

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” – Instituto de Biociências - Campus Botucatu**

**Correlações fisiológicas da carga parasitária
em *Rhinella ictericus* (Anura: Bufonidae)**

Aluno: Eduardo Hermogenes Moretti

Orientador: Prof. Dr. Fernando Ribeiro Gomes

**Monografia apresentada ao Departamento de
Fisiologia do Instituto de Biociências – UNESP –
Botucatu, para obtenção do título de Bacharelado
em Ciências Biológicas.**

Botucatu

2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Moretti, Eduardo Hermógenes.

Correlações fisiológicas da carga parasitária em *Rhinella icteriucus*
(Anura: *marinus*) / Eduardo Hermógenes Moretti. – Botucatu : [s.n.], 2008.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2008

Orientador: Fernando Ribeiro Gomes

1. Parasitologia 2. Anuro – Parasito

Palavras-chave: Anuros; Desempenho locomotor; Fisiologia; Massa dos
órgãos

Índice:

Resumo.....	3
1. Introdução.....	4
2. Materiais e métodos.....	6
3. Resultados.....	8
Tabela 1.....	9
Tabela 2.....	10
Tabela 3.....	11
Figuras 1 e 2.....	12
Figuras 3 e 4.....	13
Figura 5.....	14
4. Discussão.....	15
5. Referência citada.....	19

Resumo

A presença de parasitas, que podem afetar inúmeros aspectos da biologia de seus hospedeiros, possivelmente levando a uma queda em seu desempenho. Entretanto, ao longo do estabelecimento da associação parasita-hospedeiro, alterações na fisiologia e morfologia deste último podem representar mecanismos compensatórios para os danos causados pelos parasitas. Sendo assim, carga parasitária deve ser um importante determinante do valor adaptativo (*fitness*) do hospedeiro. O objetivo do presente trabalho foi estabelecer possíveis correlações entre carga parasitária, massas de diversos órgãos e desempenho locomotor no sapo-cururu, *Rhinella ictericus* (Anura: Bufonidae). O desempenho locomotor dos indivíduos capturados de *R. ictericus* foi medido através do uso de uma pista circular de madeira. Durante um período de 10 minutos, os animais foram forçados a manter desempenho locomotor constante e a distância total percorrida foi corrigida para o comprimento rostro-cloacal. Depois das medidas de desempenho locomotor, os órgãos internos foram dissecados, tendo seus parasitas contabilizados. As massas de todos os órgãos escalaram positivamente com a massa corpórea. O número de parasitas nos pulmões e o índice corpóreo também se mostraram positivamente relacionados à variação em massa corpórea. Indivíduos com maior carga parasitária intestinal foram também aqueles que apresentaram um maior número total de parasitas, sugerindo a existência de variação individual na susceptibilidade a diferentes parasitas. O desempenho locomotor foi negativamente associado à carga parasitária total, demonstrando um efeito deletério causado pelos parasitas ao hospedeiro em um aspecto crucial de sua história de vida. Hospedeiros com maior carga parasitária pulmonar apresentaram maior massa intestinal e renal, sugerindo possíveis mecanismos compensatórios dos possíveis danos causados pelos parasitas.

1. Introdução:

Na maioria dos ecossistemas os animais estão sujeitos a variações das demandas bióticas e abióticas que podem representar restrições energéticas. Uma demanda comum no ambiente é a presença de parasitas, que podem afetar inúmeros aspectos da biologia de seus hospedeiros. A relação hospedeiro-parasita desenvolve-se como um resultado de constante ação e reação entre estes. Durante estabelecimento desta associação, alterações na fisiologia e morfologia do hospedeiro refletem respostas a vários estresses associados ao parasitismo, de forma a trazer as condições funcionais para valores os mais próximo possíveis da condição de homeostase (Thompson, 1991; Kristan & Hammond, 2003). Adicionalmente, esta re-organização fisiológica deve afetar também o comportamento do hospedeiro, alterando a forma como o complexo hospedeiro-parasita interage com o ambiente (Thompson, 1991). A natureza onipresente de parasitas em espécies hospedeiras, e o acúmulo de evidências para efeitos diretos e indiretos de infecção na eficiência de forrageamento, defesa anti-predatória, fecundidade e capacidade competitiva do hospedeiro, sugerem fortemente que a carga parasitária deve ser um importante determinante do valor adaptativo (*fitness*) do hospedeiro (Goater, 1993).

Diversos estudos integrativos realizados com anfíbios anuros têm demonstrado a importância da manutenção da integridade de aspectos morfológicos e fisiológicos subjacentes ao desempenho locomotor, sendo este, por sua vez, correlacionado com aspectos comportamentais (Pough et al., 1992). Estudos estabeleceram, por exemplo, que anuros podem usar metabolismo aeróbio e anaeróbio na síntese de ATP para sustentar altos níveis de exercício locomotor, sendo a magnitude entre esses dois tipos de metabolismo bastante variável entre espécies. Dentre os anuros, os Dendrobatídeos e os Bufonídeos são grupos particularmente caracterizados por altas taxas de consumo de oxigênio durante a atividade locomotora, locomoção sustentada por muito tempo e busca ativa de alimentos no ambiente (Pough et al., 1992). Desta forma, animais pertencentes a estes dois grupos representam modelos interessantes para um estudo sobre o efeito da carga parasitária sobre o balanço energético e o desempenho locomotor aerobiamente sustentado.

