

HARALD FERNANDO VICENTE DE BRITO

**DETERMINAÇÃO DA TAXA METABÓLICA BASAL EM
Dasyprocta azarae POR CALORIMETRIA INDIRETA**

Dissertação Apresentada como Requisito Parcial para
Obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Veterinárias. Curso de Pós-Graduação em Ciências
Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Deconto

CURITIBA

2004

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma maneira dispõem de seu tempo para a pesquisa e a preservação da fauna e de seus habitats, e que assim contribuem para a manutenção da vida no planeta.

AGRADECIMENTOS

À minha família, e aos que não têm meu sangue, mas que considero como família por estarem próximos a mim, e que sempre me apóiam;

À Maíra, que sempre me motiva e que me incentivou a terminar esta dissertação;

Ao Professor Deconto, que acreditou em meu potencial, já na graduação, quando me aceitou como estagiário interno no Hospital Veterinário, e que depois aceitou ser meu orientador no Curso de Pós-Graduação;

Ao Professor Pachaly, que investiu em mim desde a graduação, sempre apoiando meu desenvolvimento acadêmico, e que ainda hoje é a pessoa com quem sempre posso contar quando necessito de auxílio em minha profissão;

Aos colaboradores deste trabalho, Rogério Lange, Tereza Cristina e Elizabeth Schmidt-Popazoglo, que muito se dedicaram para a realização deste estudo;

Aos demais professores, que de alguma maneira acreditaram em mim e me incentivaram em meu desenvolvimento profissional;

Aos meus colegas de profissão, em especial à equipe que conviveu comigo no Hospital Veterinário da UFPR, com os quais muito aprendi;

E ao bom e velho rock'n roll, que me acompanhou em muitas horas de dedicação a esta dissertação.

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO DA LITERATURA.....	2
2.1 Considerações sobre metabolismo energético.....	2
2.2 Taxa metabólica basal.....	3
2.3 Relação entre taxa metabólica basal e tamanho corporal.....	4
2.4 Determinação da taxa metabólica basal.....	10
III. MATERIAL E MÉTODO.....	15
3.1 Avaliação sanitária dos indivíduos.....	15
3.2 Determinação do período de jejum.....	16
3.3 Determinação da taxa metabólica basal.....	17
3.4 Análise estatística.....	19
IV. RESULTADOS.....	22
4.1 Médias e desvios padrão das amostras.....	23
4.2 Rejeição de pontos experimentais.....	24
4.3 Testes de hipóteses (comparação entre amostras).....	24
4.3.1 Comparação entre fêmeas e machos não castrados.....	25
4.3.2 Comparação entre machos não castrados e machos castrados.....	26
4.3.3 Comparação entre fêmeas e machos castrados.....	26
4.4 Teste de normalidade.....	26
4.5 Intervalo de confiança.....	27
4.6 Análise de regressão.....	27
4.7 Correlação de pontos experimentais.....	29
V. DISCUSSÃO.....	31
VI. CONCLUSÃO.....	35
VII. REFERÊNCIAS.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Colheita de sangue em cutia (<i>Dasyprocta azarae</i>) por punção venosa da veia safena lateral.....	16
Figura 2 - Monitor metabólico Deltatrac [®] II (Datex).....	17
Figura 3 - Caixa para medição do consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono, acoplada ao monitor metabólico Deltatrac [®] II (Datex).....	18
Figura 4 - Diagrama de dispersão da TME nas amostras de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i>	25
Figura 5 - Dispersão da TMB da amostra de fêmeas de <i>Dasyprocta azarae</i> , em relação à reta de regressão.....	28
Figura 6 - Dispersão da TMB da amostra de machos não castrados de <i>Dasyprocta azarae</i> , em relação à reta de regressão.....	28
Figura 7 - Dispersão da TMB da amostra de machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i> , em relação à reta de regressão.....	28
Figura 8 - Dispersão da TMB da amostra formada por fêmeas e por machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i> , em relação à reta de regressão.....	29
Figura 9 - Variação conjunta entre massa corporal e TMB nos grupos de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i> ...	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa metabólica específica (TME) de espécimes fêmeas de <i>Dasyprocta azarae</i> , com massa corporal média de 3.979g ± 433g, calculada a partir da taxa metabólica basal obtida por calorimetria indireta, através da utilização do monitor metabólico Deltatrac®II.....	22
Tabela 2 - Taxa metabólica específica (TME) de espécimes machos não castrados de <i>Dasyprocta azarae</i> , com massa corporal média de 3.515g ± 474g, calculada a partir da taxa metabólica basal obtida por calorimetria indireta, através da utilização do monitor metabólico Deltatrac®II.....	23
Tabela 3 - Taxa metabólica específica (TME) de espécimes machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i> , com massa corporal média de 4.546g ± 304g, calculada a partir da taxa metabólica basal obtida por calorimetria indireta, através da utilização do monitor metabólico Deltatrac®II.....	23
Tabela 4 - Taxa metabólica específica de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i>	24
Tabela 5 - Relação entre valores extremos esperados pelo critério de rejeição de pontos experimentais (Método de Chauvenet) e os obtidos, para amostras de taxa metabólica específica (TME) determinada por calorimetria indireta, com a utilização do monitor metabólico Deltatrac®II, em fêmeas, machos não castrados e machos castrados de <i>Dasyprocta azarae</i>	24
Tabela 6 - Intervalos de confiança das médias e variâncias de TME para <i>Dasyprocta azarae</i> , com grau de confiança de 95%, para as populações de fêmeas, machos não castrados e machos castrados, e para a população constituída por fêmeas e machos castrados.....	27
Tabela 7 - Coeficientes de massa a e expoentes de massa b , estimados por regressão linear, para os grupos de fêmeas, machos não castrados e machos castrados, e para o grupo formado com as fêmeas e machos castrados.....	29

RESUMO

A melhor ferramenta para comparação entre organismos diferentes é a taxa metabólica basal, inter-relação fundamental que existe entre todos os seres vivos. Mensurações diretas das concentrações de oxigênio e dióxido de carbono, pela análise do ar inspirado e expirado, podem ser usadas para a mensuração de taxa metabólica, e este trabalho foi executado com o propósito de aferir as taxas metabólicas basal e específica, e reexaminar o escalonamento do metabolismo basal em cutias (*Dasyprocta azarae*). Foram utilizadas 34 cutias (*Dasyprocta azarae*) adultas sadias, sendo nove machos não castrados, nove machos castrados e dezesseis fêmeas, pertencentes ao plantel Criadouro Científico do Museu de História Natural Capão da Imbuia – Curitiba, PR. Os animais passaram por jejum prévio de seis horas e foram acondicionados em caixas especiais, com temperatura ambiente controlada ($22 \pm 1^\circ\text{C}$), sendo então submetidos à aferição da taxa metabólica basal, por calorimetria indireta. Empregou-se o monitor metabólico Deltatrac[®]II, usualmente indicado para a mensuração da produção de dióxido de carbono (VCO_2) e do consumo de oxigênio (VO_2) em seres humanos, por meio da mensuração das variações na concentração de VCO_2 e de VO_2 , com uma precisão de 0,01%. Após a aferição da taxa metabólica basal, foi calculada a taxa metabólica específica, e efetuada a análise dos dados por estatística indutiva. Os testes de hipóteses para comparação entre amostras indicaram que a taxa metabólica específica de machos não castrados é maior que a de fêmeas e machos castrados (5% de significância), e que a taxa metabólica específica de fêmeas e machos castrados é equivalente (1% de significância). Constatou-se ainda, com a análise da correlação de pontos experimentais, que outra variável que não o tamanho corporal afeta a taxa metabólica dos machos não castrados (1% de significância), o que indica a realização de novos estudos sobre o metabolismo de *Dasyprocta azarae*.

ABSTRACT

The best way to compare different organisms is the basal metabolic rate, a fundamental interrelation existent among all living beings. Direct measures of oxygen and carbon dioxide concentrations by evaluation of inspired and expired air can be used to measure metabolic rate. So, this research was done in order to measure basal and specific metabolic rates in agoutis (*Dasyprocta azarae*), and reexamine the scaling of basal metabolism in this species. There were used 34 adult healthy agoutis, being nine non-castrated males, nine castrated males and sixteen females, belonging to the wild animal scientific breeding facility of the museum of natural history of the city of Curitiba, State of Paraná, Brazil. After a six-hour fasting the animals were placed in special boxes under controlled temperature ($22 \pm 1^\circ\text{C}$), and submitted to measuring of the basal metabolic rate, by indirect calorimetry. It was used the Deltatrec® metabolic monitor, usually indicated to measure carbon dioxide production (VCO_2) and oxygen consumption (VO_2) in human beings, by measuring variations in the concentration of VCO_2 and of VO_2 , with a precision of 0,01%. The specific metabolic rate was calculated after determination of the basal metabolic rate and the obtained data were analyzed by inductive statistics. The hypotheses tests for comparison among samples indicated that the specific metabolic rate is higher in non-castrated males than in females and castrated males (significance of 5%), and that the specific metabolic rate of females and castrated males are equivalent (significance of 1%). In addition, analysis of the correlation of experimental points indicates that another variable beyond body size affects the metabolic rate of non-castrated males (significance of 1%), and therefore new studies on the metabolism of *Dasyprocta azarae* are required.

I. INTRODUÇÃO

Os animais precisam de energia para realizar suas diversas funções orgânicas. O uso desta energia é denominado metabolismo energético. A oxidação dos alimentos é a principal via de obtenção de energia para os animais endotérmicos, por este motivo a quantidade de oxigênio que eles consomem pode ser utilizada como uma medida do metabolismo, sendo que a energia consumida em uma determinada unidade de tempo é denominada taxa metabólica.

Taxa de metabolismo basal refere-se a taxa metabólica determinada em condições padronizadas, em que o animal encontra-se quieto, sem digerir nenhum alimento, sem dormir, sem sofrer qualquer tipo de estresse e em temperatura ambiental ótima. Considerada uma inter-relação fundamental que existe entre todos os seres vivos, a taxa metabólica basal é tida como a melhor ferramenta para comparação entre organismos diferentes e utilizada por diversos pesquisadores para esta finalidade.

