

Rodrigo Borghezan

Ecologia populacional e comportamento de peixes subterrâneos,  
*Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.  
da área cárstica da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul  
(Siluriformes: Heptapteridae, Loricariidae)

Population ecology and behaviour of subterranean fishes,  
*Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.  
from Serra da Bodoquena karstic area, Mato Grosso do Sul (Siluriformes:  
Heptapteridae, Loricariidae)

São Paulo

2013

Rodrigo Borghezan

Ecologia populacional e comportamento de peixes subterrâneos,  
*Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.,  
da área cárstica da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul  
(Siluriformes: Heptapteridae, Loricariidae)

Population ecology and behaviour of subterranean fishes,  
*Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.  
from Serra da Bodoquena karstic area, Mato Grosso do Sul  
(Siluriformes: Heptapteridae, Loricariidae)

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Biotecnologia da Universidade de São Paulo,  
para a obtenção de Título de Mestre em  
Ciências, na Área de Zoologia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eleonora Trajano

São Paulo  
2013

## Ficha Catalográfica

### **Borghezan, Rodrigo**

Ecologia populacional e comportamento de peixes subterrâneos, *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n., da área cárstica da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul (Siluriformes: Heptapteridae, Loricariidae).

134 p.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da  
Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia, 2013.

1. Peixes subterrâneos
2. Ecologia populacional
3. Comportamento
4. Cronobiologia
5. Reação à luz
6. Mato Grosso do Sul
7. Cavernas

I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências.  
Departamento de Zoologia

## Comissão Julgadora

---

Prof(a) Dr(a):

---

Prof(a) Dr(a):

---

Profa. Dra. Eleonora Trajano  
Orientadora

Dedico este trabalho à minha esposa  
Lívia, pelo seu entusiasmo, dedicação  
e amor pelo mundo subterrâneo



Não são suspensos, nem tão famosos  
mas nem por isso, menos formosos.

São babilônicas maravilhas:  
potamoguêtons... miní lentilhas...

A clorofila e o azul calcário  
moldando a vida - vivos cenários!

Não é história: na Bodoquena  
os rios se escondem de forma plena

depois ressurgem Azuis, piscosos,  
e os Perdidos viram Formosos.

O paraíso? Lugar bendito?  
Ou simplesmente... lugar...

**BONITO.**

Nos Jardins Submersos da Bodoquena  
Paulo Robson de Souza  
(extraído do livro "Nos Jardins  
Submersos da Bodoquena")

## **Agradecimentos**

Agradeço profundamente a todos aqueles que direta ou indiretamente participaram da construção deste trabalho, seja durante os trabalhos de campo ou no laboratório. À todos, meus sinceros agradecimentos.

À Profa. Dra. Eleonora Trajano, pela oportunidade, apoio e inestimável orientação fornecida ao longo deste trabalho, sem a qual não seria possível a realização do mesmo.

À FAPESP pela concessão da bolsa de estudo e da reserva técnica (Processo nº 2010/03084-2), sem a qual não seria possível realizar este projeto. Ao Programa de Pós Graduação em Zoologia da Universidade de São Paulo, pela concessão do auxílio Proap e Proex para o custeio de parte dos gastos em campo. Ao CNPq (Processo nº 143379/2009-7), pela concessão da taxa de bancada da bolsa de Doutorado de Livia M. Cordeiro-Borghezán, na qual foi de especial ajuda para o custeio de parte dos gastos de locomoção.

À Livia Medeiros Cordeiro-Borghezán, pelo companheirismo em todos os momentos, pelo incentivo, apoio em campo e laboratório, pelas inúmeras discussões acerca do trabalho, além é claro, do querido carinho.

Aos meus pais, por me apoiarem em todas as minhas decisões, por me ensinarem a dar valor às pequenas atitudes, pela concessão do carro, sem o qual não seria possível a realização do presente trabalho.

Aos queridos amigos Bruna Medeiros Cordeiro, Saulo Conde Fernandez, Janaina Casella (Bassora), Junior H. F. Dargas, Edvaldo Oliveira de Souza, Murillo Cesar da Luz, Suzana Scarpinatti, Carolina L. Cardoso e Raphael L. Sanches, pela ajuda e parceria durante os trabalhos de campo.

À Domingos Francisco Macedo e sua família, proprietário do lote onde se encontram as cavernas estudadas, por permitir nossa entrada em sua propriedade, pelas inúmeras histórias e reflexões sobre a vida e a região, e pelo sempre delicioso e refrescante tereré.

Ao Dr. William Sallun Filho, do Instituto Geológico de São Paulo, pela disponibilização dos mapas das cavernas Cinco de Ouros, Manoel Cardoso e Dona Benedita.

Aos Drs. Frederico S. Lopes e Thomas Puettker pelo auxílio nas análises populacionais no programa MARK.

Ao Prof. Dr. Roberto Munehisa Shimizu, do departamento de Ecologia do IB/USP, pela valiosa ajuda nas análises de crescimento individual e demais análises estatísticas.

À Profa. Dra. Miriam Marques do Museu de Zoologia da USP, pela discussão dos resultados de ritmicidade locomotora. À Jose C. H. Ueno, Barbara M. Tomotani, Patricia T. A. Silva e Danilo E. F. Flôres, pelas sugestões a cerca desse estudo.

Aos docentes dos departamentos de Zoologia e Ecologia do IB/USP, pela oportunidade na participação das disciplinas e aprendizado.

Aos amigos espeleólogos Luis Bernardino e Cesar Augusto, pioneiros na exploração de cavernas da região norte da Serra da Bodoquena e que tanto apoio nos deram para a realização deste e de outros trabalhos.

Aos funcionários do IB/USP.

À todos os funcionários da Universidade de São Pulo, que fazem deste lugar um paraíso ao aprimoramento intelectual.

**Sinceramente, Muito Obrigado!**

## Índice

<b>Resumo</b> .....	I
<i>Abstract</i> .....	II
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
Peixes subterrâneos.....	4
Área cárstica da Serra da Bodoquena .....	9
<b>OBJETIVOS</b> .....	11
<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
1 Área de estudo .....	13
1.1 Gruta das Fadas .....	16
1.2 Gruta Cinco de Ouros .....	17
2 Trabalho de campo .....	18
2.1 Variáveis ambientais .....	19
3 Ecologia populacional de <i>Rhamdia</i> sp. n. e <i>Ancistrus</i> sp. n. ....	19
3.1 Densidade populacional .....	21
3.2 Tamanho populacional .....	21
3.3 Taxa de sobrevivência de <i>Rhamdia</i> sp. ....	26
3.4 Frequência de comprimento-padrão, peso e fator de condição .....	26
3.5 Taxa de crescimento individual de <i>Rhamdia</i> sp. n. ....	27
3.6 Deslocamento .....	29
4 Prospecção por novas localidades .....	29
5 Estudos em laboratório de <i>Rhamdia</i> sp. n. ....	30
5.1 Ritmicidade locomotora .....	31
5.2 Reação à luz .....	33
<b>RESULTADOS</b> .....	35
1 Distribuição e habitat de <i>Rhamdia</i> sp. n. e <i>Ancistrus</i> sp. n.....	35
2 Variáveis ambientais .....	41
3 Ecologia populacional de <i>Rhamdia</i> sp. n. ....	44
3.1 Densidade populacional .....	44
3.2 Tamanho populacional .....	46

3.2.1 Sistema Campina .....	46
3.2.2 Gruta das Fadas .....	48
3.3 Taxa de sobrevivência .....	48
3.3.1 Sistema Campina .....	48
3.3.2 Gruta das Fadas .....	50
3.4 Comprimento-padrão .....	51
3.4.1 Gruta das Fadas .....	51
3.4.2 Gruta Cinco de Ouros .....	54
3.5 Peso .....	57
3.5.1 Gruta das Fadas .....	57
3.5.2 Gruta Cinco de Ouros .....	59
3.6 Fator de condição .....	61
3.6.1 Gruta das Fadas .....	61
3.6.2 Gruta Cinco de Ouros .....	65
3.7 Taxa de crescimento individual de <i>Rhamdia</i> sp. n. ....	67
4 Ecologia populacional de <i>Ancistrus</i> sp. n. ....	71
4.1 Densidade populacional .....	71
4.2 Tamanho populacional .....	72
4.3 Comprimento-padrão .....	72
4.4 Peso .....	75
4.5 Fator de condição .....	76
5 Deslocamentos de <i>Rhamdia</i> sp. n. e <i>Ancistrus</i> sp. n. ....	77
6 Comportamento de <i>Rhamdia</i> sp. n. ....	79
6.1 Ritmicidade locomotora .....	79
6.2 Reação a luz .....	83
<b>DISCUSSÃO</b> .....	85
<b>CONCLUSÕES</b> .....	102
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	104
<b>ANEXO I</b> .....	115
<b>ANEXO II</b> .....	118
<b>ANEXO III</b> .....	124

## Resumo

O presente projeto estudou aspectos da ecologia populacional de duas novas espécies troglomórficas de Siluriformes dos gêneros *Rhamdia* e *Ancistrus*, sintópicas em um riacho subterrâneo da área cárstica da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. Foram investigados os tamanhos e as densidades populacionais com base em censo visual e marcação e recaptura, as taxas de sobrevivência, a taxa de crescimento individual, a frequência de comprimento-padrão, de peso e de fator de condição, e os deslocamentos. Adicionalmente, foi estudado o comportamento de *Rhamdia* sp. n., com foco na ritmicidade locomotora e na reação à luz. Foram realizados seis eventos de coleta entre 2010 e 2011 para tomada de dados populacionais, além de prospecções por novas localidades com ocorrência dessas espécies. O tamanho populacional estimado para *Rhamdia* sp. n. foi de 391 indivíduos na Gruta das Fadas e 104, na Gruta Cinco de Ouros. Com base nos resultados de densidade, a população de *Ancistrus* parece ser menor do que a de *Rhamdia* sp. n., com tamanho populacional na ordem de 100 indivíduos. A densidade populacional média estimada através do censo visual para *Rhamdia* sp. n. foi de 0,09 ind./m<sup>2</sup> na Gruta das Fadas e 0,1 ind./m<sup>2</sup> na Gruta Cinco de Ouros, valores inferiores ao calculado com base nos resultados de marcação e recaptura, 0,76 ind./m e 1,48 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente. Em *Ancistrus* sp. n., a densidade populacional média foi de 0,018 ind./m<sup>2</sup>. Foi observado que *Rhamdia* sp. n. se concentra mais em poções, enquanto que *Ancistrus* sp. n., em corredeira. A pequena variação ao longo do ano nas densidades, no peso, e no fator de condição de ambas as espécies na Gruta das Fadas, indica maior estabilidade ambiental nessa caverna em comparação com a Gruta Cinco de Ouros. Em *Rhamdia* sp. n., indivíduos sem olhos externamente visíveis (anoftálmicos) apresentaram maior taxa de sobrevivência quando comparados com aqueles com olhos assimétricos ou dois olhos normais. O crescimento individual de *Rhamdia* sp. n. foi heterogêneo, sem relação com o tamanho do indivíduos e apresentou, pelo modelo de von Bertalanffy, comprimento máximo médio de 170 mm CP e constante de crescimento (K) de 0,241 A longevidade máxima média foi de aproximadamente 15 anos. Com a maior parte das recapturas ocorridas no mesmo setor da captura anterior, indivíduos de *Rhamdia* sp. n. apresentam filopatria, enquanto que *Ancistrus* sp. n. se deslocou mais, com somente um registro de recaptura no mesmo setor da captura anterior. Quanto ao comportamento de *Rhamdia* sp. n., os exemplares apresentaram ritmicidade circadiana significativa, com diferenças intra-específicas nos valores de potência espectral. No estudo de reação à luz, observou-se variação intra-específica no grau de fotofobia relacionado com a morfologia dos olhos. Prospecções realizadas em 24 cavernas do Assentamento Campina revelam que *Rhamdia* sp. n. ocorre até o momento somente nas cavernas Fadas, Cinco de Ouros, Manoel Cardoso e Dona Benedita, enquanto que *Ancistrus* sp. n. somente na Gruta das Fadas. O mosaico de variações morfológicas observado em *Rhamdia* sp. n. e em *Ancistrus* sp. n., a forte ritmicidade circadiana da atividade locomotora e o elevado grau de fotofobia observado em *Rhamdia* sp. n., sugere que estas espécies estão em estágio inicial de fixação de caracteres troglomórficos, indicando um isolamento recente no hábitat subterrâneo.

**Palavras chaves:** Peixes subterrâneos, ecologia populacional, comportamento, cronobiologia, Mato Grosso do Sul, cavernas

## Abstract

This project studied aspects of the population ecology of two troglomorphic Siluriformes of genera *Rhamdia* and *Ancistrus*, which are syntopics in a subterranean stream of Serra da Bodoquena karst area, Mato Grosso do Sul. The research comprised the investigation of the population sizes and densities, survival rates, individual growth rate, frequency of standard length, weight and condition factor, and displacements. Additionally, the behavior of *Rhamdia* sp. n. was investigated with focus on locomotor rhythmicity and reaction to light. Six collections were made between 2010 and 2011 to gather population data, based on visual census and mark-recapture, as well as search for other localities to investigate the distribution range of these species. The population size estimated to *Rhamdia* sp. n. was 391 individuals in Fadas Cave and 104 individuals in the Cinco de Ouros Cave. The population densities of *Ancistrus* sp. n. suggests a lower population size compared to *Rhamdia* sp. n., possibly with less than 100 individuals in the studied area. The average population density estimated through visual census to *Rhamdia* sp. n. was 0.09 ind / m<sup>2</sup> in the Fadas Cave and 0.1 ind. / m<sup>2</sup> in the Cinco de Ouros Cave, lower than the results estimated by mark-recapture, 0.76 ind. / m<sup>2</sup> and 1.48 ind. / m<sup>2</sup>, for each cave, respectively. To *Ancistrus* sp. n., the average population density was 0.018 ind / m<sup>2</sup>. The low variability throughout the year in population densities, weight, and in condition factor for both species in Fadas Cave, indicate and higher environmental stability in this cave compared to Cinco de Ouros Cave. In *Rhamdia* sp. n., individuals without externally visible eyes (anophthalmics) showed higher survival rate compared to those with asymmetric or two normal eyes. The individual growth of *Rhamdia* sp. n. was heterogeneous with no relation to individuals' size and through the von Bertalanffy model estimate the maximum length ( $L_{\infty}$ ) of 170 mm and growth constant (K) of 0.241. The median maximum longevity was 15 years. With little movement between sectors, individuals of *Rhamdia* sp. n. exhibited philopatry, while *Ancistrus* sp. n. moved around, with only one individual recaptured in the same cave sector. In relation do behavior *Rhamdia* sp. n. showed significant circadian rhythmicity, with intra-specific differences in the spectral power values. In the study of light reduction, the intra-specific variation was observed in the degree of photophobia related to eyes morphology. Surveys conducted in 24 caves in the Campina settlement revealed that *Rhamdia* sp. n. occurs in the Fadas, Cinco de Ouros, Manoel Cardoso and Dona Benedita caves, while *Ancistrus* sp. n. occurs only in the Fadas Cave. The mosaic of morphological variations observed in *Rhamdia* sp. n. and *Ancistrus* sp. n., the strong circadian locomotor activity and the high degree of photophobia observed in *Rhamdia* sp. n. suggests that these species are in early stages of setting troglomorphic characters, indicating a recent isolation in subterranean environment.

**Key-words:** Subterranean fishes, population ecology, behavior, chronobiology, Mato Grosso do Sul, caves.

## INTRODUÇÃO

O meio subterrâneo, ou hipógeo, compreende o conjunto de espaços interconectados do subsolo, de dimensões variáveis (desde espaços milimétricos a grandes cavidades acessíveis aos humanos, chamadas de “cavernas”), preenchidos por água ou ar, e formados em rocha maciça, especialmente aquelas solúveis, como o calcário, ou em depósitos de sedimentos clásticos (Juberthie, 2000). Este ambiente, diferentemente do meio superficial, ou epígeo, é caracterizado pela ausência permanente de luz e, conseqüentemente, de fotoperíodos, ausência de organismos fotoautotróficos e tendência a estabilidade ambiental.

Devido a estas características singulares do ecossistema subterrâneo, as espécies que colonizam este habitat frequentemente apresentam características favoráveis ao estabelecimento de populações no ambiente subterrâneo. Tais características são comumente citadas na literatura espeleobiológica como preadaptações (exadaptações), e incluem, entre outros, o hábito noturno e/ou crepuscular e a orientação predominantemente mecânica e/ou química (Parzefall & Trajano, 2010). Preadaptações são estados de caráter que conferem vantagem em um determinado regime seletivo, mas que foram selecionados em outro regime anterior, não relacionado (Trajano, 2000).

Os organismos encontrados frequentemente no ambiente subterrâneo, ou seja, que não estão ali por acidente, são classificados tradicionalmente em três categorias, de acordo com a classificação de Schiner-Racovitza: *trogloxenos*, organismos regularmente encontrados em cavernas, mas que devem retornar periodicamente à superfície para completar seu ciclo de vida; *troglófilos*, organismos capazes de completar seu ciclo de vida tanto em ambiente hipógeo quanto no ambiente epígeo; *troglobios*, espécies restritas ao habitat subterrâneo e incapazes de completar seus ciclos de vida no ambiente epígeo (Holsinger & Culver, 1988). Trajano (2012) propõe uma



adaptação nesta classificação para adequá-la ao conceito de população fonte-sumidouro: animais *troglobios* são aqueles cuja população fonte encontra-se estritamente no ambiente subterrâneo, embora grupos de indivíduos possam ser encontrados ocasionalmente na superfície; *troglofilos* incluem populações fonte tanto no habitat epígeo como no hipógeo, com indivíduos deslocando-se entre estes dois habitats de modo a promover a introgressão de genes selecionados sob regimes epígeos nas populações subterrâneas (e vice-versa); *trogloxenos* são aqueles cuja população fonte encontra-se no habitat epígeo, mas que utilizam regularmente recursos do habitat subterrâneo (nos chamados *trogloxenos obrigatórios*, todos os indivíduos são dependentes tanto de recursos do habitat epígeo como do hipógeo).

As espécies estritamente subterrâneas, denominadas troglóbias, possuem uma série de autapomorfias morfológicas, ecológicas, fisiológicas e comportamentais associadas ao hábito de vida hipógeo, chamadas troglomorfismos. Os troglomorfismos mais conspícuos e usualmente utilizadas para reconhecer os animais troglóbios são a redução ou perda total dos olhos, a perda ou diminuição da pigmentação melânica cutânea e o aumento no tamanho dos apêndices (Barr Jr., 1968; Trajano, 1995; Langecker, 2000; Trajano, 2001a; Trajano & Bichuette, 2006). Entre os troglomorfismos fisiológicos e comportamentais estão a regressão da ritmicidade circadiana, da fotofobia, do comportamento agonístico e do hábito criptobiótico, a diminuição das taxas metabólicas e a ampliação do uso da coluna da água em peixes (Poulson, 1963; Barr Jr., 1968; Trajano & Bockmann, 1999; Trajano & Menna-Barreto, 1995, 1996, 2000). A ocorrência de homoplasias em taxons subterrâneos não relacionados proporciona boas possibilidades para se testar hipóteses relacionadas aos fatores envolvidos na evolução de caracteres, uma vez que os ecossistemas subterrâneos são um experimento natural de exclusão de fatores ecológicos, tais como os ciclos

diários de luz, de predadores para muitos peixes troglóbios e de certos tipos de recursos alimentares (Trajano & Bockmann, 1999).

Regressões comportamentais análogas à redução de olhos e pigmentação afetam caracteres tão diversos como o hábito criptobiótico, comportamento fotonegativo e ritmicidade circadiana, e podem ser interpretadas como uma consequência do relaxamento da seleção no ambiente hipógeo (teoria neutralista; Wilkens, 2010, entre outros ). Alternativamente, alguns autores, com base em estudos com lambaris cegos mexicanos do gênero *Astyanax*, defendem uma versão moderna da teoria da pleiotropia, na qual certos caracteres selecionados positivamente produziram, por determinados mecanismos, efeitos negativos sobre outros caracteres, não relacionados aos primeiros. No caso dos lambaris troglóbios, são apresentados evidências de que a seleção para aumento do número de botões gustativos provocariam a regressão ocular (e.g., Jeffery, 2005; Protas *et al.*, 2008), o que não é corroborado pelos dados sobre Siluformes subterrâneos brasileiros (Secutti & Trajano, 2009)

Classicamente, o grau de troglomorfismo tem sido utilizado como uma medida da idade filogenética dos animais troglóbios (Poulson, 1963; Wilkens, 1973, 1982, 2001; Langecker, 2000). No entanto, segundo Trajano (2007), o grau de troglomorfismo como uma medida da idade das linhagens subterrâneas deve ser utilizado com cautela, devendo-se ter em conta também fatores como o tamanho das populações e possíveis diferenças nas taxas de diferenciação dos caracteres (Trajano, 2007).

Devido à escassez alimentar no ambiente subterrâneo, as populações que o habitam estão submetidas a fatores ambientais altamente restritivos (Chapman, 1993; Trajano, 2003). Assim, espécies troglóbias geralmente são caracterizadas por apresentar baixas densidades populacionais, distribuição geográfica restrita e baixa tolerância a *stress* ambiental (Culver, 1982). Além disso, determinadas estratégias de vida são

selecionadas neste ambiente, entre elas, a tendência ao ciclo de vida do tipo K, com reprodução pouco frequente, diminuição do número e aumento do tamanho dos ovos, maturidade retardada, crescimento individual lento e alta longevidade (Culver, 1982; Trajano, 2000).

### **Peixes subterrâneos**

Os peixes estão entre os organismos subterrâneos mais notáveis em todo o mundo e incluem espécies troglófilas e troglóbias. De modo geral, peixes subterrâneos apresentam elevado grau de endemismo, com especializações morfológicas e ecológicas que justificam o seu elevado interesse científico e aplicado na área da conservação. São conhecidas mais de 164 espécies de peixes troglóbios no mundo, entre descritas e não descritas, distribuídas por todos os continentes, exceto Europa e Antártida (Proudlove, 2010 entre outros). A maior riqueza de espécies troglóbias está registrada na China (42 espécies segundo Proudlove (2010)), Brasil (25 espécies) e México (11 espécies).

Muitas das espécies de peixes subterrâneos pertencem à Ordem Siluriformes, possivelmente devido às suas características morfológicas e comportamentais (atividade predominantemente noturna, hábito alimentar carnívoro generalista e comportamento em geral criptobiótico) que favorecem a colonização do ambiente subterrâneo (Trajano 2003). Até o momento, são reconhecidas cerca de 52 espécies de Siluriformes troglóbios no mundo, sendo 43 espécies descritas e nove ainda não descritas (Proudlove, 2010; Bockmann & Castro, 2010; Rizzato *et al.*, 2011). Destas, 40 ocorrem na região Neotropical e o Brasil é o detentor do maior número de registros, com 23 espécies reconhecidas até o momento, sendo 15 oficialmente descritas e oito ainda não descritas (Trajano & Bichuette, 2010; Bockmann & Castro, *op. cit.*; Rizzato *et al.*, *op. cit.*).

Entre as 14 espécies troglóbias de Heptapteridae, nove são pertencentes ao gênero *Rhamdia*, sendo quatro do México – *R. laluchensis* Weber, Allegrucci & Sbordoni, 2003; *R. reddelli* Miller, 1984; *R. macuspanensis* Weber & Wilkens, 1998 e *R. zongolicensis* Wilkens, 1993; uma de Belize - *R. laticauda typhla* Greenfield, Greenfield & Woods, 1982; uma da Venezuela - *R. guasarensis* DoNascimento, Provenzano & Lundberg, 2004; uma de Trinidad - *Rhamdia quelen urichi* (Norman, 1926) Mees, 1974; e uma do Brasil – *R. enfurnada* Bichuette & Trajano, 2004 e a nova espécie recentemente descoberta em cavernas Serra da Bodoquena (MS) (Cordeiro-Borghazan *et. al.*, no prelo). É importante notar que as espécies mexicanas estão relacionadas com a espécie epígea *R. laticauda*, enquanto que as espécies brasileiras estão relacionadas com *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (Trajano & Bichuette, 2010).

Segundo Silvergrip (1996), o gênero *Rhamdia* é formado de apenas 11 espécies dentre as 100 anteriormente descritas. No entanto, Silvergrip não reconhece as espécies troglomórficas como espécies distintas da irmã epígea. O mesmo autor afirma que *Rhamdia quelen* está distribuída por toda a região neotropical.

Nas últimas duas décadas, *R. quelen* tem sido foco de diversos trabalhos relacionados principalmente a aquicultura, abordando aspectos reprodutivos, de engorda, comportamentais, entre outros. Segundo Gomes *et al.* (2000), os indivíduos desta espécie preferem os locais profundos dos rios, como poços e lagos, com fundo de areia e lama, escondendo-se entre pedras e troncos apodrecidos e saindo à noite em busca de alimento. Gomes *et al.* (2000) considera *R. quelen* como uma espécie euritérmica, pois suporta temperaturas que variam entre 15 a 34 °C. O crescimento dos indivíduos desta espécie varia de acordo com o sexo do animal, sendo que a taxa de crescimento dos machos é maior do que a das fêmeas até o terceiro ou quarto ano de

vida, quando ocorre uma inversão e as fêmeas passam a crescer mais rapidamente (Gomes *et al.*, 2000). A maturidade é atingida por volta de um ano de idade em ambos os sexos (Narahara *et al.*, 1985).

Em Loricariidae, as quatro espécies troglóbias são pertencentes ao gênero *Ancistrus*. Destas, uma ocorre na Venezuela - *A. galani* Perez & Vilorio, 1994, e três no Brasil - *A. formoso* Sabino & Trajano, 1997, *A. cryptophthalmus* Reis, 1987 (Trajano & Bichuette, 2007; Proudlove, 2010), e a nova espécie troglomórfica recentemente descoberta em cavernas da Serra da Bodoquena (MS) (Cordeiro-Borghezan *et al.*, no prelo). Populações troglófilas de Loricariidae são recorrentemente encontradas em cavernas brasileiras. A ocorrência dos cascudos loricariídeos em cavernas pode ser associada ao hábito alimentar raspador, que permite aos indivíduos explorarem a camada de detrito e microorganismos sobre substrato rochoso, recurso alimentar disponível em cavernas com fundo com blocos e matacões (Trajano, 2003).