O objetivo do presente trabalho foi estabelecer possíveis correlações entre carga parasitária, massas de diversos órgãos e desempenho locomotor em um Bufonídeo, *Rhinella ictericus* (Anura: *marinus*). A hipótese testada foi a da existência de uma

correlação negativa entre carga parasitária, principalmente pulmonar e intestinal, e o desempenho locomotor. Adicionalmente, esperamos encontrar também alterações compensatórias nas massas destes órgãos parasitados. Esta hipótese foi principalmente acoplada à presença de parasitas pulmonares, já que estes devem interferir no processo de ventilação e prejudicar a eficiência do processo de difusão pulmonar, prejudicando a entrega de oxigênio para os tecidos durante a os períodos de alta demanda aeróbia (Holmes and Zohar, 1991; Goater et al., 1993). Adicionalmente, os parasitas intestinais podem afetar a eficiência de assimilação dos nutrientes, alterando a absorção ou motilidade do intestino, além de competirem com o hospedeiro pela aquisição de nutrientes (Holmes and Zohar, 1991), provavelmente levando a uma queda do desempenho locomotor do hospedeiro ao longo do tempo.

2. Materiais e métodos

2.1. Sítio de estudo e espécie incluída

Rhinella ictericus é uma espécie de Bufonidae, pertencente ao grupo *marinus*, que está distribuída por toda região sul-sudeste de Mata Atlântica do Brasil (desde o Rio Grande do Sul até o sul do Espírito Santo), sul para leste do Paraguai e a província de Misiones na Argentina (Stevaux 2001; Sabagh and Carvalho e Silva 2008, Pramuk et al. 2008). Machos foram coletados durante o inverno (maio a julho 2007, N=9; maio a julho de 2008 N=17) na cidade de Botucatu, estado São Paulo, Brasil (22°53' S, 48°27' W).

Dados de campo de umidade e temperaturas do ar e da água foram coletados com carregadores de dados Hobo (onset computer corporation), mas somente para os animais coletados em 2008. Estes carregadores foram programados para registrar dados a cada 5 minutos e foram deixados nos micro-ambientes onde indivíduos desta espécie foram comumente encontrados.

2.2. Captura dos anuros e manutenção em laboratório

Os indivíduos foram capturados manualmente e colocados individualmente em potes plásticos contendo água. Posteriormente, os animais foram transportados até o laboratório onde foram mantidos em suas caixas plásticas individuais contendo um abrigo e um recipiente plástico com água livre constante. Durante sua permanência no biotério, os animais foram expostos aos ciclos naturais de luminosidade e temperatura.

Cada indivíduo foi alimentado uma vez por semana com dois neonatos de camundongo. Os animais foram mantidos no biotério por um período de 7 a 30 dias, e mantiveram condições corpóreas estáveis ao longo deste período.

2.3. Desempenho locomotor

O desempenho locomotor dos indivíduos capturados de *R. ictericus* foi medido através do uso de uma pista circular de madeira, com perímetro de 3,93 m. Durante um período de 10 minutos, os animais foram forçados a manter desempenho locomotor constante, empregando-se uma estimulação manual padronizada. Todos os testes de

desempenho locomotor foram realizados no interior de uma câmara climática (ELETROlab, Modelo 011), mantida a 25 °C e 75% U.R. Ao término dos testes de desempenho locomotor, o comprimento rostro-cloacal dos indivíduos (0,01mm) foi medido através do uso de uma paquímetro digital (DIGIMESS, Three-button Digital Caliper), e a distância total percorrida foi corrigida para o comprimento rostro-cloacal.

2.4. Carga parasitária e massas dos órgãos

Depois das medidas de desempenho locomotor, os animais foram anestesiados em uma solução de benzocaína (1g.L⁻¹) por 20 minutos (Fernandes *et al.* 2005) e mortos pela ruptura do cordão espinhal. Rins, pulmões, fígado, ventrículo, estômago, intestinos e bexiga urinária foram dissecados, tendo seus parasitas contabilizados com o auxílio de uma lupa (ZEISS, Stemi DV4). Finalmente, estes órgãos e a carcaça foram mantidos por 8 dias em estufa de secagem (ELETROlab, 122 FC) mantida a 60°C para a obtenção de massa seca. Um índice corpóreo dos indivíduos foi calculado a partir dos residuais da regressão da massa corpórea, como variável dependente, pelo comprimento rostro-cloacal, como variável independente.

2.5. Análise dos dados

Todas as variáveis foram inicialmente submetidas à análise descritiva. Em seguida, as variáveis foram transformadas (log₁₀) e a influência da massa corpórea sobre as demais variáveis foi estimada através do uso de regressão linear. Posteriormente, a existência de correlações entre as variáveis foi testada através do coeficiente de Pearson. Quando as análises de regressão demonstraram uma influência significativa da massa corpórea sobre qualquer variável, residuais da massa corpórea foram calculados para posterior inclusão na matriz de correlação. Quando uma determinada variável não foi afetada significativamente pela massa corpórea, os dados transformados em log₁₀ foram incluídos na matriz de correlação. Todas as análises estatísticas foram desempenhadas através do programa *Statistica* (Statsoft, Tulsa, OK).