O conhecimento atualmente disponível sobre metabolismo de vertebrados é amplo e se baseia, em grande parte, nos trabalhos de Kleiber, realizados nas décadas de 30 e 40. Este pesquisador demonstrou que a relação entre a taxa metabólica e a massa corporal não é linear, e propôs o expoente 0,75 para expressar o metabolismo basal com relação à massa corporal.

Com o objetivo de aferir a taxa metabólica basal de cutias da espécie *Dasyprocta azarae*, e reexaminar o escalonamento do metabolismo basal nestes roedores, propôs-se este trabalho.

II. REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa do metabolismo animal acompanha rigorosamente os avanços na ciência física relacionada ao calor e a energia, e é consideravelmente mais importante que nossa concepção moderna de química e bioquímica (WITHERS, 1992).

O termo metabolismo significa literalmente “troca” (GANONG, 1989) e é usado para indicar todas as transformações químicas e energéticas que ocorrem no organismo de um indivíduo (GANONG, 1989; GUYTON, 1992), sua taxa é normalmente expressa em termos de velocidade de liberação de calor durante as reações químicas (GUYTON, 1992), sendo denominada taxa metabólica (GANONG, 1989). O exame dos métodos utilizados para mensurar o calor produzido no metabolismo animal proporciona uma perspectiva histórica para o desenvolvimento de técnicas de energética animal, e estabelece a estrutura conceitual necessária para sua compreensão (WITHERS, 1992).

2.1 Considerações sobre metabolismo energético

Os animais precisam de energia química para realizar suas várias funções, e o uso desta é com frequência denominado metabolismo energético (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Esta energia é obtida, principalmente, por meio da oxidação dos alimentos (GANONG, 1989; SCHMIDT-NIELSEN, 2002) e, assim sendo, a quantidade de oxigênio que os animais consomem pode, portanto, ser usada como uma medida do metabolismo energético, contudo nem sempre isso acontece. Segundo SCHMIDT-NIELSEN (2002) alguns animais podem viver na ausência do oxigênio livre. Eles também utilizam energia química para suas necessidades energéticas, embora as vias metabólicas sejam diferentes. Tais processos metabólicos são conhecidos como metabolismo anaeróbico. Essa situação é normal para vários animais que vivem em ambientes pobres em oxigênio ou que toleram a falta prolongada ou

permanente de oxigênio. Eles obtêm energia através de processos que não utilizam oxigênio molecular (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Os processos que requerem energia e as reações no organismo vivo utilizam uma fonte comum de energia, o trifosfato de adenosina (ATP). Esse composto ubíquo, por meio da hidrólise de uma ligação de fosfato “rica em energia”, é a fonte de energia imediata para processos como a contração muscular, o movimento ciliar, a luminescência dos vaga-lumes, a descarga dos peixes elétricos, os processos de transporte celular, todos os tipos de reações de síntese e assim por diante (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

A molécula de ATP é formada nas várias etapas geradoras de energia na oxidação dos alimentos e também em processos anaeróbicos geradores de energia (GANONG, 1989; SCHMIDT-NIELSEN, 2002). O ATP é o intermediário universal no fluxo de energia química dos alimentos para os processos que requerem energia nos organismos aeróbicos e anaeróbicos (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

2.2 Taxa metabólica basal

A quantidade de energia liberada pelo catabolismo alimentar é a mesma que aquela liberada quando os mesmos alimentos são queimados fora do organismo. A energia liberada pelos processos catabólicos no organismo aparece como trabalho externo, calor e energia armazenada (GANONG, 1989). Taxa metabólica se refere ao metabolismo de energia por unidade de tempo (GANONG, 1989; GUYTON, 1992; SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Invariavelmente os valores das taxas metabólicas mensuradas se situam numa faixa entre um valor mínimo, denominado taxa metabólica basal, e um valor superior, denominado taxa metabólica máxima (WITHERS, 1992). A taxa metabólica basal é o valor medido quando um animal endotérmico encontra-se, quieto, inativo, não digerindo qualquer alimento, sem sofrer qualquer tipo de estresse e mantido sob temperatura ambiental ótima (WITHERS, 1992), e pode ser calculada através da

determinação do consumo de oxigênio nestas condições (GANONG, 1989; GUYTON, 1992). Entretanto, segundo GANONG (1989) o valor da taxa metabólica basal não é realmente “de base”, pois o valor da taxa metabólica medida durante o sono é ainda menor.

Dividindo-se a taxa metabólica basal pela massa corporal do animal, obtém-se o valor denominado taxa metabólica específica (TME), definida como a menor taxa metabólica por unidade de massa (PACHALY & BRITO, 2000; PACHALY & BRITO, 2001).

2.3 Relação entre taxa metabólica basal e tamanho corporal

O tamanho corporal é a característica isolada mais importante de um organismo que influencia o ambiente físico, se contrapõe a prováveis predadores, às fontes de alimento e às respostas orgânicas a tais circunstâncias. Caracteres fundamentais dos organismos, incluindo sua anatomia, dispêndio energético para manutenção, hábitos alimentares, forma de reprodução e meios de locomoção, variam com o tamanho corporal. As relações existentes entre estes caracteres e o tamanho corporal são altamente variáveis. Alguns caracteres diminuem com o aumento do tamanho, outros podem ser diretamente proporcionais à massa corporal, entretanto a maioria dos caracteres de função orgânica tem relação positiva com a massa corporal elevada a uma potência menor que uma unidade, o que significa simplesmente que a mudança em um caractere é proporcionalmente menor que a mudança no tamanho (McNAB, 1988).

Segundo SCHMIDT-NIELSEN (2002), há quase 100 anos o fisiologista alemão Max Rubner examinou as taxas metabólicas de cães de vários tamanhos. Ele observou que os cães menores tinham uma taxa metabólica por unidade de massa corporal maior que os cães maiores, e supôs que isso poderia ser atribuído ao fato de um animal menor ter uma superfície corporal maior, em relação à massa, quando comparado a um animal maior. Como os cães pequenos e grandes têm a mesma temperatura corporal, para se manterem quentes devem produzir calor

metabólico na mesma proporção que perdem de calor. Os cães pequenos, em virtude de possuírem superfície relativa maior, devem, portanto, produzir uma quantidade maior de calor por unidade de massa corporal.

Rubner calculou então a produção de calor por metro quadrado de superfície corporal, e descobriu que ele era cerca de 1000 kcal por m² de superfície corporal por dia, em cães grandes e pequenos. Concluiu então que sua teoria tinha sido confirmada, e que a taxa metabólica era determinada pela área superficial e pela necessidade de manter-se quente. Essa conclusão que ficou conhecida como a regra de superfície de Rubner (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Kleiber *apud* SCHMIDT-NIELSEN (2002), calculou que se um boi fosse projetado com a taxa metabólica específica de um rato, para dissipar calor na velocidade em que produz, a temperatura superficial do boi teria que estar bem acima do ponto de ebulição. Inversamente, se dermos ao rato a taxa metabólica específica de um boi, para que ele se mantivesse quente, seria necessário como isolante uma pelagem de pelo menos 20 cm de espessura.

Porém, segundo SCHMIDT-NIELSEN (2002), a necessidade de compensar a perda de calor não pode explicar as inclinações na reta de regressão quando na comparação da taxa metabólica de diversos táxons, especialmente se temos entre estes peixes e crustáceos, por exemplo, que apresentam a mesma relação entre a taxa metabólica e o tamanho corporal que os mamíferos, e para os quais a manutenção da temperatura não constitui um problema. Além disso, se a taxa metabólica fosse realmente proporcional à superfície, as inclinações da reta de regressão deveriam ser 0,67, pois quando dois corpos de tamanhos diferentes são geometricamente similares, suas áreas superficiais estarão relacionadas com o quadrado de uma dimensão linear correspondente, e seus volumes com o cubo da dimensão linear. Portanto, suas áreas estarão relacionadas com o volume elevado a potência $^{2/3}$ ou 0,67 e, na realidade, as inclinações estão mais próximas de 0,75. O fato de dos vertebrados ectotérmicos, bem como muitos invertebrados, terem retas de regressão com a mesma inclinação, exclui a possibilidade de que a regulação da temperatura seja a causa principal da regularidade das retas de regressão (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

É importante compreender que muitos processos fisiológicos, e não só a perda de calor, são funções da área de superfície. De fato, para projetar um organismo funcional, seria necessário incluir uma consideração meticulosa das áreas de superfície. Diversos processos fisiológicos estão relacionados com a superfície: a captação de oxigênio nos pulmões ou nas brânquias depende da área destes órgãos; a difusão de oxigênio do sangue para os tecidos ocorre através das paredes dos capilares, também uma função da superfície; a absorção de alimento no intestino depende da área de superfície do intestino, e assim por diante. De fato, todas as células têm superfícies através das quais os nutrientes e o oxigênio devem penetrar e os produtos metabólicos devem sair (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

As células mantêm uma composição iônica diferente da do líquido extracelular e a diferença deve ser, por sua vez, mantida pelos processos relacionados com a área de superfície. Portanto, é fácil compreender por que o metabolismo como um todo não pode ser visto independentemente de considerações que levem em conta a superfície; é mais difícil explicar por que ele varia desse modo regular, fazendo com que a inclinação das retas de regressão seja geralmente 0,75, ou próximo desse valor (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Segundo McNAB (1988), essas relações dependentes do tamanho são freqüentemente denominadas "alométricas". As relações alométricas são descritas como uma função exponencial da massa corporal, uma vez que a conexão entre um caráter e seu tamanho geralmente não é linear; também porque um polinômio, que poderia ser empregado para descrever uma relação tão complexa, tornar-se-ia quase incompreensível (McNAB, 1988).