Diversos aspectos da ecologia, biologia e comportamento dos peixes troglóbios brasileiros tem sido foco de estudos nas últimas duas décadas, com trabalhos abrangendo várias espécies distribuídas por diferentes tipos de habitats subterrâneos. Dentre os estudos de ecologia populacional, trabalhos foram desenvolvidos com foco nas densidades e tamanhos populacionais utilizando métodos de censos visuais (Mendes, 1995; Trajano & Bockmann, 2000), e técnicas de marcação e recaptura (Trajano, 1991, 1997, 2001b; Trajano *et al.*, 2002, 2004, 2009a; Bichuette, 2003; Trajano & Bichuette, 2007). Os estudos realizados com técnicas de marcação e recaptura produzem dados mais robustos e confiáveis sobre o tamanho da população, enquanto que aqueles utilizando censos visuais, produzem dados de densidade populacional calculada com base na área ocupada pela população. No entanto, estudos de marcação e recaptura demandam um número maior de ocasiões de coleta e técnicas específicas,

enquanto aqueles com censo visual podem ser realizados de fora da água ou através de mergulho-livre nas partes acessíveis da caverna.

As densidades populacionais variam grandemente entre espécies de peixe troglóbios, independentemente da relação taxonômica. Assim, Trajano (2001a) propôs uma classificação das densidades de peixes troglóbios com base na média dos valores estimados de densidades populacionais, sendo classificadas em: *baixa densidade*, espécies com menos de 0,1 ind./m<sup>2</sup>; *média densidade*, espécies com densidade populacional entre 0,1 – 1,0 ind./m<sup>2</sup>; *alta densidade*, espécies com mais de 1,0 ind./m<sup>2</sup>. Para as estimativas de tamanho populacional, Trajano (2001a) sugere uma classificação de acordo com o tamanho populacional e área de distribuição, sendo assim classificados em: *população muito pequena* - cerca de 10<sup>2</sup> indivíduos, baixa densidade e distribuição restrita; *população pequena* - 10<sup>3</sup> indivíduos, baixa densidade e média distribuição, ou média densidade e restrita distribuição; *média a grande população* - 10<sup>4</sup> indivíduos, baixa densidade e ampla distribuição, ou média a alta densidade com limitada a grande distribuição (Trajano, 2001a).

Em adição aos parâmetros populacionais estimados através da técnica de marcação e recaptura, este tipo de estudo permite detectar os deslocamentos dos indivíduos no habitat, proporcionando inferências sobre sua área domiciliar (Trajano, 2001a). Resultados obtidos para diferentes espécies de peixes troglóbios brasileiros apontam para um elevado grau de sedentarismo (Trajano, 2003). O caso do cascudo troglóbio *Ancistrus cryptophthalmus* da área cárstica de São Domingos é um exemplo do elevado grau de sedentarismo em peixes troglóbios, com uma área de deslocamento de 20 a 40 m ao longo do riacho na Caverna Passa Três e nenhuma movimentação na Caverna Angélica (Trajano, 2001b). Outro exemplo é o do bagre cego de Iporanga *Pimelodella kronei*, que, pelo fato de apresentar maior tamanho corpóreo, esperava-se

que teria maiores áreas de deslocamento. No entanto, estes bagres também apresentaram elevado grau de sedentarismo, movendo-se com menos frequência e por distâncias menores, sendo que 20% das recapturas foram realizadas em locais diferentes do anterior e menos de 2% das recapturas em locais com distância superior a 300 metros (Trajano, 1997).

O estudo do comportamento de reação a luz é um dos primeiros e mais intensamente aspectos investigados em peixes subterrâneos. Representantes de dez famílias de peixes troglóbios foram estudadas quanto ao seu comportamento fototático: Characidae (gênero *Astyanax*), Cyprinidae, Balitoridae, Heptapteridae, Trichomycteridae, Loricariidae, Clariidae, Amblyopsidae, Bythitidae e Poeciliidae (Parzefall, 1998; Trajano & Gerhard, 1997; Bessa & Trajano, 2002; Trajano & Borowsky, 2003). A maioria das espécies, estudadas utilizando-se a metodologia clássica de câmaras de escolha, apresentou uma tendência à fotofobia, variando entre uma resposta negativa acentuada e indiferença à luz, com um grau de fotofobia ainda mais acentuado em seus congêneres epígeos (Trajano, 2003). Assim, a fotofobia pode regredir tanto quanto outros caracteres comportamentais e morfológicos selecionados pela luz (Trajano, *op. cit.*).

Peixes troglóbios são excelentes modelos para o teste da hipótese de seleção externa (ecológica) *versus* seleção interna (organização temporal interna), dos ritmos circadianos. Estudos sobre a atividade locomotora realizados em várias espécies de peixes troglóbios brasileiros pertencentes a quatro Famílias (Heptapteridae, Trichomycteridae, Callichthyidae e Characidae) de duas Ordens (Characiformes e Siluriformes) vem fornecendo fortes evidências a favor da primeira. Além disso, diferenças quanto ao grau de troglomorfose, com vários casos de variabilidade populacional, em mosaico no grau de desenvolvimento de olhos, pigmentação e outras

características, fornecem excelentes oportunidades para a investigação dos modos de regressão dos mecanismos de controle temporal da atividade locomotora na faixa circadiana (Trajano & Menna-Barreto, 1995, 1996, 2000; Trajano *et. al.*, 2005, 2009b, 2011).

### **Área cárstica da Serra da Bodoquena**

A área cárstica da Serra da Bodoquena destaca-se pela elevada incidência de espécies troglóbias, distribuídas ao longo de todo o maciço calcário. Esta região é frequentemente referenciada pela cidade de Bonito, um dos principais atrativos turísticos do Brasil (Lobo & Moretti, 2009). Entre as belezas cênicas da região, estão os rios de águas cristalinas e cavernas famosas como a gruta do Lago Azul e o Abismo Anhumas. A presença destas cavernas na região atraiu exploradores, mergulhadores e pesquisadores desde a década de 1980 (por exemplo, Godoy, 1986; Trajano, 1987; Barroco-Neto, 2010). Dados recentes mostram que, entre os municípios de Bonito, Jardim e Bodoquena, concentra-se o maior número de cavernas inundadas exploradas do Brasil (Barroco-Neto, *op. cit.*).

Estudos publicados e em andamento revelam que a Serra da Bodoquena abriga uma fauna subterrânea rica em espécies de peixes e invertebrados troglóbios, sendo considerada como uma área de alta riqueza de espécies troglóbias em termos mundiais, tanto para peixes, como para invertebrados (Gnaspini & Trajano, 1994; Cordeiro, 2008; Trajano & Bichuette, 2010; Cordeiro-Borghezán *et al.*, no prelo). A diversidade de invertebrados troglóbios é representada por planárias aquáticas, aracnídeos (opiliões *Eusarcus*, aranhas Ctenidae), diplópodes Polydesmida, diversos colêmbolos e alguns insetos, além de crustáceos Peracarida, que incluem destacados relictos filogenéticos, como os crustáceos Speleogriphacea: *Potiicoara brasiliensis* Pires, 1987, o anfípode



*Megagidiella azul* Koenemann & Holsinger, 1999; além de uma nova espécie troglóbia de Onychophora (Cordeiro-Borghezan *et al.*, no prelo)

Até o momento, são conhecidas na região cinco espécies de peixes troglóbios, todos pertencentes à Ordem Siluriformes, o que coloca esta região em segundo lugar em número de espécies de peixe troglóbios do Brasil, atrás apenas da área cárstica de São Domingos (GO). Entre essas espécies, somente duas foram oficialmente descritas, o cascudo anoftálmico e despigmentado, *A. formoso* Sabino e Trajano 1997, do Sistema Formoso (Ressurgências do Formoso e Formosinho e Buraco do Ducho) e o bagre *Trichomycterus dali* Rizzato *et al.* 2011, de cavernas distantes cerca de 80 km entre si (Grutas Buraco das Abelhas, Saracura e Morro do Jericó), enquanto que as outras três espécies, encontram-se com o estudo taxonômico em andamento: *Ancistrus* sp. n. e *Rhamdia* sp. n. do Sistema Campina, caracterizadas por variação intra-populacional no grau de desenvolvimento dos olhos e pigmentação; e *Trichomycterus* sp. n. (Gruta do Urubu Rei), objeto da tese de Doutorado de Livia Medeiros Cordeiro-Borghezan, que tem sido citada como *T. aff. dali*, mas já com fortes evidências de se tratar de espécie distinta.

Atualmente, as principais ameaças aos ecossistemas subterrâneos são a extração mineral, o desmatamento sobre áreas cársticas, a atividade turística desordenada, a construção de barragens e reservatórios para geração de energia, extração de água do aquífero para uso em agricultura e/ou consumo humano, contaminação, poluição orgânica através da introdução de espécies exóticas, entre outros (Bichuette & Trajano, 2010). Dessa forma, o levantamento de informações sobre as densidades e tamanhos populacionais de organismos subterrâneos, assim como informações sobre seu comportamento, área domiciliar, entre outros fatores, é relevante não somente para a ciência básica como também serve de base para o estabelecimento de políticas eficientes

de conservação, tendo em vista a grande fragilidade dos ecossistemas subterrâneos e ameaças observadas por todo o mundo (Proudlove, 2001).

No presente projeto, foi realizado o estudo da ecologia populacional com foco nas estimativas de densidades e tamanhos populacionais, frequência de comprimento-padrão e peso, fator de condição (estado de higidez), taxa de crescimento individual, deslocamento e área de distribuição de Siluriformes dos gêneros *Rhamdia* e *Ancistrus*, que co-ocorrem no sistema hidrológico subterrâneo do Campina, localizado na microbacia do Rio Salobra, área norte da Serra da Bodoquena. Adicionalmente, foi realizado o estudo do comportamento de reação à luz e ritmicidade locomotora em laboratório com indivíduos de *Rhamdia* sp. n.. A investigação destas duas espécies subterrâneas contribuirá para a detecção de padrões evolutivos relacionados ao isolamento de peixes subterrâneos, assim como produzir informações essenciais para a conservação dessas espécies e do aquífero da região.

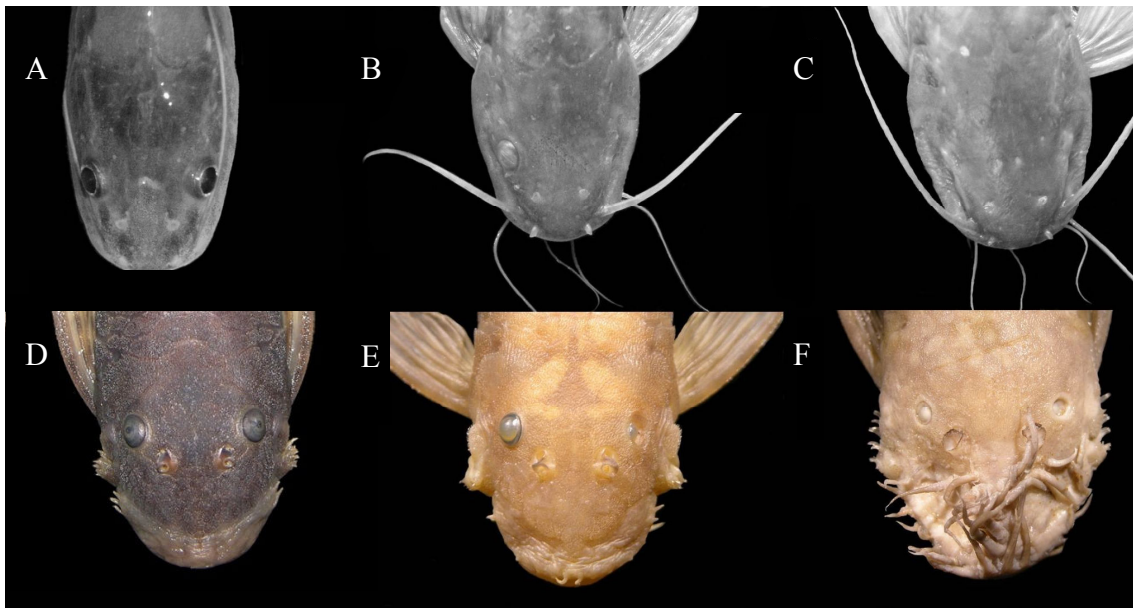
## **OBJETIVOS**

- Investigar os parâmetros populacionais dos troglóbios *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n., sintópicos na caverna Gruta das Fadas, e de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros, com enfoque nas densidades e tamanhos populacionais, frequência de comprimento-padrão, peso e fator de condição (estado de higidez), taxas de crescimento individual e deslocamento.
- Realizar o estudo etológico em laboratório de *Rhamdia* sp. n., abordando aspectos de ritmicidade locomotora e reação à luz.
- Investigar novas localidades de ocorrência de populações troglomórficas de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. na região da Serra da Bodoquena – MS.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A nova espécie de *Rhamdia* do Sistema Campina caracteriza-se pela variabilidade no que diz respeito ao grau de desenvolvimento dos olhos e da pigmentação melânica cutânea, com estados que apresentam uma distribuição em mosaico. São observados desde indivíduos sem olhos visíveis externamente, aqui referidos como “anoftálmicos”, até exemplares com os dois olhos de tamanho e estrutura aparentemente similares aos da espécie epígea encontrada na região, *R. quelen*, aqui referidos como “olhos normais”, passando por exemplares com olhos variavelmente desenvolvidos, frequentemente assimétricos (Figura 1). Quanto à pigmentação, são encontrados desde indivíduos tão pigmentados quanto os bagres epígeos, com colocação cinza escura, até exemplares de cor pálida, cinza clara, eventualmente com tons castanhos claros; parte dos indivíduos apresenta coloração homogênea enquanto outros tem manchas mais ou menos regulares

Os troglomorфismos característicos da nova espécie de *Ancistrus* da Gruta das Fadas, muito menos ançados do que em *A. formoso*, incluem a redução da pigmentação, com a maioria dos indivíduos bem despigmentados, e dos olhos, que, à semelhança do observado para *Rhamdia* sp. n., apresentam variação intrapopulacional.



**Figura 1:** Variabilidade no tamanho dos olhos de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. da Gruta das Fadas. Exemplos de *Rhamdia* sp. n.: A) com olhos normais, B) apenas com o olho direito, C) com olhos externamente não visíveis. Exemplos do gênero *Ancistrus*: D) indivíduo coletado no riacho epígeo próximo à Gruta das Fadas com olhos de tamanho normal; E) com olhos assimétricos, F) com olhos reduzidos (macho adulto). Fotos: R. Borghezán

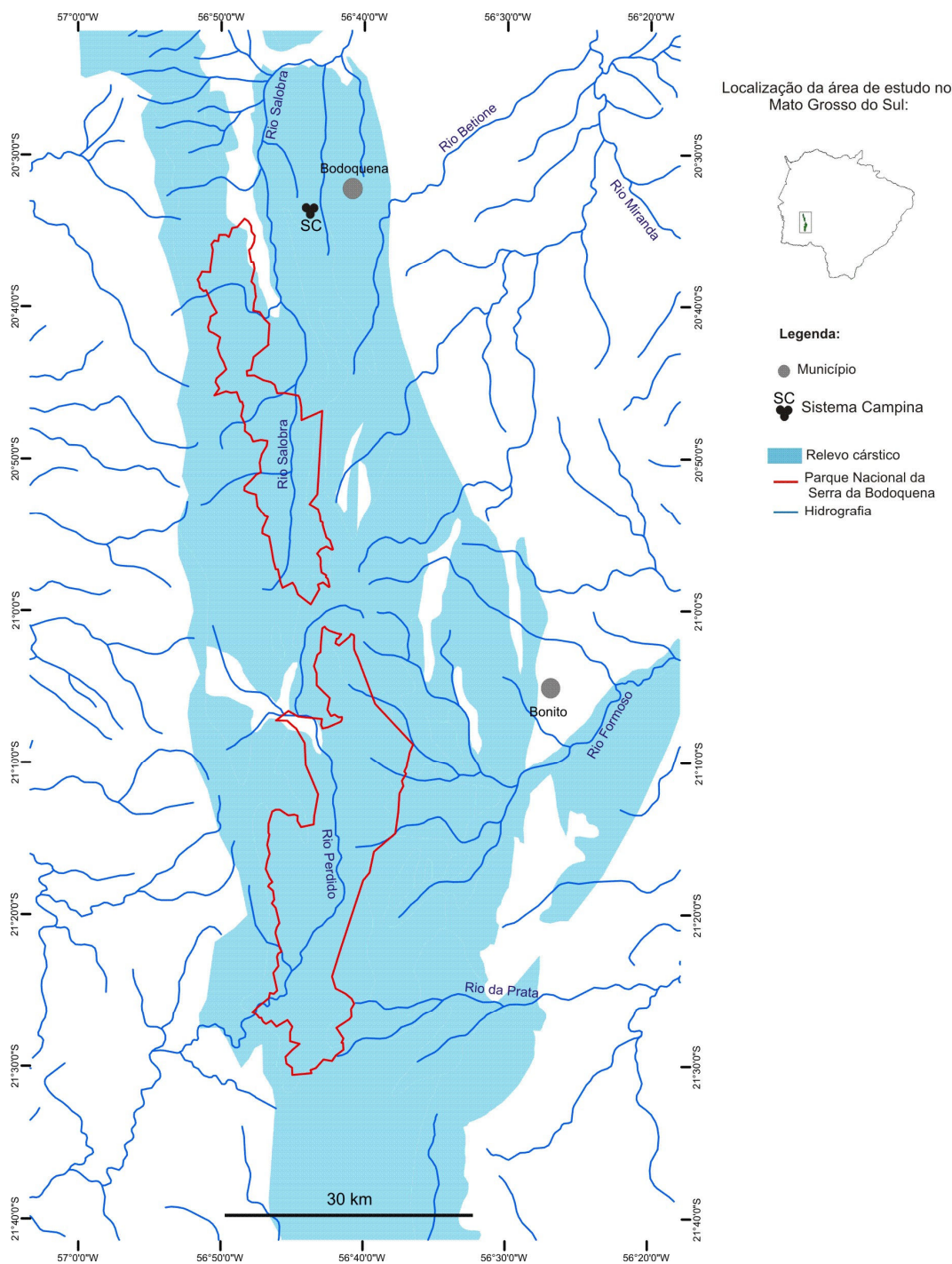
## 1 Área de estudo

A Serra da Bodoquena (Almeida, 1965) está localizada no sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul e apresenta cerca de 200 km de extensão na direção norte-sul. Com altitude chegando a 800 metros, mais frequentemente entre 400 e 600 metros, está situada entre os paralelos 19°45' e 22°15' de latitude sul e 57°30' e 56°15' de longitude oeste (Sallun-Filho *et al.*, 2009). A Serra da Bodoquena (Fig.2) é um estreito e longo planalto formado principalmente por calcários calcíticos da Formação Bocaína e de rochas terrígenas e carbonáticas (calcíticas e dolomíticas) da Formação Cerradinho, ambas do Grupo Corumbá (Ediacarano) (Sallun Filho *et al.*, 2004, 2009). Contendo um amplo sistema de condutos cársticos desenvolvido principalmente em ambiente freático, a Serra da Bodoquena caracteriza-se pela presença de cavernas, dolinas e outras feições relativamente comuns, como ressurgências, sumidouros e cones cársticos (Sallun Filho *et al.*, 2004; Sallun Filho & Karmann, 2007). Esta serra caracteriza-se também por ser

um extenso divisor entre a bacia do Rio Paraguai a Oeste e as sub-bacias do Rio Apa ao Sul e Miranda a Leste, sendo que as principais microbacias da região são os Rios Salobra, Formoso, Prata e Perdido.

O clima na Serra da Bodoquena é caracterizado como Tropical Úmido, com temperatura média anual em torno de 22°C e precipitações que variam de 1.200 a 1.500 mm anuais e uma fase seca de 3 à 4 meses, entre junho e setembro. A vegetação na região varia conforme o relevo e o tipo de solo, composta principalmente por floresta estacional decidual, com elementos florísticos principalmente do domínio Mata Atlântica, mas também com presença de floresta estacional semidecidual e Cerrado *latu sensu*, estes últimos localizados principalmente em regiões periféricas (IBGE, 1992, Scremin-Dias *et al.*, 1999; Damasceno-Junior *et al.*, 2000; Pott & Pott, 2003).

Atualmente, há 206 cavernas registradas na área cárstica da Serra da Bodoquena (Sallun Filho *et al.*, 2010), número que representa cerca de 3% do total de cavernas catalogadas no Brasil (6040 cavernas) (ICMBio – CECAV, 2008). Dentre as cavernas catalogadas para a Serra da Bodoquena, 83 estão localizadas no município de Bodoquena, sendo 40 no Assentamento Campina, região onde se encontra o sistema hidrológico subterrâneo Campina, habitado pelas espécies troglomórficas de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. (Fig. 2)



**Figura 2:** Área cárstica da Serra da Bodoquena e localidades do Sistema Campina.

Criado em 1997, este Assentamento está distante cerca de 5 km da cidade de Bodoquena e 7 km do limite do Parque Nacional da Serra da Bodoquena (Fig. 2), e tem como principal fonte econômica a pecuária extensiva. Segundo relato dos primeiros moradores do Assentamento, este local era densamente ocupado por vegetação nativa,

principalmente de espécies arbórea, muitas das quais com potencial madeireiro. A grande quantidade de madeira estimulou uma intensa atividade de extração nos primeiros anos de sua ocupação, chegando a ser instalada, de forma ilegal, uma unidade de processamento dentro da reserva legal do Assentamento. Um exemplo da grande quantidade de árvores extraída na região é o relato da retirada de cerca de 200 pés em uma área de cerca de 20 hectares (tamanho médio de cada propriedade). Atualmente, muitos lotes já não possuem mais vegetação arbórea, somente pastagem, enquanto outros, em menor número, mantêm algumas unidades para suprir as necessidades de manutenção da propriedade, como a construção/manutenção de casas, cercas e currais. Contudo, outros relatos também afirmam a existência de áreas formadas por campos limpos, motivo pelo qual foi denominado Assentamento Campina.

### **1.1 Gruta das Fadas**

Descoberta em 2006 por Livia M. Cordeiro e col., a Gruta das Fadas (Anexo I, Mapa 1) apresenta 307 metros mapeados até o momento, sendo 113 m de condutos secos e 194 m de riacho. A gruta apresenta uma entrada estreita que dá acesso a um pequeno salão com blocos abatidos, progredindo em um salão de 60 m de comprimento que dá acesso ao riacho subterrâneo localizado cerca de 22 m abaixo da superfície. O conduto do riacho apresenta pouca variação no nível da água durante o ano e caracteriza-se por apresentar água cristalina e locais com corredeiras, remansos e poções. Foi observado, nos meses de abril de 2010 e 2011, que a Gruta das Fadas apresenta alta concentração de CO<sub>2</sub> nas galerias secas e no conduto do rio, podendo-se configurar este trecho da caverna como uma “bad air cave” (Elliott, 1997).

No conduto do rio, foram encontrados fósseis de vertebrados pleistocênicos acumulados em um trecho raso do rio onde há deposição de seixos e pequenos fragmentos de rocha calcária. Segundo Oliveira *et al.* (2009), estes fósseis são



representantes de Ursidae (*Arctotherium*), Mylodontidae (preguiça-gigante), Proboscidea (mastodonte), testemunhos de fases paleoclimáticas mais frias e possivelmente mais secas na área, como observado em outras regiões do país, como no Ceára (Trajano & Ferrarezzi, 1994), além de um fêmur fossilizado de Hominidae.

Assim como em grande parte do Assentamento, atualmente a área superficial desta caverna é utilizada para pecuária extensiva, no entanto com algumas espécies arbóreas ainda presente (Fig. 3), diferentemente de muitas outras propriedades.



**Figura 3:** Estado de conservação na superfície e entorno da Gruta das Fadas; Foto: L. M. Cordeiro-Borghezán.

## 1.2 Gruta Cinco de Ouros

A Gruta Cinco de Ouros (Anexo I – Mapa 2) está a uma distância de 350 metros da Gruta das Fadas e o entorno de sua entrada possui cerca de 15 a 20 metros de vegetação (Fig. 4). Sua entrada é uma dolina com cerca de 15 metros de desnível que dá acesso a um amplo salão, acessível somente com equipamentos e técnicas específicas de espeleologia. Na lateral deste salão encontra-se um lago com aproximadamente oito metros de largura e dois de comprimento (setor 1). Na outra extremidade deste salão



encontra-se um conduto com aproximadamente 160 m de extensão que, ao fundo, dá acesso a outro lago, este com cerca de sete metros de largura e dez de comprimento (setor 2). O nível de água destes lagos varia pouco ao longo do ano, no entanto, foram observadas marcas de água no teto do conduto principal, indicando uma elevação do nível em determinadas épocas, possivelmente durante enxurradas. Provavelmente, estes dois lagos pertencem ao mesmo sistema hidrológico subterrâneo da Gruta das Fadas, uma vez que estas cavernas estão próximas e há ocorrência de *Rhamdia* sp. n. em ambas cavernas.



**Figura 4:** Estado de conservação no entorno da entrada da Gruta Cinco de Ouros; Foto: R. Borghezán.

## **2 Trabalho de campo**

Para as estimativas de densidades e tamanhos populacionais, frequência de comprimento-padrão, peso e fator de condição, taxas de crescimento individual, deslocamentos e área de distribuição de *Rhamdia* sp. n. e de *Ancistrus* sp. n., foram realizados seis eventos de coleta em duas localidades de ocorrência dessas espécies, Gruta das Fadas e Gruta Cinco de Ouros. Os meses amostrados foram: março/abril de

2010 (entre os dias 25/mar. e 15/abr.), junho/julho de 2010 (20/jun. - 18/jul.), outubro/novembro de 2010 (22/out. - 13/Nov.), abril de 2011 (17 a 30), julho de 2011 (06 a 30) e outubro de 2011 (02 a 08).

Observações naturalísticas foram realizadas utilizando-se o método *ad libitum*. Este método geralmente é utilizado nas fases iniciais de estudos de comportamento em peixes (Del-Claro, 2004) e caracteriza-se por não haver restrição para as observações, visando principalmente os comportamentos mais comuns da ictiocenose (Sabino, 1999).