3. Resultados

3.1. Medidas de campo

Todos os machos de *R. ictericus* foram coletados vocalizando dentro da água, em lagos permanentes na região de Rubião Júnior de Botucatu. Aqueles coletados em 2007 foram encontrados no Jardim Botânico do Instituto de Biociências da UNESP, Câmpus de Botucatu (N=5) e na Associação dos Docentes da UNESP Botucatu (N=4). Em 2008, indivíduos foram coletados em um lago próximo à UNESP Botucatu (Distrito de Rubião Jr. N=9), com temperatura da água de $15,42 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, e também na Associação dos Docentes da UNESP Botucatu – N=8, com temperatura da água de $18,6 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$. Os dados de temperatura foram coletados durante os 3 dias de coleta em cada local por aproximadamente 2 horas cada dia, totalizando 144 registros.

3.2. Análise descritiva, alometria e correlação entre as variáveis fisiológicas, morfológicas e carga parasitária

A estatística descritiva dos dados de desempenho locomotor, massa corpórea, massa de órgãos e carga parasitária (em diferentes órgãos e total) encontra-se na Tabela 1.

As massas de todos os órgãos escalaram positivamente com a massa corpórea, com índices de inclinação (β) entre 0,73 e 0,93 (Tabela 2). O número de parasitas nos pulmões e o índice corpóreo também se mostraram positivamente relacionados à variação em massa corpórea (β de 0,38 e 0,79, respectivamente - Tabela 2).

O desempenho locomotor foi negativamente associado à carga parasitária total e à massa renal (Tabela 3, Figuras 1 e 2). Hospedeiros com maior carga parasitária pulmonar apresentaram maior massa intestinal e renal (Tabela 3, Figuras 3 e 4). Indivíduos com maior carga parasitária intestinal foram também aqueles que apresentaram um maior número total de parasitas (Tabela 3, Figura 5). Por fim, a massa ventricular foi positivamente associada à do intestino, a massa dos pulmões foi positivamente associada à do estômago, e uma correlação positiva foi também observada entre a massa dos rins e a do intestino (Tabela 3).

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis fisiológicas, morfológicas e carga parasitária.

Variáveis	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Intervalo confiança (-95.00%)	Intervalo confiança (+95.00%)
DIST10	25	68,12	11,19	48,29	100,75	63,50	72,74
PARPUL	26	31,69	42,20	0	162	14,65	48,74
PARID	26	42,38	124,34	0	599	-7,84	92,61
PARIG	26	36,08	124,70	0	595	-14,29	86,44
PAREST	26	0,38	1,58	0	8	-0,25	1,02
PARBEX	26	0,08	0,39	0	2	-0,08	0,23
PARRIM	26	0,08	0,27	0	1	-0,03	0,19
PARCAV	26	1,11	4,05	0	19	-0,52	2,75
PARTOTAL	26	111,80	244,86	1,00	1205	12,90	210,71
MASSA FRESCA	26	125,34	41,12	69,45	219,14	108,73	141,94
MASSA SECA	26	28,91	12,29	10,48	57,74	23,95	33,87
CARCAÇA	26	26,99	11,65	9,58	54,58	22,29	31,70
CORAÇÃO	26	0,08	0,03	0,03	0,18	0,07	0,09
PULMÃO	26	0,20	0,07	0,09	0,35	0,17	0,22
FÍGADO	26	0,81	0,34	0,27	1,60	0,67	0,94
INTESTINO	26	0,36	0,14	0,16	0,69	0,30	0,41
RIM	26	0,08	0,03	0,04	0,15	0,06	0,09
ESTOMAGO	26	0,35	0,10	0,20	0,60	0,31	0,39
BEXIGA	26	0,04	0,02	0,02	0,09	0,03	0,05
CRC	26	113,75	11,25	95,14	134,71	109,21	118,29
DIST10CRC	25	59,89	9,85	44,82	85,01	55,82	63,96

DIST10 – distância percorrida pelo animal durante 10 minutos, PARPUL – parasitas no pulmão, PARID – parasitas no intestino delgado, PARIG – parasitas no intestino grosso, PAREST – parasitas no estômago, PARBEX – parasitas na bexiga, PARRIM – parasitas no rim, PARCAV – parasitas na cavidade peritoneal, PARTOT – parasitas totais, CRC – comprimento rostro-cloacal, DIST10CRC – distância percorrida pelo animal divide pelo seu comprimento rostro-cloacal.

Tabela 2. Equações de regressões para o efeito da massa corpórea sobre as diferentes variáveis fisiológicas, morfológicas e carga parasitária.

Variáveis	Beta	R²	P
CORAÇÃO	0,93	0,86	3,75E-12
PULMÃO	0,92	0,84	2,37E-11
FÍGADO	0,92	0,84	3,39E-11
INTESTINO	0,74	0,52	1,82E-05
RIM	0,78	0,52	2,37E-06
ESTÔMAGO	0,85	0,71	3,26E-08
BEXIGA	0,81	0,65	3,94E-07
DESEMPENHO LOCOMOTOR	-0,02	-	0,91
PARASITA PULMÃO	0,38	0,11	0,05
PARASITA INTESTINO FINO	-0,26	0,03	0,21
PARASITA INTESTINO GROSSO	-0,14	-	0,50
PARASITA ESTÔMAGO	0,16	-	0,42
PARASITA PERITONIAL	0,21	0,01	0,29
PARASITA TOTAL	0,12	-	0,55
*ÍNDICE CORPÓREO	0,79	0,60	1.83E-06

Valores de *P* significantes estão destacados. *Índice corpóreo: residuais da regressão da massa corpórea, como variável dependente, pelo comprimento rostro-cloacal, como variável independente.