A taxa de consumo de oxigênio relativa ao tamanho corporal é muito mais alta em um mamífero pequeno que num grande. O maior animal terrestre, o elefante, é um milhão de vezes maior que o menor, uma das espécies de musaranho, e seu consumo total de oxigênio evidentemente, deve ser muito mais alto. No entanto, não se consegue fazer uma boa avaliação dos dois animais pela comparação de seu consumo total de oxigênio (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Se em vez disso, calcularmos a taxa de consumo de oxigênio por unidade de massa

corporal, o consumo de oxigênio específico (por unidade de massa), encontramos um quadro surpreendente da relação entre o tamanho corporal e consumo de oxigênio. Vemos que a taxa de consumo de oxigênio por grama diminui consistentemente com o aumento do tamanho corporal, e assim, podemos ver que um grama de tecido de musaranho consome oxigênio a uma taxa mais ou menos 100 vezes maior que um grama de tecido de elefante. Esse enorme aumento no consumo de oxigênio do animal pequeno requer que o suprimento de oxigênio e, assim, o fluxo sanguíneo, para um grama de tecido, seja 100 vezes maior no musaranho que no elefante (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

De acordo com WITHERS (1992), um dos mais intrigantes e ainda não resolvidos problemas na fisiologia animal comparativa, é observado nessa relação entre a taxa metabólica e a massa corporal. A taxa metabólica tende a ser maior para animais de maior massa. Um elefante é maior que um camundongo, e tem a taxa metabólica proporcionalmente maior, mas a questão fundamental diz respeito à regra de proporcionalidade (WITHERS, 1992).

A taxa metabólica de animais não é diretamente proporcional à massa corporal, porém relaciona-se à massa através da forma geral de uma curva de potência, representada pela seguinte equação:

$$y = a M^b$$

onde **a**, representando a taxa metabólica quando **M** = 1, é a intercepção, e **b** é o expoente de massa, ou inclinação para a equação logaritmicamente transformada (WITHERS, 1992). Esta curva de potência pode ser transformada em uma relação linear pela extração do Log₁₀ dos valores das taxas metabólicas e massas corporais:

$$(\text{Log}_{10} y) = (\text{Log}_{10} a) + b (\text{Log}_{10} M)$$

A expressão gráfica de **y** contra **M** deve então seguir uma linha reta, com inclinação **b** e intercepção **a** (FELDMAN & McMAHON, 1983; WITHERS, 1992). Os valores de **a** e **b** podem ser estimados graficamente, e a análise de regressão linear não apenas revela uma linha de quadrados mínimos e estima numericamente a inclinação e a intercepção, como também os desvios-padrão de estimativa, que indicam quão precisamente aqueles parâmetros são estimados pelos dados

(FELDMAN & McMAHON, 1983). O valor de **a** varia para diferentes táxons, e em termos abrangentes, os animais podem ser divididos em três amplas categorias de valores. Os animais unicelulares têm valores de **a** mais baixos, os ectotérmicos multicelulares têm o **a** médio, e os endotérmicos multicelulares têm os maiores valores. Os valores de **b** para comparação interespecífica geralmente ficam entre 0,7 e 0,8 (WITHERS, 1992). Kleiber empregou esta abordagem em seu estudo clássico sobre o metabolismo basal, observando que a inclinação de regressão do expoente de massa **b** era próxima a $3/4$, ou 0,75 (FELDMAN & McMAHON, 1983; WITHERS, 1992), demonstrando com isso que a taxa metabólica de mamíferos e aves de grande porte é proporcionalmente menor que a esperada por proporcionalidade direta, e que a taxa metabólica de aves e mamíferos de pequeno porte é maior que a esperada pela mesma proporcionalidade (WITHERS, 1992).

A relação entre a taxa metabólica e o tamanho corporal e o valor de 0,75 para a inclinação das retas de regressão, não é fácil de explicar. Podemos dizer, contudo, que seria quase impossível projetar mamíferos de tamanhos corporais muito diferentes que pudessem acompanhar uma reta de regressão metabólica com inclinação de 1,0, ou seja, com taxas metabólicas diretamente proporcionais à massa corporal (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

FELDMAN & McMAHON (1983), e também WITHERS (1992), citam que o conhecimento atualmente disponível sobre metabolismo de vertebrados é muito vasto e se baseia, em grande parte, nos trabalhos de Kleiber, realizados nas décadas de 30 e 40, tendo este pesquisador demonstrado que a relação entre a taxa metabólica e a massa corporal não é linear, e proposto o expoente 0,75 para expressar o metabolismo basal com relação à massa corporal em comparações interespecíficas.

Segundo PACHALY & BRITO (2000), o expoente 0,75 tem sido utilizado para cálculo de taxa metabólica basal de vertebrados, com diversos propósitos, tanto em pesquisa básica quanto aplicada.

A fórmula geral para o cálculo da taxa metabólica basal dos animais vertebrados, tanto domésticos como selvagens, segundo, GIBBONS, POKRAS & SEDGWICK (1988); SEDGWICK (1988a,b); SEDGWICK &

POKRAS (1988); SEDGWICK, POKRAS & KAUFMAN (1990); MADER (1991); SEDGWICK (1991); FOWLER (1993); JACOBSON (1995); DORRESTEIN (1997); GAMBLE *et al.* (1997); HEARD (1997); PACHALY & BRITO (2000, 2001), é expressa pela equação:

$$\text{TMB} = a \cdot M^{0,75}$$

HEUSNER (1982) reuniu um conjunto cuidadosamente escolhido de dados da literatura, com o objetivo de reexaminar o escalonamento do metabolismo basal. Ao invés de empregar análise de regressão simples, ele introduziu dois níveis de variação na variável independente: interespecífica e intraespecífica. No método estatístico, a elaboração correspondente da técnica de regressão é conhecida como análise de covariância. HEUSNER (1982) encontrou um expoente de massa de $2/3$ para o escalonamento intraespecífico do metabolismo basal. WILKIE (1977) comparou as taxas metabólicas basais de cobaias entre 0,1 e 0,9 kg e encontrou o consumo de oxigênio proporcional a $M^{0,67}$ (FELDMAN & McMAHON, 1983).

Segundo FELDMAN & McMAHON (1983), a redescoberta do expoente de massa $2/3$ para escala interespecífica, por HEUSNER (1982), é valiosa. Seus métodos foram aplicados de maneira apropriada e correta, no entanto estes pesquisadores acreditam que sua interpretação é muito rígida e que sua derivação em defesa do expoente $2/3$ levaram-no a rejeitar o expoente $3/4$, como sendo um “artefato estatístico”.

HEUSNER (1982), demonstrou que a intercepção a (coeficiente de massa) varia com a espécie animal, podendo variar também dentro de uma mesma espécie, como o que ocorre com os cães onde o pesquisador constatou que o coeficiente de massa é significativamente maior nos animais de maior porte. O coeficiente de massa, segundo HEUSNER (1982) é igual ao metabolismo basal dividido pela massa elevada a potência $2/3$, chegando então, para cálculo do metabolismo basal na seguinte fórmula:

$$\text{TMB} = a \cdot M^{0,67}$$

FELDMAN & McMAHON (1983) esperam que considerações simultâneas ainda de outras variáveis, como por exemplo as idades dos animais, possam resultar em novos achados, assim como o fato de

HEUSNER (1982) ter adicionado a variável intraespecífica revelou o expoente de $2/3$. A descoberta de importantes novas variáveis não necessariamente invalida as antigas. De fato, novas variáveis têm o salutar efeito de avaliar a variação residual que era considerada irrelevante, dando maior precisão as variáveis antigas (HOYT, 1980 *apud* FELDMAN & McMAHON, 1983).

2.4 Determinação da taxa metabólica basal

Segundo WITHERS (1992) Lavosier determinou a taxa metabólica de animais tal como cobaias, camundongos e pardais; ele determinou diretamente suas taxas de produção de calor (em joules) pela mensuração da taxa de calor dispendido para seu meio ambiente. Este tipo de mensuração do metabolismo animal é chamado de calorimetria direta, pois a produção de calor é medida diretamente. Lavosier *apud* WITHERS (1992) usou um revestimento isolador duplo de camadas de gelo. A camada de gelo interna mantém o animal constantemente em 0°C, e o calor produzido pelo animal derrete o gelo. Na medida em que a água goteja da camada interna, foi convertida por produção de calor de acordo com o calor latente da fusão do gelo (334 J g⁻¹ a 0°C). A camada externa de gelo previne a condução do calor do meio externo para dentro da camada interna, o qual também derreteria o gelo (WITHERS, 1992). Este método fornece informações sobre todo o combustível utilizado e, em princípio é o método mais preciso (SCHMIDT-NIELSEN, 2002), porém, a calorimetria direta é fisicamente difícil de efetuar e, portanto, é apenas utilizada para fins de pesquisa (GUYTON, 1992).

Outro método de determinação da taxa metabólica, consiste em se calcular a diferença entre o valor energético de todo o alimento ingerido, e o valor energético de todos os excrementos (principalmente fezes e urina). Esse método supõe que não haja alteração na composição do organismo. Portanto, ele não pode ser usado para os organismos em crescimento, ou em organismos que têm um aumento ou diminuição nas reservas de gordura ou de outro material. O método é tecnicamente

problemático e é preciso apenas se realizado durante um período suficientemente longo de observação para garantir que o organismo não tenha tido alterações significativas de tamanho e composição (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

Segundo WITHERS (1992) outro experimento de Lavoisier ilustra o conceito de calorimetria indireta, ele utiliza uma grande campânula de vidro hermeticamente fechada com mercúrio. O volume inicial de ar (V_1) é determinado pela mensuração do peso da parte superior da campânula de vidro. Uma cobaia é então introduzida dentro da campânula através do lacre de mercúrio, onde está situada uma rolha de cortiça (a qual flutua no mercúrio); o volume inicial é agora V_2 . A cobaia é removida pelo lacre de mercúrio quando seu metabolismo causou depleção suficiente do oxigênio (respira com dificuldade). O volume de ar é então novamente determinado (V_3) e será ligeiramente inferior ao volume inicial. Finalmente hidróxido de sódio é introduzido dentro da campânula para absorver dióxido de carbono, determinando-se novamente o volume de ar (V_4). O decréscimo total na quantidade de ar ($V_1 - V_4$) é igual ao total de oxigênio consumido pela cobaia; a quantidade de dióxido de carbono produzido pela cobaia é $V_3 - V_4$. As taxas de oxigênio consumido e dióxido de carbono produzido, são então calculadas através da determinação deste volume de ar e do tempo em que a cobaia ficou dentro da campânula (WITHERS, 1992).

Como mais de 95% da energia consumida no organismo provém de reações do oxigênio com os alimentos (GUYTON, 1992), a quantidade de oxigênio usada nos processos de oxidação pode ser usada para determinação da taxa metabólica, desde que haja informações sobre quais substâncias foram oxidadas e não haja metabolismo anaeróbico (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

A determinação do consumo de oxigênio é tecnicamente mais fácil e é comumente usada para a estimativa das taxas metabólicas, tanto que os dois termos são usados de modo intercambiável. Obviamente, isso não é correto; por exemplo, um organismo anaeróbico tem consumo de oxigênio zero, mas certamente não tem taxa metabólica zero (SCHMIDT-NIELSEN, 2002).