Os estudos realizados em campo contaram com a autorização do SISBIO (licença nº 22892-1).

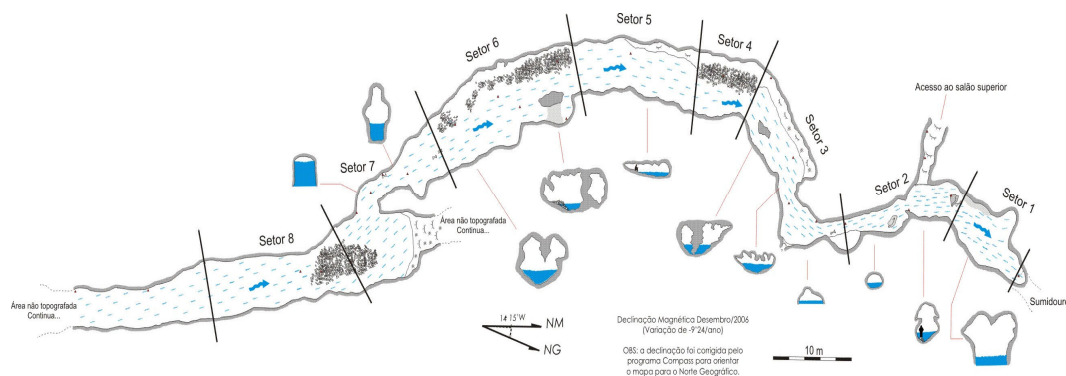
## **2.1 Variáveis ambientais**

Em cada evento de coleta foram medidas, com aparelho digital da Marca Horiba, modelo U 10, variáveis ambientais da água: pH, condutividade ( $\text{ms cm}^{-1}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mg l}^{-1}$ ), temperatura e salinidade (%). Os dados de precipitação mensal foram extraídos da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada na cidade de Miranda, distante cerca de 50 km da região de estudo.

## **3 Ecologia populacional de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.**

Para o estudo populacional na Gruta das Fadas, foi realizada, no início do estudo, a divisão do riacho por setores de acordo com o tipo de habitat: poções, remansos e corredeira (Fig. 5). Foram considerados *poções* os locais onde a profundidade foi maior do que dois metros da linha d'água ao fundo, com velocidade d'água lenta e fundo composto por sedimento arenoso; *remanso*, locais com profundidade entre 0,5 e 2 metros, velocidade d'água lenta ou moderada e fundo

constituído por sedimento arenoso ou substrato rochoso; *corredeira*, locais com menos de 0,5 metros de profundidade, velocidade rápida e fundo composto por substrato rochoso. Desta forma, cada setor teve sua área e comprimento desigual, totalizando oito setores (Tabela 1).



**Figura 5:** Delimitação do riacho da Gruta das Fadas em setores. Barra transversal indica início e término de cada setor; Mapa: L.M.Cordeiro-Borghezan e col..

**Tabela 1:** Setores do riacho da Gruta das Fadas.

Setor	Comprimento total (m)	Área do setor (m <sup>2</sup> )	Classificação
1	12	41,6	Poção
2	15	42,3	Remanso
3	20	58	Poção
4	7	10,5	Corredeira
5	15	69,5	Remanso
6	20	73	Remanso e Corredeira
7	25	124,5	Poção
8	17	91	Remanso

Na Gruta Cinco de Ouros, foram feitas observações somente no lago próximo à entrada. No lago do fundo dessa gruta, devido às dificuldades de se fazer flutuação, as capturas com redes de mão foram realizadas na maioria das vezes a partir da borda do lago. Covos foram instalados nos dois lagos da Gruta Cinco de Ouros em todos os eventos de coleta e permaneceram instalados por aproximadamente quatro horas. Aparentemente, o lago próximo à entrada não possui fluxo d'água contínuo, enquanto que o lago na zona afótica apresenta fluxo d'água lento.

### **3.1 Densidade populacional**

Com exceção do mês de abril de 2010, no início de cada evento de coleta, foi realizado o censo visual no riacho da Gruta das Fadas através de flutuação com roupa de neoprene, máscara de mergulho, *snorkel* e lanterna subaquática. As observações deram-se a partir da área mais a jusante do riacho (setor 1), seguindo em direção a montante, até o final do setor 8. Não houve tempo fixo para as observações, entretanto, atentou-se para não contar o mesmo indivíduo mais de uma vez.

Para estimar a densidade populacional de *Rhamdia* sp. n. e de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas, dividiu-se o número de indivíduos observados durante o censo visual em cada evento de coleta pela área amostrada (510 m<sup>2</sup>). A partir desses valores, foram estimadas médias por setor do riacho, visando detectar as preferências dos indivíduos de acordo com as características do setor. Para esta estimativa, dividiu-se o número de indivíduos observados pela área do setor (Tab. 1). Para a estimativa de densidade populacional de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros, foram considerados somente os indivíduos capturados para o estudo de marcação e recaptura. Devido ao baixo número de indivíduos observados no lago próximo à entrada, optou-se por não realizar a análise de densidade deste local, sendo realizada somente para o lago do fundo da gruta, com área de aproximadamente 70 m<sup>2</sup>.

### **3.2 Tamanho populacional**

Para o estudo de ecologia populacional pelo método de marcação e recaptura nas cavernas Gruta das Fadas e Gruta Cinco de Ouros, exemplares de *Rhamdia* sp. n. e de *Ancistrus* sp. n. foram capturados com redes de mão e armadilhas do tipo covó (Fig. 6 e 7). As coletas com redes de mão foram realizadas por mim através de flutuação, enquanto outros dois coletores realizavam investidas com redes de mão a partir da beira

do riacho. Os covos permaneceram instalados por aproximadamente quatro horas em cada setor. A isca utilizada foi sardinha enlatada, embalada em saquinhos de *nylon* para impedir sua ingestão, que interfeririam nos dados de peso. Na Gruta Cinco de Ouros, foram utilizados os métodos acima citados no lago próximo a entrada e no lago no final da gruta, este último com maior investimento em coletas com rede de mão a partir da beira do lago.



**Figura 6:** Coleta de peixes com rede de mão; Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan.



**Figura 7:** Instalação de um covo na Gruta das Fadas; Foto: R. Borghezan.

Devido ao grande número de bagres na Gruta das Fadas, em cada evento de coleta foram necessários dois ou três dias de marcação e recaptura, subindo-se progressivamente o riacho para que o primeiro dia de coleta não interferisse nas capturas dos dias subsequentes.

Após serem capturados, os indivíduos de *Rhamdia* e *Ancistrus* foram anestesiados em solução de benzocaína para a tomada dos seguintes dados: comprimento-padrão (do focinho até o final do pedúnculo caudal), medido com paquímetro da marca Suunto (precisão de 0,1 mm); peso, medido com dinamômetro do tipo Pesola de 30 gramas (precisão de 0,2 g); presença, ausência ou assimetria dos olhos; e desenvolvimento das gônadas; além da tomada de fotos. A morfologia externa dos olhos foi classificada da seguinte forma: *dois olhos normais*, quando não observado diferenças no tamanho e coloração dos olhos; *anofitálmicos*, quando externamente não



visíveis; *assimétricos*, quando houve variação no tamanho dos olhos ou da coloração. A observação do desenvolvimento das gônadas foi realizada através de pressão abdominal no sentido antero-posterior do animal, liberando sêmen ou óvulos quando as gônadas estavam desenvolvidas.

de dois olhos normais (quando não observado diferenças no tamanho ou A seguir, os exemplares de *Rhamdia* sp. n. foram marcados individualmente com etiquetas subcutâneas do tipo VI Alpha Tag, coloridas e numeradas, da empresa Northwest Marine Technology. As etiquetas foram inseridas na região dorsal do lado esquerdo do animal, entre a nadadeira dorsal e a adiposa (Fig. 8 e 9).



**Figura 8:** Injeção da etiqueta numerada em *Rhamdia* sp. n.; Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan.



**Figura 9:** Etiqueta subcutânea verde (X 62) em um indivíduo de *Rhamdia* sp. n.; Foto: R. Borghezan.



**Figura 10:** Injeção subcutânea de tinta biocompatível vermelha em um indivíduo de *Ancistrus* sp. n.; Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan.



**Figura 11:** Marca verde subcutânea na lateral de um indivíduo de *Ancistrus* sp. n.; Foto: R. Borghezan.

Em *Ancistrus* sp. n., foi utilizada tinta de elastômero biocompatível com pigmento da cor vermelha e verde, também da marca Northwest Marine Technology. O pigmento foi injetado subcutaneamente por baixo das placas dérmicas do animal com seringa para injeção de insulina (Fig. 10 e 11). Para identificação de cada indivíduo, as marcas foram dispostas em uma combinação de cores em diferentes posições na região entre as nadadeiras pélvicas e a nadadeira caudal, em seguida a marca foi fotografada. Após a marcação, os indivíduos foram soltos no ponto médio do setor da captura.

Para o cálculo da estimativa do tamanho populacional foi utilizado o modelo Jolly-Seber (Jolly, 1965; Seber, 1965) através do programa MARK - formulação de POPAN. Para a estimativa do tamanho populacional de *Rhamdia* sp. n. no Sistema Campina (Gruta das Fadas + Gruta Cinco de Ouros), foram utilizadas informações de 208 indivíduos marcados na Gruta das Fadas (GF) e 39 indivíduos na Gruta Cinco de Ouros (GCO).

Análises de marcação e recaptura são amplamente utilizadas para se estimar a abundância populacional e probabilidades de sobrevivência (Lebreton *et al.*, 1992; Schwarz & Seber, 1999). No entanto, uma das maiores dificuldades é separar a probabilidade de sobrevivência da probabilidade de captura (apesar de ter sobrevivido, não foi recuperado). Assim, especialistas resolveram este problema gerando um conjunto de modelos concorrentes que retratam diferentes formas em que as probabilidades de sobrevivência e de captura podem variar como uma função do tempo, do ambiente, ou de características individuais, como sexo e tamanho (Johnson & Kristian, 2004). O modelo favorecido (ou conjunto de modelos) é, então, utilizado para se estimar os parâmetros de interesse, ou para se fazer inferências sobre os processos biológicos que regem a sobrevivência ou abundância dos indivíduos (Johnson & Kristian, *op. cit.*).

Utilizando-se a formulação de POPAN no programa MARK, quatro parâmetros foram estimados para cada modelo: taxa de sobrevivência ( $\phi$ ); probabilidade de captura ( $p$ ); recrutamento de indivíduos ( $\rho$ ) e tamanho da população ( $N$ ). Estes parâmetros podem ser constantes (.); variar entre grupos ( $g$ ); variar no tempo ( $t$ ); ou variar de acordo com a interação entre grupo e tempo ( $g*t$ ). Assim, para a análise do tamanho populacional ( $N$ ) de *Rhamdia* sp. n. no Sistema Campina, foram realizadas duas abordagens para o parâmetro grupo ( $g$ ): uma considerando as cavernas GF e GCO como a variável desse parâmetro, e outra considerando o estado de caráter dos olhos (anoftálmico, assimétrico e dois olhos normais). Tendo em vista o número de recapturas realizado na Gruta das Fadas, outra análise foi realizada somente com os dados da população desta gruta, sendo estimado o tamanho populacional e a abundância de cada grupo morfológico.

Para a seleção do(s) modelo(s) mais plausível(is), foi utilizado o índice de AICc (Akaike's Information Criterion), atualmente muito utilizado para seleção de modelos em ecologia e evolução (Johnson & Kristian, 2004). De um modo geral, o índice AICc é o critério utilizado para se selecionar o modelo mais parcimonioso, ou seja, o modelo que melhor explica a variação dos dados através do menor número de parâmetros. Este índice é calculado através da função:  $AICc = -2 \log(L) + 2K$ , onde  $L$  é valor de máxima verossimilhança e  $K$  o número de parâmetros (Burnham & Anderson, 2002). Assim, o AICc apresenta dois componentes principais: logaritmo negativo de máxima verossimilhança, que mede a falta de adequação do modelo para os dados observados, e um fator de correção do viés do modelo, que aumenta em função do número de parâmetros do modelo (Johnson & Kristian, 2004). Segundo Burnham & Anderson (2002), os modelos que apresentarem valor de  $\Delta AICc \leq 2$  poderão ser classificados



como plausíveis. Para uma abordagem mais detalhada sobre o índice AICc, ver Burnham & Anderson (2002).

### **3.3 Taxa de sobrevivência de *Rhamdia* sp. n.**

Para a estimativa da taxa de sobrevivência de indivíduos de *Rhamdia* sp. n., foi utilizado o modelo de Comarck-Jolly-Seber através do programa MARK. Assim como na análise do tamanho populacional, duas abordagens foram utilizadas para se calcular a taxa de sobrevivência: uma considerando as cavernas GF e GCO como a variável do parâmetro “grupo”, onde foi estimando o valor da taxa de sobrevivência dos indivíduos em cada gruta e para o Sistema Campina como um todo (GF + GCO), neste último quando a variação entre as cavernas foi constante; e outra considerando o parâmetro “grupo” como sendo a variação morfológica dos olhos. Adicionalmente, foi investigada a taxa de sobrevivência entre os grupos morfológicos para a Gruta das Fadas.

### **3.4 Frequência de comprimento-padrão, peso e fator de condição**

A partir dos dados de comprimento-padrão e peso, foram confeccionados histogramas com a distribuição das frequências de faixas de tamanho, peso e fator de condição por evento de coleta e para todo o estudo. Para esta análise, foram consideradas todas as capturas.

As análises do fator de condição (estado de hígidez) alométrico de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. foram realizadas seguindo Le Cren (1951 *apud* Vazzoler, 1996), com auxílio do programa Excel. O fator de condição alométrico (K) é calculado pela fórmula:  $K = 1000 * Wt / Ls^b$ , sendo Wt o peso total do indivíduo (g); Ls o comprimento-padrão (cm); e *b* o coeficiente angular da regressão entre peso (g) e

comprimento-padrão (cm), ambos transformados em logaritmo natural. O fator de condição foi estimado para cada evento de coleta e posteriormente distribuído em frequências de acordo com os valores alcançados. Valores de resíduo padronizado maiores do que 2,57 ( $p < 0,01$ ) foram considerados como atípicos (“outliers”) e excluído desta análise.

As comparações de densidades, comprimento-padrão, peso e fator de condição entre os eventos de coleta foram realizadas através da análise de variância de testes paramétricos – ANOVA, e não paramétrico - Kruskal Wallis (H). Quando detectada significância entre as variáveis ( $p < 0,05$ ), foram realizados testes *post hoc* (Tukey) para separar os grupos significamente distintos (Zar, 1996). Para estas análises, foi utilizado o programa Statística (versão 7) para  $\alpha = 0,05$ . A comparação das amostras de densidade populacional entre os setores do riacho foi realizada através do teste *t* pareado (paramétrico) e Wilcoxon - T (não-paramétrico). Para esta análise, foi utilizado o programa Past (versão 2.15), para  $\alpha = 0,05$ . Antes destes testes foi realizada a análise de homogeneidade de variância e normalidade dos dados. Valores de  $p$  entre 0,05 e 0,08 foram considerados marginalmente significantes e destacados no texto. Adicionalmente, diagramas de Box-and-Whiskers foram confeccionados com o objetivo de visualizar tendências de densidade populacional, comprimento-padrão, peso e fator de condição entre os eventos de coleta. Este diagrama apresenta o valor da mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança da variável estudada.

### **3.5 Taxa de crescimento individual de *Rhamdia* sp. n.**

Na estimativa das taxas de crescimento individual de *Rhamdia* sp. n. foram utilizados os dados de captura e recaptura dos indivíduos da Gruta das Fadas. Essas taxas foram calculadas através da relação entre o valor do comprimento-padrão no

momento da primeira captura e o comprimento-padrão na última recaptura. Segundo Santos (1978), se os pontos dessa relação se dispuserem em linha reta, então é utilizado o modelo de von Bertalanffy, expresso pela fórmula:  $L_t = L_\infty (1 - e^{-kt})$ , onde  $L_t$  = comprimento relativo a idade  $t$ ;  $L_\infty$  = comprimento máximo médio assintótico;  $K$  = constante de crescimento.

Para a estimativa dos parâmetros do modelo de von Bertalanffy e a confecção da curva de crescimento de *Rhamdia* sp. n., inicialmente foi realizado a separação das coortes através dos dados de distribuição das frequências de faixas de tamanho em cada evento de coleta. A separação das coortes foi realizada utilizando-se o programa Fisat II (Gayanillo *et al.*, 2005) pelo método de Bhattacharya. Esta análise resulta no valor médio de comprimento-padrão de cada coorte. Para estimar a idade de cada coorte, foi calculada inicialmente a idade relativa, sendo considerado zero de idade para a primeira coorte. Esta análise resulta na idade negativa da primeira coorte, sendo posteriormente ajustada com valores positivos para as demais coortes. Para a estimativa dos parâmetros do modelo de von Bertalanffy e a confecção da curva de crescimento foi utilizado o programa Statística (versão 7).

Adicionalmente, foi realizada a análise do incremento corpóreo diário dos indivíduos, visando comparar as taxas de crescimento entre os eventos de coleta. Para tanto, foi utilizado o incremento de cada indivíduo, dividido pelo tempo (em dias) entre as capturas.

### **3.6 Deslocamento**

Com o objetivo de investigar possíveis padrões de deslocamento em *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas e na Gruta Cinco de Ouros, foram realizadas anotações do setor onde os indivíduos foram capturados. Estes indivíduos, após serem medidos e marcados, foram soltos no ponto médio do seu setor de origem. Esses registros foram classificados em cinco categorias: *Subiu + de 3 setores*; *Subiu entre 1 e 3 setores*; *Permaneceu no mesmo setor*; *Desceu entre 1 e 3 setores*; *Desceu + de 3 setores*.

### **4 Prospecção de novas localidades**

Com o objetivo de encontrar novas cavidades com possível ocorrência de peixes subterrâneos, foram realizadas prospecções na região do Assentamento Campina, localizado na micro-bacia do Rio Salobra, região norte da Serra da Bodoquena (Fig. 2). Para a obtenção de coordenadas de cavidades já registradas, bancos de dados nacionais de cavernas foram previamente consultados, tais como: CNC – Catálogo Nacional de Cavernas, vinculado à Sociedade Brasileira de Espeleologia (<http://www.sbe.com.br>); CODEX – Catálogo de Cavernas do Brasil, gerenciado pela Redespeleo Brasil (<http://www.redespeleo.org>); e os bancos de dados do ICMBIO/CECAV (<http://www.icmbio.gov.br/cecav/>). A partir das coordenadas assim obtidas, fomos a campo localizar as cavernas de interesse com auxílio de aparelho GPS (modelo Garmin 60 CSx). Informações fornecidas por moradores locais foram consideradas e investigadas sempre que possível. As localidades encontradas sem informação nos bancos de dados foram consideradas como novos registros, sendo os dados de coordenadas geográficas aferidos na entrada de cada cavidade.

## 5 Estudos em laboratório de *Rhamdia* sp. n.

Para o estudo em laboratório, foram investigados 12 exemplares de *Rhamdia* sp. n., coletados por Trajano e col. em 2008 para o projeto Temático sobre: “Fauna subterrânea aquática brasileira: biodiversidade, biologia, evolução, ecologia e conservação” (FAPESP proc. nº 03/00794-5). Somados a estes exemplares, outros 13 indivíduos de *Rhamdia* sp. n. foram capturados em abril de 2010 na Gruta das Fadas e trazidos para o laboratório no IB/USP, porém, somente três indivíduos sobreviveram ao transporte.

Para o transporte dos indivíduos vivos até o laboratório, foi utilizada uma caixa térmica onde foram mantidos os tarros plásticos de 3 litros contendo os peixes. Em cada tarro foi instalado um sistema de aeração com mangueira e pedra porosa, ligadas a uma bomba de ar à pilha. Para evitar flutuações importantes na temperatura da água, foram utilizados potes com gelo dentro da caixa térmica. A temperatura da caixa térmica foi monitorada por aparelho termo-higrômetro digital da marca Incoterm, modelo 7663, durante todo o tempo em que os peixes permaneceram na caixa. Procurou-se manter a temperatura próxima à observada na caverna, em torno de 25 °C.

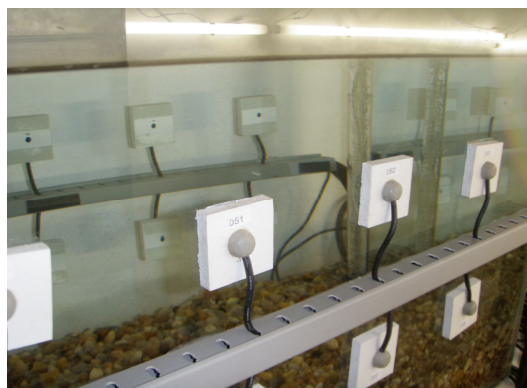
Em laboratório, os animais são mantidos em grupos de até seis indivíduos em caixas de amianto de 200 litros contendo filtro biológico com fundo de cascalho, chaminé de aeração e tocas feitas com pequenos blocos de rocha calcária. A temperatura do ar no laboratório é mantida em torno de 23°C, controlada por aparelho de ar condicionado. Essas caixas permanecem no escuro, exceto durante atividades de manutenção dos peixes, quando são alimentados com *Artemia salina* viva. A alimentação dos indivíduos é realizada uma vez por semana, em dia e horário quase sempre fixo (segunda à tarde), exceto em dias de feriado.

## 5.1 Ritmicidade locomotora

O estudo de ritmicidade locomotora de *Rhamdia* sp. n. foi baseado no protocolo experimental de Trajano *et al.* (2005 e 2009b). Segundo este protocolo, os peixes são inseridos individualmente em aquários com um sistema de coleta de dados da atividade locomotora do animal. Este sistema consiste em quatro aquários de 40 litros e três de 75 litros. Cada aquário está equipado com 10 pares de fotocélulas infravermelhas fixadas em duas linhas nas laterais dos aquários (Fig. 12 e 13). Estas fotocélulas estão ligadas a um computador fora da sala dos aquários, onde são armazenadas as informações do número de vezes em que o peixe interrompeu cada feixe infravermelho durante um intervalo de tempo programado. No caso do estudo com *Rhamdia* sp. n., o programa foi configurado para acumular os dados da atividade do animal em intervalos de 10 minutos, totalizando 144 contagens por fotocélula no período de 24 horas. Estas informações foram armazenadas pelo programa “The Fish Watcher - TFW10”, desenvolvido pela empresa Cebrasil e projetado para estudos de ritmicidade com peixes.



**Figura 12:** Sala com aquários para estudos de ritmicidade locomotora.



**Figura 13:** Aquário com fotocélulas infravermelhas.

Exemplares de *Rhamdia* sp. n. foram testados em quatro etapas devido às restrições no número de aquários e tipo de experimento. Na configuração do experimento nas duas primeiras etapas, os animais foram testados durante cinco dias em condição de livre-curso (escuro constante - EE), sendo sete indivíduos em cada etapa

(nove anoftálmicos e cinco com dois olhos normais). Nas etapas 3 e 4, foram estudados 11 dos 14 indivíduos analisados anteriormente (seis anoftálmicos e cinco com dois olhos), desta vez sob a condição de livre-curso (EE1) nos cinco primeiros dias, seguidos de sete dias sob ciclos claro-escuro 12-12 hr (CE), e retornando ao livre-curso (EE2) durante mais seis dias, totalizando 18 dias de observação, mesmo esquema de Trajano e col. (2005). Para a realização da etapa sob ciclos claro-escuro, lâmpadas fluorescentes instaladas na parede da sala em frente e em cima dos aquários (Fig. 12 e 13), foram acionadas e desativadas através de *timers*, programados para ligar e desligar a cada 12 horas. A intensidade luminosa em cada aquário foi de aproximadamente 1500 lux durante a fase clara do experimento sob ciclos claro-escuro.

Antes de cada experimento, todos os indivíduos foram alimentados e permaneceram pelo menos 72 horas no aquário do experimento para aclimatação. Assim como na sala onde os indivíduos são mantidos, a temperatura na sala dos experimentos foi mantida em torno de 23°C durante os estudos. Além disso, foram tomadas medidas de variáveis físico-químicas da água dos aquários experimentais e dos aquários e caixas de manutenção, utilizando-se o aparelho Horiba – modelo U 10, buscando-se manter as variáveis dos aquários de experimentação próximas às observadas nos aquários e caixas de manutenção.

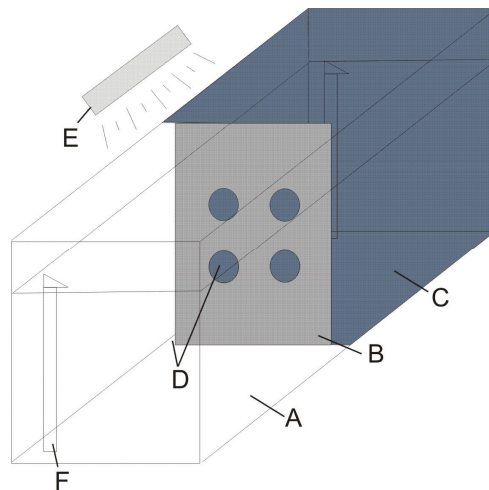
Os dados gerados em cada experimento foram analisados utilizando-se o programa El Temps (Diez-Nogueira, 1999), no qual são gerados actogramas e periodogramas pela técnica de Lomb-Scargle, para  $\alpha = 0,05$ . A partir dessa análise, foi estimado o valor dos componentes circadianos significativos (se presente) expressos em horas e suas potências espectrais, utilizados para comparar cada indivíduo. Nestas análises foi considerado somente o tempo total da atividade locomotora de cada animal.

## 5.2 Reação à luz

No estudo de reação a luz foram investigados nove indivíduos de *Rhamdia* sp. n., capturados na Gruta da Fadas em 2008. Destes nove indivíduos, quatro são anoftálmicos e cinco apresentam dois olhos normais, similares ao de seu congêneres epígeo, *Rhamdia quelen*. Não foram testados exemplares com olhos assimétricos.