Tabela 3. Correlações entre desempenho locomotor, carga parasitária e massas dos órgãos em *R. ictericus*.

	LOGPUL	LOGID	PARTOT	LOGD10CR	LOGMASEC	RESCOR	RESPUL	RESFIG	RESINT	RESRIM	RESEST	RESBEX	RESMASEC	RESPARPU
LOGPUL		-0,198 p=0,333	-0,024 p=0,908	-0,190 p=0,353	0,383 p=0,054	0,303 p=0,133	0,305 p=0,129	0,187 p=0,360	0,513 p=0,007	0,552 p=0,003	0,327 p=0,103	0,139 p=0,499	-0,049 p=0,813	0,924 p=0,000
LOGID			0,705 p=0,000	-0,227 p=0,264	-0,256 p=0,206	-0,159 p=0,438	-0,066 p=0,748	0,073 p=0,722	0,034 p=0,871	0,103 p=0,618	0,071 p=0,731	0,066 p=0,749	0,025 p=0,902	-0,108 p=0,600
PARTOT				-0,078 p=0,703	-0,107 p=0,603	-0,334 p=0,095	-0,239 p=0,240	0,131 p=0,522	0,044 p=0,832	0,190 p=0,353	0,018 p=0,930	-0,048 p=0,815	-0,035 p=0,866	0,019 p=0,928
LOGD10CR					-0,024 p=0,907	-0,169 p=0,409	-0,016 p=0,940	-0,179 p=0,381	0,198 p=0,334	-0,393 p=0,047	-0,285 p=0,158	0,021 p=0,918	-0,277 p=0,171	-0,196 p=0,338
LOGMASEC						0,000 p=1,00	0,000 p=1,00	0,000 p=1,00	0,000 p=1,00	0,000 p=1,00	0,000 p=1,00	0,000 p=1,00	0,617 p=0,001	0,000 p=1,00
RESCOR							0,258 p=0,203	0,308 p=0,126	0,354 p=0,076	0,276 p=0,173	0,322 p=0,109	0,163 p=0,425	0,073 p=0,722	0,328 p=0,102
RESPUL								0,040 p=0,846	0,317 p=0,114	0,314 p=0,118	0,410 p=0,038	0,382 p=0,054	-0,290 p=0,151	0,331 p=0,099
RESFIG									0,168 p=0,411	-0,110 p=0,593	0,257 p=0,205	-0,137 p=0,504	0,139 p=0,499	0,203 p=0,321
RESINT										0,380 p=0,055	0,151 p=0,462	0,383 p=0,054	-0,283 p=0,161	0,555 p=0,003
RESRIM											0,230 p=0,259	0,316 p=0,116	-0,226 p=0,267	0,597 p=0,001
RESEST												0,323 p=0,108	-0,236 p=0,246	0,354 p=0,076
RESBEX													-0,224 p=0,272	0,150 p=0,464
RESMASEC														-0,308 p=0,125

LOGPUL – número de parasitas no pulmão; LOGID – número de parasitas no intestino fino; PARTOT – número de parasitas totais; LOGD10CR – desempenho locomotor; LOGMASEC – massa seca total; RESCOR – massa do coração; RESPUL – massa do pulmão; RESFIG – massa do fígado; RESINT – massa do intestino; RESRIM – massa do rim; RESEST – massa do estômago; RESMASEC – residual massa seca; RESPUL – residual do número de parasitas no pulmão.

Figura 1. Relação entre desempenho locomotor e carga parasitária total em *Rhinella ictericus* de Botucatu (SP).

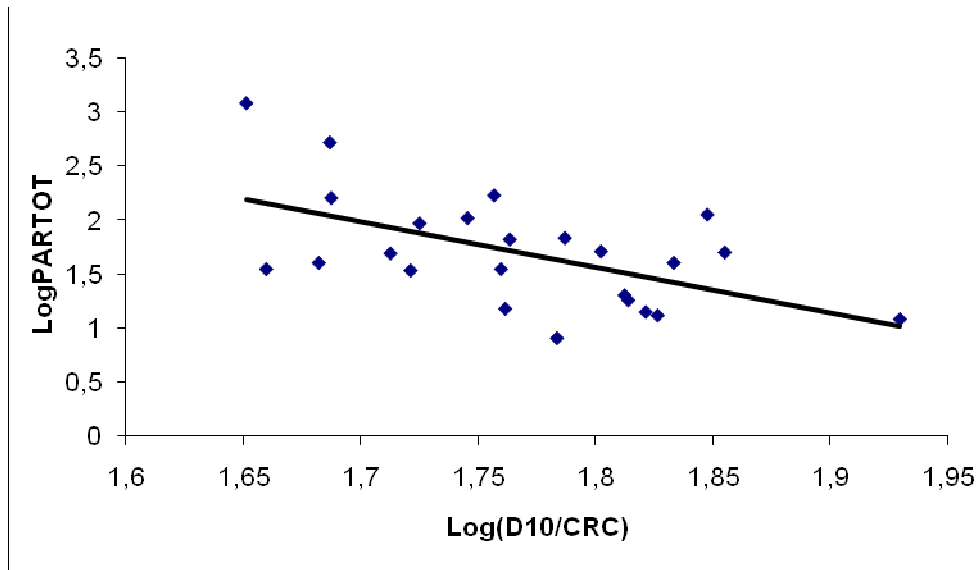


Figura 2. Relação entre desempenho locomotor e massa dos rins em *Rhinella ictericus* de Botucatu (SP).

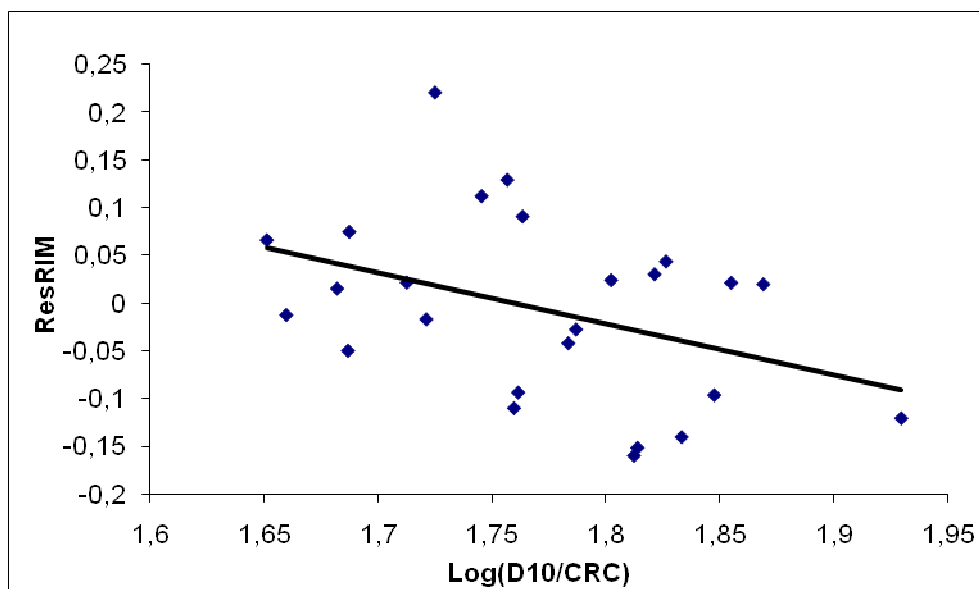


Figura 3. Relação entre carga parasitária pulmonar e massa dos rins em *Rhinella ictericus* de Botucatu (SP).

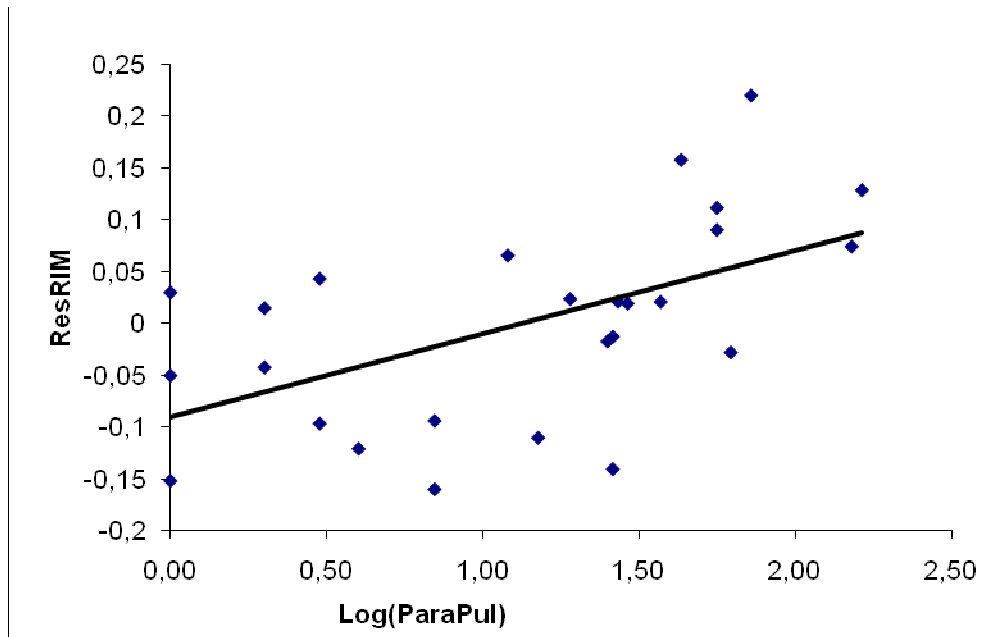


Figura 4. Relação entre carga parasitária pulmonar e massa do intestino em *Rhinella ictericus* de Botucatu (SP).

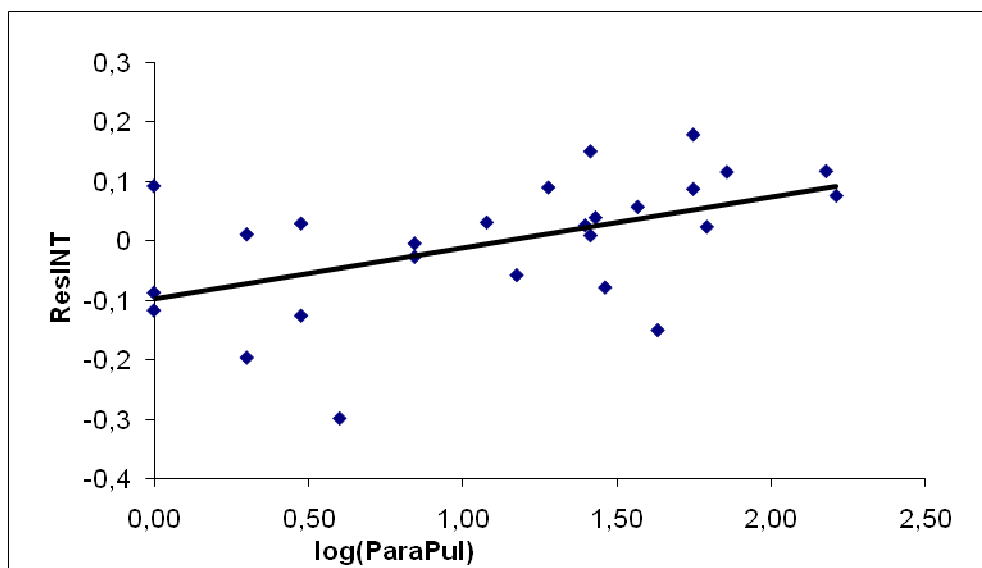
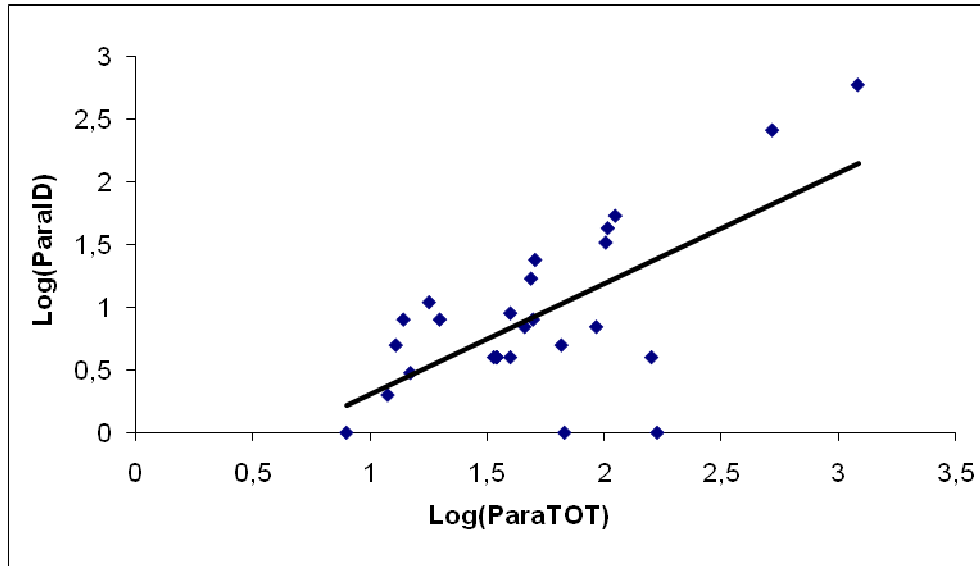


Figura 5. Relação entre carga parasitária total e carga parasitária do intestino delgado em *Rhinella ictericus* de Botucatu (SP).



4. Discussão

4.1. Carga parasitária nos órgãos e desempenho locomotor

A variação em desempenho locomotor aerobiamente sustentado encontra-se intimamente associado à função de diversos mecanismos subjacentes, associados tanto à disponibilização de nutrientes quanto de oxigênio para a musculatura em exercício (Hoppeler & Weibel, 1998). Parasitas alojados nos órgãos de seus hospedeiros impõem a estes um déficit nutricional, tanto de energia quanto de materiais e, desta forma, podendo em teoria afetar seu desempenho. Esse efeito pode ser notável quando o parasita encontra-se, principalmente, no trato digestório (sistema de aquisição de nutrientes), ou nos sistemas pulmonar ou circulatório (sistema de aquisição e distribuição de oxigênio) (Bennett and Putnam, 1982; Holmes and Zohar 1991; Kristan and Hammond, 2003). O presente estudo mostrou que a carga parasitária total de machos adultos de *Rhinella ictericus* apresenta um impacto significativo em seu desempenho locomotor (Figura 1), sendo os parasitas particularmente numerosos nos pulmões e intestino. A correlação positiva entre a carga parasitária intestinal e total também sugere que existe uma variação individual na susceptibilidade à infestação parasitária em diferentes órgãos (Figura 2).

Provavelmente, a correlação negativa entre desempenho locomotor e carga parasitária encontrada no presente estudo deve estar associada a um desbalanço energético e/ou nutricional no hospedeiro causado pela presença e atuação dos parasitas. A presença de parasitas intestinais pode resultar em dreno energético e nutricional do hospedeiro tanto através da competição direta por produtos da digestão, quanto por estimular respostas de reparo tecidual aos danos diretamente causados pelos parasitas a estes tecidos (Holmes and Zohar, 1991). Possibilidades adicionais são a redução da eficiência da assimilação de nutrientes dada às funções alteradas de absorção ou motilidade intestinal e a indução de anorexia (Holmes and Zohar, 1991). Kristan (2002) relatou que infecções com *Heligmosomoides polygyrus* (nematódeo intestinal) em camundongos (*Mus musculus*) resultaram em um aumento na massa da mucosa do intestino delgado, sendo esta porção responsável pela digestão e absorção de nutrientes. Um estudo realizado com *Scinax longilineus* detectou que a presença de nematódeos intestinais (*Cosmocerca minaensis*) causou uma série de alterações morfológicas no intestino grosso, incluindo hipertrofia das células caliciformes, lâmina própria mais

fibrosada, atrofia seguida de dilatação das vilosidades, população aumentada de macrófagos organizados em grupos condensados e capilares menos numerosos e anastomosados (Costa, 2006). Uma correlação positiva entre a carga parasitária do pulmão e a massa do intestino foi encontrada no presente estudo (Tabela 3), sugerindo o aumento de massa intestinal como um mecanismo compensatório para o dreno energético e nutricional associado ao reparo da estrutura pulmonar causado pelos parasitas lá instalados. Como indivíduos com maior carga parasitária intestinal tiveram uma maior carga parasitária total, incluindo nos pulmões, não podemos também descartar a possibilidade de competição por nutrientes por parte dos parasitas intestinais e uma resposta compensatória em massa da mucosa intestinal.

Adicionalmente, estudos realizados com porquinhos-da-índia e ovelhas infectados com o nematódeo intestinal *Trichostrongylus colubriformis* registraram, em resposta à perda de proteína plasmática dentro do intestino, um aumento de síntese protéica no fígado e uma grande depressão de síntese de proteína muscular (Thompson, 1991). Uma redução do *turnover* protéico da musculatura esquelética poderia acarretar, eventualmente, em redução da área de corte transversal da musculatura esquelética. A redução da área de corte da musculatura encontra-se intimamente associada à redução da sua capacidade de realização de força (James et al. 2007). Na perereca *Hypsiboas multilineatus*, por exemplo, a massa do músculo *plantaris* representa um dos mais importantes determinantes da variação individual na habilidade de salto (James et al. 2006). Desta forma, o desempenho locomotor reduzido de indivíduos de *R. ictericus* com alta carga parasitária poderia ser, ao menos em parte, devido à uma redução da capacidade de gerar força muscular. Talvez os indivíduos caracterizados por uma maior carga parasitária e menor desempenho locomotor dentre os sapos incluídos no presente estudo tivessem, além de uma maior massa intestinal, uma menor massa de musculatura esquelética das patas traseiras. Infelizmente, dados de massa da musculatura esquelética não foram coletados no presente estudo.

Outra possibilidade é a de que a relação entre carga parasitária e desempenho locomotor em *R. ictericus* seja explicada, ao menos em parte, por uma redução da eficiência na via de transporte de oxigênio para sustentar este exercício. Largartos *Sceloporus occidentalis* infectados com *Plasmodium mexicanum*, por exemplo, apresentam abundância de eritrócitos imaturos, uma redução na concentração de hemoglobina e na taxa máxima de consumo de oxigênio, além de redução do desempenho aeróbio (Bennett & Putnan, 1982). A presença de grandes nematódeos

pulmonares de anfíbios deve interferir no processo de troca de oxigênio na barreira de difusão ao destruir as membranas pulmonares, além de alterar a mecânica de ventilação e causar obstrução de vasos (Goater et al. 1993). Segundo Goater e colaboradores (1993), *Bufo bufo* recém-metamorfoseados e infectados com *Rhabdias bufonids*, um nematódeo pulmonar, apresentam uma queda no desempenho físico, podendo este dever-se tanto ao seu efeito negativo sobre as taxas de crescimento, quanto pelo efeito direto destes parasitas sobre o processo de transferência de oxigênio. É importante salientar que o efeito destes nematódeos pulmonares deve ocorrer principalmente durante os períodos de alta atividade aeróbia ou sob estresse (Holmes and Zohar, 1991; Goater et al., 1993).

Os resultados deste trabalho mostraram também uma correlação positiva da massa dos rins com a carga parasitária pulmonar, além de uma correlação negativa da massa renal com o desempenho locomotor (Tabela 3). Embora estes resultados já tenham sido encontrados em roedores (Kristan & Hammond, 2003) e representem mais uma evidência da provável interferência de altas cargas parasitárias sobre a homeostase destes hospedeiros, os mecanismos subjacentes a estas correlações permanecem obscuros.

Correlações entre massas de órgãos foram também encontradas (Tabela 3), embora estas não haja evidências para discernir até que ponto estas correlações poderiam dever-se à presença de um contínuo de carga parasitária na amostra e seus efeitos metabólicos (Kristan, 2002; Kristan & Hammond 2003). Diversos modelos de funcionamento e evolução metabólica apontam para a existência de diversos mecanismos através dos quais as correlações entre massas de órgãos observadas poderiam ser explicadas sem a necessária interferência da carga parasitária (Bennett & Ruben 1979; Konarzewski and Diamnod 1995; Ksiazek, 2004).

Recentemente, estudos sobre a carga parasitária de *Rhabdias pseudosphaerocephala* em *Rhinella marinus* na Austrália demonstraram que os indivíduos que constituem a linha de frente da onda de invasão no continente apresentam um nível de infestação inferior aos indivíduos pertencentes à populações estabelecidas a mais tempo, sugerindo que a presença de parasitas pulmonares pode reduzir o desempenho destes hospedeiros invasores e até mesmo ser utilizado como um método de controle biológico (Dubey & Shine, 2008). Os resultados apresentados pelo presente estudo, com uma espécie pertencente ao mesmo grupo no gênero (grupo

marinus), corroboram esta hipótese ao verificar a correlação entre nível de parasitismo e locomoção forçada em laboratório.

5. Bibliografia Citada

- Barnard C. J. 1991. Parasitic relationships. In: Barnard C. J. and Behnke J. M. (eds), Parasitism and host behaviour. University of Nottingham, UK. Taylor and Francis, London, pp. 1-33.
- Bennett A. F. and Putnam R. W. 1982. Lizards infected with Malaria: Physiological and behavioral consequences. *Science* **217**: 1057-1058.
- Bennett, A. and J. Ruben. 1979. Endothermy and activity in vertebrates. *Science* **206**, 649-654.
- Costa, B.C.R. 2006. *Cosmocerca minaensis* n. sp. (Nematoda: Cosmocercidae) parasita do intestino grosso de *Scinax longilineus* (B. Lutz, 1968) (Anura: Hylidae). Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Parasitologia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Minas Gerais.
- Dobson A. P. 1988. The population biology of parasite-induced changes in host behavior. *The Quarterly Review of Biology* **63**: 139-165.
- Dubey, S. and R. Shine. 2008. Origin of the parasites of an invading species, the Australian cane toad (*Bufo marinus*): are the lungworms Australian or American? *Molecular Ecology* **17**:4418-4424.
- Fernandes, M.S., H. Giusti & M.L. Glass. 2005. An assessment of dead space in pulmonary ventilation of the toad *Bufo schneideri*. *Comp. Biochem. Physiol. A* **142**: 446-450.
- Goater, C. P., Semlitsch, R. D. and Bernasconi, M. V. 1993. Effects of body size and parasite infection on the locomotory performance of juvenile toads, *Bufo bufo*. *Oikos* **66**: 129-136.
- Holmes J. C. and Zohar S. 1991. Pathology and host behavior. In: Barnard C. J. and Behnke J. M. (eds), Parasitism and host behaviour. University of Nottingham, UK. Taylor and Francis, London, pp. 34-63.
- Hoppeler, H. & Weibel, E.R. 1998. Limits for oxygen and substrate transport in mammals. *J. Exp. Biol.* 201:1051-1064.
- James R.S., Navas, C.A. & Herrel, A. 2007. How important are skeletal muscle mechanics in setting limits on jumping performance? *J. Exp. Biol.* **210**: 923-933.

- James, R.S., Wilson, R.S., Carvalho, J.E., Kohlsdorf, T., Gomes, F.R. & Navas, C.A. 2006. Interindividual differences in leg muscle mass and pyruvate kinase activity correlate with interindividual differences in jumping performance in *Hyla multilineata*. *Physiol. Biochem. Zool.* **78**:857-867.
- Konarzewski M. and Diamnod J. 1995. Evolution of basal metabolic rate and organ masses in laboratory mice. *Evolution* **49**: 1239-1248.
- Kristan D. M. 2002. Effects of intestinal nematodes during lactation: consequences for host morphology, physiology and offspring mass. *The Journal of Experimental Biology* **205**: 3955–3965.
- Kristan D. M. and Hammond K. A. 2003. Physiological and morphological responses to simultaneous cold exposure and parasite infection by wild-derived house mice. *Functional Ecology* **17**: 464-471.
- Ksiazek A., Konarzewski M. and Lapo I. B. 2004. Anatomic and Energetic Correlates of Divergent Selection for Basal Metabolic Rate in Laboratory Mice. *Physiological and Biochemical Zoology* **77**: 890–899.
- Pramuk, J.B., Robertson, T., Sites, J.W., Jr., & Noonan, B.P. 2008. Around the world in 10 million years: biogeography of the nearly cosmopolitan true toads (Anura: Bufonidae). *Global Ecol. Biogeogr.* **17**:72-83.
- Sabagh L.T., Carvalho e Silva A.M.P.T., 2008. Sobreposição alimentar em duas espécies simpátricas de *Rhinella* (Anura: Bufonidae) da Mata Atlântica. *Rev. Bras. Zool.* **25** (2): 247-253.
- Stevaux M.N., 2001. Análise filogenética e biogeográfica do grupo-marinus do gênero Bufo (Anura: Bufonidae). Tese doutorado do Instituto de Biociências da Unesp, Campus de Botucatu.
- Thompson S. N. 1991. Physiological alterations during parasitism and their effects on host behaviour. In: Barnard C. J. and Behnke J. M. (eds), Parasitism and host behaviour. University of Nottingham, UK. Taylor and Francis, London, pp. 64-94.