A razão pela qual o consumo de oxigênio pode ser usado como uma medida prática da taxa metabólica decorre do fato de que a quantidade de calor produzido para cada litro de oxigênio usado no metabolismo permanece quase constante, independente de gordura, carboidrato ou proteína serem oxidados, quando um litro de oxigênio é metabolizado com carboidrato, ocorre liberação de 5,0 quilocalorias de energia; quando metabolizado com gordura, 4,7 quilocalorias, e com proteína 4,5 quilocalorias (SCHMIDT-NIELSEN, 2002; GUYTON, 1992). A diferença entre o valor mais alto e o mais baixo é de apenas 10%, e tornou-se hábito usar o valor médio de 4,8 quilocalorias por litro de oxigênio, como medida da taxa metabólica (SCHMIDT-NIELSEN, 2002), sendo este valor denominado de equivalente energético do oxigênio (SCHMIDT-NIELSEN, 2002 e WITHERS, 1992); ao utilizar este equivalente energético, pode-se calcular, com elevado grau de precisão, a velocidade de liberação de calor pelo organismo, a partir da quantidade utilizada em determinado período de tempo (GUYTON, 1992). O maior erro resultante do uso desse número médio é 6%, porém, se o combustível utilizado for uma mistura dos alimentos comuns (carboidrato, gordura e proteína), o erro em geral será insignificante (SCHMIDT-NIELSEN, 2002) e pode ser ainda menor ($\pm 3\%$), quando a excreção de nitrogênio urinária não está medida e é assumido que o quociente respiratório (RQ) é 0,8, independentemente da proteína, gordura, e mistura de carboidratos que estão sendo catabolizados por onívoros ou herbívoro e até menor ainda, em quase todos os casos em que o RQ é medido e é utilizado para derivar fatores de conversão de energia (GESSAMAN & NAGY, 1988).

Segundo WITHERS (1992), os experimentos de calorimetria direta de Lavoisier mensuraram a produção de calor por metabolismo, semelhante à estimativa dos 2874kJ mole^{-1} de calor de combustão da glicose. Similarmente a taxa de consumo de oxigênio (VO_2) ou produção de dióxido de carbono (VCO_2) forneceria uma medida da taxa metabólica. Mensurações do metabolismo, tais como VO_2 e VCO_2 , não são diretamente equivalentes à taxa de produção de calor, mas podem ser relacionadas com a produção de calor através da estequiometria da reação química. Conseqüentemente tais técnicas de mensuração da taxa

metabólica também são denominadas calorimetria indireta (WITHERS, 1992).

Mensurações diretas das concentrações de oxigênio e dióxido de carbono pela análise do ar inspirado e expirado, ao invés da variação no volume, são também comumente usados para a mensuração da taxa metabólica (WITHERS, 1992).

O monitor metabólico Deltatrac[®] II (Datex) é indicado para fazer esta mensuração de produção de dióxido de carbono (VCO_2) e consumo de oxigênio (VO_2) em seres humanos, porém esta determinação é tecnicamente polêmica para realização em neonatos, devido às baixas concentrações e volumes de dióxido de carbono e oxigênio envolvidos. Qualquer aparelho que execute tal tarefa tem que ser capaz de mensurar as variações na concentração tanto de VCO_2 como de VO_2 com uma precisão de 0,01%, pois a troca pulmonar de um neonato resulta em variações moderadas na concentração da amostra do gás (SAYEED, 2003).

Segundo SAYEED (2003) o monitor metabólico Deltatrac[®] II é um sistema não invasivo, podendo ser usado em uma clínica ou ambiente de laboratório, que deduz VCO_2 e VO_2 , baseando-se em medidas de concentrações de dióxido de carbono e oxigênio dos gases inspirado e expirado, sendo possível esta dedução desde que a estequiometria das reações é conhecida.

O ar é retirado da máscara por um ventilador centrífugo, a uma taxa constante de 3,1 litros por minuto, quando regulado para determinação da TMB em bebês, e 10,1 litros por minuto, quando regulado para esta determinação em crianças. A concentração de dióxido de carbono e oxigênio do ar que entra na máscara é mensurada pelo monitor metabólico Deltatrac[®] II, após a captação de amostras do ar que entra na máscara, por uma linha externa ligada à entrada da máscara (SAYEED, 2003).

Segundo SAYEED (2003), como o Deltatrac[®] calcula VCO_2 e VO_2 , a quantidade de dióxido de carbono produzido pelo paciente é determinada pela equação:

$$VCO_2 = V_E (F_ECO_2 - F_ICO_2) [1]$$

onde V_E é o fluxo de gás do paciente e F_{eCO_2} é a concentração do CO_2 expirado, antes do processo de diluição. Porém como a concentração de dióxido de carbono é muito pequena no compartimento de ar, nestas condições, teremos:

$$VCO_2 = V_E F_{eCO_2} \quad [2]$$

A amostra de ar proveniente do paciente é misturada com o ar do compartimento, compondo um fluxo constante Q , como o conteúdo de CO_2 é considerado desprezível neste ar, VCO_2 é dado por:

$$VCO_2 = F \cdot CO_2 \times Q \quad [3],$$

onde $F \cdot CO_2$ é a concentração de CO_2 que é mensurada após a diluição com o ar do compartimento, e Q é o fluxo constante armazenado em memória, obtido pela calibração. O Deltatrac[®] usa estes dados para calcular VCO_2 .

O quociente respiratório RQ é calculado usando a equação abaixo:

$$RQ = \frac{VCO_2}{VO_2} = \frac{1 - F_iO_2}{\frac{F_iO_2 - F_eO_2}{F_eCO_2} - F_iO_2} \quad [4]$$

O volume de oxigênio consumido pelo paciente é determinado por:

$$VO_2 = \frac{VCO_2}{RQ} \quad [5]$$

O Deltatrac[®] usa as equações [3], [4] e [5] em seus cálculos. Quando a taxa metabólica é mensurada com o paciente captando ar do ambiente, através da entrada da máscara $V_E = Q$

O Deltatrac[®] usa a concentração de dióxido de carbono e oxigênio para deduzir seus volumes absolutos. A concentração de dióxido de carbono (F_{eCO_2}) habilita a dedução de VCO_2 . O volume de oxigênio (VO_2) é calculado com base na diferença das concentrações de oxigênio entre a amostra inspirada e expirada (SAYEED, 2003).

III. MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizadas 34 cutias (*Dasyprocta azarae*) adultas e sadias, sendo nove machos não castrados, nove machos castrados e dezesseis fêmeas, disponibilizadas pelo Criadouro Científico do Museu de História Natural Capão da Imbuia (Curitiba-PR), as quais foram submetidas a jejum e determinação da taxa metabólica basal (TMB).

3.1 Avaliação sanitária dos indivíduos

Inicialmente todos os animais foram avaliados por exame físico, sendo a seguir pesados, marcados e submetidos a punção venosa, utilizando-se de seringas descartáveis com capacidade de 3ml e agulhas hipodérmicas de calibre 20x5,5, para colheita de sangue visando a análise dos parâmetros hematológicos (hemograma completo) e bioquímicos (uréia, creatinina e glicemia). A colheita de sangue foi realizada através de punção da veia safena lateral, próxima à linha média, na região inguinal, de acordo com a técnica recomendada por PACHALY *et al.* (2001), ilustrada na Figura 1.

Para a avaliação hematológica foram utilizadas técnicas de rotina para mamíferos (JAIN, 1993) sendo os testes bioquímicos de uréia e creatinina séricas, realizados em conformidade com o descrito por SCHMIDT-POPAZOGLO (2002a) e a glicemia com a utilização do Glucometer Elite[®]II (Bayer). Os resultados do hemograma e das provas bioquímicas (creatinina, uréia e glicemia) foram comparados com os obtidos por SCHMIDT-POPAZOGLO (2002a); SCHMIDT-POPAZOGLO *et al.* (2001b) e PACHALY *et al.*, (2001).

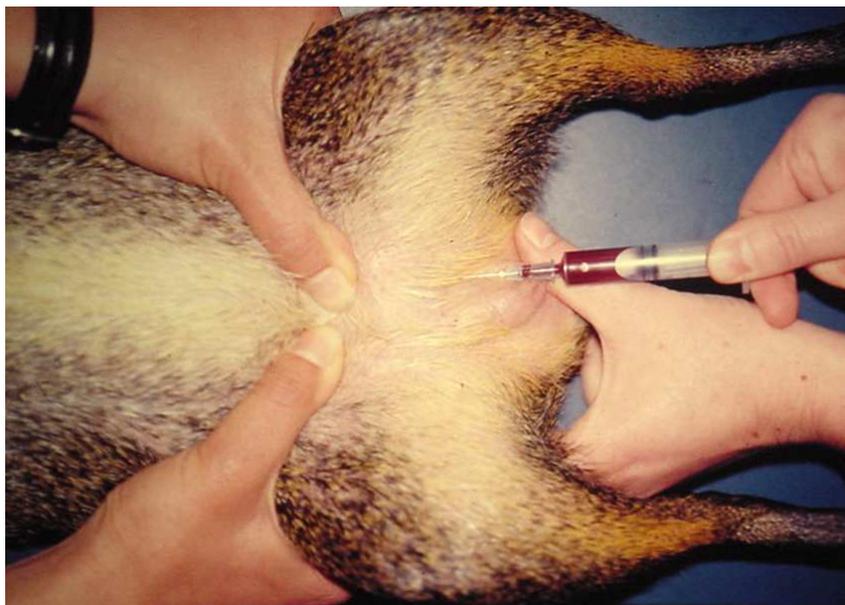


Figura 1 - Colheita de sangue em cutia (*Dasyprocta azarae*) por punção venosa da veia safena lateral. Cortesia – Prof. Dr. J. R. Pachaly

3.2 Determinação do período de jejum

Para a determinação do período ideal de jejum necessário para aferição da taxa de metabolismo basal das cutias (*Dasyprocta azarae*), foi determinada inicialmente a curva glicêmica para animais dessa espécie criados em cativeiro, considerando como glicemia normal valores de $104,5 \pm 33,4$ mg/dL para fêmeas e $130 \pm 13,89$ mg/dL para machos (PACHALY *et al.*, 2001). Foram selecionados aleatoriamente dez animais, que foram alimentados e a seguir submetidos seqüencialmente a colheitas de sangue segundo a técnica já mencionada, a intervalos de 5 minutos entre cada animal, utilizando-se de agulhas hipodérmicas descartáveis de calibre 20x5,5. Para aferição da glicemia empregou-se o Glucometer Elite®II (Bayer), e o procedimento foi repetido a cada hora, durante doze horas.

Todos os indivíduos apresentaram valores normais de glicemia, a partir de cinco horas e até oito horas após a captura, sendo então determinado que seis horas seria o tempo ideal de jejum.

3.3 Determinação da taxa metabólica basal

Os animais foram divididos aleatoriamente em cinco grupos, para serem submetidos à medição do consumo de oxigênio (VO_2), produção de dióxido de carbono (VCO_2) e quociente respiratório (RQ), parâmetros estes aferidos e calculados pelo monitor metabólico Deltatrac[®]II (Figura 2), para determinação do dispêndio energético. O monitor metabólico Deltatrac[®]II é composto por uma tela onde são mostrados os valores dos parâmetros determinados, uma compartimento de ar, para onde o ar que deve ser analisado é direcionado, durante o período de medição, um adaptador de náilon, e que é conectado à entrada do compartimento de ar, outro adaptador de náilon que fica ligado à caixa de medição e uma traquéia artificial de silicone, que se conecta aos dois adaptadores.

A determinação dos parâmetros avaliados pelo monitor metabólico Deltatrac[®]II foi executada em dias diferentes para cada grupo, considerando-se o tempo necessário para tal procedimento, o tempo de jejum requerido e levando em conta ainda que estes animais têm hábitos alimentares exclusivamente diurnos.



Figura 2 - Monitor metabólico Deltatrac[®]II (Datex).

Para medir o consumo de oxigênio os animais foram capturados em intervalos de 40 minutos, após alimentação prévia, sendo pesados e submetidos à aferição da temperatura retal, acondicionados a seguir em caixa de contenção individual. Depois desses procedimentos os animais foram transportados nas caixas de contenção para um ambiente com temperatura controlada ($22 \pm 1^\circ\text{C}$), onde foram transferidos para as caixas de medição, nas quais permaneceram em repouso durante 40 minutos antes da medição do consumo de oxigênio basal, para adaptação as condições ambientais padronizadas, respeitando o intervalo e ordem de captura e perfazendo um total de seis horas de jejum, até o início da medição.

Antes de iniciar a primeira medição do dia, o monitor metabólico Deltatrac[®] II foi calibrado com a mistura gasosa própria para tal finalidade, contendo 95% de oxigênio e 5% de dióxido de carbono.

Após o período de repouso conectou-se a traquéia artificial do monitor metabólico Deltatrac[®] II, ao adaptador da caixa de medição (Figura 3), dando-se início à determinação do consumo de oxigênio basal e demais parâmetros necessários para o cálculo da taxa metabólica, através de estequiometria.



Figura 3 - Caixa para medição do consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono, acoplada ao monitor metabólico Deltatrac[®] II (Datex).

Cada animal foi monitorizado durante 35 minutos, sendo que os cinco primeiros minutos de cada medição, foram descartados pelo monitor

metabólico Deltatrac[®]II na apresentação da média do dispêndio energético, pois este tempo é necessário para a estabilização do paciente e troca do ar existente nas diversas partes do equipamento e da caixa de medição.

Decorridos os 35 minutos de aferição, os relatórios finais, contendo os resultados da medição minuto a minuto com especificação do horário, assim como, os valores médios de volume de CO₂ produzido (ml/minuto) volume de O₂ consumido (ml/minuto), quociente respiratório e dispêndio energético (kcal/24 horas), foram impressos e a traquéia artificial foi desacoplada da caixa de medição, sendo o animal encaminhado para um ambulatório para ser submetido a novo exame físico. Após a retirada de cada animal o equipamento foi preparado para ser acoplado à caixa seguinte, contendo o próximo indivíduo a ser submetido à aferição da taxa metabólica basal, respeitando-se o tempo de repouso.

3.4 Análise estatística

Após a obtenção dos dados, calculou-se a taxa metabólica específica de cada indivíduo dos três grupos, tabulando-se a seguir estes valores com os resultados obtidos, para submetê-los à avaliação estatística. A inferência estatística visou a comparação entre a taxa metabólica específica dos indivíduos destes grupos, pois se fosse utilizada a comparação entre a taxa metabólica basal, teríamos como unidade de medida a ser comparada, kcal/indivíduo/24h, enquanto que com a taxa metabólica específica, a unidade passou a ser kcal/g/24h, facilitando-se assim a análise, compreensão e comparação destes dados. Os testes estatísticos iniciaram-se pela determinação das médias e dos desvios padrão, da taxa metabólica específica, dos indivíduos de cada grupo, valores estes utilizados nas etapas subseqüentes da avaliação estatística do experimento. Dando seqüência à inferência estatística, realizou-se o teste de rejeição de pontos experimentais, pelo método de Chauvenet, utilizado com o objetivo de descartar possíveis pontos

amostrais que pudessem conter desvios grosseiros, evitando-se assim erros que ocorreriam ao considerar estes pontos no tratamento estatístico (SOUZA, 2003). Após este procedimento foram realizados os testes de hipóteses (comparação entre amostras) para comparação entre as variâncias e entre as médias de taxa metabólica específica dos três grupos, comparação esta que teve como finalidade constatar se os desvios e as médias destes grupos eram estatisticamente iguais, sendo estes testes realizados conforme descrito por NEWBOLD (1995) e SOUZA (2003), considerando como hipótese nula (H_0), em todos os casos, a igualdade entre as médias ou entre as variâncias dos grupos testados. Como hipótese alternativa (H_1), na comparação entre fêmeas e machos não castrados, testou-se a hipótese da taxa metabólica específica (TME) dos machos ser maior que a das fêmeas, pois segundo GANONG (1989) indivíduos do sexo masculino têm taxa metabólica maior que indivíduos do sexo feminino. Como não foram encontrados, na literatura consultada, dados com relação aos machos castrados, testou-se a hipótese alternativa (H_1), do metabolismo destes ser diferente do metabolismo dos machos não castrados e também das fêmeas. No caso da comparação entre variâncias, em todos os casos, foi testada a hipótese alternativa das variâncias serem diferentes. Dando seqüência à análise estatística, os dados dos três grupos, e do grupo que pode ser formado, considerando os testes de hipóteses, foram submetidos ao teste de normalidade pelo método analítico de Kolmogorov-Smirnov (K-S), pois segundo SOUZA (2003), os resultados dos testes de hipóteses e as estimativas dos intervalos de confiança só podem ser considerados válidos se os dados experimentais possuírem uma boa aderência à curva normal. Depois de constatada a distribuição normal dos dados, partiu-se para a aferição dos intervalos de confiança, adotando-se grau de confiança de 95%, sendo esta a probabilidade de que o respectivo intervalo contenha o valor do parâmetro para a população (SOUZA, 2003). Após verificação do intervalo de confiança, realizou-se a análise de regressão linear, pois segundo WITHERS (1992), a taxa metabólica de animais relaciona-se à massa corporal através da forma geral de uma curva de potência, representada pela equação: $y = a M^b$, função esta linearizável. Foram calculados

também os coeficientes de correlação dos pontos experimentais, visando identificar qual a tendência de variação conjunta entre a massa corporal e a taxa metabólica basal (TMB), dos quatro grupos, sendo os dados plotados em um diagrama de dispersão. Após estes procedimentos foram executados ainda os testes de hipóteses dos coeficientes de correlação, pois segundo SOUZA (2003), como o coeficiente de correlação (r) é calculado com base nos n elementos de uma amostra aleatória, este representa apenas uma estimativa do coeficiente de correlação populacional, e devido a isso os conceitos de testes de hipóteses aplicam-se ao mesmo.

IV. RESULTADOS

Como os resultados da taxa metabólica basal, medida com o monitor metabólico Deltatrac®II, são obtidos de forma individual, após a aferição em todos os animais, optou-se por tabular estes dados em três tabelas diferentes e calcular para todos os indivíduos, a taxa metabólica específica (Tabelas 1, 2 e 3), para posteriormente submetê-los a análise estatística, de acordo com as seguintes categorias: fêmeas, machos não castrados e machos castrados.

Todos os animais submetidos à aferição da taxa metabólica basal, apresentaram parâmetros normais ao exame físico realizado após o procedimento.

Tabela 1 - Taxa metabólica específica (TME) de espécimes fêmeas de *Dasyprocta azarae*, com massa corporal média de 3.979g \pm 433g, calculada a partir da taxa metabólica basal obtida por calorimetria indireta, através da utilização do monitor metabólico Deltatrac®II.

Animal	Massa corporal (g)	TMB (kcal/24horas)	TME (kcal/g/24horas)
21	2.870	190	0,0662
19	3.559	200	0,0562
18	3.645	240	0,0658
08	3.732	220	0,0589
13	3.820	200	0,0524
25	3910	190	0,0486
15	3.930	240	0,0611
28	3.975	190	0,0478
11	4.013	220	0,0548
14	4.030	250	0,0620
20	4.050	230	0,0568
05	4.095	200	0,0488
10	4.330	230	0,0531
23	4.468	220	0,0492
27	4.560	220	0,0482
06	4.670	250	0,0535

Tabela 2 - Taxa metabólica específica (TME) de espécimes machos não castrados de *Dasyprocta azarae*, com massa corporal média de $3.515g \pm 474g$, calculada a partir da taxa metabólica basal obtida por calorimetria indireta, através da utilização do monitor metabólico Deltatrac® II.

Animal	Peso Corporal (g)	TMB (kcal/24horas)	TME (kcal/g/24horas)
32	2.500	194	0,0776
31	3.035	248	0,0817
33	3.420	250	0,0731
01	3.500	210	0,0600
17	3.750	250	0,0667
16	3.808	210	0,0551
03	3.860	240	0,0622
22	3.860	250	0,0648
02	3.900	200	0,0513

Tabela 3 - Taxa metabólica específica (TME) de espécimes machos castrados de *Dasyprocta azarae*, com massa corporal média de $4.546g \pm 304g$, calculada a partir da taxa metabólica basal obtida por calorimetria indireta, através da utilização do monitor metabólico Deltatrac® II.

Animal	Peso Corporal (g)	TMB (kcal/24horas)	TME (kcal/g/24horas)
26	4.100	220	0,0537
09	4.200	240	0,0571
24	4.360	230	0,0528
30	4.430	200	0,0451
07	4.530	220	0,0486
12	4.610	260	0,0564
29	4.847	230	0,0475
34	4.915	274	0,0557
04	4.920	260	0,0528

4.1 Médias e desvios padrão das amostras

No início da análise estatística foram calculadas as médias e os desvios padrão da taxa metabólica específica (TME) dos indivíduos de cada grupo, sendo estes resultados relacionados à massa corporal e ao sexo, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Taxa metabólica específica de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de *Dasyprocta azarae*.

Sexo	Massa corporal média (g)	Desvio padrão da massa corporal (g)	Média da TME kcal/g/24h	Desvio da TME kcal/g/24h
Fêmea	3.979	433	0,0552	0,0062
Machos não castrados	3.515	474	0,0658	0,0101
Machos castrados	4.576	304	0,0522	0,0042

4.2 Rejeição de pontos experimentais

No teste de rejeição de pontos experimentais, pelo método de Chauvenet, não houve necessidade de descarte de pontos amostrais, pois os valores obtidos ficaram dentro dos limites esperados (Tabela 5).

Tabela 5 - Relação entre valores extremos esperados pelo critério de rejeição de pontos experimentais (Método de Chauvenet) e os obtidos, para amostras de taxa metabólica específica (TME) determinada por calorimetria indireta, com a utilização do monitor metabólico Deltatrac[®] II, em fêmeas, machos não castrados e machos castrados de *Dasyprocta azarae*.

Grupo	TME esperada (kcal/g/24h)		TME obtida (kcal/g/24h)	
	Mínima	Máxima	mínima	Máxima
Fêmeas	0,0420	0,0685	0,0478	0,0662
Machos não castrados	0,0465	0,0851	0,0513	0,0817
Machos castrados	0,0441	0,0603	0,0451	0,0571

4.3 Testes de hipóteses (comparação entre amostras)

Para a comparação da TME entre as populações de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de *Dasyprocta azarae*, com base nos dados amostrais, utilizou-se os testes de hipóteses para comparação entre duas variâncias e entre duas médias.

A comparação entre variâncias teve como objetivo constatar se estas eram estatisticamente iguais, possibilitando a verificação de semelhança entre o grau de dispersão das amostras (Figura 4), e posterior comparação entre as médias amostrais dos três grupos envolvidos, que por sua vez teve como objetivo mostrar se há diferença metabólica significativa entre estes três grupos.

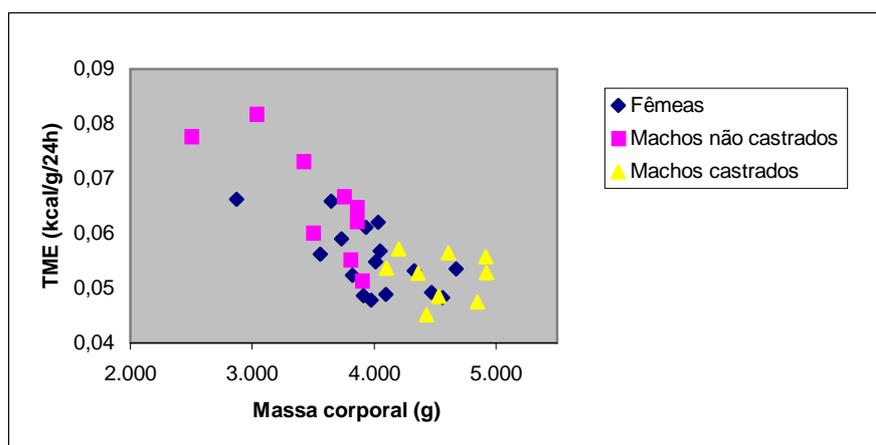


Figura 4 - Diagrama de dispersão da TME nas amostras de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de *Dasyprocta azarae*.

4.3.1 Comparação entre fêmeas e machos não castrados

Com o resultado dos cálculos referentes ao teste de hipóteses para comparação entre as variâncias da TME, do grupo de fêmeas e de machos não castrados, aceitou-se a hipótese nula, de que as variâncias dos dois grupos são iguais, ao nível de 5% de significância. Já na comparação entre as médias da TME destes grupos foi aceita a hipótese alternativa de que a TME do grupo de machos não castrados é maior que a TME do grupo de fêmeas, também ao nível de 5% de significância.

4.3.2 Comparação entre machos não castrados e machos castrados

Na comparação entre as variâncias da TME dos machos não castrados e dos machos castrados aceitamos a hipótese nula, de que as variâncias destes grupos são iguais, ao nível de 5% de significância, porém na comparação das médias de TME destes grupos, foi rejeitada a hipótese nula, sendo aceita a hipótese alternativa de que a TME dos dois grupos são diferentes, também ao nível de 5% de significância.

4.3.3 Comparação entre fêmeas e machos castrados

Comparando as variâncias da TME do grupo de fêmeas e de machos castrados, foi aceita a hipótese nula de que as variâncias são iguais, ao nível de 5% de significância. Na comparação entre as médias da TME destes dois grupos, foi rejeitada a hipótese alternativa, sendo aceita a hipótese nula de que a TME destes grupos é igual, ao nível de 1% e 5% de significância.

4.4 Teste de normalidade

Com o teste de normalidade efetuado pelo método analítico de Kolmogorov-Smirnov (K-S), foram comparadas as frequências acumuladas observadas com as calculadas pela distribuição normal.

Além dos três grupos iniciais (fêmeas, machos não castrados e machos castrados), foi formado um quarto grupo envolvendo as fêmeas e os machos castrados, para ser submetido ao teste de normalidade, pois o resultado dos testes de hipótese para comparação entre amostras demonstrou que a TME das fêmeas é estatisticamente igual a TME dos machos castrados. Foi aceita a hipótese de normalidade para todos os grupos, ao nível de 5% de significância.

4.5 Intervalo de confiança

Os intervalos de confiança foram calculados adotando-se um grau de confiança de 95%, sendo esta a probabilidade de que os intervalos de confiança contêm o valor real da taxa metabólica específica (TME) das populações de fêmeas, machos não castrados e machos castrados, além da população que reúne fêmeas e machos castrados, e que foram analisadas em conjunto devido aos resultados dos testes de hipóteses e de normalidade. A Tabela 6 mostra os intervalos de confiança para média e variância da TME das populações em questão.

Tabela 6 - Intervalos de confiança das médias e variâncias de TME para *Dasyprocta azarae*, com grau de confiança de 95%, para as populações de fêmeas, machos não castrados e machos castrados, e para a população constituída por fêmeas e machos castrados.

Populações	Intervalos de Confiança	
	Média (kcal/g/24h)	Variância (kcal/g/24h)
Fêmeas	0,0519 – 0,0585	0,00002078 – 0,00009122
Machos não castrados	0,0580 – 0,0736	0,00004669 – 0,00037554
Machos castrados	0,0489 – 0,0554	0,00000816 – 0,00006560
Fêmeas e Machos castrados	0,0518 – 0,0565	0,00001949 – 0,00002062

4.6 Análise de regressão

A análise de regressão foi efetuada visando a determinação de uma função que exprimisse o relacionamento funcional (linha de regressão) entre a massa corporal e a taxa metabólica basal (TMB) na espécie estudada (Figuras 5, 6, 7 e 8), pois segundo WITHERS (1992), um dos mais intrigantes e ainda não resolvidos problemas na fisiologia animal comparativa, é observado nessa relação entre a taxa metabólica e a massa corporal, não sendo a taxa metabólica diretamente proporcional à massa corporal, porém relacionando-se a mesma através da forma geral de uma curva de potência, representada pela equação $y = a M^b$, função

esta que segundo SOUZA (2003), é linearizável, tornando-se simples a solução do problema de regressão.

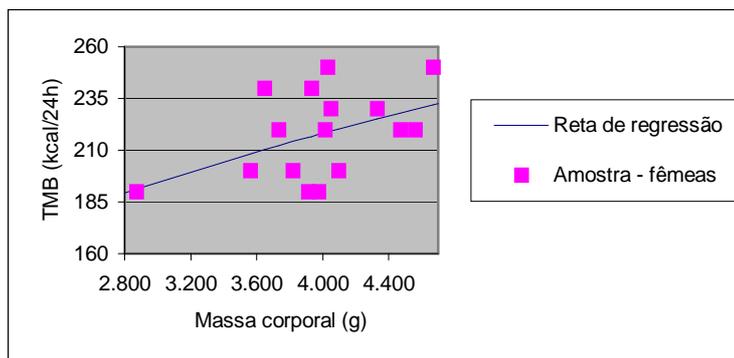


Figura 5 - Dispersão da TMB da amostra de fêmeas de *Dasyprocta azarae*, em relação à reta de regressão.

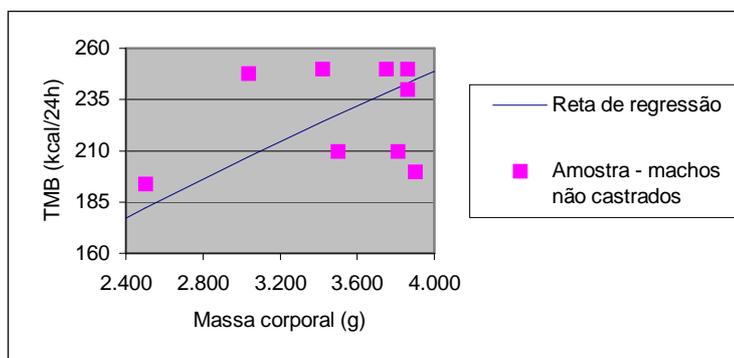


Figura 6 - Dispersão da TMB da amostra de machos não castrados de *Dasyprocta azarae*, em relação à reta de regressão.

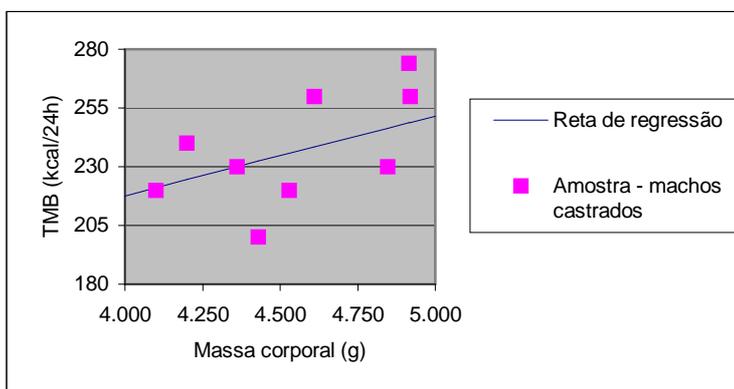


Figura 7 - Dispersão da TMB da amostra de machos castrados de *Dasyprocta azarae*, em relação à reta de regressão.

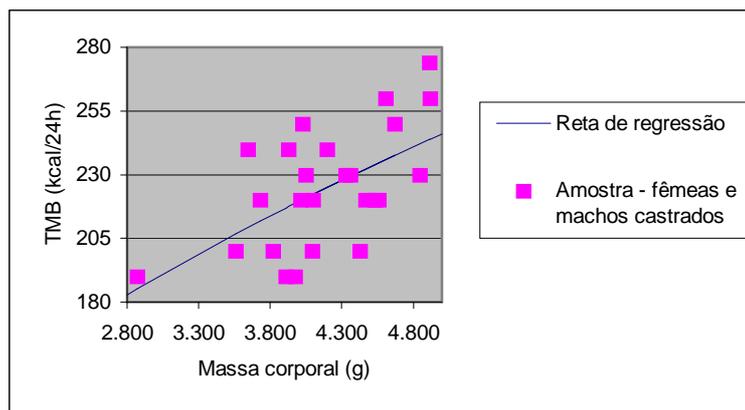


Figura 8 - Dispersão da TMB da amostra formada por fêmeas e por machos castrados de *Dasyprocta azarae*, em relação à reta de regressão.

Houve uma grande variação entre os coeficientes e expoentes de massa estimados, para os grupos em estudo (Tabela 7).

Tabela 7 - Coeficientes de massa **a** e expoentes de massa **b**, estimados por regressão linear, para os grupos de fêmeas, machos não castrados e machos castrados, e para o grupo formado com as fêmeas e machos castrados.

Grupos	Coeficiente de massa a (kcal/g/24h)	Expoente de massa b
Fêmeas	8,0414	0,3979
Machos não castrados	36,9867	0,2224
Machos castrados	0,1854	0,8491
Fêmeas e machos castrados	3,1526	0,5116

4.7 Correlação de pontos experimentais

Através do teste de correlação de pontos experimentais podemos observar qual a tendência de variação conjunta da massa corporal com a taxa metabólica basal (TMB), nos grupos em estudo (Figura 9).

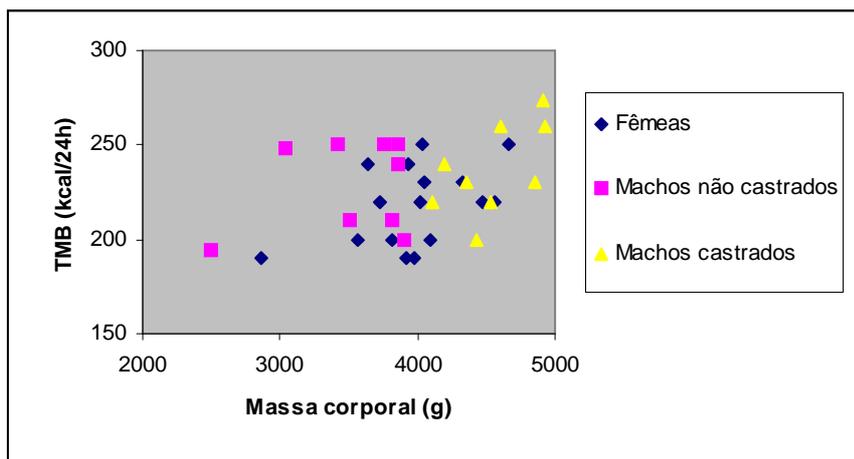


Figura 9 - Variação conjunta entre massa corporal e TMB nos grupos de fêmeas, machos não castrados e machos castrados de *Dasyprocta azarae*.

A interpretação dos valores dos coeficientes de correlação r obtidos das amostras fornece uma idéia dos graus e dos sinais das correlações. No entanto os valores de r são calculados com base nos n elementos das amostras aleatórias, e portanto, representam uma estimativa dos verdadeiros coeficientes de correlação populacionais ρ . Os grupos de fêmeas, machos não castrados, machos castrados e o grupo que pode ser formado com as fêmeas e os machos castrados, apresentaram respectivamente os seguintes valores de r : 0,4649; 0,2637; 0,5919 e 0,5976.

Com a aplicação dos testes de hipóteses para os coeficientes de correlação, foi constatado que há correlação, ao nível de 10% de significância, entre a massa corporal e a taxa metabólica basal (TMB), para os grupos de fêmeas e de machos castrados, e ao nível de 1%, 5% e 10% de significância, para o grupo formado pelas fêmeas e pelos machos castrados, enquanto que para o grupo de machos não castrados não há correlação ao nível de 1%, 5% e 10% de significância.

V. DISCUSSÃO

Segundo FELDMAN & McMAHON (1983), e WITHERS, (1992), o conhecimento atualmente disponível sobre metabolismo de vertebrados é muito vasto e se baseia, em grande parte, nos trabalhos de Kleiber, realizados nas décadas de 30 e 40, tendo este pesquisador demonstrado que a relação entre a taxa metabólica e a massa corporal não é linear, e proposto o expoente 0,75 para expressar o metabolismo basal com relação à massa corporal em comparações interespecíficas. PACHALY & BRITO (2000), afirmam que o expoente 0,75 tem sido utilizado para cálculo de taxa metabólica basal de vertebrados, com diversos propósitos, tanto em pesquisa básica quanto aplicada e que a taxa de metabolismo basal é considerada o melhor meio de comparação entre organismos diferentes, por ser uma relação fundamental que existe entre todos os organismos, sendo também a base para o processo de extrapolação alométrica, considerado por estes pesquisadores uma ferramenta capaz de auxiliar os clínicos de animais selvagens, no cálculo de doses das drogas empregadas para a contenção farmacológica ou para o tratamento médico. McNAB (1988) afirma que as relações alométricas são geralmente descritas como uma função exponencial da massa corporal, alegando que a conexão entre um caráter e o tamanho corporal geralmente não é linear.

Segundo GIBBONS, POKRAS & SEDGWICK (1988), SEDGWICK (1988a,b), SEDGWICK & POKRAS (1988), SEDGWICK, POKRAS & KAUFMAN (1990), MADER (1991), SEDGWICK (1991), FOWLER (1993), JACOBSON (1995), DORRESTEIN (1997); GAMBLE *et al.* (1997); HEARD (1997); PACHALY & BRITO (2000, 2001), a fórmula geral para o cálculo da taxa metabólica basal dos animais vertebrados, tanto domésticos como selvagens, é expressa pela equação $TMB = a \cdot M^{0,75}$, equação esta contestada por HEUSNER (1982) que reuniu um conjunto cuidadosamente escolhido de dados da literatura, com o objetivo de reexaminar o escalonamento do metabolismo basal e ao invés de empregar análise de regressão simples, introduziu dois níveis de variação

na variável independente: interespecífica e intraespecífica e encontrou um expoente de massa de $2/3$ (0,67) para o escalonamento intraespecífico do metabolismo basal, expoente esse que segundo FELDMAN e McMAHON, (1983) foi encontrado também por WILKIE (1977) quando comparou as taxas metabólicas basais de cobaias entre 0,1 e 0,9 kg.

SCHMIDT-NIELSEN (2002), entretanto, também defende o expoente 0,75, afirmando que as inclinações das retas de regressão estão mais próximas de 0,75 do que de 0,67.

Os resultados do presente estudo, obtidos por análise de regressão linear, calculada em conformidade com a definição de WITHERS (1992), de que a taxa metabólica de animais não é diretamente proporcional à massa corporal, porém relaciona-se a mesma através da forma geral de uma curva de potência, representada pela equação $y = a M^b$, e que esta curva de potência pode ser transformada em uma relação linear pela extração do Log_{10} dos valores das taxas metabólicas e massas corporais, diferem dos defendidos por HEUSNER (1982); FELDMAN & McMAHON (1983); GIBBONS, POKRAS & SEDGWICK (1988); SEDGWICK (1988a,b); SEDGWICK & POKRAS (1988); SEDGWICK, POKRAS & KAUFMAN (1990); MADER (1991); SEDGWICK (1991); WITHERS (1992) FOWLER (1993); JACOBSON (1995); DORRESTEIN (1997); GAMBLE *et al.* (1997); HEARD (1997); PACHALY & BRITO (2000, 2001) e SCHMIDT-NIELSEN (2002), indicando ser ainda necessário a realização de outros experimentos com uma amplitude maior da massa corporal dos animais em estudo, pois com o aumento da amplitude na variável independente, pode-se ter uma alteração significativa na dispersão da amostra, e conseqüentemente alterações nas inclinações das retas de regressão.

A taxa metabólica específica utilizada em várias etapas da análise estatística deste trabalho, foi obtida conforme preconizado por PACHALY & BRITO (2000) e PACHALY & BRITO (2001), dividindo-se a taxa metabólica basal pela massa corporal do animal.

Os testes de hipóteses para comparação entre amostras, realizados conforme o descrito por NEWBOLD (1995) e SOUZA (2003) demonstraram que a média da taxa metabólica específica do grupo de machos não castrados é maior que a do grupo das fêmeas, compatível

com a afirmação de GUYTON (1992) de que o hormônio sexual masculino pode aumentar o metabolismo basal em cerca de 10 a 15%, enquanto que o hormônio sexual feminino talvez contribua com uma pequena porcentagem, e com a afirmação de GANONG (1989) de que a taxa metabólica de machos é maior que a de fêmeas, afirmações estas compatíveis também com o resultado dos testes de hipóteses do coeficiente de correlação, que indica haver uma outra variável afetando a taxa metabólica dos machos não castrados, que não a massa corporal, o que por sua vez é compatível com a menção de FELDMAN & McMAHON (1983) que esperam que considerações simultâneas de outras variáveis possam resultar em novos achados, mas que as variáveis novas não invalidam as antigas.

Os testes de hipóteses para comparação entre amostras indicaram também que a taxa metabólica média dos machos castrados é estatisticamente igual a das fêmeas, o que sugere que o hormônio sexual masculino referido por GUYTON (1992) seja a testosterona, por ser este o principal hormônio sexual que sofre depleção com a castração, contudo a literatura consultada, não se refere a alterações no metabolismo decorrentes da castração de machos.

O teste de normalidade demonstrou que as amostras de todos os grupos seguiram os padrões de distribuição normal, o que segundo SOUZA (2003), nos permite utilizar os conceitos de estatística indutiva ou inferência estatística e obter dados da população a partir de dados da amostra. Com isso podemos afirmar que há 95% de probabilidade de que os intervalos de confiança calculados, contenham o valor real da TME de cada grupo estudado, dado este que também não está disponível na literatura consultada. O resultado deste teste demonstra ainda que o monitor metabólico Deltatrac[®]II é um instrumento eficiente para a determinação da taxa metabólica basal em *Dasyprocta azarae*.

A afirmação de McNAB (1992), de que a maioria dos caracteres de função orgânica, tem uma relação positiva com a massa corporal elevada a uma potência menor que uma unidade, é plenamente compatível com os resultados encontrados, tanto para taxa metabólica basal, quanto para taxa metabólica específica, em todos os grupos estudados. Os resultados da taxa metabólica

específica, confirmam ainda a afirmação de SCHMIDT-NIELSEN (2002) de que o consumo de oxigênio por grama diminui consistentemente com o aumento do tamanho corporal e com a menção de WITHERS (1992) ao fato de que um dos mais intrigantes e ainda não resolvidos problemas na fisiologia animal comparativa, é observado na relação entre a taxa metabólica e a massa corporal.

Com os testes de hipóteses dos coeficientes de correlação de pontos experimentais para o grupo de fêmeas e para o de machos castrados constatou-se que há correlação entre a TMB e a massa corporal, porém com apenas 10% de significância, enquanto que para o grupo formado pelas fêmeas e pelos machos castrados a significância foi de 1%, 5% e 10%, podendo indicar que a maior amplitude da massa e o maior *n* deste grupo, em comparação com os primeiros, podem ter melhorado o coeficiente de correlação.

VI. CONCLUSÃO

- a) O monitor metabólico Deltatrac[®]II é um instrumento eficiente para a determinação da taxa metabólica em *Dasyprocta azarae*;
- b) Não foi possível concluir qual a fórmula ideal para estimar matematicamente a TMB para a espécie em estudo;
- c) A correlação entre TMB e massa corporal foi forte (1% de significância) para o grupo formado por fêmeas e por machos castrados, no qual a variação na massa corporal foi maior;
- d) Para os grupos compostos apenas por fêmeas ou por machos castrados, a correlação foi fraca (10% de significância);
- e) Para o grupo de machos não castrados não houve correlação;
- f) Será necessária a realização de outros experimentos, em que a variação da massa corporal dos animais seja maior e que sejam consideradas também outras variáveis.
- g) O fato de não ter havido correlação entre massa corporal e TMB no grupo de machos não castrados, aliado à constatação de que a TMB encontrada para este grupo é maior que a encontrada para os grupos de fêmeas e de machos castrados, que são estatisticamente iguais, indica que os próximos estudos deverão considerar a variável “hormônio sexual”, principalmente a testosterona, na determinação da TMB.
- h) Quanto à avaliação da taxa metabólica específica (TME), os testes de hipóteses para comparação entre amostras permitem concluir que, em *Dasyprocta azarae*, a TME de fêmeas é igual à de machos castrados, e que a TME de ambos é inferior à de machos não castrados.

VII. REFERÊNCIAS

DORRESTEIN, G.M. Metabolism, pharmacology and therapy. In: ALTMAN, R.B.; CLUBB, S.L.; DORRESTEIN, G.M.; QUESENBERRY, K. *Avian medicine and surgery*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1997. 1070 p. p. 661-670.

FELDMAN, H.A.; McMAHON, T.A. The $\frac{3}{4}$ mass exponent for energy metabolism is not an statistical artifact. *Respiration physiology*, Amsterdam, v. 52, p. 149-163. 1983

FOWLER, M. E. Allometric scaling of nondomestic carnivores for restraint, anesthesia and therapeutics. In:_____. *Tópicos em medicina de animais selvagens*. São Paulo, 1993 (Disciplina - Curso de Pós Graduação em Medicina Veterinária: Apostila) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. 227 p.

GAMBLE, K.C. at al. Pharmacokinetics of a single enrofloxacin dose in scimitar-horned orix (*Oryx dammah*). *Journal of zoo and wildlife medicine*, Lawrence, v. 18, n. 4, p. 36-42, mar. 1997

GANONG, W.F. Balanço energético, metabolismo e nutrição. In:_____. *Fisiologia médica*. 5 ed, São Paulo: Atheneu, 1989. p. 236-270.

GESSAMAN, J. A., NAGY, K. A. Energy metabolism: error in gas-exchange conversion factors. *Physiology & Zoology*, Chicago, v. 61, n. 6, p. 507-513, may. 1988.

GIBBONS, G., POKRAS, M., SEDGWICK, C. Allometric scaling in veterinary medicine. *Australian veterinary practitioner*, Bondi, v. 18, n. 4, p. 160-164, dec. 1988.

GUYTON, A.C. *Energética e intensidade do metabolismo*. In:_____. Tratado de fisiologia médica. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1992. p. 693-698.

HEUSNER, A.A. Energy metabolism and body size. I. Is the 0,75 mass exponent of Kleiber a statistical artifact? *Respiration Physiology*, California, v. 48, p. 1-12. 1982

HEARD, D.J. Anesthesia and Analgesia. In: ALTMAN, R.B.; CLUBB, S.L.; DORRESTEIN, G.M.; QUESENBERRY, K. *Avian medicine and surgery*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1997. 1070 p. p. 807-827.

JAIN, N.C. *Essentials of Veterinary Hematology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993, 417p.

JACOBSON, E.R. Use of antimicrobial therapy in reptiles. In: *Antimicrobial therapy in caged birds and exotic pets – An international symposium at the North American Veterinary Conference*, (Orlando, 1995). Proceedings... Orlando, 1995. 48 p. p. 28-37.

MADER, D.R. Metabolic scaling of antibiotic dosages. In: FRYE, F.L. (Ed.) *Reptile care – An atlas of diseases and treatments*, v. 2. Neptune City: T.F.H. Publications, 1991. 637 p. p. 632-633.

McNAB, B.K. Complications inherent in scaling the basal rate of metabolism in mammals. *The quarterly review of biology*, Chicago, v. 63, n. 1, p. 25-54, mar. 1988

NEWBOLD, P. *Statistics for Business & Economics*. 4 ed. New Jersey: Simon & Schuster, 1995, 867p.

PACHALY, J.R.; BRITO, H.F.V. Emprego do método de extrapolação alométrica no cálculo de protocolos posológicos para animais selvagens. *A hora veterinária*, Porto Alegre, v. 20, n. 118, p. 84-90, nov/dez. 2000.

PACHALY, J.R.; BRITO, H.F.V. Interspecific Allometric Scaling. In: FOWLER & CUBAS. *Biology, medicine, and surgery of South American wild animals*. Ames: Iowa State University Press, 2001. p. 475-481.

PACHALY et al. Order Rodentia. In: FOWLER & CUBAS. *Biology, medicine, and surgery of South American wild animals*. Ames: Iowa State University Press, 2001. p. 225-237.

SAYEED, A. *Validation of Deltatrac II metabolic monitor for neonates*. <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/A.Sayeed/deltatrac/Deltatrac.html>. Acessado em 01/04/2003.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Metabolismo energético. In:_____. *Fisiologia animal – Adaptação e meio ambiente*. 5 ed, São Paulo: Santos Editora, 2002. 611p.

SCHMIDT-POPAZOGLO, E.M.S. et al. Determinação de parâmetros do hemograma de cutias (*Dasyprocta azarae*). In: XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia (2002). *Anais...* Itajaí, 2002. p. 535.

SCHMIDT-POPAZOGLO, E.M.S. et al. Determinação de parâmetros de bioquímica plasmática em cutias (*Dasyprocta leporina*). In: XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia (2002). *Anais...* Itajaí, 2002. p. 535.

SEDGWICK, C.J. Finding dietetic needs of captive native wildlife and zoo animals by allometric scaling. In: American Animal Hospitals Association's 55th Annual Meeting (1988). *Proceedings...* 1988. p. 149-150.

SEDGWICK, C.J. Anesthetic and chemical restraint techniques for zoo animals and wildlife. In: American Animal Hospitals Association's 55th Annual Meeting (1988). *Proceedings...* 1988. p. 162-166.

SEDGWICK, C.J. Allometrically scaling the data base for vital sign assessment used in general anesthesia of zoological species. In: American association of zoo veterinarians annual conference (1991). *Proceedings...* Calgary 1991. 396 p. p. 360-369.

SEDGWICK, C.J.; POKRAS, M.A. Extrapolating rational drug doses and treatment periods by allometric scaling. In: American Animal Hospitals Association's 55th Annual Meeting, (1988). *Proceedings...* 1988. p. 156-161.

SEDGWICK, C.J.; POKRAS, M.A.; KAUFMAN, G. Metabolic scaling: Using estimated energy costs to extrapolate drug doses between different species and different individuals of diverse body sizes. In: American Association of Zoo Veterinarians Annual Conference, (1990). *Proceedings...* 1990. p. 249-254.

SOUZA, R.S. *Metodologia de pesquisa e estatística para experimento*. Mato Grosso do Sul, 2003 (Disciplina - Curso de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 50 p.

WITHERS, P.C. Animal energetics. In:_____. *Comparative animal physiology*. Fort Worth: Saunders College Publishing, 1992. p. 82-121.