O experimento de reação à luz com indivíduos de *Rhamdia* sp. n. seguiu a metodologia clássica de câmara de escolha (e.g. Trajano & Gerhard, 1997). Neste experimento, foi utilizado um aquário de 300 litros (comprimento = 150 cm; largura = 45 cm; altura = 50 cm), com fundo de cascalho, filtro biológico, e duas chaminés de aeração, dispostas simetricamente nos dois compartimentos do aquário. Para instalação das câmaras de escolha, uma placa de PVC opaca foi disposta transversalmente no meio do aquário, formando dois compartimentos iguais. Esta placa foi disposta de modo a permitir a passagem do peixe pelo fundo e à meia-água, com espaço nas laterais e através de quatro aberturas circulares no meio da placa, cada abertura com 3,5 cm de diâmetro (Fig. 14). Para a instalação configuração do compartimento escuro, metade do aquário foi coberto com cartolina preta e duas camadas de tecido preto, impossibilitando a entrada de luz, exceto pelas aberturas destinadas à passagem do animal entre os compartimentos. Para caracterização do compartimento iluminado, foi utilizada uma luminária com lâmpada fluorescente de 15 W, disposta sobre a metade do aquário (Fig. 14). Folhas de papel vegetal foram fixadas em frente à lâmpada, de modo a reduzir a intensidade luminosa para 30 lux na superfície da água.





**Figura 14:** Aquário de experimentação de reação a luz: A – compartimento claro; B – placa de PVC instalado no meio do aquário; C – compartimento escuro; D – espaços para transição do peixe entre os compartimentos; E – luminária instalada sobre o aquário; F – chaminé de aeração.

Com o objetivo de detectar possíveis preferências espontâneas dos indivíduos por algum lado do aquário, estes foram submetidos inicialmente ao experimento controle, onde os dois lados do aquário permaneceram iluminados durante duas horas. Logo após o teste controle, o lado oposto ao de maior permanência do animal foi coberto. Em seguida, foram realizadas filmagens do compartimento iluminado durante seis horas para posterior quantificação do tempo de permanência do indivíduo neste compartimento. Para as filmagens foi utilizada uma câmera filmadora da marca SONY – modelo DCR – HC30, instalada em frente ao compartimento iluminado.

Para quantificar a reação à luz de cada indivíduo, o tempo de permanência no compartimento iluminado foi cronometrado durante 15 min. a cada meia hora, totalizando 3 horas de observação para cada indivíduo durante o experimento e uma hora de observação para o controle. A partir dessas observações, a porcentagem de tempo que o indivíduo permaneceu no compartimento escuro foi comparada com a porcentagem de tempo que o indivíduo permaneceu nesse mesmo compartimento durante o experimento controle.

## RESULTADOS

### 1 Distribuição e habitat de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.

As prospecções realizadas na área do Assentamento Campina demonstraram o grande potencial para ocorrência de cavernas na região, no entanto, a maioria com pequenas dimensões (menos de 50 metros) e sem a presença de corpos d'água permanentes.

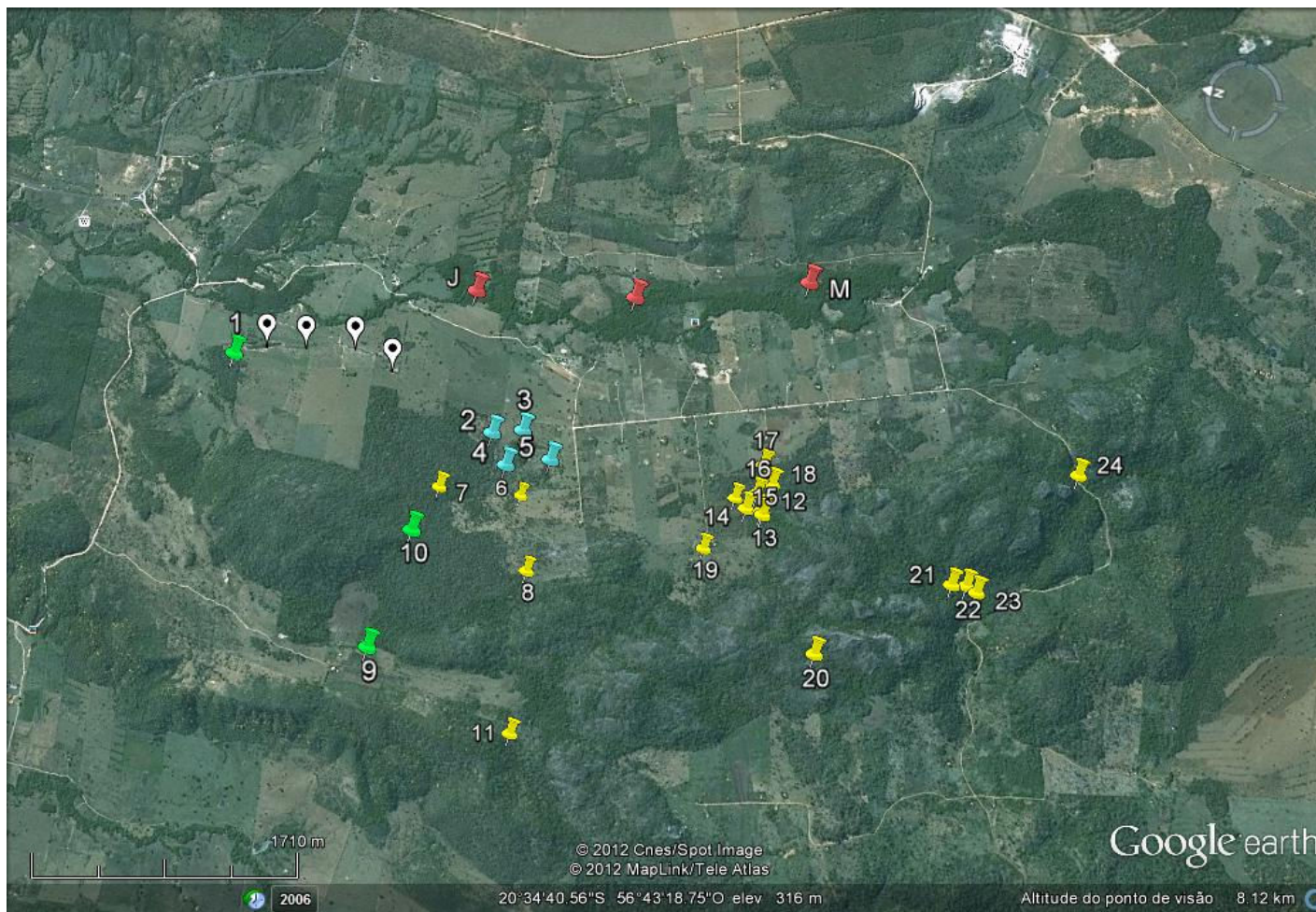
A análise prévia dos cadastros nacionais de cavernas demonstrou ser pouco eficiente, uma vez que grande parte das coordenadas, quando disponíveis, apresenta erros grosseiros, devido à baixa precisão dos aparelhos GPS utilizados na época em que a maioria das cavernas da região foram catalogadas. Além disso, para poucas cavernas existiam informações que auxiliassem sua identificação em campo. Assim, existem dúvidas se algumas das localidades encontradas já são cadastradas ou não. Dessa forma, a ajuda dos moradores locais foi fundamental para que pudéssemos encontrar as cavernas com potencial para exploração e/ou ocorrência das espécies de peixes subterrâneos.

No total, foram prospectadas 24 cavernas na área do Assentamento Campina, próximo à drenagem superficial do Córrego Campina (Tab. 2, Fig. 15). Dessas 24 cavernas, somente quatro são localidades de ocorrência de *Rhamdia* sp. n.: Gruta das Fadas, Gruta Cinco de Ouros, Gruta Manoel Cardoso e Gruta Dona Benedita . O mapa destas cavernas consta no Anexo I. Embora nenhum indivíduo tenha sido encontrado na Gruta Dona Benedita durante nossas visitas, esta localidade foi considerada com base em um exemplar com olhos aparentemente reduzidos e simétricos coletado em 1994 pela Dra. Elizabeth M. J. Costa e cedido pela mesma para o presente estudo. Já *Ancistrus* sp. n. foi encontrado, até o momento, exclusivamente na Gruta das Fadas.

Especula-se que a distribuição de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. pode ser maior, distribuída por toda a área do Assentamento Campina, cerca de 15 km<sup>2</sup>.

**Tabela 2:** Localidades prospectadas na região do Assentamento Campina, município de Bodoquena; Cavernas listadas no sentido N – S; Ver também Figura 15.

<b>Nº figura</b>	<b>Nome da localidade</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>DATUM</b>	<b>Altitude</b>
1	Ressurgência das Fadas	-20 33' 09"	-56 43' 13"	wgs 84	245,00
2	Gruta Dona Benedita	-20 34' 00"	-56 43' 24"	wgs 84	300,06
3	Gruta Manoel Cardoso	-20 34' 05"	-56 43' 22"	wgs 84	301,98
4	Gruta das Fadas	-20 34' 04"	-56 43' 31"	wgs 84	299,33
5	Gruta Cinco de Ouros	-20 34' 17"	-56 43' 24"	wgs 84	297,17
6	Gruta Embaúba	-20 34' 05"	-56 43' 32"	wgs 84	300,30
7	Gruta Reserva Legal	-20 33' 54"	-56 43' 36"	wgs 84	303,90
8	Abismo do Paquinha	-20 34' 16"	-56 43' 50"	wgs 84	300,06
9	Mina do João Gato	-20 33' 48"	-56 44' 18"	wgs 84	305,10
10	Gruta Buraco do Bicho	-20 33' 50"	-56 43' 50"	wgs 84	266,65
11	Gruta do Mico	-20 34' 22"	-56 44' 25"	wgs 84	347,64
12	Abismo do Corimba I	-20 35' 02"	-56 43' 25"	wgs 84	321,44
13	Abismo do Corimba II	-20 35' 02"	-56 43' 25"	wgs 84	318,80
14	Abismo do Corimba III	-20 34' 59"	-56 43' 25"	wgs 84	325,77
15	Abismo do Corimba IV	-20 34' 56"	-56 43' 23"	wgs 84	327,69
16	Gruta Laje Quebrada	-20 35' 00"	-56 43' 21"	wgs 84	315,44
17	Gruta da Mulher	-20 35' 01"	-56 43' 16"	wgs 84	317,12
18	Gruta do Cavalo	-20 35' 03"	-56 43' 18"	wgs 84	312,79
19	Gruta do Juninho	-20 34' 52"	-56 43' 36"	wgs 84	308,71
20	Gruta Mandacarú	-20 35' 18"	-56 43' 53"	wgs 84	392,82
21	Gruta Azedinha I	-20 35' 49"	-56 43' 32"	wgs 84	338,51
22	Gruta Azedinha II	-20 35' 43"	-56 43' 31"	wgs 84	358,21
23	Gruta Azedinha III	-20 35' 46"	-56 43' 31"	wgs 84	356,53
24	Gruta Alto Campina	-20 36' 05"	-56 43' 01"	wgs 84	346,92



**Figura 15:** Localidades prospectadas no Assentamento Campina, Bodoquena – MS. O número ao lado de cada marcador indica a cavidade citada na Tabela 02; **Pontos azuis:** cavernas pertencentes ao Sistema Campina; **Pontos verdes:** cavidades com corpos de água permanente; **Pontos vermelhos:** Córrego Campina (J – jusante do córrego; M – montante do córrego); **Marcadores brancos com ponto circular no centro:** leito seco indicando possível conexão entre as cavernas do Sistema Campina e a Ressurgência das Fadas.

Com exceção das cavernas do Sistema Campina, as localidades encontradas com corpos de água permanente foram a Ressurgência das Fadas (1), a Mina do João Gato (9) e o Buraco do Bicho (10). No entanto, exemplares de *Rhambdia quelen* foram observados somente na entrada da Mina do João Gato e da Ressurgência das Fadas, a última com fortes evidências de ser a ressurgência do Sistema Campina devido, principalmente, à presença de um leito seco na superfície que se desenvolve em direção e alinhado às cavernas do Sistema Campina (Fig. 15). Outra evidência que corrobora esta hipótese é a direção do fluxo dos riachos, no sentido Sul – Norte tanto na Gruta das Fadas como na Ressurgência das Fadas e no Córrego Campina. Somado a isso, a Gruta Manoel Cardoso (3) caracteriza-se por ser um sumidouro que, no fundo, dá acesso a um pequeno lago (Fig. 16 e 17), a qual recebe água constantemente de um estreito conduto à esquerda. Segundo o proprietário do lote, em épocas de chuvas o leito seco que adentra o sumidouro se enche, recebendo água com fluxo no sentido Sul – Norte, e segue em direção à Ressurgência das Fadas.



**Figura 16:** Entrada da Gruta Manoel Cardoso (sumidouro); Foto: L.M.Cordeiro-Borghezan.



**Figura 17:** Local com lago no fundo da Gruta Manoel Cardoso; Foto: L.M.Cordeiro-Borghezan.

A Mina do João Gato (Fig. 18) é uma pequena ressurgência localizada próxima às cavernas do Sistema Campina (cerca de 1,5 km de distância da entrada da Gruta das Fadas). Segundo o proprietário da fazenda, em épocas de seca o nível da água diminui e deixa de extravasar. Já a caverna Buraco do Bicho (Fig. 19) compreende um abismo

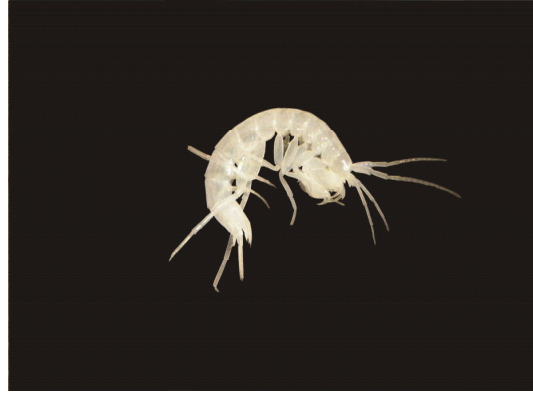


com cerca de 20 metros de profundidade e 1,5 m de diâmetro que, no fundo, dá acesso a um pequeno lago. Neste lago, foram encontrados crustáceos troglóbios, *Potiicoara* cf. *brasiliensis* (Fig. 20) e *Megagidiella* cf. *azul* (Fig. 21), além de duas novas espécies aquáticas troglomórficas, uma planária Dugesiidae (Fig. 22) e um Oligochaeta (Fig. 23). Esta caverna está a cerca de 1 km de distância das cavernas do Sistema Campina. Mesmo não sendo avistados peixes nessa caverna, provavelmente ela faça parte do mesmo sistema cárstico.

Segundo observações naturalísticas, o habitat preferencial de *Rhamdia* é constituído por fundo predominantemente arenoso e tendem a se concentrar em locais com abrigos formados por placas de sedimento consolidado sobrepostas horizontalmente. São geralmente observados em natação próxima ao fundo e paredes, possivelmente em busca de alimento. Os indivíduos podiam ser avistados próximos um dos outros, não tendo sido observadas interações agonísticas em campo. Os cascudos são avistados nas paredes, blocos no fundo do riacho, sobre troncos e, raramente, sobre o substrato arenoso. Machos adultos foram sempre observados isolados, a pelo menos 40 m de distância um dos outros, sugerindo territorialidade. O mesmo não foi observado em fêmeas.



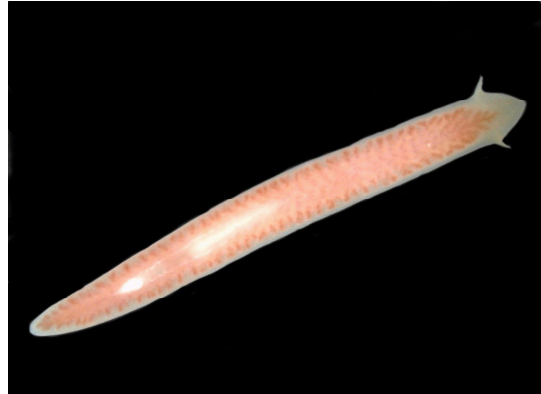
**Figura 18:** Mina do João Gato. Ressurgência com ocorrência de *Rhamdia quelen*. Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan.



**Figura 21:** *Megagidiella* cf. *azul* (amphipoda Bogdiellidae). Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan.



**Figura 20:** *Potiticoara* cf. *brasiliensis* (Spelaeogriffacea). Foto: R. Borghezan.



**Figura 22:** Planária aquática troglomórfica; coloração avermelhada devido à alimentação com *Artemia salina*. Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan



**Figura 19:** Buraco do Bicho. Abismo com cerca de 20 metros de profundidade. Foto: L. M. Cordeiro-Borghezan.



**Figura 23:** Oligochaeta troglomórfico. Foto: R. Borghezan

## 2 Variáveis ambientais

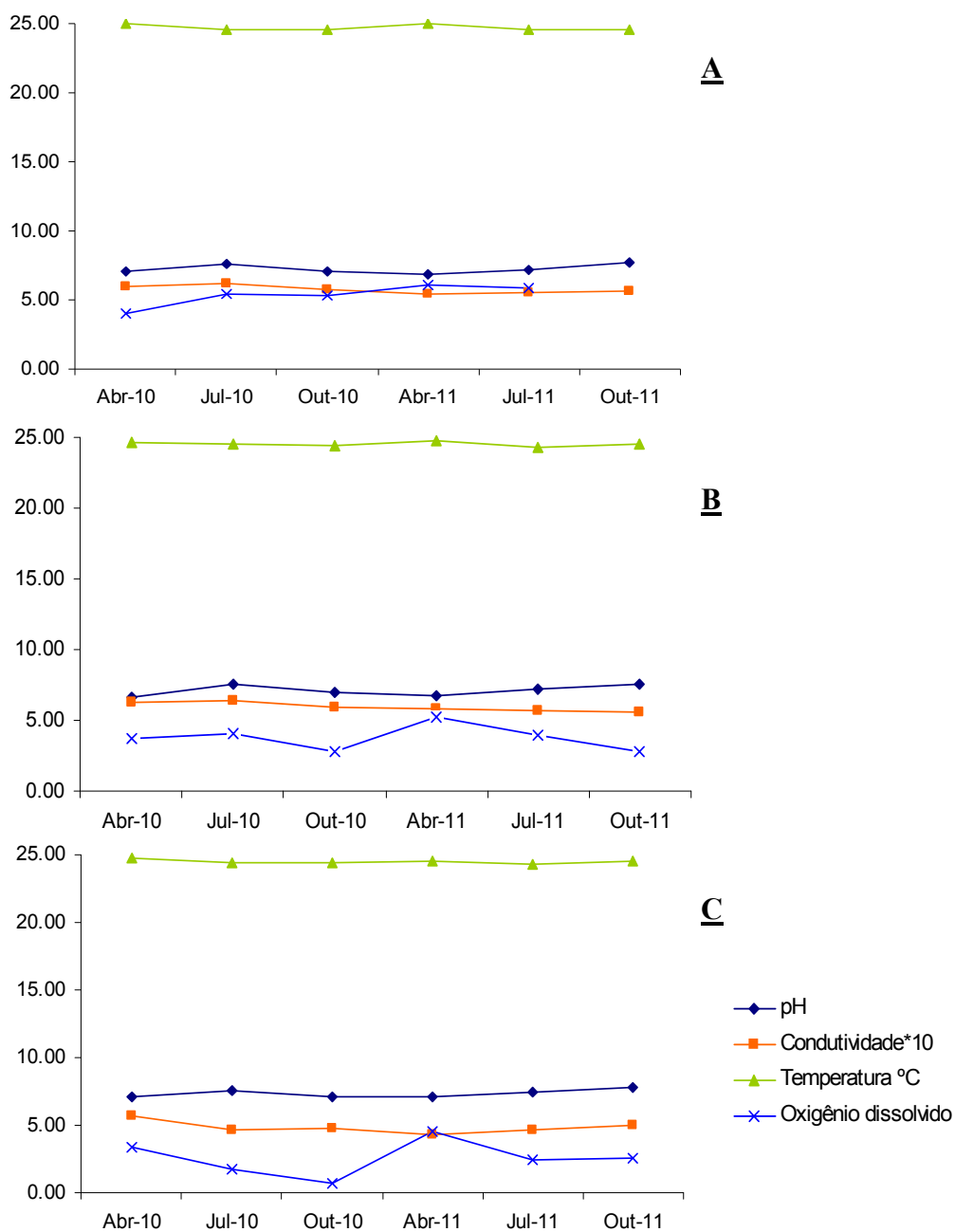
Os valores das variáveis ambientais da Gruta das Fadas e Gruta Cinco de Ouros estão apresentados na Figura 24, respectivamente. As variáveis de temperatura, condutividade e pH demonstram a estabilidade ambiental de ambas cavernas, típica de sistemas cársticos (Culver, 1982).

Na Gruta das Fadas, o parâmetro que teve maior variação foi o oxigênio dissolvido, com valores menores nos meses de julho e outubro de 2010 (4,06 e 5,3 mg.l<sup>-1</sup>, respectivamente), e maior em abril de 2011 (6,14 mg.l<sup>-1</sup>). Já na Gruta Cinco de Ouros, os menores valores foram registrados em outubro de 2010 e 2011 no setor 1 (2,75 e 2,78 mg.l<sup>-1</sup>, respectivamente), e em outubro e julho de 2010 no setor 2 (0,72 e 1,76 mg.l<sup>-1</sup>). O lago próximo à entrada apresentou valores maiores de oxigênio dissolvido em todos os eventos de coleta quando comparado com o lago da zona afótica, que aparentemente fica a jusante do lago próximo a entrada.

Os valores de oxigênio dissolvido registrados na Gruta Cinco de Ouros foram menores do que os registrados na Gruta das Fadas. Possivelmente, a maior concentração de oxigênio dissolvido na Gruta das Fadas está associada às características lóticicas deste ambiente, diferentemente da Gruta Cinco de Ouros, que apresenta características lênticas, com fluxo da água lento. Durante coleta nesta caverna, observou-se que, após a suspensão de sedimento pela entrada do coletor no lago da zona afótica, este ficou turvo por pouco tempo, cerca de 20 - 30 minutos, indicando haver algum fluxo de água no local. Já no setor 1, após a suspensão do sedimento, a água permaneceu turva durante as quatro horas de trabalho em que a equipe esteve no local. Diferenças entre os dois setores da Gruta Cinco de Ouros também foram registradas para o parâmetro de condutividade, com variação entre 0,56 e 0,64 no setor 1 e entre 0,43 e 0,57 no setor 2.

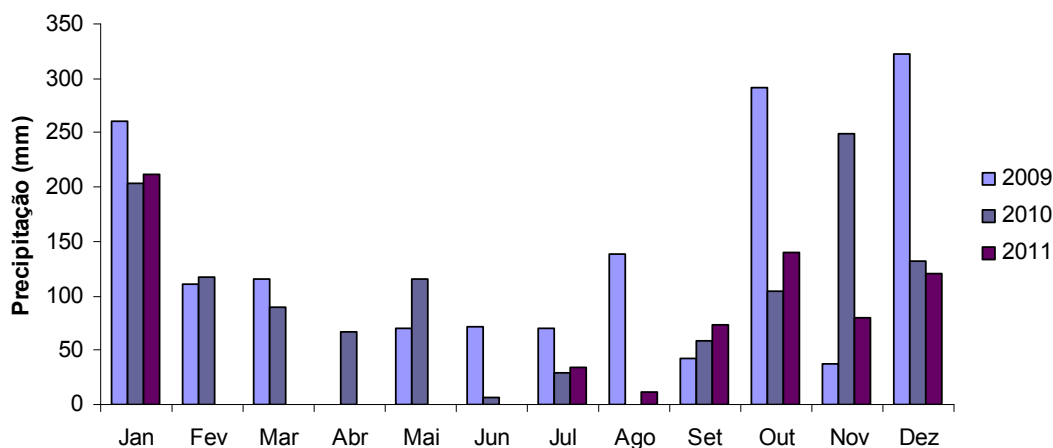


Em relação à temperatura, uma pequena flutuação, de 0,4°C, foi registrada na Gruta das Fadas entre os eventos de coleta, com valores mínimos de 24,6°C nos meses de julho e outubro de 2010 e 2011, e máximos de 25,0°C em abril de 2010 e 2011. Na Gruta Cinco de Ouros, as medidas de temperatura variaram entre 24,3 e 24,8°C. Nota-se que a média de temperatura nestas grutas é próxima a média de temperatura externa da região, que varia entre 22 e 24 ° C (Sallun-Filho & Karmann, 2007).



**Figura 24:** Variáveis ambientais da água da Gruta das Fadas – A; e Gruta Cinco de Ouros, B - setor 1: lago próximo à entrada; C - setor 2: lago no final do conduto principal, zona afótica.

Os valores de precipitação mensal entre 2009 e 2011 estão apresentados na Figura 25. Os meses entre outubro e março concentraram o maior volume de chuvas, chegando a 320 mm em dezembro de 2009. Contudo, chuvas esporádicas são registradas também durante a estação seca (entre abril e setembro). Quando somados os valores mensais de precipitação, em 2009 a precipitação total foi de 1530 mm, enquanto que, em 2010, foi de 1170 mm. Em 2011, foi registrada uma precipitação de apenas 672 mm, contudo, este valor está subestimado, uma vez que os dados referentes aos meses entre fevereiro e junho não estão disponíveis no banco de dados do INMET. Para o período de 2009 a 2011, as maiores chuvas registradas em um único dia na região ocorreram em dezembro de 2009 (128 mm) e em novembro de 2010 (135 mm). Fortes enxurradas (acima de 100 mm) durante a estação seca (entre abril e setembro) não são observadas, com precipitação máxima em um único dia em torno de 40 a 50 mm.



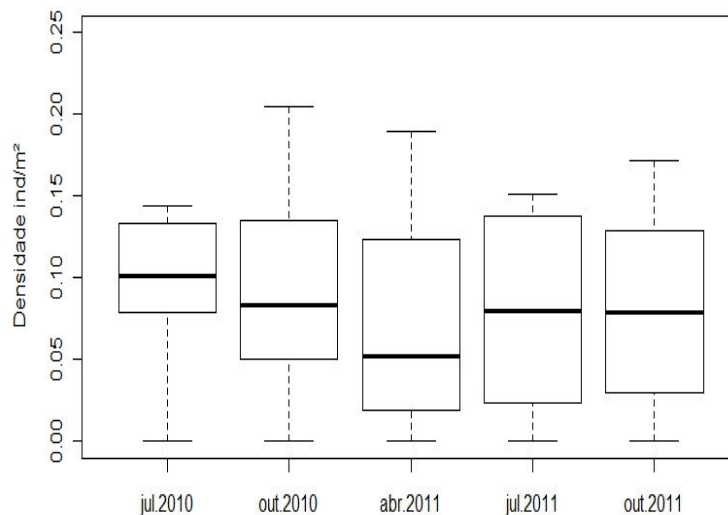
**Figura 25:** Valores de precipitação mensal entre os anos de 2009 e 2011 no município de Miranda, distante cerca de 50 km da área de estudo. Informações extraídas da base de dados do INMET.

### 3 Ecologia populacional de *Rhamdia* sp. n.

#### 3.1 Densidade populacional

A densidade populacional média de *Rhamdia* sp. n. foi de 0,09 ind./m<sup>2</sup> (dp = 0,02) ao longo do riacho da Gruta das Fadas. Apesar da análise de variância não possibilitar a detecção de diferenças significativas ( $p = 0,72$ ), o gráfico de “box plot” mostra variações longo do ano, com valores maiores registrados nos meses da estação seca (julho e outubro), e menores após a estação chuvosa (abril) (Fig. 26).

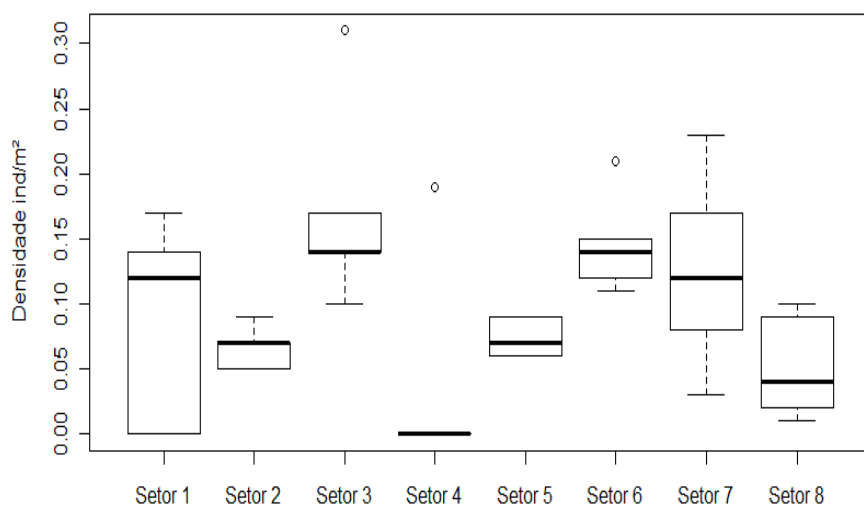
A partir do tamanho populacional estimado para a Gruta das Fadas ( $N = 391$ ), a densidade populacional calculada para a área de 510 m<sup>2</sup> foi de 0,76 ind./m<sup>2</sup>, muito acima do obtido pelo censo visual.



**Figura 26:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança das densidades populacionais de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas, considerando o total de setores amostrados.

Os valores de densidade populacional por setor do riacho estão apresentados na Figura 27. Observou-se que os indivíduos de *Rhamdia* sp. n. concentram-se mais nos poções (setor 1, 3 e 7), seguido dos remansos (setor 2, 5, 6 e 8), enquanto que, em corredeira (setor 4), somente dois indivíduos foram observados ao longo do estudo.

As maiores densidades foram registradas nos setores 3 e 6. Em relação ao setor 3, densidades médias significativamente menores foram observadas nos setores 2, 5 e 8 ( $p = 0,046$ ;  $p = 0,033$ ;  $p = 0,017$ , respectivamente). Quando considerado os valores marginalmente significantes ( $p \leq 0,08$ ), os setores 4 e 7 também foram significativamente menores ( $p = 0,08$  e  $p = 0,056$ , respectivamente). Assim como no setor 3, as densidades médias nos setores 2, 5, 7 e 8 foram significativamente menores do que o setor 6 ( $p = 0,002$ ,  $p = 0,02$ ,  $p = 0,039$  e  $p = 0,019$ , respectivamente), enquanto que o setor 4 apresentou novamente significância marginal ( $p = 0,08$ ).



**Figura 27:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança da variação espacial nas densidades populacionais de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas, considerando os cinco eventos de coleta.

Na Gruta Cinco de Ouros, considerando o número de indivíduos capturados para a marcação e recaptura, a densidade populacional no lago da zona afótica em cada evento de coleta foi: 0,11 (abr/2010); 0,08 (jul/2010); 0,14 (out/2010); 0,10 (abr/2011); 0,11 (jul/2011); 0,07 (out/2011). Desse modo, a densidade populacional média nessa gruta foi de 0,1 ind./m<sup>2</sup> (dp = 0,02). No entanto, a densidade populacional na Gruta Cinco de Ouros foi muito maior a partir da estimativa do tamanho populacional (N = 104), que neste caso atinge a densidade de 1,48 ind./m<sup>2</sup>.

## 3.2 Tamanho populacional

### 3.2.1 Sistema Campina

Para a estimativa do tamanho populacional de *Rhamdia* sp. n. no Sistema Campina, foram marcados 208 indivíduos na Gruta das Fadas ao longo dos 190 metros de condutos abrangidos pelo estudo, sendo 139 indivíduos anoftálmicos, 28 com olhos assimétricos e 41 com dois olhos de tamanho similar ao de *R. quelen*, e 42 indivíduos na Gruta Cinco de Ouros, dos quais 38 no setor 2 (lago com cerca de 70 m<sup>2</sup>) e quatro no setor 1 (lago com aproximadamente 16 m<sup>2</sup>), sendo 28 anoftálmicos, seis com olhos assimétricos e cinco com dois olhos como nas epígeas. Do total de espécimes marcados na Gruta das Fadas, 49 (23,5 %) foram recapturados, sendo 33 recapturados uma vez, 14, duas vezes e dois, três vezes. Na Gruta Cinco de Ouros, a taxa de recaptura foi de 15,4%, na qual, dos 42 indivíduos marcados, quatro foram recapturados uma vez e dois, duas vezes.

Segundo análise realizada através do programa MARK, a população total estimada para o Sistema Campina foi de 495 indivíduos, dos quais 391 na Gruta das Fadas (dp = 9) e 104 na Gruta Cinco de Ouros (dp = 24) (Tab. 3).

**Tabela 3:** Tamanho populacional de *Rhamdia* sp. n. nas cavernas do Sistema Campina; Modelos selecionados pelo critério  $\Delta AICc$  ( $\leq 2$ ) no programa MARK - POPAN; N = abundância; dp = desvio-padrão; phi = taxa de sobrevivência; p = probabilidade de captura; pent = recrutamento de indivíduos; N = tamanho populacional.; (.) = constante; (g) = cavernas; (t) = eventos de coleta;

Modelo	Gruta das Fadas		Gruta Cinco de Ouros	
	N	dp	N	dp
$\frac{A}{\text{phi}(\cdot) p(g) \text{pent}(t) N(g)}$	385	40,6	126	41,5
$\frac{B}{\{\text{phi}(\cdot) p(\cdot) \text{pent}(t) N(g)\}}$	404	43,3	81	11,5
$\frac{C}{\{\text{phi}(g) p(\cdot) \text{pent}(t) N(g)\}}$	392	41,5	86	13,4
$\frac{D}{\{\text{phi}(g) p(g) \text{pent}(t) N(g)\}}$	385	40,6	124	46,1
Média	391	9	104	24

Considerando-se o estado de caráter dos olhos como variável do parâmetro “grupo”, a população estimada nesse sistema foi de 426 indivíduos. Para este valor, foi considerada a média estimada de cada grupo morfológico: “anoftálmico” - 284 indivíduos, e “dois olhos” - 79 indivíduos, somados ao valor obtido através do modelo I para o grupo “assimétrico” - 64 indivíduos (Tab. 4). As análises de abundância de indivíduos com olhos assimétricos através dos modelos E e F não produziram valores satisfatórios, possivelmente devido ao baixo número de indivíduos recapturados.

Apesar de não ter sido possível estimar o número de indivíduos de cada grupo morfológico para a Gruta Cinco de Ouros, as diferenças observadas entre as estimativas para o Sistema Campina e para a Gruta das Fadas isoladamente, possivelmente represente a população da Gruta Cinco de Ouros. No Sistema Campina, a população de indivíduos anoftálmicos foi de 284 indivíduos, enquanto que para a Gruta das Fadas foi de 231 indivíduos, portanto, a Gruta Cinco de Ouros deve possuir entorno de 50 indivíduos anoftálmicos e 25 com dois olhos normais.

**Tabela 4:** Valores de abundância para cada grupo morfológico de *Rhamdia* sp. n. no Sistema Campina; Modelos selecionados pelo critério  $\Delta AICc$  ( $\leq 2$ ) no programa MARK - POPAN; N = abundância; dp = desvio-padrão. (g) = grupos morfológicos; (g\*t) = interação entre grupos morfológicos e eventos de coleta.

<u>Modelo</u>	<u>Anoftálmico</u>		<u>Assimétrico</u>		<u>Dois olhos</u>	
	<u>N</u>	<u>dp</u>	<u>N</u>	<u>dp</u>	<u>N</u>	<u>dp</u>
<u>E</u> {phi(g*t) p(g) pent(t) N(g)}	277	26,9	-	-	70	21,7
<u>F</u> {phi(g) p(g) pent(t) N(g)}	290	30,2	-	-	65	23,1
<u>I</u> {phi(g*t) p(t) pent(t) N(g)}	295	37,3	64	13,0	94	18,1
<u>J</u> {phi(g*t) p(.) pent(t) N(g)}	273	25,9	65	11,1	87	12,8
<u>Média</u>	284	10	-	-	79	13

### 3.2.2 Gruta das Fadas

A análise realizada somente com os dados da Gruta das Fadas resultou em um valor de tamanho populacional de 395 indivíduos ( $dp = 43$ ). Nesta análise, não foi inserido o parâmetro “grupo”. No entanto, com o objetivo de investigar quantos indivíduos de cada grupo morfológico existem na Gruta das Fadas, outra análise foi realizada considerando-se os grupos morfológicos como a variável do parâmetro “grupo”. Nesta análise, somente dois modelos foram aceitos seguindo critérios do índice de  $\Delta AICc$ . Assim, a população média de indivíduos anoftálmicos na Gruta das Fadas foi de 231 indivíduos ( $dp = 3$ ), enquanto que a população média com dois olhos normais foi de 53 indivíduos ( $dp = 3$ ) (Tab. 5). Em ambos os modelos, não foi possível estimar a abundância de indivíduos com olhos assimétricos.

**Tabela 5:** Valores de abundância para cada grupo morfológico de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas; Modelos selecionados pelo critério  $\Delta AICc$  ( $\leq 2$ ) no programa MARK - POPAN; N = abundância; dp = desvio-padrão;

Modelo	<u>Anoftálmico</u>		<u>Assimétrico</u>		<u>Dois olhos</u>	
	<u>N</u>	<u>dp</u>	<u>N</u>	<u>dp</u>	<u>N</u>	<u>dp</u>
<u>K</u> {phi(g) p(g) pent(t) N(g)}	234	25,5	-	-	55	17,7
<u>L</u> {phi(g*t) p(g) pent(t) N(g)}	229	23,5	-	-	51	10,9
<u>Média</u>	231	3			53	3

### 3.3 Taxas de sobrevivência

#### 3.3.1 Sistema Campina

Na análise da taxa de sobrevivência para as cavernas do Sistema Campina, considerando-se as cavernas Gruta das Fadas e Gruta Cinco de Ouros como as variáveis do parâmetro “grupo”, as taxas de sobrevivência obtidas para o Sistema Campina pelos modelos A e D foram, respectivamente, de 0,59 ( $dp = 0,04$ ) e 0,60 ( $dp = 0,04$ ) (Tab. 6). Estes resultados foram muito próximos aos observados para a Gruta das Fadas

separadamente, onde a taxa de sobrevivência foi de 0,61 (dp = 0,04) tanto pelo modelo B como pelo C, enquanto que, para a Gruta Cinco de Ouros, as taxas de sobrevivência estimadas foram de 0,44 (dp = 0,09) e 0,45 (dp = 0,14), pelos modelos B e C, respectivamente (Tab. 6).

A Tabela 7 apresenta os resultados das taxas de sobrevivência de *Rhamdia* sp. n. de acordo com o estado de caráter dos olhos para indivíduos capturados no Sistema Campina (GF + GCO). Nesta análise, quatro modelos foram aceitos, sendo que todos consideram que a taxa de sobrevivência de indivíduos anoftálmicos é maior do que a de indivíduos com olhos assimétricos ou dois olhos normais. Contudo, dois modelos também pressupõem que as taxas de sobrevivência variam de acordo com o evento de coleta e o estado de caráter dos olhos, com valores geralmente menores entre abril e julho.

**Tabela 6:** Taxa de sobrevivência de *Rhamdia* sp. n. nas cavernas do Sistema Campina; Modelos selecionados pelo critério  $\Delta AICc$  ( $\leq 2$ ) no programa MARK - CJS; valor entre parênteses = desvio-padrão; phi = taxa de sobrevivência; p = probabilidade de captura; (.) = constante; (g) = cavernas;

<u>Modelo</u>	<u>Gruta das Fadas</u>	<u>Gruta Cinco de Ouros</u>	<u>Sistema Campina</u>
$\frac{A}{\{\text{Phi}(\cdot) p(g)\}}$	-	-	0,60 (0,04)
$\frac{B}{\{\text{Phi}(g) p(g)\}}$	0,61 (0,04)	0,45 (0,14)	-
$\frac{C}{\{\text{Phi}(g) p(\cdot)\}}$	0,61 (0,04)	0,44 (0,09)	-
$\frac{D}{\{\text{Phi}(\cdot) p(\cdot)\}}$	-	-	0,59 (0,04)



**Tabela 7:** Valores da taxa de sobrevivência de *Rhamdia* sp. n. no Sistema Campina de acordo com a variação no estado do caráter dos olhos. Modelos selecionados pelo critério  $\Delta AICc$  ( $\leq 2$ ) no programa MARK - CJS; Valor entre parênteses = desvio-padrão; t1 = abr/10 – jul/10; t2 = jul/10 – out/10; t3 = out/10 – abr/11; t4 = abr/11 – jul/11; t5 = jul/11 – out/11;

<u>Modelo</u>	<u>Anoftálmico</u>	<u>Assimétrico</u>	<u>Dois olhos</u>
<u>E</u> {Phi(g) p(t)}	0,73 (0,06)	0,37 (0,15)	0,49 (0,1)
<u>F</u> {Phi(g) p(.)}	0,65 (0,04)	0,30 (0,12)	0,46 (0,09)
<u>G</u> {Phi(g*t) p(t)}			
t1	0,97 (0,17)	0,36 (0,31)	0,15 (0,14)
t2	0,77 (0,23)	-	0,67 (0,45)
t3	0,77 (0,16)	-	0,66 (0,28)
t4	0,33 (0,12)	0,26 (0,26)	0,11 (0,12)
t5	-	-	-
<u>H</u> {Phi(g*t) p(.)}			
t1	-	0,37 (0,32)	0,17 (0,16)
t2	0,62 (0,12)	-	0,52 (0,33)
t3	0,64 (0,08)	-	0,47 (0,16)
t4	0,49 (0,12)	0,33 (0,31)	0,21 (0,2)
t5	0,48 (0,15)	-	-

### 3.3.2 Gruta das Fadas

A Tabela 8 apresenta os resultados das taxas de sobrevivência dos bagres da Gruta das Fadas de acordo com o estado de caráter dos olhos. Nesta análise, outros quatro modelos foram considerados plausíveis, sendo que, novamente, todos consideram que indivíduos anoftálmicos apresentam maior taxa de sobrevivência quando comparados com indivíduos com olhos assimétricos ou com dois olhos normais. Pelo modelo que considera a influência do evento de coleta e o estado de caráter dos olhos, nota-se que entre abril e julho foram registrados os menores valores, com exceção do observado para anoftálmicos em 2010.

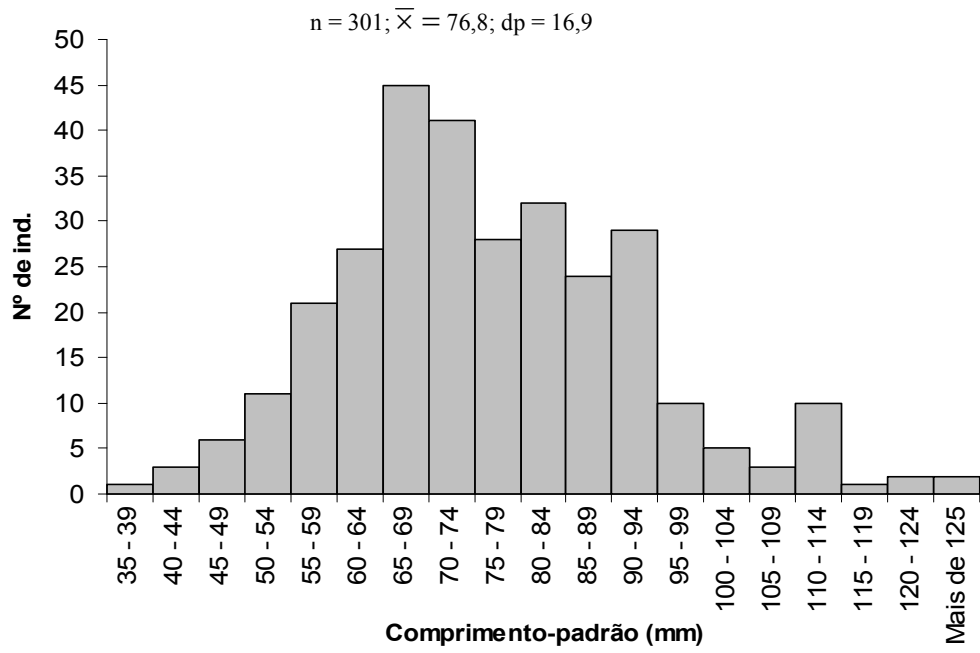
**Tabela 8:** Valores da taxa de sobrevivência de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas de acordo com o estado do caráter dos olhos. Modelos selecionados pelo critério  $\Delta AICc$  ( $\leq 2$ ) no programa MARK – CJS. Valor entre parênteses: desvio-padrão; t1 = abr/10 – jul/10; t2 = jul/10 – out/10; t3 = out/10 – abr/11; t4 = abr/11 – jul/11; t5 = jul/11 – out/11;

<u>Modelo</u>	<u>Anoftálmico</u>	<u>Assimétrico</u>	<u>Dois olhos</u>
$\frac{I}{\{\text{Phi}(g) p(.)\}}$	0,66 (0,04)	0,34 (0,13)	0,49 (0,09)
$\frac{J}{\{\text{Phi}(g) p(t)\}}$	0,72 (0,06)	0,39 (0,15)	0,51 (0,10)
$\frac{K}{\{\text{Phi}(g) p(g)\}}$	0,68 (0,05)	0,18 (0,08)	0,41 (0,10)
$\frac{L}{\{\text{Phi}(g^*t) p(t)\}}$			
t1	0,88 (0,16)	0,45 (0,37)	0,14 (0,14)
t2	0,70 (0,20)	-	0,56 (0,37)
t3	0,90 (0,19)	-	0,80 (0,35)
t4	0,28 (0,11)	0,25 (0,24)	0,10 (0,12)
t5	-	-	-

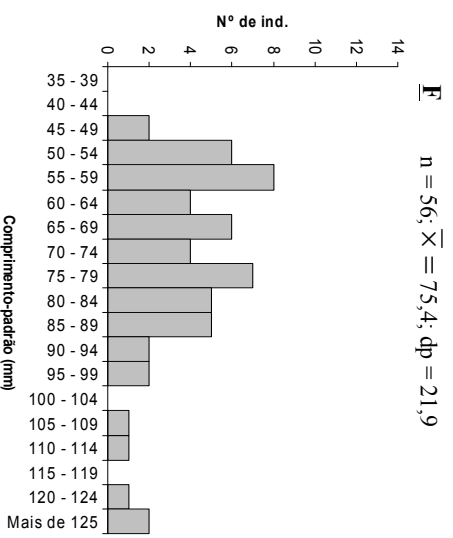
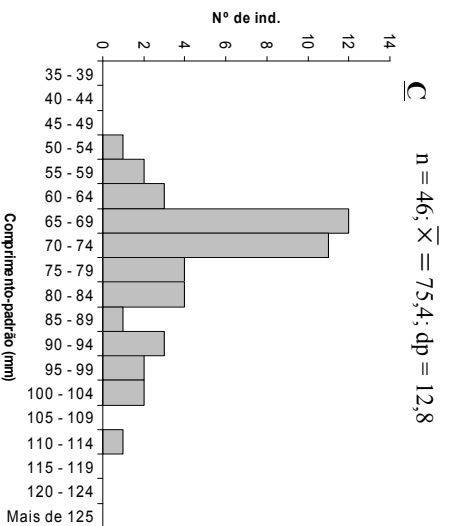
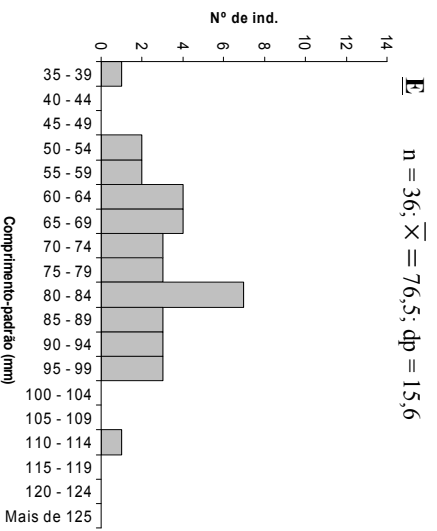
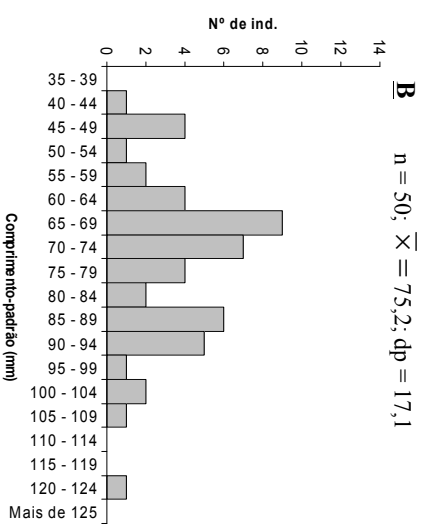
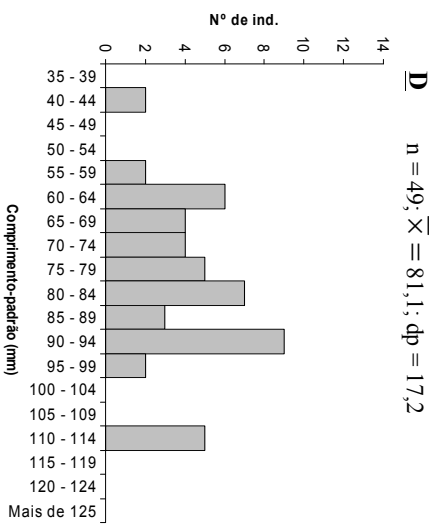
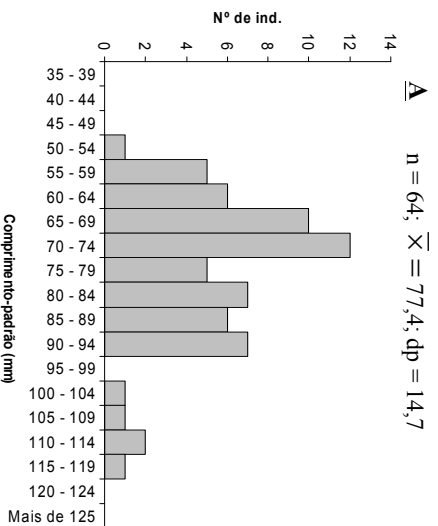
### 3.4 Comprimento-padrão

#### 3.4.1 Gruta das Fadas

A Figura 28 mostra as distribuições das frequências de comprimento-padrão (CP) dos bagres troglóbios *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas para o conjunto dos seis eventos de coleta, sendo observado maior número de indivíduos com tamanhos entre 65 e 74 mm. Analisando-se os eventos de coleta separadamente (Fig. 29), em 2010, tamanhos entre 65 e 74 mm apresentaram a maior abundância de indivíduos (Fig. 29A à 29C). Porém, nos eventos de 2011, houve maior abundância de indivíduos maiores, nas faixas de 90 – 94 mm em abril (Fig. 29D), e 80 – 84 mm em julho (Fig. 29E); por outro lado, em outubro apareceu uma segunda moda, de indivíduos menores, na faixa de 55 – 59 mm (Fig. 29F). É interessante notar, a ocorrência de uma discreta faixa descontínua de indivíduos maiores em todos os eventos de coleta.

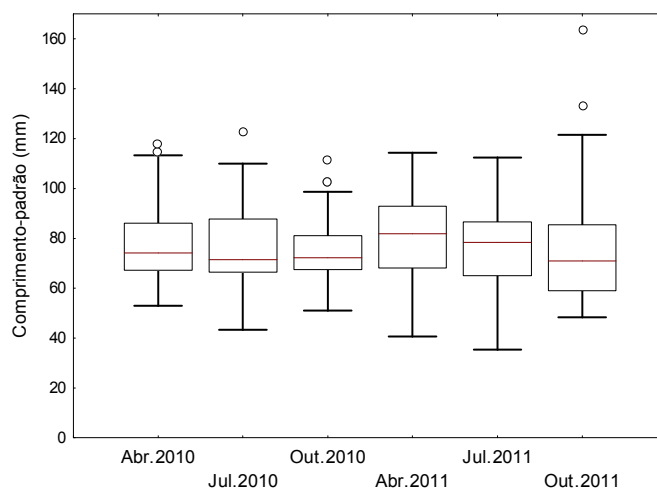


**Figura 28:** Distribuição das frequências de comprimento padrão (mm) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em todos os eventos de coleta.



**Figura 29:** Distribuição das frequências de comprimento-padrão (mm) de *Rhania* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta; A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média; dp = desvio padrão.

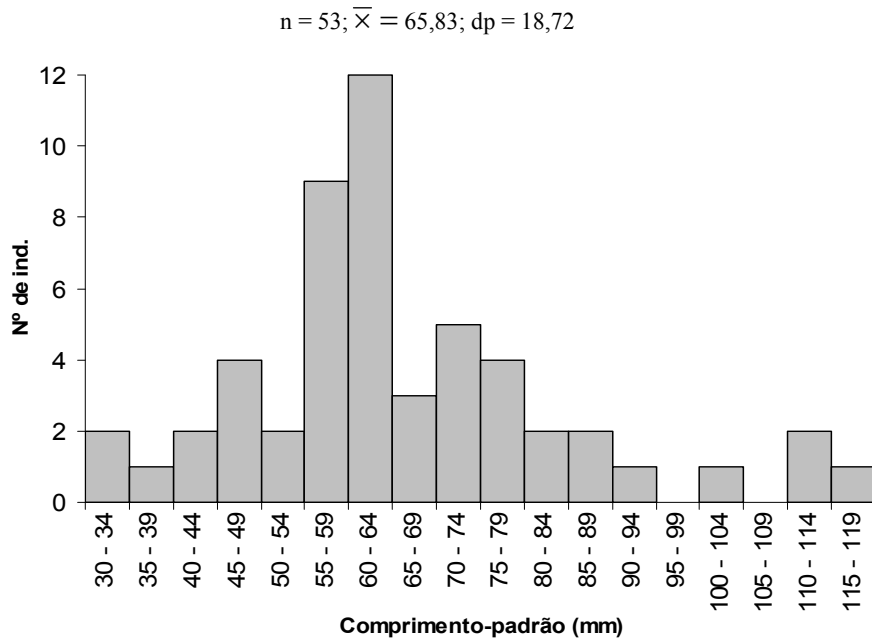
Pela análise de variância, não houve diferenças significativas no comprimento-padrão dos indivíduos capturados entre os eventos de coleta (Fig. 30).



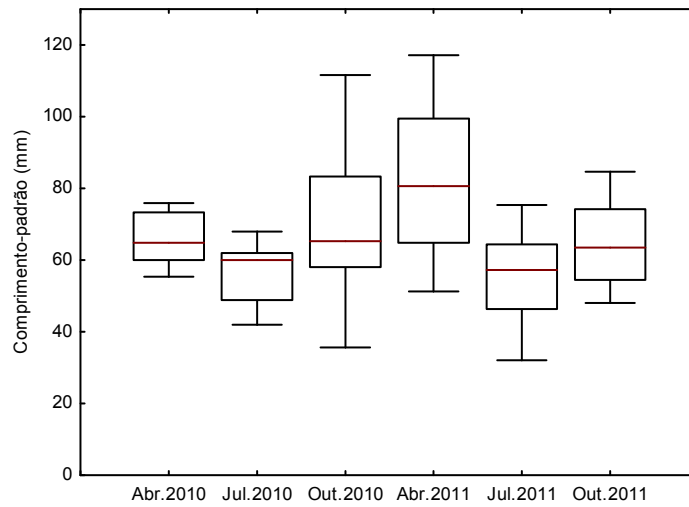
**Figura 30:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do comprimento-padrão (mm) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta.

### 3.4.2 Gruta Cinco de Ouros

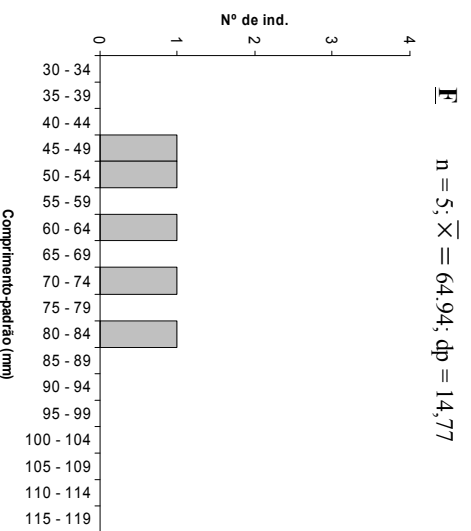
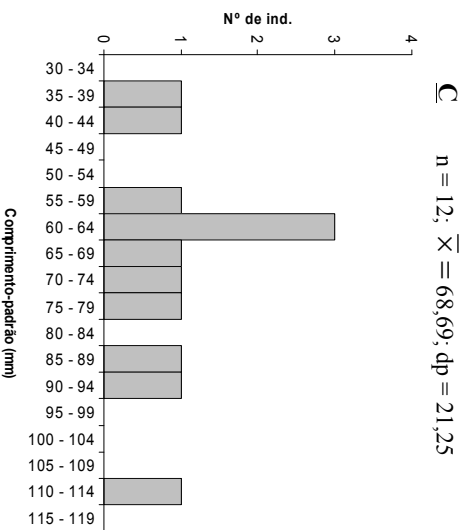
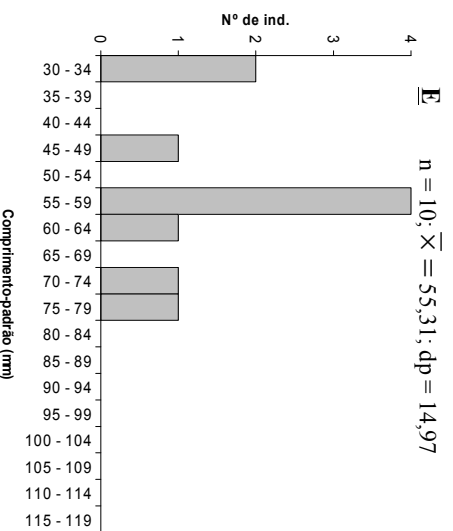
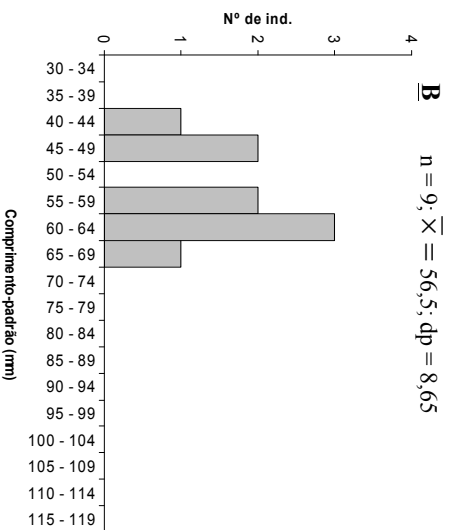
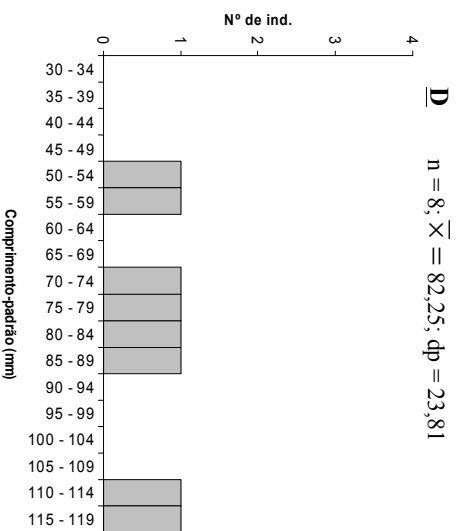
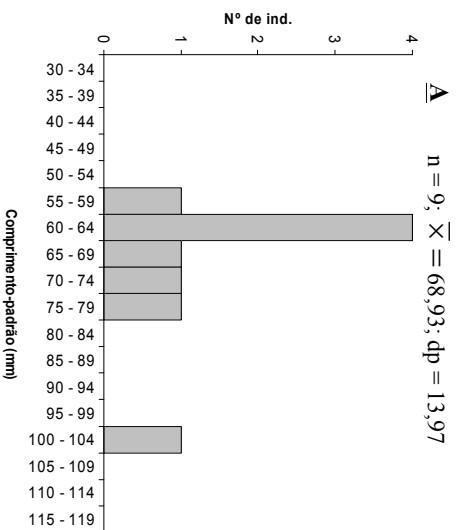
A distribuição das frequências de comprimento-padrão do total de bagres capturados na Gruta Cinco de Ouros está apresentada na Figura 31. A Figura 32 apresenta os valores da mediana, desvio padrão e intervalo de confiança do comprimento-padrão dos indivíduos capturados na Gruta Cinco de Ouros ao longo do estudo. Diferentemente da Gruta das Fadas, o maior número de indivíduos capturados na Gruta Cinco de Ouros encontra-se na faixa de tamanho entre 60 – 64 mm de comprimento-padrão (CP). A Figura 33 apresenta a distribuição das frequências de comprimento-padrão dos bagres em cada evento de coleta. Em julho de 2011, foram registrados os menores indivíduos de *Rhamdia* capturados até o momento (32,0 e 32,3 mm) (Fig. 33E). Pela análise de variância, em abril de 2011 foram capturados indivíduos significativamente maiores do que em julho de 2010 ( $p = 0,03$ ) e de 2011 ( $p = 0,02$ ).



**Figura 31:** Distribuição das frequências de comprimento padrão de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em todos os eventos de coleta.



**Figura 32:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do comprimento-padrão (mm) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em cada evento de coleta.

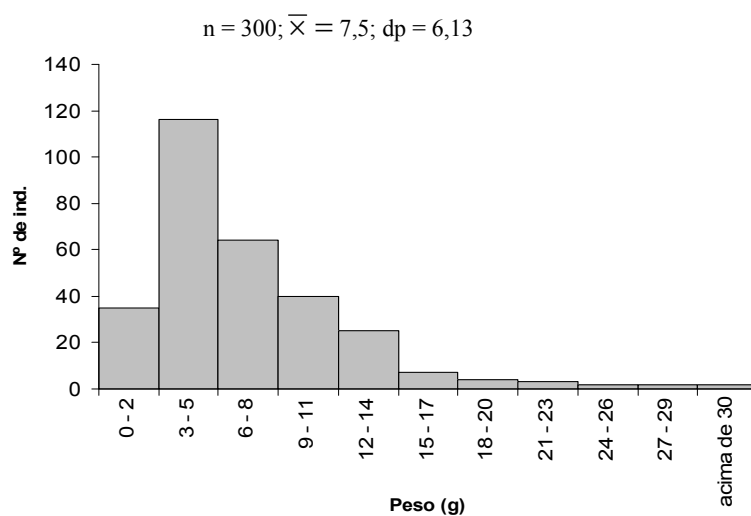


**Figura 33:** Distribuição das frequências de comprimento-padrão (mm) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em cada evento de coleta; A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média; dp = desvio padrão.

### 3.5 Peso

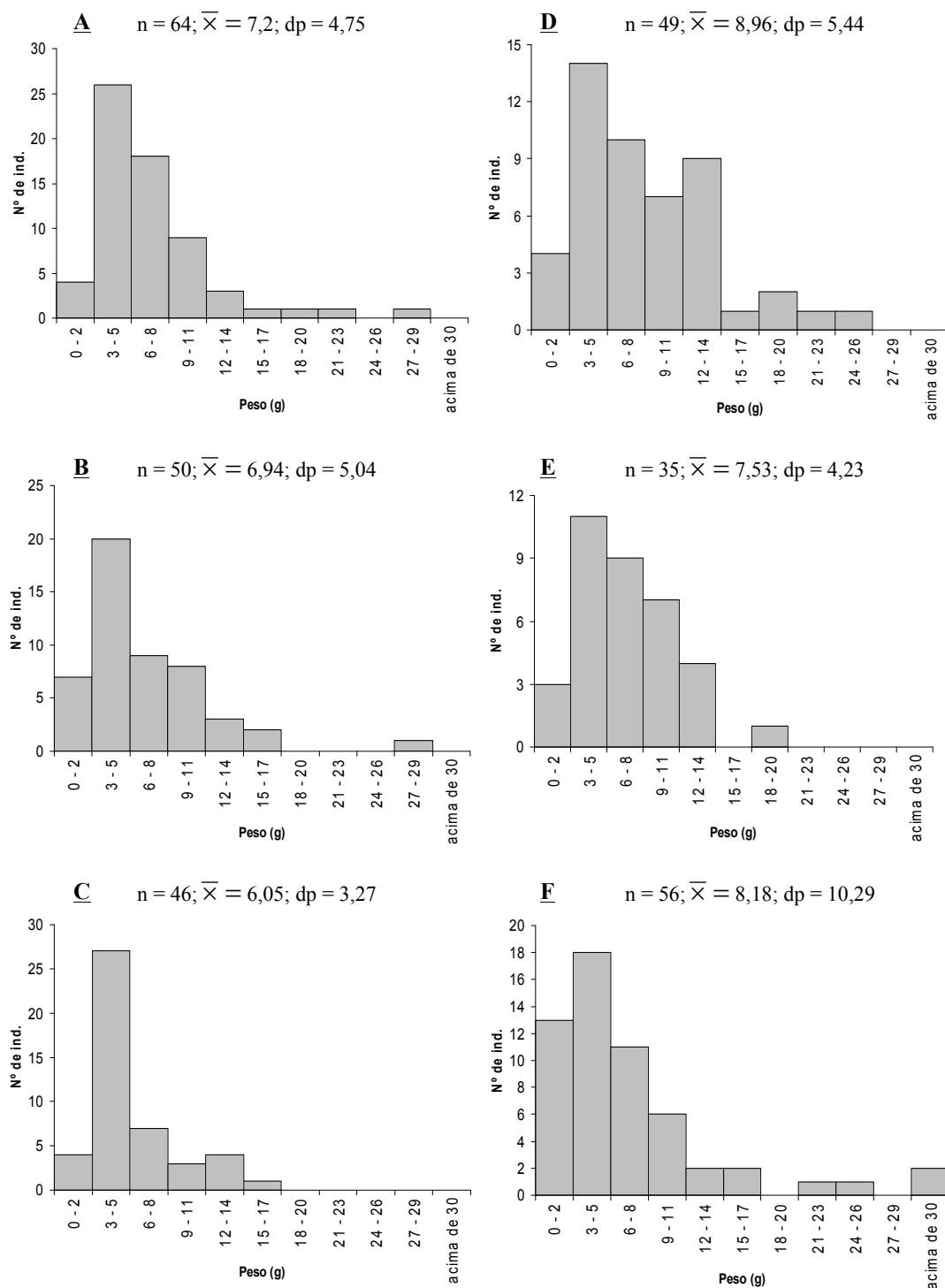
#### 3.5.1 Gruta das Fadas

A Figura 34 mostra a distribuição das frequências de peso de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas para o conjunto de dados dos seis eventos de coleta. Nota-se que, com 38% dos indivíduos, a moda da distribuição esteve na faixa de peso entre 3 e 5 g, seguida da faixa entre 6 e 8 g, com 21% dos indivíduos. A análise da distribuição das frequências de peso dos bagres na Gruta das Fadas para cada evento de coleta está representada na Figura 35. Em todos os eventos de coleta foi observada maior abundância na faixa de peso entre 3 a 5 g. Indivíduos com peso acima de 30 gramas foram raros, com somente dois registros, ambos capturado em outubro de 2011, sendo o indivíduo mais pesado com 65 g,



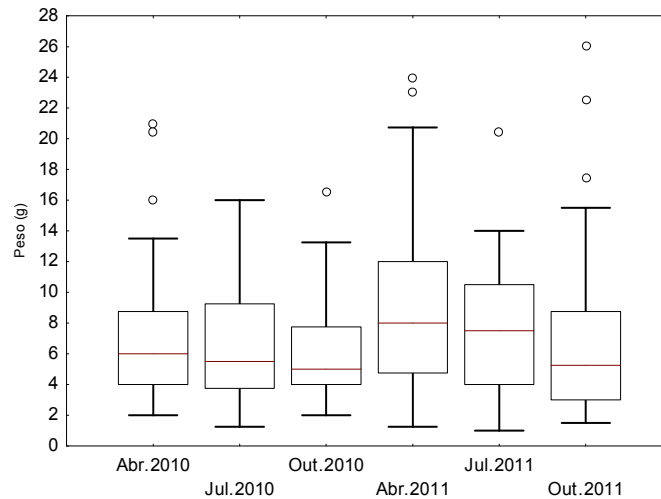
**Figura 34:** Distribuição das frequências de peso (g) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em todos os eventos de coleta; n = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média; dp = desvio padrão.





**Figura 35:** Distribuição das frequências de peso (g) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta; A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média; dp = desvio padrão.

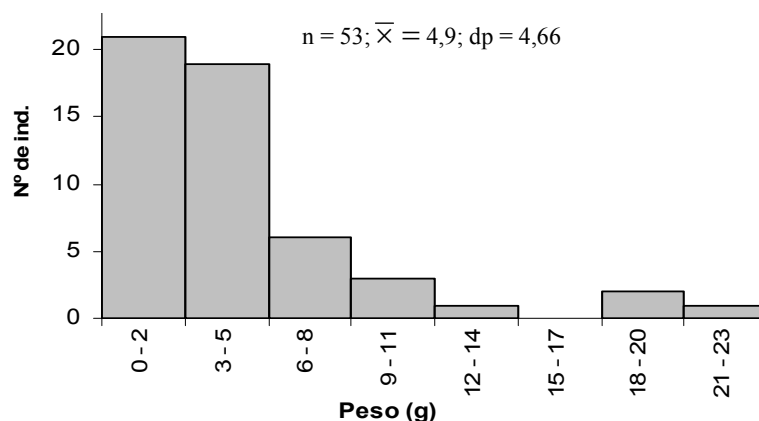
A análise de variância não demonstrou haver diferenças significativas deste parâmetro entre os eventos de coleta. Os valores da mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do peso dos indivíduos capturados na Gruta das Fadas em cada evento de coleta estão apresentados na Figura 36.



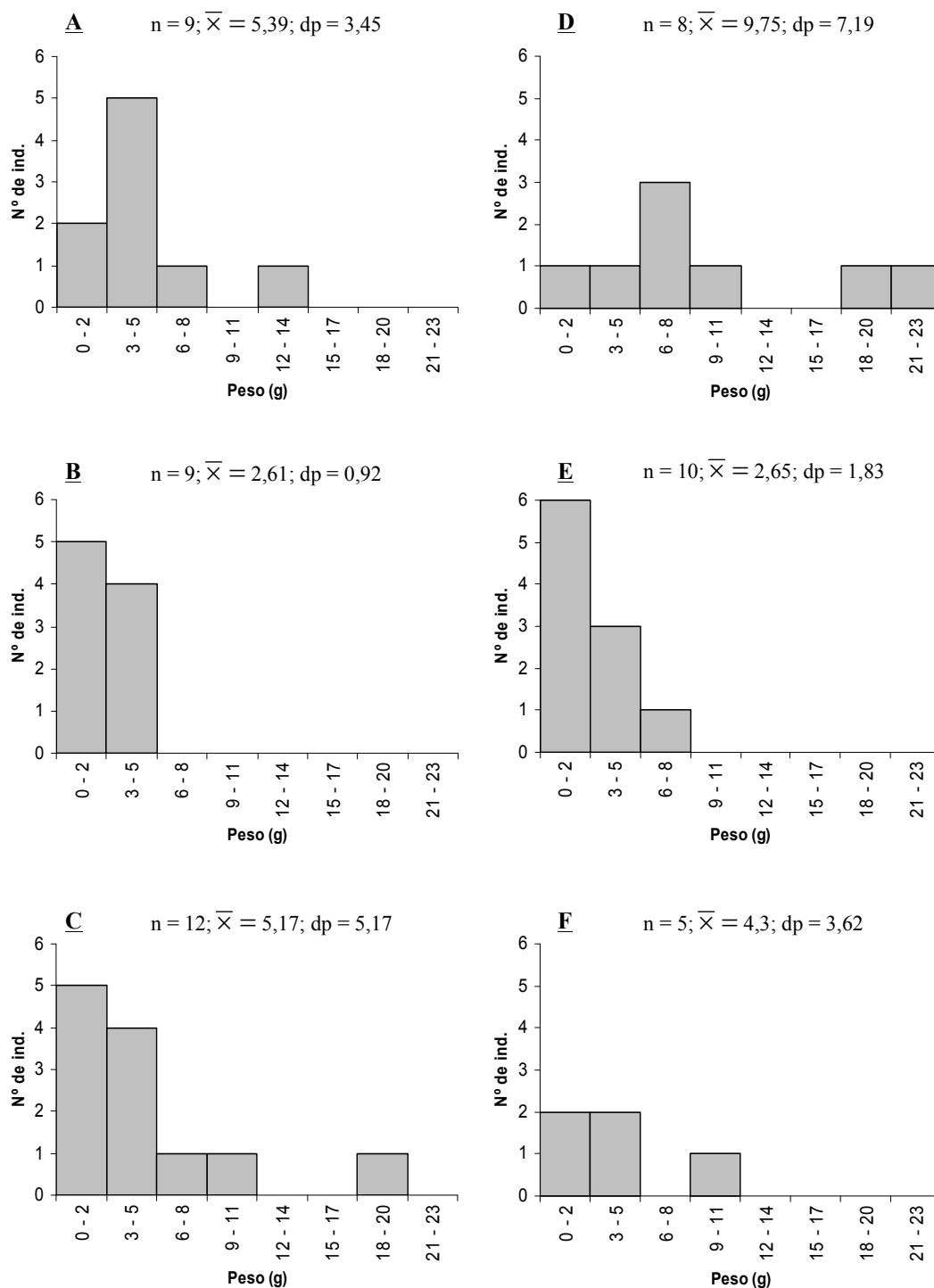
**Figura 36:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do peso (g) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta.

### 3.5.2 Gruta Cinco de Ouros

A distribuição das frequências de peso dos bagres capturados na Gruta Cinco de Ouros em todos os eventos de coleta está apresentada na Figura 37. Nesta gruta, a maior abundância de indivíduos ocorre entre a faixa de 0 a 2 g, diferentemente da Gruta das Fadas, onde esta faixa de peso foi pouco abundante em relação às outras faixas de peso. A Figura 38 apresenta a distribuição das frequências de peso para cada evento de coleta. Os valores de peso extremos registrados nesta gruta foram 0,5 e 22 g. Indivíduos com mais de 18 g foram registrados somente em outubro de 2010 e abril de 2011, possivelmente devido ao início das chuvas em outubro e estarem com o estômago cheio.



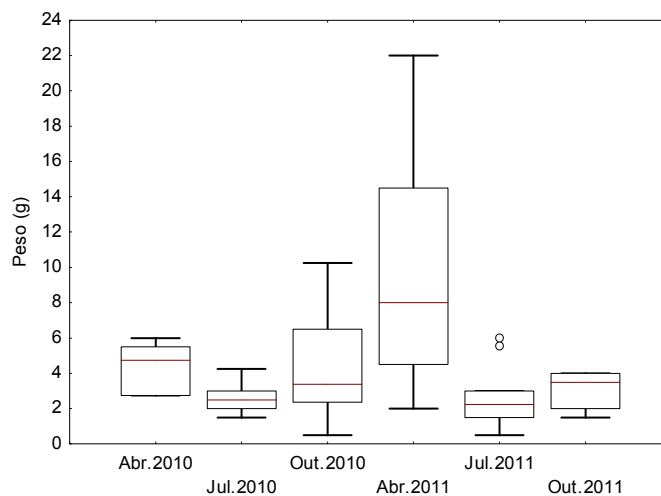
**Figura 37:** Distribuição das frequências de peso (g) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em todos os eventos de coleta; n = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média; dp = desvio padrão.



**Figura 38:** Distribuição das frequências de peso (g) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em cada evento de coleta; A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média; dp = desvio padrão.

Na análise de variância, foi constatado diferenças significativas do peso dos indivíduos entre o mês de abril de 2011 e os meses de julho de 2010 ( $p = 0,01$ ) e julho de 2011 ( $p = 0,009$ ). A Figura 39 apresenta os valores de mediana, desvio-padrão e

intervalo de confiança do peso dos indivíduos capturados na Gruta Cinco de Ouros ao longo do estudo.



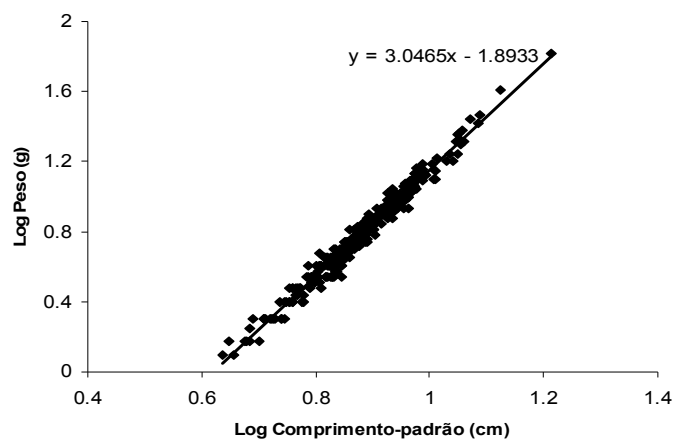
**Figura 39:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do peso (g) de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em cada evento de coleta.

### 3.6 Fator de condição

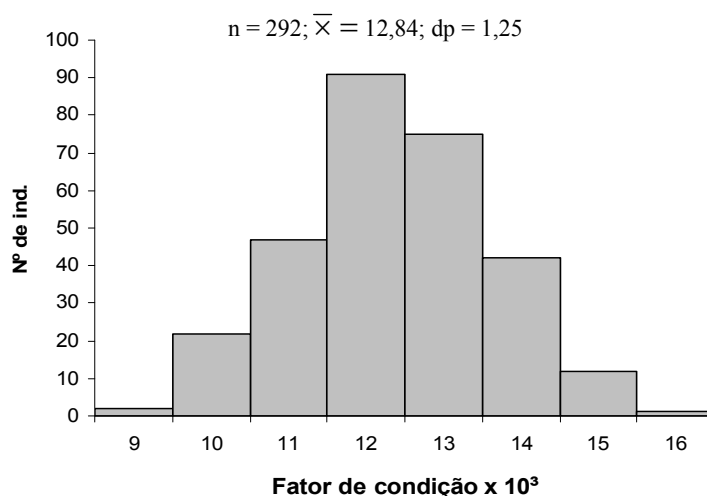
#### 3.6.1 Gruta das Fadas

A Figura 40 apresenta a regressão entre o comprimento padrão (cm) e o peso (g) para a obtenção do valor de coeficiente angular ( $b$ ), visando o cálculo dos fatores de condição alométrico para a população de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas.

A distribuição das frequências do fator de condição para o total de indivíduos capturados na Gruta das Fadas consta na Figura 41. Nesta análise, a média do fator de condição para a população é de  $12,84 \times 10^{-3}$  ( $dp = 1,25$ ), com valores entre 9 e 16, sendo registrado o maior número de indivíduos com fator de condição entre 12,0 e 12,9, seguido da faixa entre 13,0 e 13,9.

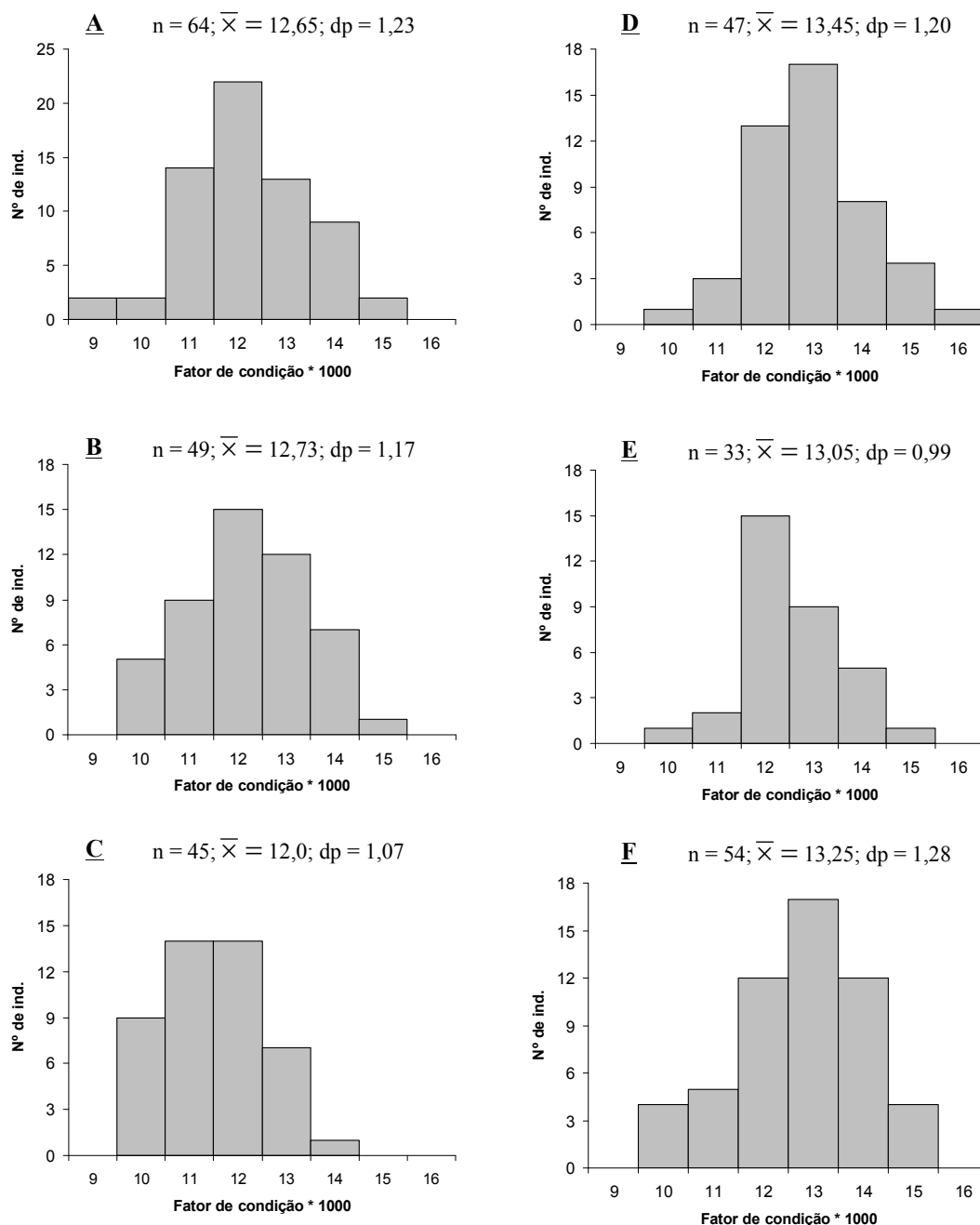


**Figura 40:** Regressão entre Log de comprimento padrão (cm) e Log de peso (g) de bagres *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas.



**Figura 41:** Distribuição das frequências de fator de condição de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em todos os eventos de coleta; n = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média; dp = desvio padrão.

Considerando-se os eventos de coleta separadamente (Fig. 42), a moda permaneceu a mesma. Quanto às médias, os valores de 2010 foram menores que os de 2011, apesar de haver sobreposição dos desvios-padrão. Em julho e outubro de 2010 (Fig. 42B e 42C) foi registrado o maior número de indivíduos com valores baixos de fator de condição ( $\leq 11$ ), ao passo que, em abril e outubro de 2011 (Fig. 42D e 42F), foi registrado o maior número de indivíduos com valores elevados ( $\geq 13$ ) de fator de condição.

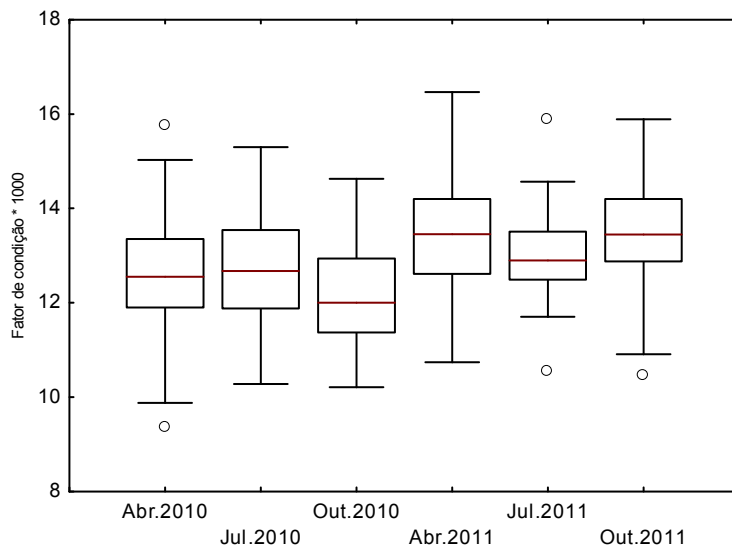


**Figura 42:** Distribuição das frequências de fator de condição de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas para cada evento de coleta. A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média; dp = desvio padrão.

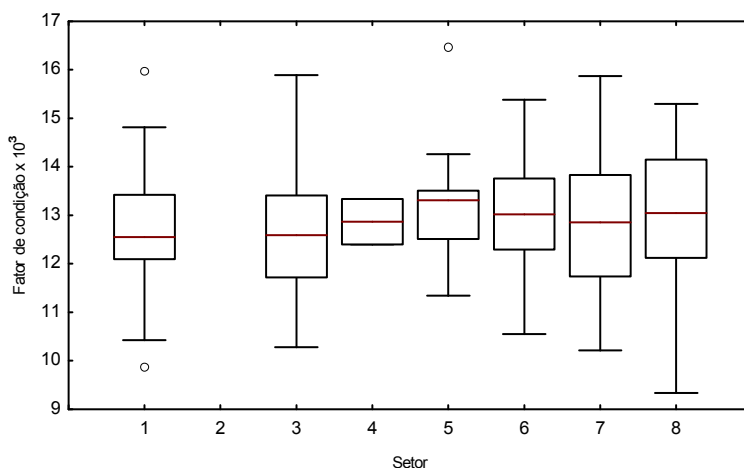
Os valores de fator de condição registrados em outubro de 2010 foram significativamente menores que os demais meses: abr/2010 ( $p = 0,04$ ); jul/2010 ( $p = 0,02$ ); abr/2011 ( $p = 0,00002$ ); jul/2011 ( $p = 0,001$ ); e out/2011 ( $p = 0,00002$ ), enquanto que tanto os de abril como os de outubro de 2011 foram significativamente maiores que os de abril de 2010 ( $p = 0,004$  e  $p = 0,02$ , respectivamente). Do mesmo modo, os

valores de abril de 2011 foram significativamente maiores que os de julho de 2010 ( $p = 0,03$ ). Os valores da mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança dos fatores de condição de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas em cada evento de coleta estão mostrados na Figura 43.

Pela análise de variância, não houve diferenças significativas do fator de condição entre os setores do riacho da Gruta das Fadas (Fig. 44).

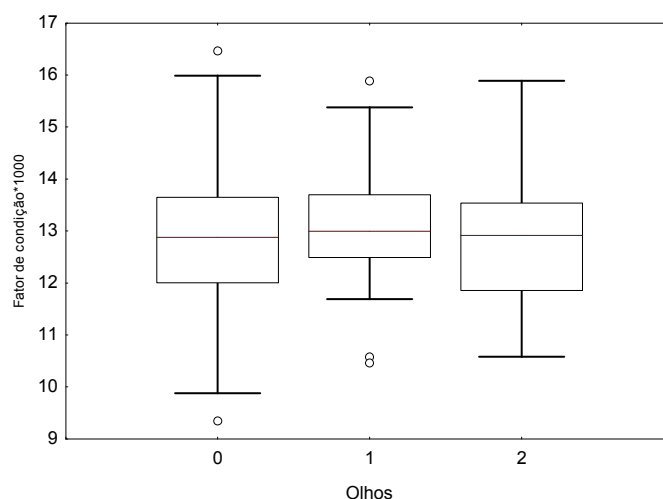


**Figura 43:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do fator de condição  $\times 10^3$  de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta.



**Figura 44:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do fator de condição de *Rhamdia* sp. n. em cada setor na Gruta das Fadas.

A Figura 45 apresenta os valores de mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança de cada grupo morfológico, considerando somente os indivíduos da Gruta das Fadas. Na análise de variância do fator de condição de acordo com o estado de caráter dos olhos, não foram constatadas diferenças significativas entre estes grupos morfológicos.



**Figura 45:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do fator de condição  $\times 10^3$  de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas de acordo com o estado de caráter dos olhos; 0 – anoftálmico; 1 – olhos assimétricos; 2 – dois olhos normais; n = 281.

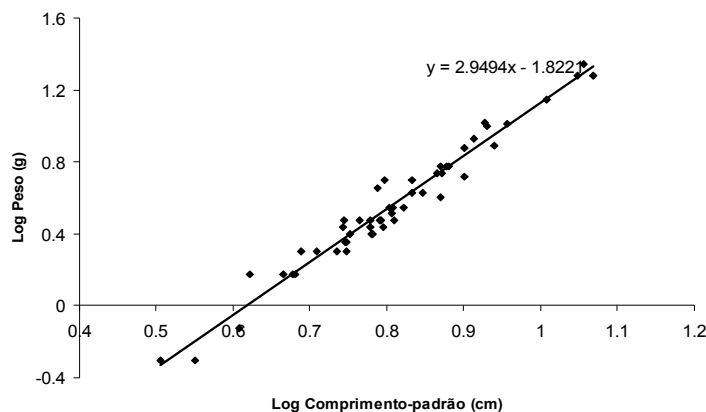
Espécimes com gônadas desenvolvidas foram encontrados em todos os eventos de coleta, com maior porcentagem em outubro (15% em outubro de 2010 e 16% em 2011) em comparação com os demais meses (8% em jul.2010 e 2% em abr. e jul. de 2011).

### 3.6.2 Gruta Cinco de Ouros

A Figura 46 apresenta a regressão entre o comprimento padrão (cm) e o peso (g) para a obtenção do coeficiente angular de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros. A distribuição das frequências do fator de condição dos indivíduos capturados durante todo o estudo na Gruta Cinco de Ouros está exposta na Figura 47. São observadas duas modas, uma na faixa de 13,0 – 13,9 e outra na de 15,0 – 15,9. Nota-se que as faixas de

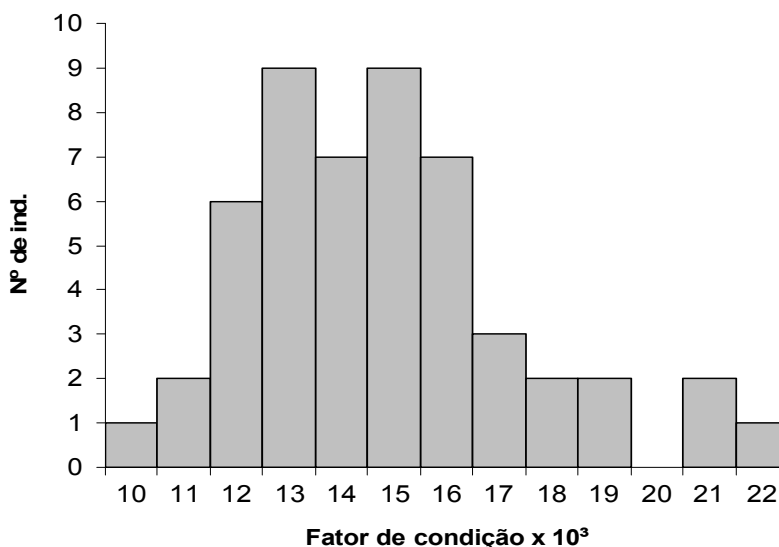


fator de condição variam entre 10 e 22, enquanto que na Gruta das Fadas, variam entre 9 e 16.



**Figura 46:** Regressão entre Log de comprimento padrão (cm) e Log de peso (g) de *Rhamdia* sp. n. da Gruta Cinco de Ouros.

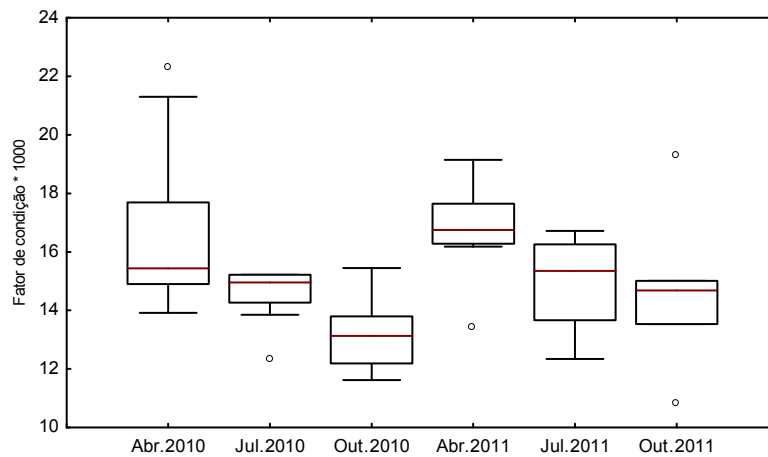
$n = 53$ ;  $\bar{x} = 15,26$ ;  $dp = 2,57$



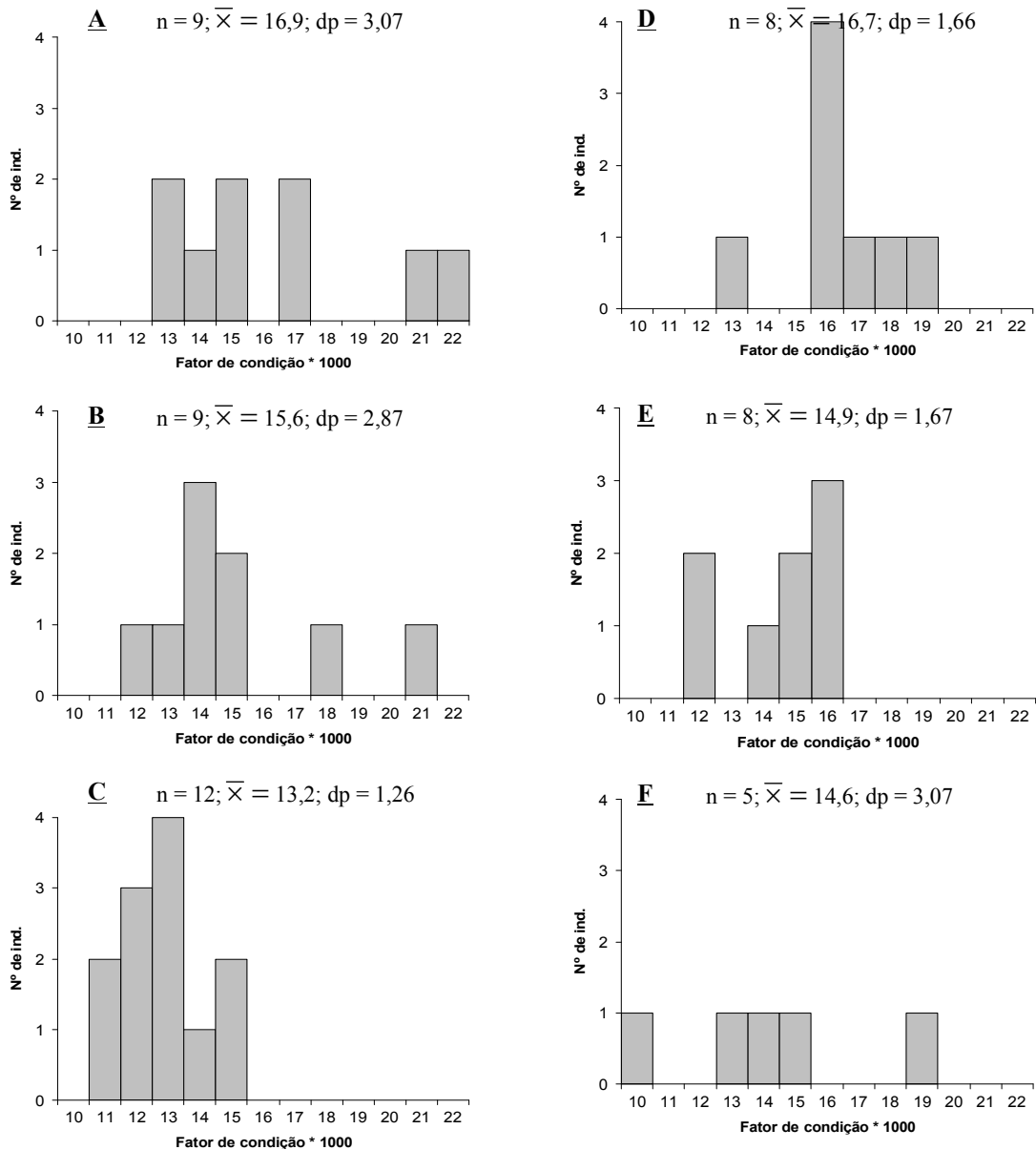
**Figura 47:** Distribuição das frequências de fator de condição de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em todos os eventos de coleta;  $n$  = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média;  $dp$  = desvio padrão.

As distribuições das frequências do fator de condição em cada evento de coleta estão apresentadas na Figura 49. Os valores de fator de condição variaram de acordo com a época do ano, com valores maiores após as estações das chuvas (abril) e menores durante as estações de seca (julho e outubro) (Fig. 48). Segundo análise de variância, os indivíduos capturados em outubro de 2010 apresentaram valores significativamente menores do que aqueles capturados em abril de 2010 ( $p = 0,008$ ) e de 2011 ( $p = 0,01$ ).

Na análise do fator de condição de acordo com o estado de caráter dos olhos (anoftálmicos; assimétricos e dois olhos normais), não foram constatadas diferenças significativas entre estes grupos. Entretanto, a média do fator de condição dos indivíduos com dois olhos normais ( $\bar{x} = 13,29$ ;  $dp = 2,45$ ) é inferior à observada tanto para indivíduos com olhos assimétricos ( $\bar{x} = 15,35$ ;  $dp = 2,57$ ) como anoftálmicos ( $\bar{x} = 15,32$ ;  $dp = 2,39$ ).



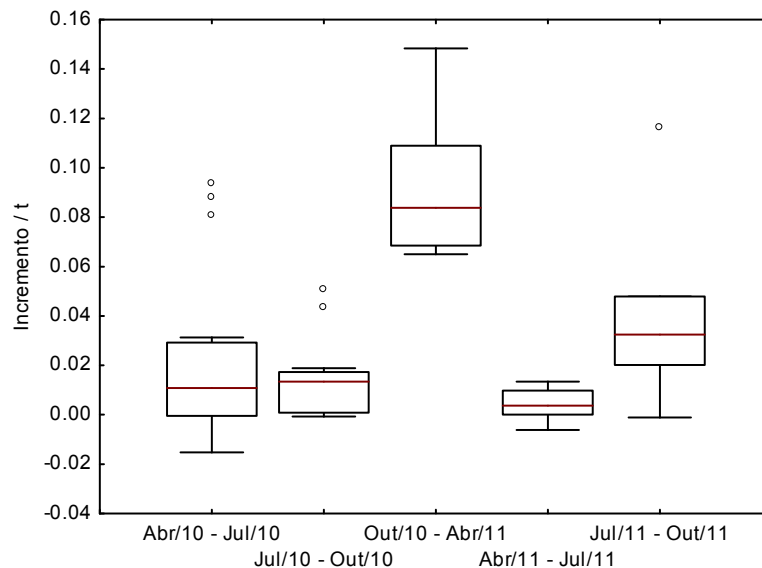
**Figura 48:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do fator de condição  $\times 10^3$  de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em cada evento de coleta.



**Figura 49:** Distribuição das frequências de fator de condição de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros em cada evento de coleta. A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média; dp = desvio padrão.

### 3.7 Taxa de crescimento individual de *Rhamdia* sp. n.

O crescimento médio entre os eventos de coleta foi de: 1,9 mm (dp = 2,9) entre abr/10 e jul/10; 1,64 mm (dp = 1,75) entre jul/10 e out/10; 17,28 mm (dp = 6,28) entre out/10 e abr/11; 0,33 mm (dp = 0,57) entre abr/11 e jul/11; e 3,38 mm (dp = 3,14) entre jul/11 e out/11. A Figura 50 mostra a mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança da taxa de crescimento entre os evento de coleta.



**Figura 50:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do crescimento corpóreo diário de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas entre os eventos de coleta; t – dias entre as coletas; *incremento* = comprimento-padrão na primeira captura – comprimento-padrão na última recaptura.

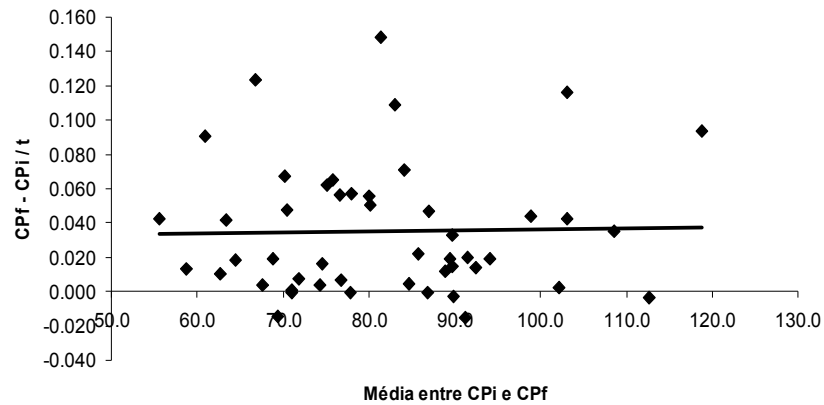
As taxas de crescimento individual foram significativamente maiores entre os meses de outubro e abril (estação chuvosa) do que entre os demais meses estudados. Segundo esta análise, o crescimento corpóreo entre outubro/2010 e abril/2011 foi significativamente maior do que entre abr/10 e jul/10 ( $p = 0,0001$ ); jul/10 e out/10 ( $p = 0,0001$ ); abr/11 e jul/11 ( $p = 0,0001$ ); jul/11 e out/11 ( $p = 0,003$ ).

Na Figura 51 consta a análise do crescimento corpóreo diário de *Rhamdia* sp. n. de acordo com o comprimento padrão médio dos indivíduos. Nota-se que, aparentemente, não há relação entre o tamanho do indivíduo e a taxa de crescimento, com indivíduos jovens crescendo tanto quanto indivíduos adultos, indicando crescimento heterogêneo e com raros casos (2) de crescimento negativo.

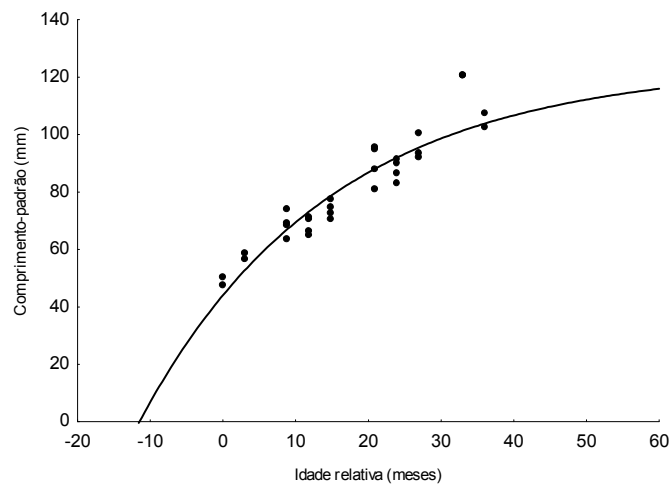
Na análise prévia da taxa de crescimento considerando a idade relativa, as primeiras coortes registradas (47 mm e 56 mm CP) possuem cerca de 11 meses de idade (Fig. 52).

Os parâmetros estimados da taxa de crescimento através do modelo de von Bertalanffy foram:  $L_{\infty} = 170,8$  mm e  $K = 0,241$  ( $0,020089 \cdot 12$  meses). Pelo modelo,

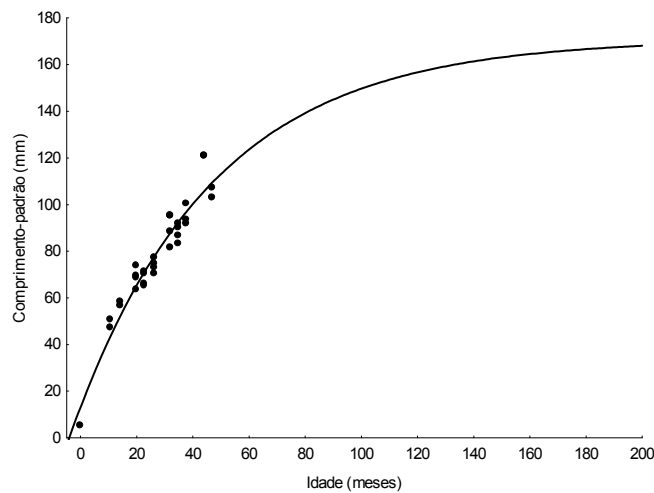
indivíduos demoram cerca de dois anos para atingir a faixa de CP da moda, de 60 – 64 mm e de 65 – 69 mm (Fig. 53). Porém, tal estima é complicada pelo crescimento altamente heterogêneo nesses animais. Assim, a longevidade máxima média estimada para *Rhamdia* sp. n. está em torno de 15 anos (180 meses).



**Figura 51:** Crescimento corpóreo diário relacionado ao comprimento-padrão médio de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas; CPI – comprimento-padrão (mm) na primeira captura; CPF – comprimento-padrão (mm) na última recaptura; t – dias entre os eventos de coleta.



**Figura 52:** Curva de crescimento de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas, segundo modelo de von Bertalanffy considerando a idade relativa (primeiras coortes possuem zero de idade).

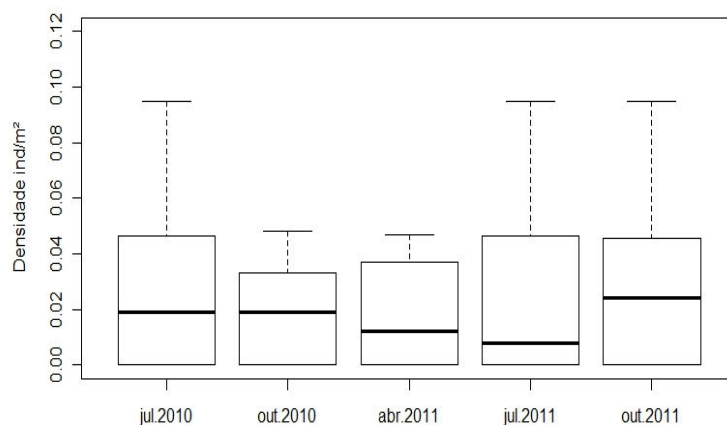


**Figura 53:** Curva de crescimento de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas, segundo modelo de von Bertalanffy considerando a idade corrigida a partir da análise de idade relativa;

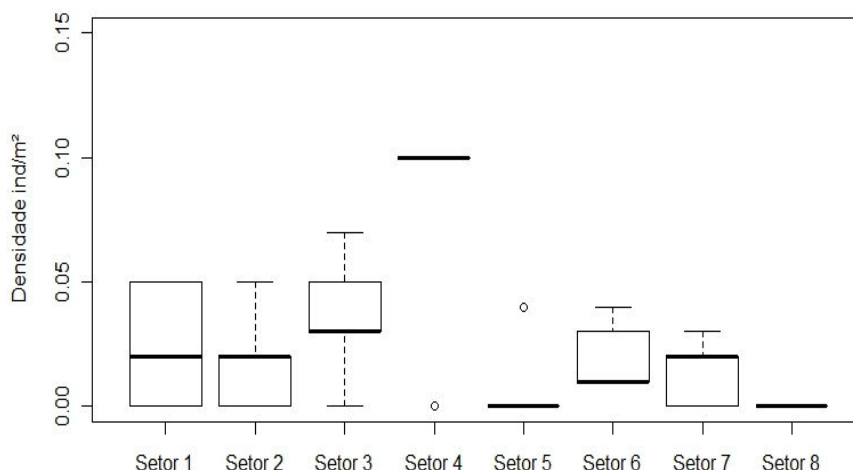
## 4 Ecologia populacional de *Ancistrus* sp. n.

### 4.1 Densidade populacional

A densidade populacional de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas estimada a partir de censos visuais esteve em torno de 0,018 ind/m<sup>2</sup> (dp = 0,0024), variando pouco ao longo do ano (Fig. 54), e com valores maiores no setor 4 (Fig. 55), constituído por corredeira. Valores significativamente maiores foram registrados no setor 4 em relação aos setores 5 (p = 0,04) e 8 (p = 0,02), ambos formados por remansos.



**Figura 54:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança nas densidades populacionais médias de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas, considerando o total de setores amostrados.



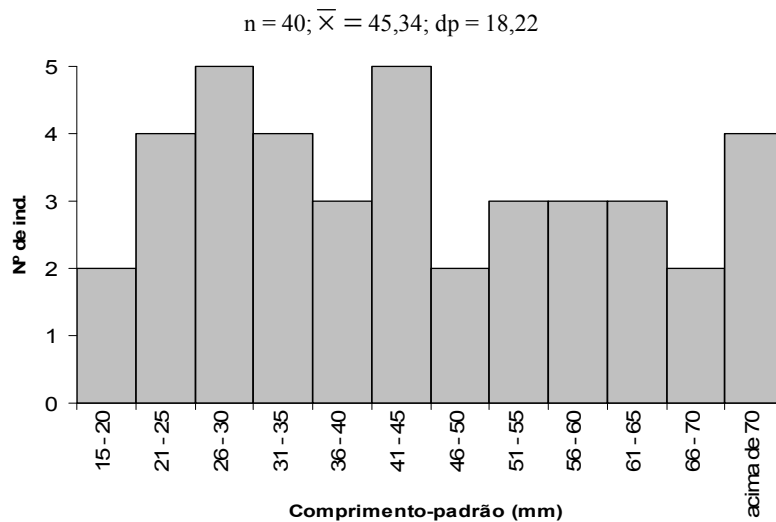
**Figura 55:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança da variação espacial nas densidades populacionais de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas, considerando os cinco eventos de coleta.

## 4.2 Tamanho populacional

Durante os seis eventos de coleta foram marcados 24 indivíduos de *Ancistrus* sp. n., dos quais, cinco foram recapturados uma vez e um, duas vezes. Somado a estes indivíduos, outros seis espécimes foram capturados em abril de 2010, porém não foram marcados devido ao pequeno tamanho (menor que 25 mm CP). O número reduzido de recapturas impossibilitou estimativas robustas do tamanho desta população através da metodologia utilizada para *Rhamdia* sp. n..

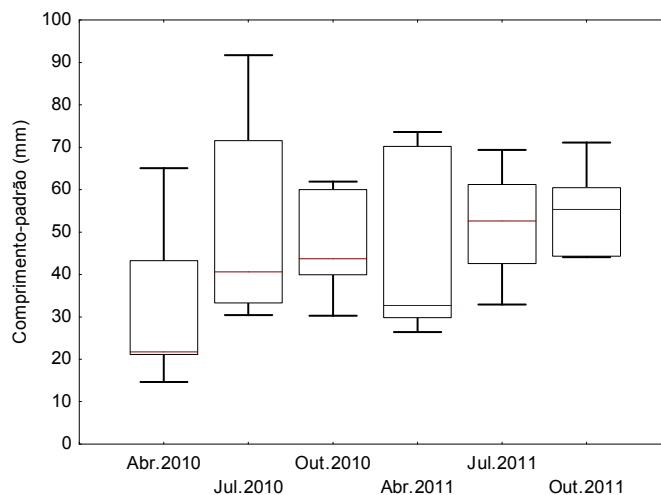
## 4.3 Comprimento-padrão

A distribuição da frequência de comprimento-padrão para o total de cascudos capturados consta na Figura 56. A distribuição das frequências de comprimento padrão por evento de coleta está expressa na Figura 58. Os maiores indivíduos registrados foram uma fêmea de 73,6 mm (abril de 2011), e um macho de 91,7 mm (julho de 2010).



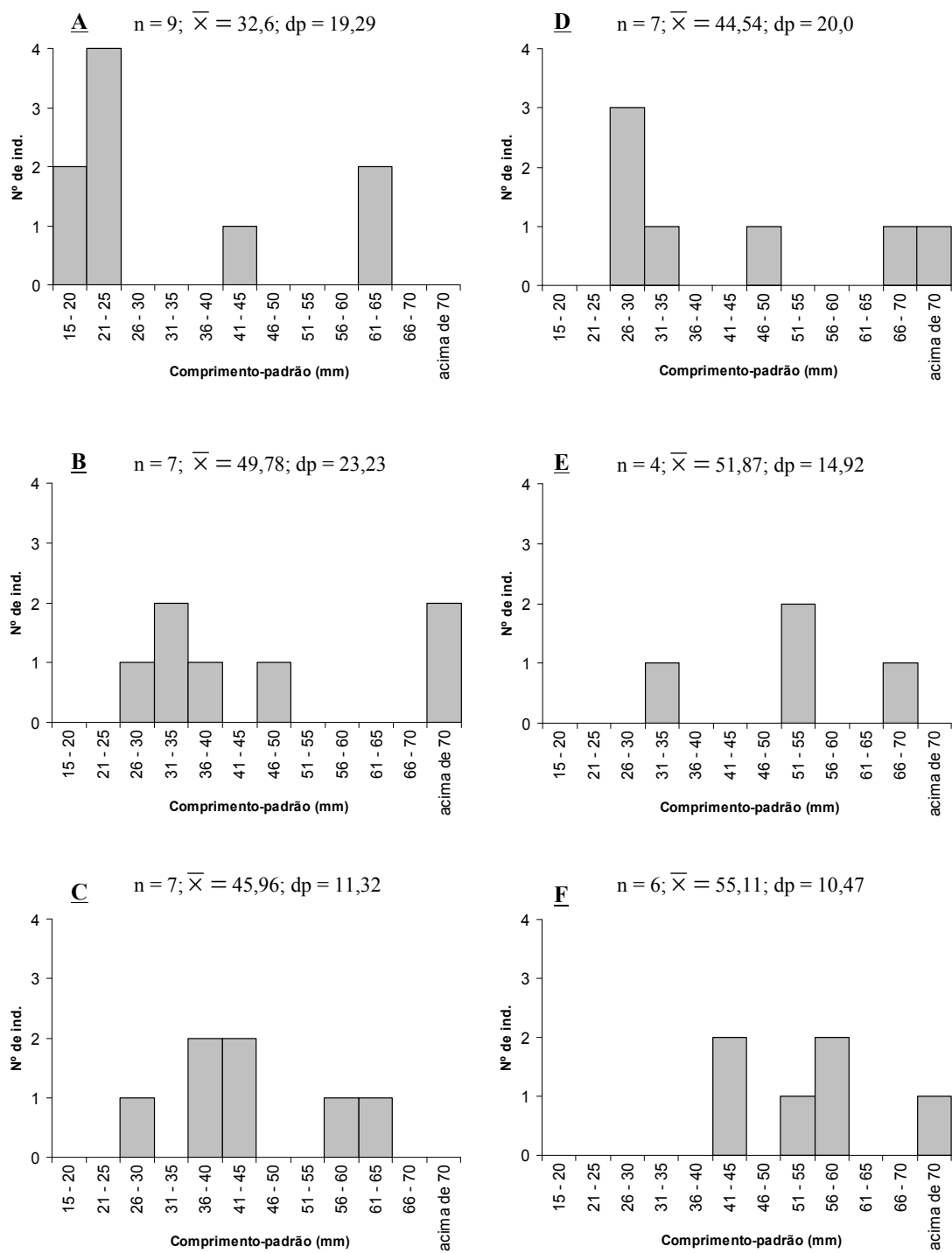
**Figura 56:** Distribuição das frequências de comprimento-padrão (mm) do total de exemplares de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas; n = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média; dp = desvio padrão.

A análise de variância não revelou diferenças significativas entre os eventos de coleta (Fig. 57).



**Figura 57:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do comprimento-padrão (mm) de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas; n = 40.

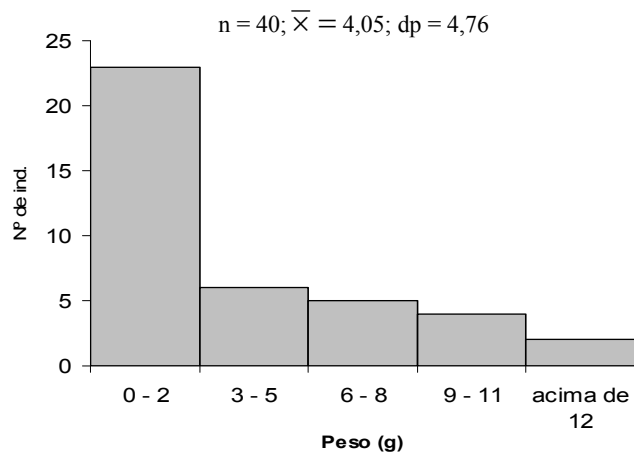




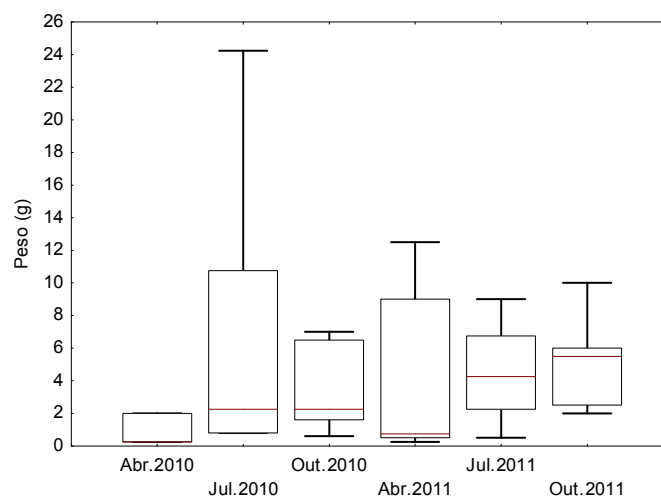
**Figura 58:** Distribuição das frequências de comprimento-padrão (mm) de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta; A – abr/2010; B – jul/2010; C – out/2010; D – abr/2011; E – jul/2011; F – out/2011; n = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média; dp = desvio padrão.

#### 4.4 Peso

A distribuição das frequências de peso dos indivíduos capturados em todos os eventos de coleta está apresentada na Figura 59. Nota-se que a maior frequência (57,5%) foi registrada na faixa de 0,25 e 2 g, sendo que, deste total, mais da metade dos indivíduos apresentaram peso inferior a um. O indivíduo mais pesado capturado pesou 24,5 g (macho) e pode ser considerado um caso raro, uma vez que os demais indivíduos pesaram no máximo 12,5 g, este último sendo o valor máximo registrado para fêmeas. Pela análise de variância, não há diferenças significativas do peso entre os meses estudados (Fig. 60).



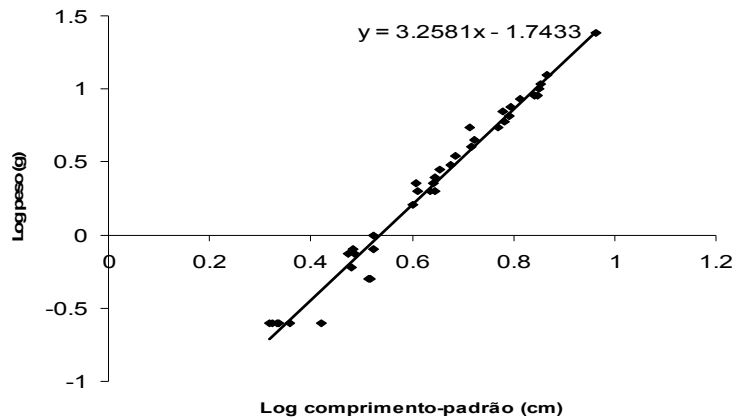
**Figura 59:** Distribuição das frequências de peso (g) de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas em todos os eventos de coleta;  $n$  = número de indivíduos;  $\bar{X}$  = média;  $dp$  = desvio padrão.



**Figura 60:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do peso (g) de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas;  $n = 40$ .

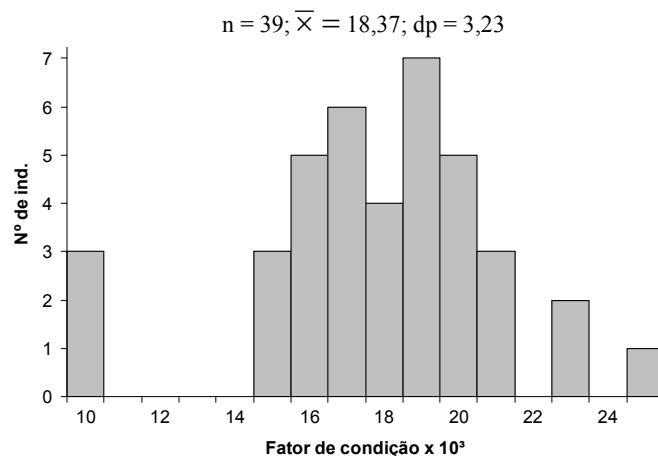
#### 4.5 Fator de condição

Na análise do fator de condição da população de *Ancistrus* sp. n., o valor do coeficiente angular ( $b$ ) estimado foi de 3,2581 (Fig. 61). A partir desta análise, foram estimados os valores de fator de condição para os indivíduos capturados em todos os eventos de coleta (Fig. 62) e para cada evento de coleta.

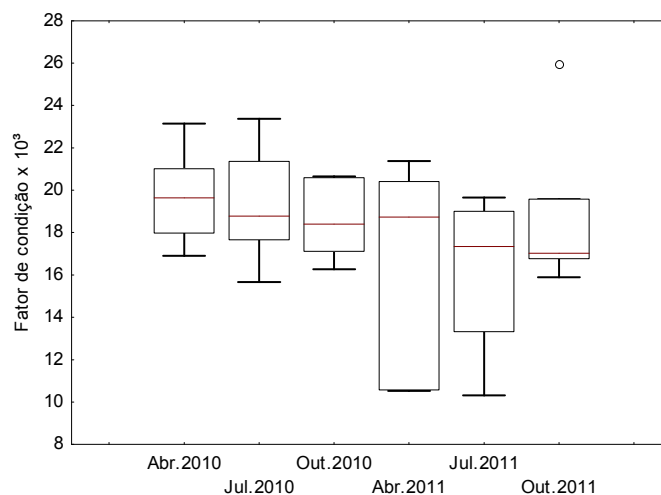


**Figura 61:** Regressão entre Log de comprimento padrão (cm) e Log de peso (g) de *Ancistrus* sp. n. da Gruta das Fadas;  $n = 39$ .

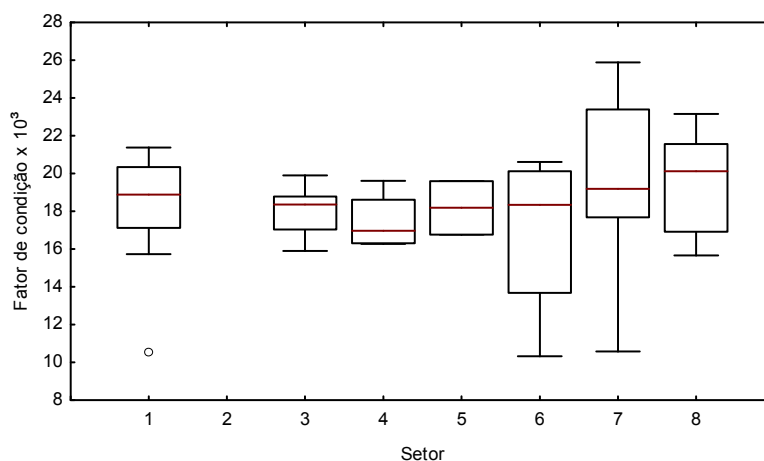
Os cascudos apresentaram valores de fator de condição entre 10 e 25, porém mais frequentemente entre a faixa de 15 e 21, com duas modas, uma em 17 e outra em 19 (Fig. 62). Pela análise de variância, não houve diferenças significativas entre os eventos de coleta (Fig. 63), assim como entre os setores do riacho (Fig. 64).



**Figura 62:** Distribuição das frequências de fator de condição de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas em todos os eventos de coleta;  $n$  = número de indivíduos;  $\bar{x}$  = média;  $dp$  = desvio padrão.



**Figura 63:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do fator de condição de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas em cada evento de coleta.

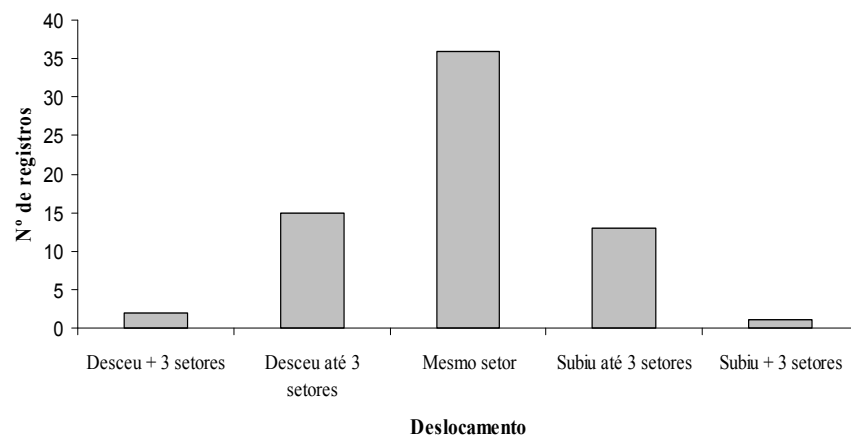


**Figura 64:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança do fator de condição de *Ancistrus* sp. n. em cada setor na Gruta das Fadas.

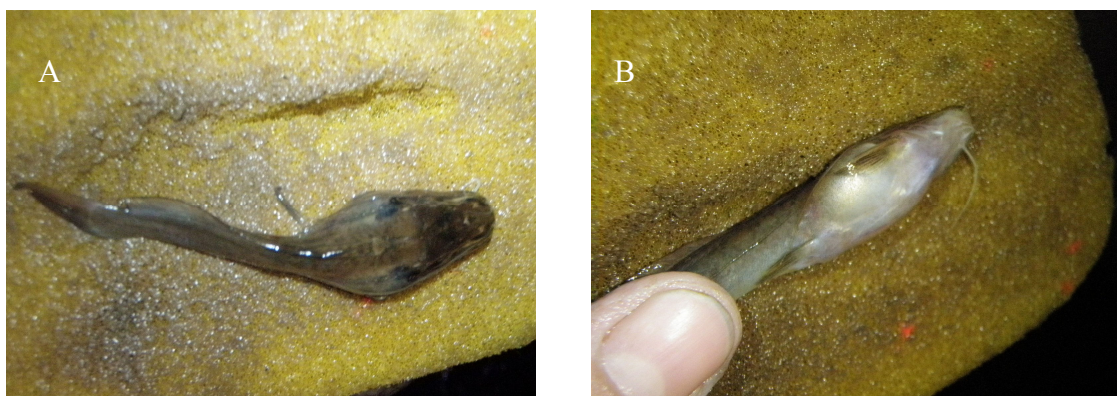
## 5 Deslocamentos de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n.

A análise dos deslocamentos dos espécimes de *Rhamdia* sp. n. na Gruta das Fadas mostrou que os indivíduos dessa população são filopátricos (fidelidade ao local), permanecendo nos mesmos setores de sua captura anterior em grande parte dos registros, ou com pequenos deslocamentos de até três setores (Fig. 65). Além disso, em vários casos foram registrados recapturas no mesmo setor por até três eventos de coleta sucessivos. A mesma tendência foi observada na Gruta Cinco de Ouros, onde todos os exemplares recapturados estavam no setor da captura anterior. Por outro lado, algumas

recapturas ocorridas no mesmo evento de coleta, revelam que estes bagres podem, ocasionalmente, locomover-se ao longo de pelo menos 80 m do riacho da Gruta das Fadas (cerca de 80 m) em apenas três dias. Em somente um caso foi registrado deslocamento entre as cavernas Cinco de Ouros e Fadas (distância de 300 m em linha reta), ocorrida entre julho de 2010 e outubro de 2010 (indivíduo anoftálmico; 64,2 mm CP1 e 63,9 mm CP2; fator de condição 14,5 e 13,7, respectivamente). Digno de nota foi o fato deste indivíduo apresentar o abdômem inchado, não observado em nenhum outro indivíduo capturado (Fig. 66).



**Figura 65:** Registros de deslocamentos de bagres *Rhamdia* na Gruta das Fadas (n = 52).



**Figura 66:** Indivíduo de *Rhamdia* sp. n. capturado na Gruta Cinco de Ouros e recapturado na Gruta das Fadas. Notar abdômem inchado. A) vista dorsal; B) vista lateral.

Para a análise dos deslocamentos de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas, foram consideradas informações dos seis indivíduos recapturados durante o estudo, em sete recapturas (Tab. 9). Aparentemente, estes cascudos deslocam-se mais do que os bagres, com somente um registro de permanência no mesmo setor de captura (Ind. 6 – Tab. 9). Note-se que os deslocamentos ocorreram rio acima na estação seca de 2010 (entre abril e outubro) e rio abaixo após a estação de chuva de 2010/2011.

**Tabela 9:** Registros de deslocamento de exemplares de *Ancistrus* sp. n. na Gruta das Fadas.

	<u>Setor da</u> <u>1ª captura</u>	<u>CP 1</u> <u>(mm)</u>	<u>Setor da</u> <u>1ª recaptura</u>	<u>CP 2</u> <u>(mm)</u>	<u>Setor da</u> <u>2ª recaptura</u>	<u>CP 3</u> <u>(mm)</u>
Ind. 1	2 (abr.10)	65,0	5 (out.10)	-	4 (jul.11)	69,4
Ind. 2	2 (abr.10)	62,3	5 (out.11)	71,1		
Ind. 3	8 (abr.10)	43,2	2 (abr.11)	48,5		
Ind. 4	3 (jul.10)	33,2	6 (out.10)	-		
Ind. 5	7 (jul.10)	71,5	2 (abr.11)	73,6		
Ind. 6	3 (jul.10)	47,4	3 (jul.11)	52,2		

## 6 Comportamento de *Rhamdia* sp. n.

### 6.1 Ritmicidade locomotora circadiana

A Tabela 10 apresenta as informações dos espécimes investigados nos experimentos de ritmicidade locomotora. Os actogramas e periodogramas dos respectivos indivíduos encontram-se nos Anexos II e III.

No primeiro experimento em livre-curso (cinco dias consecutivos, Tab. 11), dos 14 indivíduos estudados, 11 apresentaram ritmos circadianos significantes, sendo que, dos três indivíduos sem ritmos significantes (5, 8 e 12), dois são anoftálmicos e um tem dois olhos normais.

**Tabela 10:** