0,30	0,08	0,00
DL-Metionina	0,18	0,16	0,10	0,07
L-Treonina	0,14	0,10	-	-
L-Arginina	-	0,40	0,19	0,12
Butil hidroxi tolueno (antioxidante)	0,01	0,01	0,01	0,01
Caulim (inerte)	0,01	0,84	0,50	0,20
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	- 28,58	- 19,22	- 19,57	- 22,61
Níveis Nutricionais Calculados				
Energia Metabolizável, kcal/kg	3020	3185	3185	3185
Proteína Bruta %	21,60	18,91	21,00	22,00
Cálcio %	0,87	0,70	0,70	0,70
Fósforo disponível %	0,42	0,33	0,33	0,33
Sódio %	0,21	0,20	0,20	0,20
Lisina digestível%	1,25	1,08	1,08	1,10
Metionina digestível%	0,64	0,54	0,51	0,49
Metionina+Cistina digestível%	0,90	0,79	0,79	0,79
Treonina digestível %	0,81	0,70	0,71	0,75
Triptofano digestível %	0,26	0,20	0,23	0,25
Arginina digestível %	1,44	1,50	1,51	1,53
Arginina:Lisina	1,15	1,39	1,39	1,39
Metionina:Lisina	0,51	0,50	0,47	0,45

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: ácido nicotínico 6930mg; biotina 32mg; manganês 15252mg; colina 120mg; pantotenato de cálcio 1900mg; vitamina A 1400000U.I.; vitamina B1 356mg; vitamina B12 2000mcg; vitamina B2 1920mg; vitamina B6 693mg; vitamina D3 600000U.I.; vitamina E 5000mg; vitamina K 196mg; cobre 25000mg; iodo 260mg; selênio 54,6mg; zinco 18250mg; antioxidante 100mg; coccidiostático 25000mg; DL-metionina (mínimo) 340g; promotor de crescimento e eficiência alimentar 10000mg.

² Níveis de garantia por quilograma do produto: ácido nicotínico 6930mg; biotina 32mg; colina 120mg; manganês 15252mg; pantotenato de cálcio 1900mg; vitamina A 1400000U.I.; vitamina B1 356mg; vitamina B12 2000mcg; vitamina B2 1920mg; vitamina B6 693mg; vitamina D3 600000U.I.; vitamina E 5000mg; vitamina K 196,5mg; selênio 54,6mg; cobre 25000mg; iodo 260mg; zinco 18250mg; antioxidante 100mg; coccidiostático 22000mg; DL-metionina (mínimo) 270g; promotor de crescimento e eficiência alimentar 10000mg.

Tabela 3 – Composição percentual, níveis nutricionais calculados e valores do enriquecimento isotópico das dietas experimentais para as aves Label Rouge.

INGREDIENTES (%)	INICIAL (1-21 dias)	CRESCIMENTO (22-55 dias)		
		CONTROLE 18,91% PB	21% PB	22% PB
Milho	-	62,20	53,73	51,17
Arroz, quirera	55,85	-	-	-
Farelo de Soja, 45%	36,11	28,32	35,91	39,01
Óleo de Soja	3,92	4,59	6,14	6,40
Calcário	0,84	0,83	0,83	0,83
Fosfato bicálcico	1,80	1,22	1,16	1,13
Sal comum	0,49	0,45	0,45	0,45
¹ Suplemento vitamínico mineral	0,10	0,10	0,10	0,10
Bacitracina de zinco	0,02	-	-	-
Monensina sódica	-	0,03	0,03	0,03
Avilamicina	-	0,01	0,01	0,01
Nicarbazina	0,06	-	-	-
Cloreto de colina	0,07	0,05	0,05	0,05
L-Lisina HCL	0,24	0,30	0,07	0,00
DL-Metionina	0,35	0,30	0,23	0,21
L-Treonina	0,14	0,10	0,00	0,00
L-Arginina	0,00	0,40	0,19	0,12
Butil hidroxi tolueno (antioxidante)	0,01	0,01	0,01	0,01
Caulim (inerte)	-	1,09	1,09	0,48
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	- 28,45	- 18,54	-21,10	- 19,89
Níveis nutricionais calculados				
Energia Metabolizável, kcal/kg	3020	3185	3185	3185
Proteína Bruta %	21,60	18,91	21,00	22,00
Cálcio %	0,87	0,70	0,70	0,70
Fósforo disponível %	0,42	0,33	0,33	0,33
Sódio %	0,21	0,20	0,20	0,20
Lisina digestível %	1,25	1,08	1,08	1,10
Metionina digestível %	0,64	0,54	0,51	0,49
Metionina+Cistina digestível %	0,90	0,79	0,79	0,79
Treonina digestível %	0,81	0,70	0,71	0,75
Triptofano digestível %	0,26	0,20	0,24	0,25
Arginina digestível %	1,44	1,50	1,51	1,53
Arginina:Lisina	1,15	1,39	1,39	1,39
Metionina:Lisina	0,51	0,50	0,47	0,45

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: ácido nicotínico 6930mg; biotina 32mg; manganês 15252mg; pantotenato de cálcio 1900mg; vitamina A 1400000U.I.; vitamina B1 356mg; vitamina B12 2000mcg; vitamina B2 1920mg; vitamina B6 693mg; vitamina D3 600000U.I.; vitamina E 5000mg; vitamina K 196mg; cobre 25000mg; iodo 260mg; selênio 54,6mg; zinco 18250mg; antioxidante 100mg; DL-metionina (mínimo) 340g.

2.3. Desempenho.

Foram obtidos os seguintes índices de desempenho para o período de 21 a 45 dias de idade (experimento I) e 21 a 55 dias de idade (experimento II) o consumo de ração (CR), peso médio (PM), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar ($CA=CR/GP$), conversão proteica ($CAP = GP/PB$ ingerida), viabilidade criatória ($VC=100$ -taxa de mortalidade) e o índice de eficiência produtiva ($IEP=(GPD \times VC)/(CA \times 10)$). O consumo de ração e a conversão alimentar considerou a data da mortalidade para calcular o número de aves corrigido (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

2.4. Características de carcaça.

Aos 45 dias (experimento I) e aos 55 dias (experimento II) foram selecionadas quatro aves por tratamento com peso corporal médio semelhante ao da unidade experimental. Após 6 horas de jejum, as aves foram pesadas, insensibilizadas em câmara de CO₂, realizada a sangria, escaldadas a 65°C, depenadas e evisceradas. O rendimento de carcaça (RC) corresponde ao peso da carcaça sem a cabeça, o pescoço e os pés, em relação ao peso vivo da ave. Os cortes comerciais foram realizados na carcaça e pesados o peito, a coxa+sobrecoxa, as asas e o dorso. O rendimento dos cortes foi expresso em relação ao peso da carcaça.

2.5. Incorporações do ¹³C nos tecidos muscular e hepático.

Quatro aves por tratamento nos dias 20, 21, 22, 23, 26, 30, 34, 40 e 45 para o experimento I e quatro aves nos dias 20, 21, 22, 23, 26, 30, 34, 40, 45, 50 e 55 para o experimento II foram insensibilizadas em câmara de CO₂, sacrificadas por sangria e colhidas amostras do músculo peitoral maior, sartório e fígado. As amostras foram imediatamente acondicionadas em tubos Falcon, identificadas e congeladas a - 20°C até a preparação das análises isotópicas. Os músculos peitoral e sartório foram escolhidos por apresentarem porcentagem do tipo de fibras musculares distintos, sendo o sartório composto por fibras de contração rápida, moderada e lenta e o peitoral maior somente por fibras de contração rápida. Além dos dois grupos musculares, o fígado foi escolhido devido à contribuição com o metabolismo proteico, sendo suas principais funções: desaminação, formação de uréia, formação

das proteínas plasmáticas, interconversões entre os diversos aminoácidos e síntese de outros compostos (GUYTON; HALL, 2006).

Para realização das análises isotópicas, o procedimento realizado foi o proposto por Mituo (2008). As amostras foram descongeladas e secas em estufa circulação forçada (MARCONI – modelo MA 0351) a 56°C pelo período de 48 horas. Todos os tecidos e dietas experimentais foram moídos criogenicamente (moinho criogênico modelo Spex – 6750 freezer/mill), à - 196°C. As amostras apresentaram granulometria menor do que 60µm.

As análises isotópicas foram realizadas no Centro de Isótopos Estáveis Ambientais do Instituto de Biociências (CIEA/IBB) da UNESP, Campus de Botucatu. A determinação da composição isotópica das amostras foi realizada em um espectrômetro de massa DELTA-V (Finnigan Mat) acoplado a um analisador Elementar (EA 1108 CHN). Os resultados foram expressos em notação de $\delta^{13}\text{C}$, no qual o padrão adotado foi o *Peedee Belemnite* (PDB), com erro na análise na ordem de 0,2‰, de acordo com a equação abaixo.

$$\delta^{13}\text{C}_{(\text{amostra, padrão})} = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1] \cdot 10^3$$

Onde:

$\delta^{13}\text{C}$ = enriquecimento da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da amostra em relação ao padrão PDB, em partes per mil (‰), adimensional.

R = razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) da amostra e do padrão, adimensional.

Para mensuração do turnover isotópico do carbono nos tecidos foi utilizado o modelo proposto por Ducatti et al (2002).

$$\delta^{13}\text{C}_{(t)} = \delta^{13}\text{C}_{(f)} + [\delta^{13}\text{C}_{(i)} - \delta^{13}\text{C}_{(f)}] e^{-kt}$$

Onde:

$\delta^{13}\text{C}_{(t)}$ = enriquecimento isotópico do carbono no tempo desejado;

$\delta^{13}\text{C}_{(i)}$ = enriquecimento isotópico inicial no tecido;

$\delta^{13}\text{C}_{(f)}$ = enriquecimento isotópico do carbono no final;

k = é a constante de troca de carbono (dias⁻¹);

t = unidade de tempo.

A meia vida do ^{13}C para os tecidos em $t = T$, foi calculada pela equação.

$$T = \ln 2/k$$

Onde:

T = meia-vida, em tempo (dias);

ln = logaritmo niperiano;

k = constante da taxa do turnover do tecido (dias⁻¹).

E o tempo de troca t (dias) de 95% dos átomos de carbono para os tecidos avaliados, foi calculado pela equação.

$$t = -1/k \cdot \ln(1 - F)$$

Onde:

t = % átomos trocados.

k = constante da taxa do turnover do tecido (dias⁻¹).

F = fração de 95% de átomos trocados.

2.6. Fibras musculares.

Nos dias 21, 35 e 45 no experimento I e nos dias 21, 35 e 55 de vida no experimento II, quatro aves por tratamento foram retiradas ao acaso, insensibilizadas em uma câmara de gás saturada com CO₂ e sacrificadas por sangria. Os músculos peitoral maior e sartório foram dissecados imediatamente após o sacrifício e pesados. Uma amostra dos músculos foi imediatamente congelada durante dois minutos em N-hexana, previamente resfriada a -70°C em nitrogênio líquido (CHAYEN et. al., 1969). Os fragmentos foram identificados e armazenados em botijão de nitrogênio líquido. Em micrótomo-criostato a -20°C foram obtidas quatro séries de cortes histológicos com 12 µm de espessura para cada amostra.

Os cortes foram submetidos à técnica de Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR), para identificação das fibras musculares oxidativas, glicolíticas e oxidativas-glicolíticas, metodologia proposta por Dubowitz e Brooke (1984). Cortes congelados foram incubados durante 5 min à temperatura ambiente e depois durante 40 min a 39° C numa solução recém preparada de 0,08% NADH (forma reduzida) e 0,1% de nitroazul de tetrazólio em 0,2 M de Tris-HCl, pH 7,4. As secções foram lavadas em água destilada, fixadas durante 5 min à temperatura ambiente em 5% de formaldeído em solução tampão de fosfato 0,1 M, pH 7,4,

lavado com água destilada, desidratadas em álcool etílico, diafanizadas em xilol e incluídas em Entellan. Fibras oxidativas mostraram a coloração mais escura para a nicotinamida adenina dinucleotídeo tetrazólio redutase, enquanto que as fibras oxidativa-glicolíticas e glicolítica mostraram coloração moderada e fraca, respectivamente. Foi mensurado a área (μm^2) de 30 fibras oxidativas, 30 glicolíticas e 30 oxidativas-glicolíticas de cada corte histológico, utilizando-se um microscópio de luz comum acoplado a analisador de imagens (Videoplan – OPTIMAS – USA) e a um computador.

2.7. Análise estatística.

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o procedimento *General Linear Model* (GLM) do programa SAS® (SAS Institute, 2002) e em caso de diferença estatística significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS.

3.1. Desempenho.

3.1.1. Experimento 1.

Não houve interação entre os fatores estudados (temperatura e nível proteico da dieta). O consumo de ração e a conversão alimentar foram afetados pelos níveis de proteína bruta da dieta, onde as aves do tratamento com 22%PB apresentaram menor consumo de ração e melhor conversão alimentar do que os animais dos demais tratamentos. Os animais criados a 22°C ad libitum apresentaram maior consumo de ração que os animais criados em 22°C restrito e estresse cíclico. Os animais criados em estresse cíclico apresentaram menor conversão alimentar que os animais criados em 22° ad libitum e 22° restrito (Tabela 4).

Para o peso médio e o ganho de peso diário, o fator, nível proteico da ração, não apresentou efeito significativo entre os tratamentos. No entanto, para as os tratamentos 22°C ad libitum e 22°C restrito e estresse cíclico de calor ocorreu efeito significativo, onde as aves criadas em ambiente 22°C ad libitum apresentaram resultados superiores aos demais.

Tabela – 4. Consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), peso médio (PM) e ganho de peso diário (GPD) das aves da linhagem Cobb no período de 21 a 45 dias de idade, valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	CR (kg)	CA	PM (kg)	GPD (g)
18,91	3,86 A	1,57 A	3,38	102,69
21,00	3,84 A	1,56 A	3,38	102,76
22,00	3,74 B	1,52 B	3,39	102,89
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	3,62 C	1,49 B	3,35 B	101,38 B
22°C Restrito	3,86 B	1,59 A	3,34 B	100,92 B
22°C ad libitum	3,96 A	1,56 A	3,46 A	106,03 A
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,0001	0,0092	0,9946	0,9929
TEMPERATURA	0,0128	0,0001	0,0150	0,0114
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,1438	0,3211	0,2824	0,3269
CV	2,52	2,54	2,96	4,13

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

O consumo de proteína foi afetado pelos fatores avaliados. Para a %PB da ração o menor consumo foi verificado no tratamento controle, os demais tratamentos não diferiram entre si. Para o fator temperatura, o tratamento 22°C ad libitum apresentou o maior consumo de proteína, seguido do 22°C restrito e estresse cíclico (Tabela 5).

A variável conversão alimentar proteica foi afetada pela %PB da ração e temperaturas experimentais. Dentro do fator %PB, o tratamento com 22%PB obteve a melhor conversão; os demais tratamentos não diferiram entre si. Para o fator temperatura foi verificada melhor conversão para o estresse cíclico seguido do 22°C ad libitum e 22°C restrito (Tabela 5).

Para a viabilidade criatória não houve efeito significativo entre os fatores estudados. No entanto, para o índice de eficiência produtiva, ocorreu interação significativa entre os fatores avaliados e seu desdobramento encontra-se na Tabela 6. A inclusão de 22%PB melhorou o IEP quando comprado ao tratamento 18,91%PB, na condição de estresse cíclico de calor. A inclusão de 21% de PB não diferiu dos demais, nessas condições experimentais (Tabelas 5 e 6).

Tabela – 5. Consumo de proteína bruta (CPB), conversão alimentar proteica (CAPB), viabilidade criatória (VC) e o índice de eficiência produtiva (IEP) da linhagem Cobb no período de 21 a 45 dias de idade, valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	CPB (kg)	CAPB	VC	IEP
18,91	0,73 B	0,33 A	95,00	611,46
21,00	0,81 A	0,32 A	95,41	630,86
22,00	0,82 A	0,29 B	98,33	668,57
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	0,75 C	0,30 C	95,42	639,32
22°C Restrito	0,79 B	0,33 A	96,67	612,94
22°C <i>ad libitum</i>	0,82 A	0,32 B	96,67	658,64
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,0001	0,0001	0,1153	0,0105
TEMPERATURA	0,0001	0,0001	0,6943	0,0436
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,2666	0,2713	0,4011	0,0120
CV	2,51	2,56	4,27	6,60

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

Tabela – 6. Temperatura e esquema de alimentação com os diferentes níveis de proteína bruta da ração para o índice de eficiência produtiva da linhagem Cobb no período de 21 a 45 dias de idade, valores expressos em médias.

TEMPERATURA	RAÇÃO (%PB)		
	18,91%PB	21%PB	22%PB
Estresse Cíclico Calor	570,84 Ab	636,23 Aab	710,89 Aa
22°C Restrito	585,30 Aa	603,35 Aa	650,17 Aa
22°C <i>ad libitum</i>	678,24 Aa	653,02 Aa	644,67 Aa

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Para o peso médio de abate, ocorreu um efeito significativo para temperatura e esquema de alimentação, onde as aves criadas em 22°C *ad libitum* apresentaram um melhor resultado (Tabela 7).

Com relação ao rendimento de carcaça, as aves criadas em estresse cíclico de calor diferiram significativamente dos animais criados em 22°C *ad libitum*, estes apresentaram melhor rendimento de carcaça. As aves criadas em 22°C restrito não diferiram significativamente dos demais tratamentos (Tabela 7)

Rendimento de peito, dorso e asa, não diferem entre os tratamentos. Para coxa-sobrecoxa o estresse cíclico apresentou média superior ao 22°C restrito, a média do tratamento 22°C *ad libitum* não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela – 7. Peso médio de abate, rendimento de carcaça e cortes comerciais da linhagem Cobb no período de 21 a 45 dias de idade, submetidos aos diferentes tratamentos experimentais. Valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	Peso Médio Abate (kg)	Rendimento Carcaça (%)	Peito (%)	Coxa Sobrecoxa (%)	Dorso (%)	Asa (%)
18,91	3,46	72,84	39,78	28,14	22,14	3,19
21,00	3,40	72,41	39,15	28,68	22,09	3,22
22,00	3,44	71,97	38,95	28,92	21,77	3,25
TEMPERATURA						
Estresse Cíclico Calor	3,38 B	71,52 B	38,91	29,31 A	21,69	3,23
22°C Restrito	3,41 B	72,18 AB	39,58	22,96 B	22,25	3,24
22°C <i>ad libitum</i>	3,51 A	73,51 A	39,40	28,46 AB	22,06	3,20
Valor de P						
RAÇÃO (%PB)	0,3759	0,3852	0,4662	0,0882	0,8121	0,2650
TEMPERATURA	0,0081	0,0123	0,6113	0,0052	0,6436	0,4552
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,3754	0,1687	0,8296	0,9072	0,5356	0,5868
CV	2,75	1,06	2,12	1,47	3,29	2,35

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

3.1.2. Experimento 2.

Para o consumo de ração, ocorreu interação significativa entre os fatores estudados e seu desdobramento encontra-se na Tabela 9. As aves alimentadas com 18,91%PB apresentaram maior consumo de ração nas condições de 22°C *ad libitum*. Já para os demais níveis de proteína, os esquemas de temperatura influenciaram o consumo de ração ($P>0,05$). Para o tratamento 22°C *ad libitum*, os animais alimentados com 21%PB apresentaram um menor consumo de ração quando comparado ao 18,91%PB e com 22%PB (Tabela 8).

Os fatores (temperatura e níveis de proteína) apresentaram efeito significativo sobre a conversão alimentar. Os animais do tratamento 21%PB apresentaram melhor conversão alimentar, seguidos pelos tratamentos 18,91%PB e 22% PB. Para o fator temperatura, a melhor conversão alimentar foi para o tratamento estresse cíclico, os demais tratamentos 22° restrito e 22°C *ad libitum* não diferiram significativamente (Tabela 8).

As variáveis, peso médio e o ganho de peso diário, foram afetadas pelos níveis de proteína e temperaturas utilizados. Os tratamentos 22% PB e 21% PB

foram diferentes ($P < 0,05$), contudo, o tratamento 18,91%PB teve média semelhante ao 22%PB. Para o fator temperatura, o estresse cíclico determinou maior peso médio que o 22°C restrito; contudo o 22°C *ad libitum* não diferiu dos demais tratamentos ($P > 0,05$). O ganho de peso diário do tratamento 22°C restrito foi menor ($P < 0,05$) quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 8).

Tabela – 8. Consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), peso médio (PM) e ganho de peso diário (GPD) das aves da raça Label Rouge no período de 21 a 55 dias de idade, sob diferentes regimes alimentar e temperatura. Valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	CR (kg)	CA	PM (kg)	GPD (kg)
18,91	4,09	2,09 B	2,47 AB	57,58 AB
21,00	4,00	2,02 C	2,49 A	58,17 A
22,00	4,08	2,15 A	2,42 B	55,83 B
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	4,00	2,02 B	2,49 A	58,33 A
22°C Restrito	4,03	2,13 A	2,41 B	55,51 B
22°C <i>ad libitum</i>	4,15	2,12 A	2,47 AB	57,73 A
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,0460	0,0001	0,0233	0,0106
TEMPERATURA	0,0011	0,0001	0,0076	0,0018
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,0365	0,3031	0,6360	0,5982
CV	2,33	2,77	2,58	3,17

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

Tabela – 9. Temperatura e esquema de alimentação com os diferentes níveis de proteína bruta da ração para o consumo de ração das aves Label Rouge no período de 21 a 55 dias de idade.

TEMPERATURA	RAÇÃO (%PB)		
	18,91%PB	21%PB	22%PB
Estresse Cíclico Calor	3,98 aB	3,99 aA	4,04 aA
22°C Restrito	4,01 aB	3,99 aA	4,07 aA
22°C <i>ad libitum</i>	4,29 aA	4,02 bA	4,15 aA

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

O consumo de proteína foi afetado pelos fatores estudados (níveis de proteína e temperatura). O aumento do teor proteico da dieta determinou aumento gradativo no consumo de proteína. Já para o fator temperatura, o tratamento 22°C *ad libitum* foi o que teve maior consumo de ração (Tabela 10).

A conversão alimentar proteica foi pior com o aumento da proteína da ração ($P<0,05$). No entanto, para as temperaturas estudadas, o estresse cíclico foi o que apresentou a melhor conversão. Os tratamentos 22°C restrito e 22°C *ad libitum* não diferiram entre si (Tabela 10).

A viabilidade criatória não foi afetada pelos fatores estudados. Contudo, o índice de eficiência produtiva foi afetado pela %PB da ração e as temperaturas avaliadas (Tabela 10). O pior índice foi verificado no tratamento com 22% PB e os demais não apresentaram médias com diferenças significativas ($P>0,05$). O estresse cíclico foi o que ocasionou o melhor resultado para o índice de eficiência produtiva e os tratamentos com 22°C restrito e 22°C *ad libitum* não diferiram entre si ($P>0,05$).

Tabela – 10. Consumo de proteína bruta (CPB), conversão alimentar proteica (CAPB), viabilidade criatória (VC) e o índice de eficiência produtiva (IEP) das aves Label Rouge no período de 21 a 55 dias de idade, criadas sob diferentes regimes de alimentares e temperatura, valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	CPB (kg)	CAPB	VC*	IEP
18,91	0,77 C	0,39 C	99,98	275,60 A
21,00	0,84 B	0,42 B	99,96	287,73 A
22,00	0,90 A	0,47 A	100	259,42 B
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	0,82 B	0,42 B	99,95	289,25 A
22°C Restrito	0,83 B	0,44 A	100	260,41 B
22°C <i>Ad libitum</i>	0,86 A	0,44 A	100	273,08 B
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,0001	0,0001	0,1215	0,0040
TEMPERATURA	0,0022	0,0001	0,1215	0,0030
RAÇÃO*TEMPERATURA	0,0867	0,3789	0,1215	0,6481
CV	2,40	2,81	0,05	5,51

* Teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Somente a temperatura apresentou efeito significativo sobre o peso médio de abate e o rendimento de peito ($P<0,05$). O tratamento estresse cíclico determinou um peso médio de abate superior ao 22°C *ad libitum*, já o tratamento 22°C Restrito não diferiu dos demais ($P>0,05$). Para o rendimento de peito, o tratamento estresse cíclico foi superior ao 22°C restrito ($P>0,05$), e o tratamento 22°C *ad libitum* não diferiu dos demais. Dados apresentados na Tabela 11.

Tabela – 11. Rendimento de carcaças e cortes para as aves da raça Label Rouge com 55 dias de idade, criadas em diferentes regimes alimentares e temperatura. Valores expressos em médias.

RAÇÃO %PB	Peso Médio Abate (kg)	Rendimento Carcaça (%)	Peito (%)	Coxa Sobrecoxa (%)	Dorso (%)	Asa (%)
18,91	2,43	71,49	31,29	31,00	25,38	11,86
21	2,42	71,92	30,81	31,11	25,55	11,91
22	2,38	71,25	31,69	31,17	24,17	12,41
TEMPERATURA						
Estresse Cíclico Calor	2,44 A	71,34	32,16 A	31,07	24,20	12,15
22°C Restrito	2,43AB	72,45	30,28 B	30,92	26,21	12,09
22°C <i>ad libitum</i>	2,38 B	70,99	31,27 AB	31,25	24,81	11,94
Valor de P						
RAÇÃO %PB	0,1335	0,6468	0,5863	0,8208	0,1959	0,0990
TEMPERATURA	0,0448	0,1638	0,0234	0,8609	0,0665	0,7488
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,3536	0,4581	0,2764	0,0661	0,7983	0,1841
CV	2,76	2,45	5,04	4,07	7,54	6,06

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

3.2. Incorporações do ^{13}C .

3.2.1 Experimento 1.

A mudança nos valores do $\delta^{13}\text{C}$, as equações e os coeficientes de determinação do fígado, peitoral maior e sartório para os tratamentos experimentais ao longo do tempo estão nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

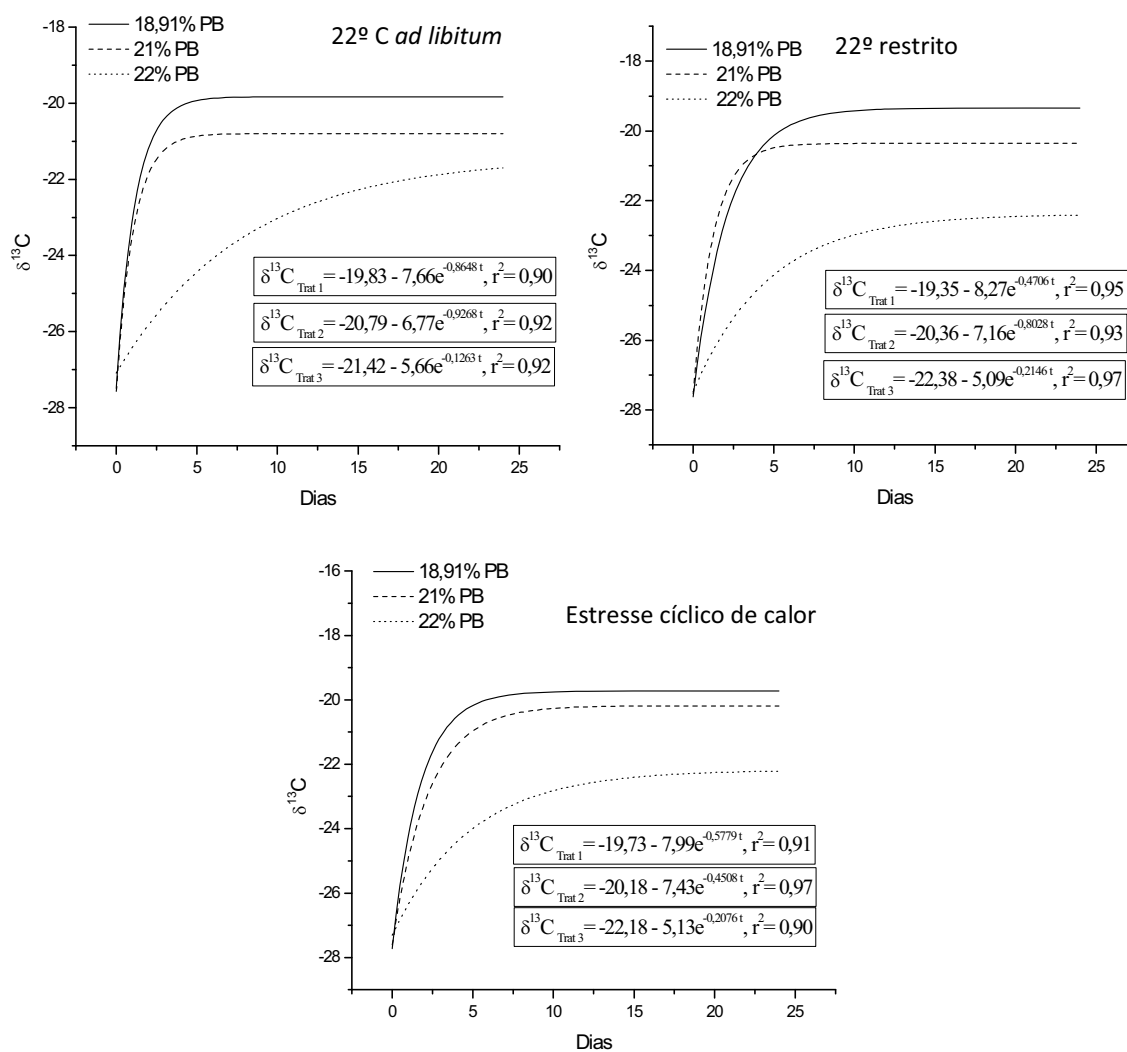


Figura 1. Curvas de diluição isotópica de carbono no fígado para os diferentes tratamentos experimentais entre de 21 a 45 dias de idade, para as aves da linhagem Cobb.

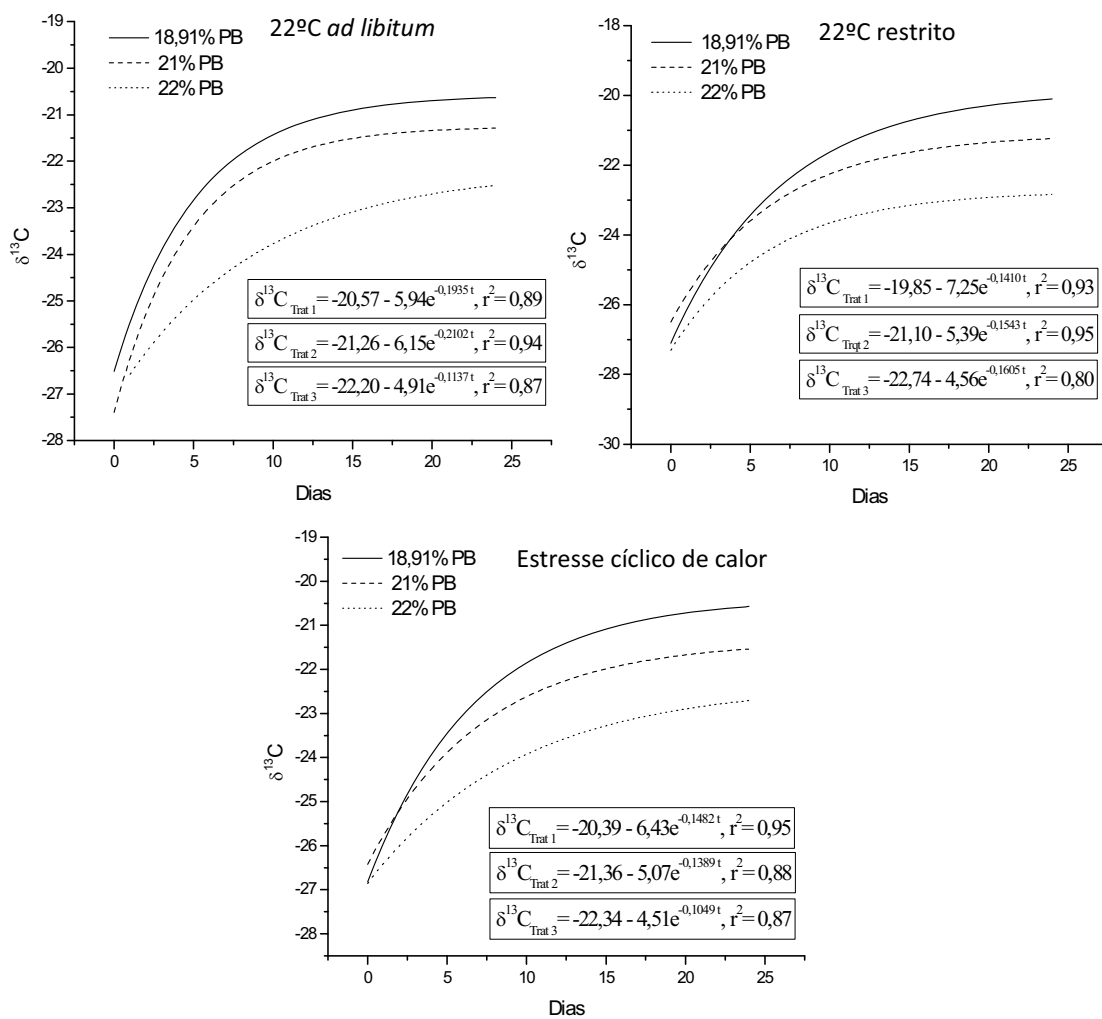


Figura 2. Curvas de diluição isotópica de carbono no músculo peitoral maior para os diferentes tratamentos experimentais entre 21 a 45 dias de idade, das aves da linhagem Cobb.

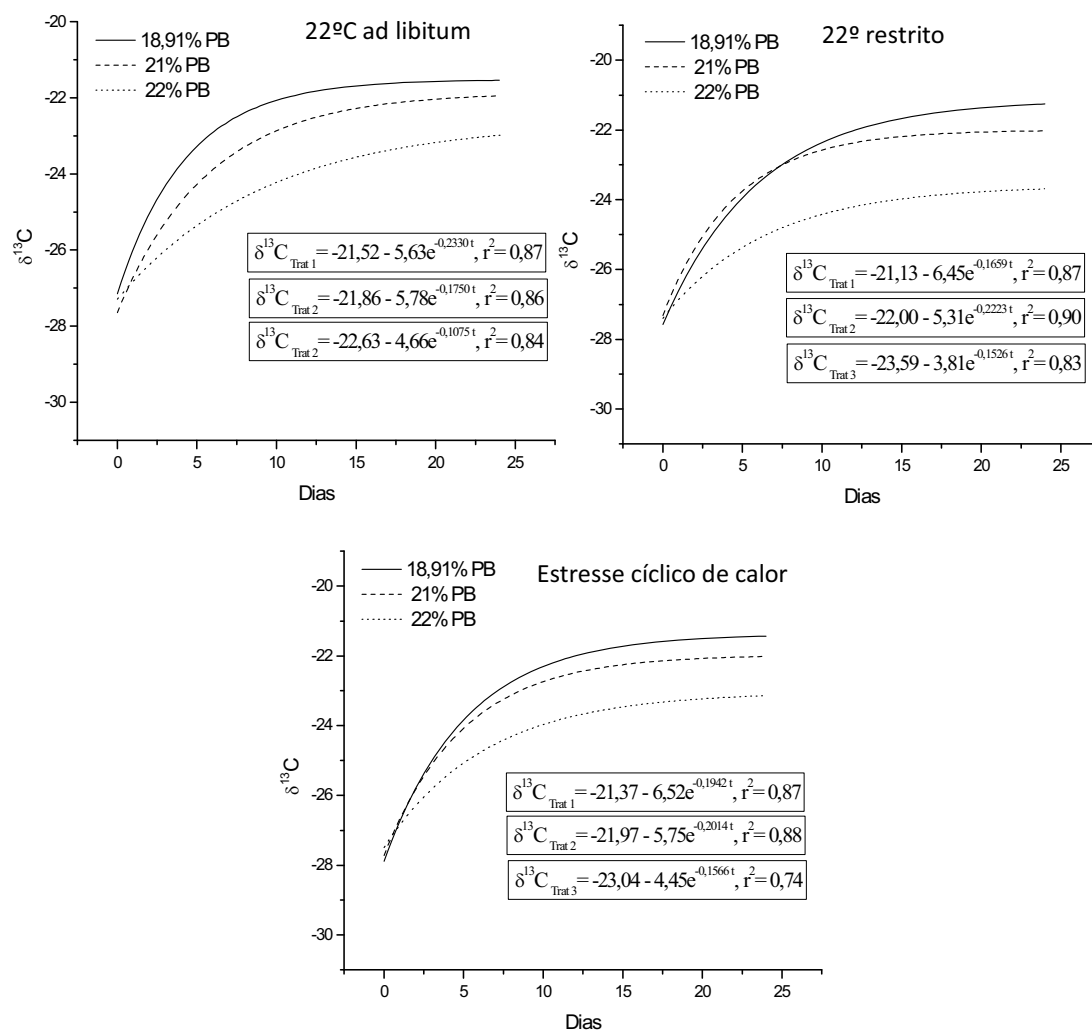


Figura 3. Curvas de diluição isotópica de carbono no músculo sartório para os diferentes tratamentos experimentais entre 21 a 45 dias de idade, das aves da linhagem Cobb.

Na Tabela 12 estão os valores de meias-vidas (dias) a partir do dia de substituição das dietas, e na Tabela 13 estão os valores calculados de tempo de troca de 95% dos átomos de carbono (dias) para os diferentes tecidos avaliados durante o período experimental.

Tabela – 12. Valores de meias-vidas (dias) no tecido hepático, peitoral maior e sartório entre 21 a 45 dias de idade das aves da linhagem Cobb.

Tecidos		Temperatura Ambiente e Esquema de Alimentação	PB (%)		
			18,91	21	22
Fígado		22° <i>ad libitum</i>	0,8	0,7	5,5
		22°C restrito	1,5	0,9	3,2
		Estresse cíclico de calor	1,2	1,5	3,3
Músculo	Peitoral	22° <i>ad libitum</i>	3,6	3,3	6,1
		22°C restrito	4,9	4,5	4,3
	Sartório	Estresse cíclico de calor	4,7	5	6,6
		22° <i>ad libitum</i>	3,0	4	6,4
		22°C restrito	4,2	3,1	4,5
		Estresse cíclico de calor	3,6	3,4	4,4

Tabela – 13. Tempo de troca de 95% dos átomos de carbono (dias) do fígado, e dos músculos peitoral maior e sartório, entre 21 a 45 dias de idade das aves da linhagem Cobb.

Tecidos		Temperatura Ambiente e Esquema de Alimentação	PB (%)		
			18,91	21	22
Fígado		22° <i>ad libitum</i>	3,5	3,2	23,7*
		22°C restrito	6,4	3,7	14,0
		Estresse cíclico de calor	5,2	6,6	14,4
Músculo	Peitoral	22° <i>ad libitum</i>	15,5	14,3	26,3*
	Maior	22°C restrito	21,2	19,4	18,7
		Estresse cíclico de calor	20,2	21,6	28,6*
		22° <i>ad libitum</i>	12,9	17,1	27,9*
	Sartório	22°C restrito	18,1	13,5	19,6
		Estresse cíclico de calor	15,4	14,9	19,1

* Tempo de troca (dias) superior ao período experimental.

O fígado apresentou os menores valores de meia-vida quando comparado com os músculos peitoral maior e sartório em todos os tratamentos experimentais (Tabela 12).

Os valores de meia-vida para os músculos peitoral maior e sartório foram semelhantes para os diferentes fatores estudados, esquemas de temperatura ambiente e níveis proteicos das rações.

As aves do tratamento 18,91%PB apresentaram para o tecido hepático e músculos avaliados, a menor meia-vida na temperatura termoneutra (0,8; 3,6 e 3,0) seguido do tratamento estresse cíclico (1,2; 4,7 e 3,6) e termoneutra-restrita (1,5; 4,9 e 4,2).

Para os diferentes tecidos avaliados e esquemas de temperatura ambiente, o tratamento com 22%PB apresentou os maiores valores de meia-vida (Tabela 12).

O tempo para a troca de 95% dos átomos de carbono no fígado em termoneutra com 22%PB foi de 23,7 dias. Para o peitoral maior as aves do tratamento termoneutra com 22%PB e estresse cíclico com 22%PB, apresentaram respectivamente valores de 26,3 e 28,6 dias. Já para o músculo sartório, as aves criadas em temperatura termoneutra com 22%PB apresentaram um tempo de troca de 95% de átomos de carbono de 27,9 dias. Para as aves dos tratamentos mencionados, o tempo de troca para 95% dos átomos de carbono foi superior ao período experimental, 24 dias, o que pode acarretar erros nos valores de meia-vida encontrados.

3.2.2 Experimento 2.

A mudança nos valores do $\delta^{13}\text{C}$, as equações e os coeficientes de determinação do tecido hepático, e dos músculos maior e sartório, para os tratamentos experimentais ao longo do tempo, para as aves da raça Label Rouge estão nas Figuras 4, 5 e 6 respectivamente.

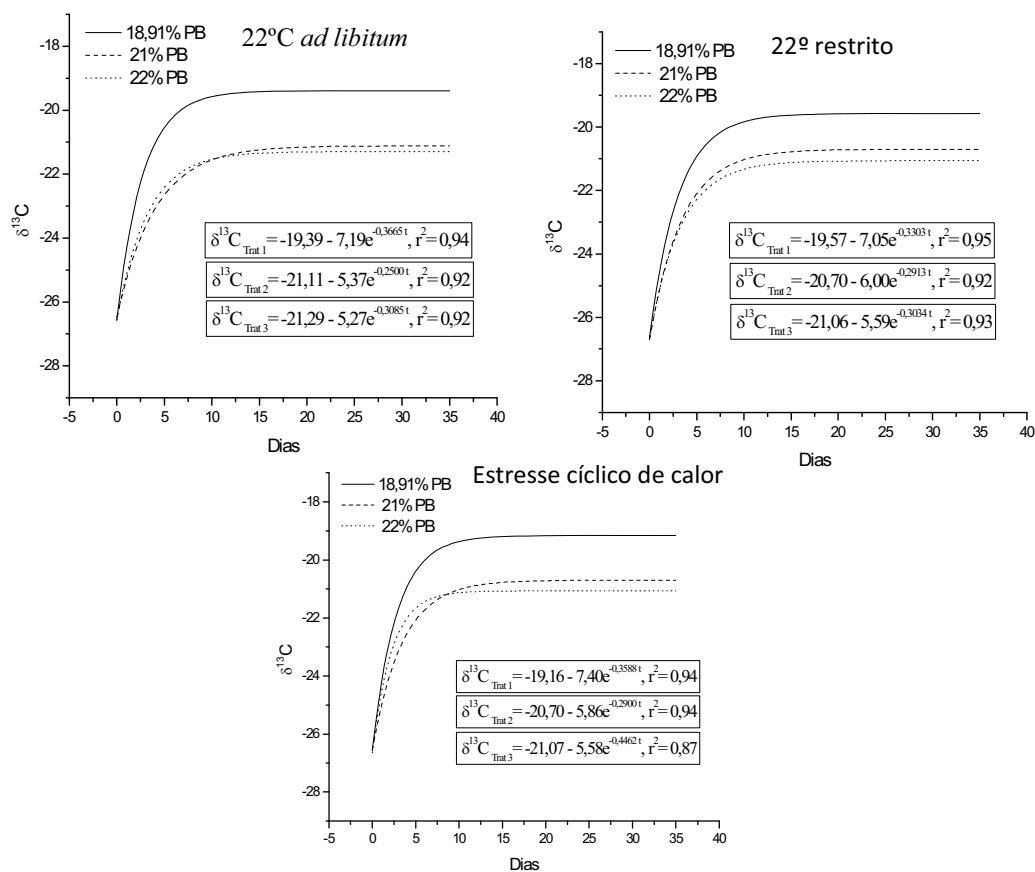


Figura 4. Curvas de diluição isotópica de carbono no fígado para os diferentes tratamentos experimentais entre de 21 a 55 dias de idade para as aves da raça Label Rouge.

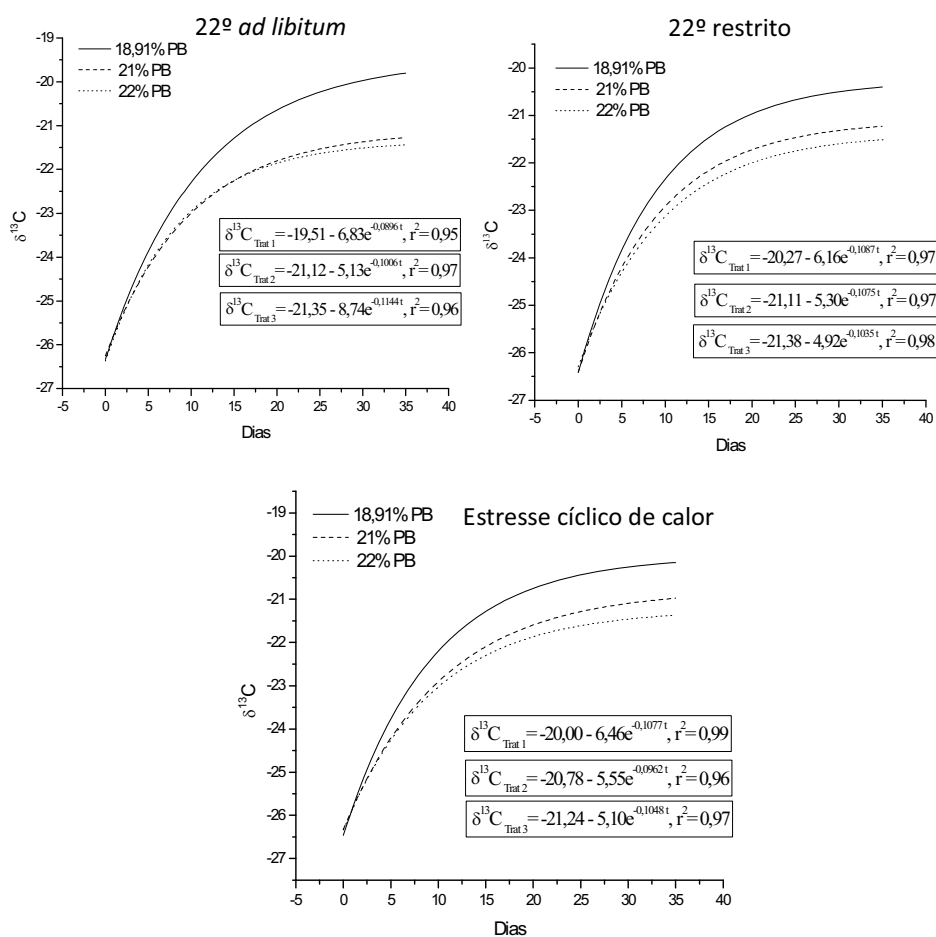


Figura 5. Curvas de diluição isotópica de carbono do músculo peitoral maior para os diferentes tratamentos experimentais entre de 21 a 55 dias de idade para as aves da raça Label Rouge.

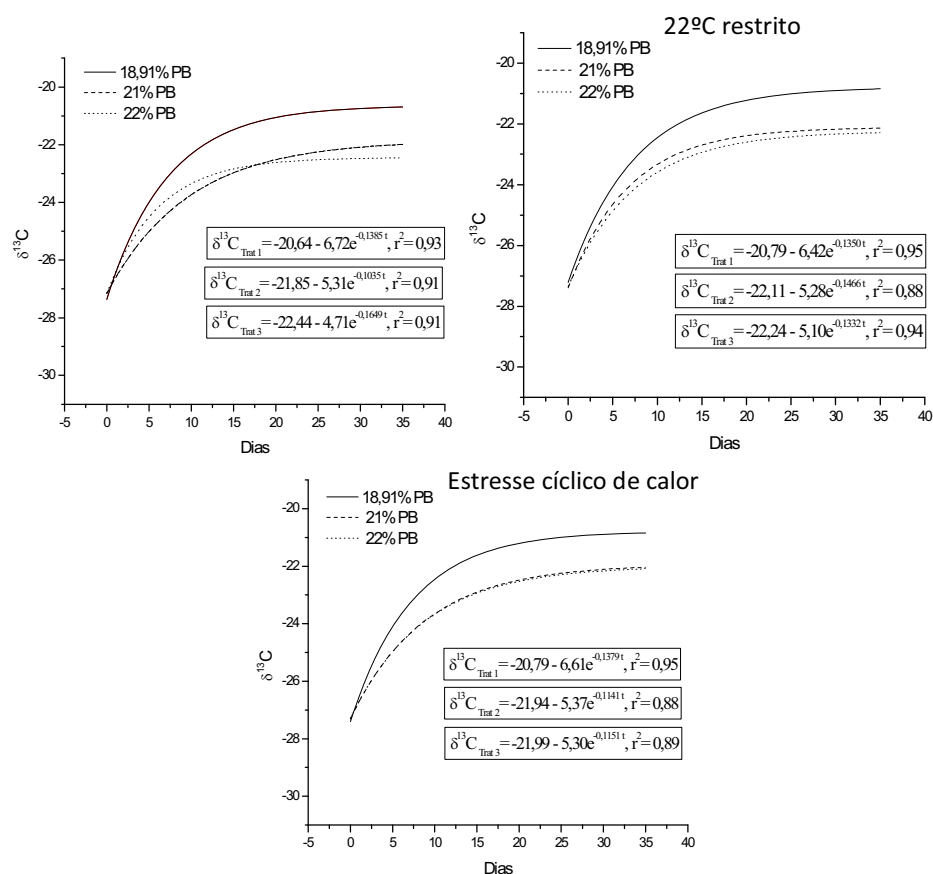


Figura 6. Curvas de diluição isotópica de carbono do músculo sartório para os diferentes tratamentos experimentais entre de 21 a 55 dias de idade para as aves da raça Label Rouge.

Na Tabela 14 estão os valores de meias-vidas (dias) a partir do dia de substituição das dietas e na Tabela 15 estão calculados os valores de tempo de troca de 95% dos átomos de carbono (dias) para os diferentes tecidos avaliados durante o período experimental.

Tabela – 14. Valores de meias-vidas do fígado, peitoral maior e sartório para período de 21 a 55 dias de idade das aves das aves Label Rouge.

Tecidos		Temperatura Ambiente e Esquema de Alimentação	PB (%)		
			18,91	21	22
Fígado		22° <i>ad libitum</i>	1,9	2,8	2,2
		22°C restrito	2,1	2,4	2,3
		Estresse cíclico de calor	1,9	2,4	1,6
Músculo	Peitoral	22° <i>ad libitum</i>	7,7	6,9	6,1
	Maior	22°C restrito	6,4	6,4	6,7
		Estresse cíclico de calor	6,4	7,2	6,6
	Sartório	22° <i>ad libitum</i>	5,0	6,7	4,2
		22°C restrito	5,1	4,7	5,2
		Estresse cíclico de calor	5,0	6,1	6,0

Tabela – 15. Tempo de troca de 95% dos átomos de carbono (dias) do fígado, peito (*Pectoralis major*) e coxa (*Sartorius*) para período de 21 a 55 dias de idade das aves das aves Label Rouge.

Tecidos		Temperatura Ambiente e Esquema de Alimentação	PB (%)		
			18,91	21	22
Fígado		22° <i>ad libitum</i>	8,2	12,0	9,7
		22°C restrito	9,1	10,3	9,9
		Estresse cíclico de calor	8,3	10,3	6,7
Músculo	Peitoral	22° <i>ad libitum</i>	33,4	29,8	26,2
	Maior	22°C restrito	27,6	27,9	28,9
		Estresse cíclico de calor	27,8	31,1	28,6
	Sartório	22° <i>ad libitum</i>	21,6	28,9	18,2
		22°C restrito	22,2	20,4	22,5
		Estresse cíclico de calor	21,7	26,3	26,0

Semelhante ao Experimento I, os valores de meia vida para o fígado (Tabela 14) foram inferiores aos tecidos musculares do peitoral maior e sartório para os fatores estudados, temperatura ambiente e nível proteico da dieta.

Para o tecido hepático, o tratamento com 21%PB em todas as condições de temperatura avaliada, apresentou os maiores valores de meia vida quando comparado como os demais níveis proteicos (Tabela 14).

O peitoral maior apresentou valores de meia-vida ligeiramente superiores aos do músculo sartório (Tabela 14).

O tempo para a troca de 95% dos átomos de carbono foi suficiente para todos os tecidos avaliados no período experimental (Tabela 15).

3.3. Fibras Musculares.

Em ambas as idades avaliadas (Tabelas 16 e 17), somente as fibras glicolíticas do músculo sartório foram afetadas pelo fator principal temperatura e esquema de alimentação, as quais apresentaram maior área para o tratamento 22°C restrito, diferindo do tratamento estresse cíclico ($P < 0,05$). As aves do tratamento 22°C ad libitum não diferiram das demais ($P > 0,05$).

Tabela – 16. Área (μm^2) das fibras musculares do peitoral maior e sartório, aos 35 dias de idade das aves da linhagem Cobb, submetidos a diferentes regimes alimentares e temperatura, valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	Peitoral Maior Glicolítica	Sartório Oxidativa	Sartório Oxi-Glico	Sartório Glicolítica
18,91	5223,3	1516,3	1996,7	2870,1
21,00	4403,2	1413,5	2066,7	2914,7
22,00	5151,2	1376,5	1953,8	2624,7
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	4683,9	1167,3	1688,9 B	2515,1 B
22°C Restrito	5538,3	1640,5	2264,5 A	3089,9 A
22°C <i>ad libitum</i>	4701,0	1592,3	2034,1 AB	2819,4 AB
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,1129	0,6543	0,2262	0,0800
TEMPERATURA	0,1594	0,0756	0,0011	0,0053
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,1455	0,9977	0,4721	0,3416
CV	17,43	32,63	14,97	14,27

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

Tabela – 17. Área (μm^2) das fibras musculares do peitoral maior e sartório, aos 45 dias de idade das aves da linhagem Cobb, submetidos a diferentes regimes alimentares e temperatura, valores expressos em médias.

RAÇÃO (%PB)	Peitoral Maior Glicolítica	Sartório Oxidativa	Sartório Oxi-Glico	Sartório Glicolítica
18,91	6615,3	1791,9	2719,3	3755,4
21,00	5901,7	1600,7	2206,1	3183,6
22,00	6173,1	1617,3	2369,5	3242,9
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	6370,0	1512,2	2071,7	2838,0 B
22°C Restrito	6204,7	1894,2	2673,6	3919,1 A
22°C <i>ad libitum</i>	6078,1	1572,5	2486,5	3345,3 AB
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,4844	0,2356	0,0724	0,1731
TEMPERATURA	0,9002	0,0557	0,0588	0,0240
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,9873	0,0945	0,6520	0,8246
CV	20,00	23,37	23,51	26,88

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Nenhum dos fatores estudados afetaram significativamente a área das fibras musculares do peitoral maior e sartório (Tabela 18).

Para as aves Label Rouge aos 55 dias de idade (Tabela 19), as fibras musculares do peitoral maior foram influenciadas para os diferentes esquemas de temperatura e alimentação, nas quais as aves do tratamento estresse cíclico apresentaram maior área comparado aos animais do tratamento 22°C restrito

($P < 0,05$). As aves do tratamento 22°C *Ad libitum* apresentam área de fibra semelhante a aves dos demais tratamentos ($P > 0,05$).

Tabela – 18. Áreas (μm^2) das fibras musculares do peitoral maior e do sartório, aos 35 dias de idade das aves Label Rouge.

RAÇÃO (%PB)	Peitoral Maior Glicolítica	Sartório Oxidativa	Sartório Oxi-Glico	Sartório Glicolítica
18,91	2445,5	982,5	1279,9	1861,1
21,00	2353,3	933,0	1293,0	1801,8
22,00	2612,3	831,6	1161,1	1767,0
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	2280,3	917,7	1254,3	1973,5
22°C Restrito	2449,3	923,9	1270,8	1789,3
22°C <i>ad libitum</i>	2666,6	905,5	1208,9	1657,0
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,7623	0,2866	0,6384	0,9240
TEMPERATURA	0,2919	0,9454	0,8965	0,4312
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,3435	0,3281	0,7350	0,5220
CV	22,62	24,28	28,98	30,64

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tabela – 19. Áreas (μm^2) das fibras musculares do peitoral maior e do sartório, aos 55 dias de idade das aves Label Rouge.

RAÇÃO (%PB)	Peitoral Maior Glicolítica	Sartório Oxidativa	Sartório Oxi-Glico	Sartório Glicolítica
18,91	3701,5	1496,3	2052,5	2803,5
21,00	4099,2	1391,9	2138,7	2762,0
22,00	4012,3	1278,4	1919,7	2696,9
TEMPERATURA				
Estresse Cíclico Calor	4406,0 A	1416,4	2188,2	2900,9
22°C Restrito	3580,8 B	1433,9	2035,7	2764,1
22°C <i>ad libitum</i>	3925,7 AB	1316,4	1887,0	2597,4
Valor de P				
RAÇÃO (%PB)	0,1663	0,1872	0,4292	0,8402
TEMPERATURA	0,0183	0,5544	0,2153	0,2635
RAÇÃO%PB*TEMPERATURA	0,2692	0,4462	0,9167	0,5016
CV	17,25	20,35	20,08	16,15

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

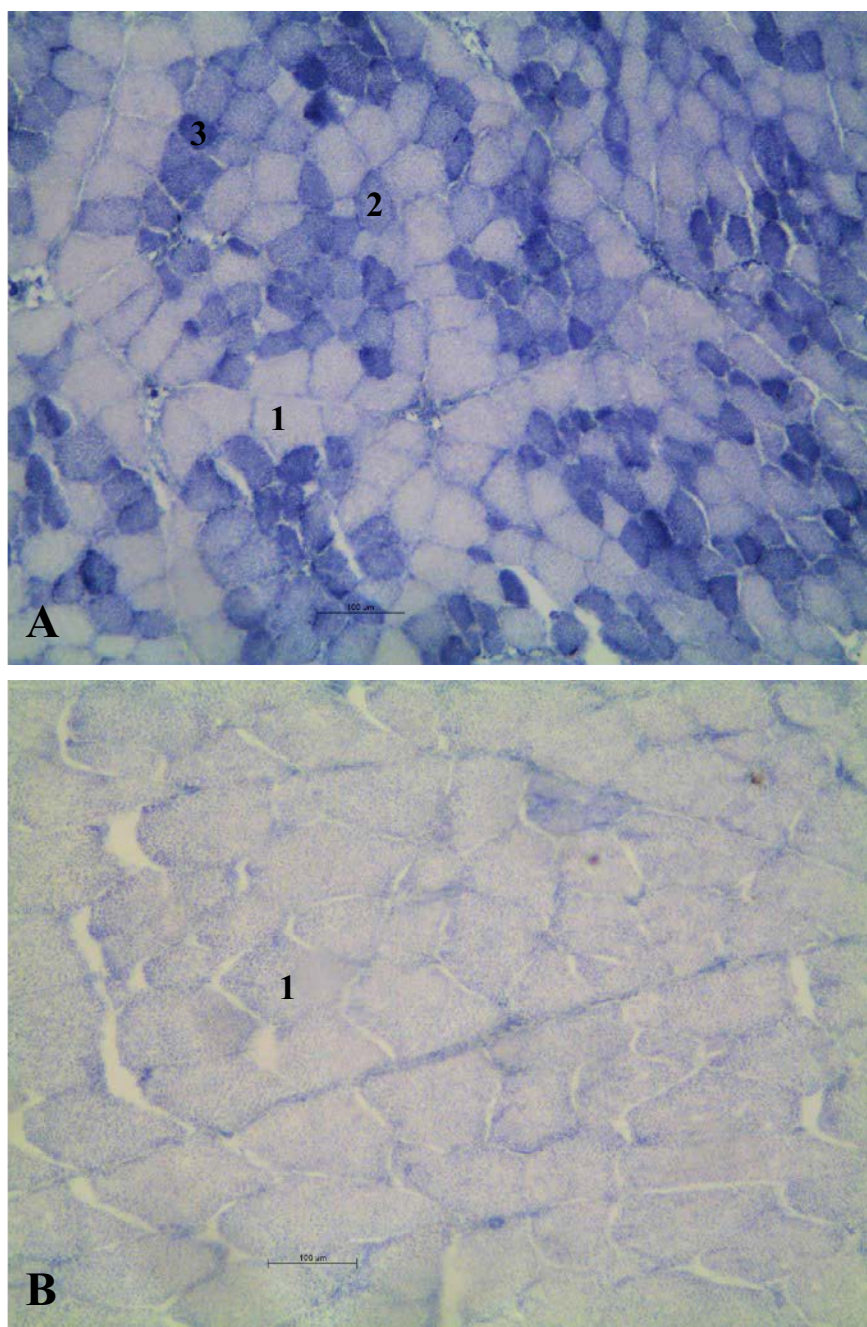


Figura 7. Cortes transversais dos músculos sartório de uma ave com 45 dias de idade (A) e peitoral maior de uma ave de 55 dias de idade (B) de diferentes tratamentos experimentais submetidos à técnica de Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR). 1 – Fibra de contração rápida glicolítica; 2 – Fibra de contração rápida glicolítica-oxidativa; 3 – Fibra de contração lenta oxidativa.

4. DISCUSSÃO.

Os valores de meia vida (T) do ^{13}C dependem em parte das taxas de anabolismo e catabolismo dos componentes teciduais. Assim sendo, assumiremos que alterações nas taxas de incorporação do ^{13}C , refletem as alterações do turnover da proteína dos tecidos avaliados (DUCATTI, 2007).

Os fatores estudados, níveis de proteína bruta da ração e diferentes esquemas de temperatura e alimentação, afetaram o desempenho e o turnover proteico dos tecidos muscular e hepático, dos diferentes grupos genéticos, de maneira distinta.

O estresse cíclico acarretou menor consumo de ração, pior ganho de peso diário, menor consumo de proteína e pior rendimento de carcaça quando comparado aos animais 22°C *ad libitum* para os animais melhorados (Cobb). Resultados semelhantes foram encontrados pelos autores Zhang *et al.* (2012) que submeteram frangos de corte (Arbor Acres) da 4ª a 6ª semana de idade a estresse térmico constante de 34°C , estresse térmico cíclico (6 h diárias a uma temperatura de 36°C e 18h em temperatura termoneutra) e temperatura constante controle (23°C). Os estresses térmicos cíclico e constante diminuíram o ganho de peso com relação à temperatura controle, respectivamente em 8,1% e 18,2%. No presente estudo, a diminuição para o ganho de peso foi de 4% para o estresse cíclico e 5% para os animais do tratamento 22°C restrito. Tais resultados demonstram que a intensidade do estresse pode ser modulada pelo tempo que esse é imposto à ave.

O aumento do teor proteico (22%PB) diminuiu o consumo de ração, aumentou o consumo de proteína, melhorou a conversão alimentar e a conversão alimentar proteica das aves da linhagem Cobb. Somente para o índice de eficiência produtiva houve interação entre os fatores principais estudados, nível proteico da ração e esquemas de temperatura ambiente, onde o tratamento 22%PB apresentou melhor índice de eficiência que o tratamento 18,91%PB nas condições de estresse cíclico de calor. Gonzalez-Esquerre e Leeson (2005) relataram que, apesar do metabolismo proteico gerar maior incremento calórico do que carboidratos e lipídios, o que causa certa preocupação em aves em estresse por calor, o aumento do teor de proteína da dieta pode compensar a diminuição no consumo de alimento, aminoácidos, observados nas aves em estresse térmico. Dietas com níveis mais elevados de

proteína possibilitam ao animal maior consumo de aminoácidos (Tabela 5). Assim, essa maior quantidade de aminoácidos, pode melhorar a taxa de crescimento das aves nessas condições. Outros autores demonstraram dados semelhantes, onde obtiveram melhora do desempenho de frangos de corte comerciais em situação de estresse, através do aumento do teor da proteína da dieta (TEMIN et al., 1999; TEMIN et al., 2000 a,b; FARIA FILHO, 2006).

Para os diferentes esquemas de temperatura o turnover proteico dos tecidos avaliados não apresentou alteração significativa. Os músculos avaliados, apesar de apresentarem fibras musculares com padrões metabólicos distintos, peitoral maior com fibras glicolíticas e sartório com fibras glicolíticas, oxidativas e glicolítica-oxidativas, demonstraram padrão de incorporação semelhante, (Tabelas 12 e 14). Esses dados diferem dos de Temin *et al.* (2000b). Que, ao usar outra técnica, verificou que animais mantidos em estresse por calor apresentam menor turnover da proteína muscular quando comparados com animais em condições de termoneutralidade. E que a 32°C a síntese protéica foi mais afetada do que a proteólise nos músculos peitoral maior e gastrônêmio levando a redução na deposição protéica muscular. Contudo, o estresse térmico utilizado pelos autores foi constante e a 32°C, do vigésimo oitavo ao quadragésimo segundo dia de vida das aves, diferindo do estresse por calor aplicado no presente trabalho.

Para a linhagem melhorada, o turnover proteico do peitoral maior, sartório e fígado apresentou queda significativa, menores valores de meia vida, com o aumento do teor de proteína da ração (Tabela 12). O aumento de 18,91%PB para 22%PB proporcionou maior aporte dos teores de aminoácidos para os animais, devido ao maior consumo de proteína bruta do tratamento 22%PB quando comprado ao 18,91%PB (Tabela 5). Esse aumento na quantidade de aminoácidos ingeridos, pode ser a provável causa, dos melhores índices de desempenho (menor consumo de ração, melhor conversão alimentar e alimentar proteica, e melhores peso médio e ganho de peso diário) e dos maiores valores de meia-vida dos tecidos musculares e hepático, nas aves da linhagem Cobb 500. Sabe-se que os aminoácidos atuam como reguladores do metabolismo das proteínas, inclusive os aminoácidos não essenciais, por exemplo: a alanina, a glicina, o aspartato e o glutamato, para serem absorvidos precisam de sódio e esse processo ocasiona o intumescimento celular. O

processo de hidratação celular é dinâmico e altera em minutos, o controle da função celular pela condição do estado de hidratação, é um potente sinalizador para alterar o metabolismo celular e a expressão de seus genes. Assim, o processo de intumescimento atua como forte sinalizador anabólico das células, estimula a síntese de proteínas e glicogênio, e simultaneamente inibi a proteólise (HAUSSINGER, 1995). Outro exemplo da ação dos aminoácidos não essenciais como reguladores do metabolismo proteico, é o efeito da glutamina como um dos principais responsáveis pelo aumento do fluxo de aminoácidos para dentro das células, o que também ocasiona seu intumescimento, e o estímulo à síntese proteica através de mecanismos semelhantes aos aminoácidos de cadeia ramificada (isoleucina, leucina e valina). Os aminoácidos de cadeia ramificada por si só, são capazes de aumentar a deposição de proteínas no músculo e fígado, e também a deposição de tecido adiposo. Esses aminoácidos sintetizam tecidos na presença de insulina e do fator de crescimento similar à insulina (IGF-1) (BEQUETE, 2003).

No presente experimento, houve não somente um aumento nos teores de aminoácidos não essenciais, mas também na quantidade total de arginina fornecida na dieta com 22%PB, valor 1,53% da composição da dieta. A razão da suplementação da arginina foi manter a mesma relação LYS:ARG em 1,39 e isolar o efeito do uso da proteína do alimento e a fonte de metionina em frangos de corte em estresse por calor. A arginina contribui com a proliferação e diferenciação celular e a eliminar doadores de grupo metil formados pela suplementação de metionina sintética (GONZALEZ-ESQUERRA; LEESON, 2006). A arginina, assim como leucina e aspartato, é um potente estimulante para produção e secreção de hormônios anabólicos, tais como a insulina e o hormônio do crescimento (GH) (BEQUETE, 2003).

Assim, podemos hipotetizar que esse maior aporte de aminoácidos no tratamento 22%PB, explique a queda do turnover proteico dos tecidos muscular e hepático nos frangos da linhagem melhorada, pela provável diminuição ao estímulo da degradação da proteína coporal dessas aves.

Sabe-se que o pool proteico de uma célula é dinâmico e o gasto energético para a contínua síntese e degradação das proteínas celulares é considerável. O organismo animal requer 4,5 a 7 mol de ATP por mol de ligação peptídica formada, e

1 a 2 mol de ATP por mol de ligação peptídica degradada (DOHERTY et al., 2009). Além do custo energético do turnover tecidual, parte dos aminoácidos provenientes do processo de degradação da proteína corporal são oxidados, em média 80% são re-sintetizados pela maioria dos tecidos (BEQUETE, 2003). Assim, estratégias nutricionais que minimizem a degradação da proteína corporal são benéficas em diminuir a perda energética e melhorar deposição proteica dos animais domésticos. Bequete (2003) ressaltou que, se a taxa de síntese não for alterada e ocorrer diminuição de 10% da degradação, acarretará a 23% de aumento na deposição da proteína corporal dos animais. Enquanto que, 10% de aumento na taxa de síntese ocasionam 11% de aumento na taxa de deposição da proteína.

Os benefícios ocasionados pela redução do turnover dos tecidos hepático e muscular no tratamento com 22%PB nas aves melhoradas geneticamente, podem explicar os resultados de diversos autores que obtiveram melhor desempenho de frangos de corte, em estresse por calor, alimentados com maiores porcentagens de proteína na dieta (TEMIN et al., 1999; TEMIN et al., 2000 a,b; GONZALEZ-ESQUERRA; LEESON, 2005; FARIA FILHO, 2006).

Para os animais de crescimento lento, Label Rouge, o estresse cíclico de calor não afetou o consumo de ração, o rendimento de carcaça e os cortes comerciais, e as aves apresentaram melhor conversão alimentar e índice de eficiência produtiva. Porém o peso médio e o ganho de peso diário não diferiram do tratamento 22°C *ad libitum* nessas condições ambientais ($P>0,05$). Esses índices zootécnicos evidenciam maior resistência ao calor das aves não melhoradas, fato corroborado pelos resultados dos autores Rosa et al. (2007) e When e Zhang (2007), que também verificaram resultados semelhantes em aves que não passaram por processo de melhoramento genético, como as linhagens comerciais, em ambiente de estresse térmico.

Diferentemente da linhagem melhorada, o turnover do tecido hepático e dos músculos peitoral maior e sartório das aves de crescimento lento, não sofreram alteração significativas para os fatores principais avaliados (níveis de proteína bruta e esquemas de temperatura e alimentação). O aumento do teor proteico da ração não diminuiu os valores de meia vida (Tabela 14), como ocorreu na linhagem melhorada (Tabela 12). A diferença das aves de crescimento rápido frente às aves

de crescimento lento, para o turnover dos tecidos avaliados, provavelmente se deve ao processo de melhoramento genético.

Nas últimas décadas, a melhora da eficiência alimentar foi atribuída à seleção genética, Havenstein et al. (2003ab) ressaltaram que 85 a 90% da melhora desses índices se deve ao processo de melhoramento genético. Kang et al. (1985) demonstraram que a eficiência alimentar de frangos de corte em comparação a poedeiras, está relacionado à alta eficiência na deposição proteica corporal, consequência principalmente da menor taxa da degradação da proteína corporal e não de grande diferença na taxa de síntese proteica. De forma similar, Bates & Millward (1981) ao estudarem duas linhagens de ratos, uma de crescimento lento e outra de crescimento rápido, observaram que a linhagem de crescimento rápido apresentou menor taxa de degradação da proteína corporal e assim alcançou a melhor taxa de deposição proteica. Portanto, o aumento da taxa de deposição da proteína corporal de animais domésticos é otimizada quando ocorre diminuição da degradação proteica (BEQUETE, 2003), fato esse evidenciado somente para a linhagem melhorada e alimentada com 22%PB.

Em suma, aves de grupos genéticos distintos, respondem de maneira diferente ao aumento do teor de proteína da ração. As diferentes temperaturas utilizadas no presente trabalho, não alteram o turnover proteico dos tecidos avaliados.

5. CONCLUSÃO.

O desempenho e o turnover proteico dos tecidos hepático e muscular de aves de grupos genéticos distintos, respondem de maneira diferente ao aumento do teor de proteína bruta da ração e a diferentes temperaturas ambientais.

O aumento do teor proteico melhorou o desempenho e diminuiu o turnover em aves melhoradas geneticamente. Para as aves de crescimento lento, o aumento do teor de proteína na dieta, piorou o desempenho e não alterou o turnover proteico.

As diferentes temperaturas ambientais não afetaram o turnover proteico dos tecidos musculares e hepático dos grupos genéticos avaliados. Contudo, o estresse cíclico afetou negativamente o desempenho de frangos melhorados geneticamente, o que não ocorreu para as aves de crescimento lento.

6. REFERÊNCIAS.

AIN BAZIZ, H.; GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F. et al. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. **Poultry Science**, v. 75, p. 505-513, 1996.

AOYAGI, Y.; TASAKI, I.; OKUMURA, J.; MURAMATSU, T. Effect of low ambient temperature on protein turnover and heat production in chicks. **Comp Biochem Pysiol A Comp Physiol**. v. 89. p. 433-436, 1988.

BATES, P. C., and MILLWARD, D. J. Characteristics of skeletal muscle growth and protein turnover in a fast-growing rat strain. **British Journal of Nutrition**, v. 46, p. 7-13, 1981.

BEQUETE, B. J. Amino Acid Metabolism in Animals: an Overview. In: D'MELLO, J. P. F. (2 ed). **Amino acids in animal nutrition**. London: CABI Publishing, 2003. p. 87-101.

CHAYEN, J. **A guide to practical histochemistry**. London: Oliver Bould. 261p, 1969.

CHENG, T. K.; HAMRE, M. L.; COON, C. N. Effect of constant and cyclic environmental temperatures, dietary protein, and amino acid levels on broiler performance. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 8, p. 426-439, 1999.

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

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 Applied Poultry Research**, Athens, v. 6, p. 18-33, 1997b.

COLETTA, L. D., PEREIRA, A. L., COELHO, A. A. D., SAVINO, V. J. M., MENTEN, J. F. M., CORRER, E., FRANÇA, L. C., AND MARTINELLI, L. A. Barn vs. free-range chickens: Differences in their diets determined by stable isotopes. **Food Chemistry**, v.131, p. 155-160, 2012.

DOHERTY, M. K., HAMMOND, D. E., CLAGUE, M. J., GASKELL, S. J., AND BEYNON, R. J. Turnover of the Human Proteome: Determination of Protein Intracellular Stability by Dynamic SILAC. **Journal of Proteome Research**, v.8, p. 104–112, 2009.

DUBOWITZ, V., BROOKE, M. **Muscle biopsy: a modern approach**. London: W. B. Saunders Company Ltda. 472p, 1984.

DUCATTI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p. 1-10, 2007.

DUCATTI, C. **Isótopos Estáveis Ambientais**. 2004 [Apostila]. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p. 184, 2004.

DUCATTI, C.; CARRIJO, A.S.; PEZZATO, A.C.; MANCERA, P.F.A. Modelo teórico e experimental da reciclagem do carbono-13 em tecidos de mamíferos e aves. **Scientia Agricola**, v.59, p. 29-33, 2002.

FARIA FILHO, D. E. **Aspectos produtivos, metabólicos, econômicos e ambientais da nutrição protéica para frangos expostos ao calor**. 2006. 73f. 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. (ed.). **Fisiologia Aviária: Aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p. 209-230.

GANNES, L.Z. et al. Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.119A, n.3, p.725-737, 1998.

GE, C. R., GAO, S. Z., JIA, J. J., JOIS, M. Diet-Induced Thermogenesis. **Agricultural Sciences in China**, v. 7, p. 1133-1139, 2008.

GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F.; GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. **British Journal of Nutrition**, v. 75, p. 194-204, 1996.

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

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Effects of arginine:lysine ratios and source of methionine on growth and body protein accretion in acutely and chronically heat-stressed broilers. **Poultry Science**, v.85, p.1594-1602, 2006.

GUYTON, A.C., HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**, cap. 70, p. 861-862, 2006.

HARRISON, S. M., SCHMIDT, O., MOLONEY, A. P., KELLY, S. D., ROSSMANN, A., SCHELLENBERG, A., CAMIN, F., PERINI, M., HOOGEWERFF, J., MONAHAN, F. J. Tissue turnover in ovine muscles and lipids as recorded by multiple (H, C, O, S) stable isotope ratios. **Food Chemistry**, v. 124, p. 291-297, 2011.

HAUSSINGER, D. Regulation of metabolism by changes in cellular hydration. **Clinical Nutrition**, v. 14, p. 4-12, 1995.

HAVENSTEIN, G. B., FERKET, P. R., QURESHI, M. A. Carcass Composition and Yield of 1957 Versus 2001 Broilers When Fed Representative 1957 and 2001 Broiler Diets. **Poultry Science**, v. 82, p. 1509–1518, 2003a.

HAVENSTEIN, G. B., P. R. FERKET, M. A. QURESHI. Growth, livability and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, v. 92, p. 1500–1508, 2003b.

LIN, H., JIAO, H. C., BUYSE, J., DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 71-85, 2006.

KANG, C. W., SUNDE, M. L., SWICK, R. W. Growth and Protein Turnover in the Skeletal Muscles of Broiler Chicks. **Poultry Science**, v. 64, p. 370-379, 1985.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.;WARNER, R.G. *Nutrição Animal*. Freitas Bastos, 3 ed., Rio de Janeiro, Brasil, 1984.

MITUO, M.A.O. **Turnover do carbono-13 nos tecidos de frangos de corte em diferentes fases do crescimento**. 2008. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

PETER, J. B., BARNARD, R. J., EDGERTON, V. R. Metabolic profiles of three fiber types skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. **Biochemistry**, v. 11, p. 2627 – 2633, 1972.

RATHMACHER, J. A. Measurement and Significance of Protein Turnover. In: D'MELLO, J. P. F. (ed). **Farm animal metabolism and nutrition**. London: CABI Publishing, 200. p. 25-47.

ROSA, P.S. **Desempenho e concentrações de alguns componentes do metabolismo intermediário de frangos com potencial de crescimento diferenciado submetido ao estresse por calor**. 2005. 90f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

ROSTAGNO, H. S. **Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª Ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.

SAS Institute, 2002. SAS® User's Guide: Statistics, SAS Institute Inc, Cary, NC.

SAKOMURA NK, ROSTAGNO HS. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep; 2007, p. 283.

SCHOENHEIMER, R., RATTNER, S. AND RITTENBERG, D. Studies in protein metabolism. X. The metabolic activity of body proteins investigated with L(-) leucine containing two isotopes. **Journal of Biological Chemistry**, v. 130, p. 703–732, 1939.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. 1 ed., São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

TEMIM, S.; CHAGNEAU, A.M.; GUILLAUMIN, S. et al. Does excess dietary protein improve growth performance and carcass characteristics in heat-exposed chickens?. **Poultry Science**, v. 79, p. 312-317, 2000a.

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

TEMIM, S.; CHAGNEAU, A.M.; PERESSON, R. Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 or 25% protein diets. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 813-819, 2000b.

WHEN, Q. Lu.; ZHANG, H. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. **Poultry Science**, v.86, p. 1059-1064, 2007.

WOLFE, R.; CHINKES, D.L. **Isotope tracers in metabolic research**. Principles and Practice of Kinetic Analysis. Wiley-Liss, John Wiley & Sons: New Jersey, 2005. 474p.

ZHANG, Z. Y., JIA, G. Q., ZUO, J. J., ZHANG, Y., LEI, J., REN, L., FENG, D. Y.. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. **Poultry Science**. v. 91, p. 2931-2937, 2012.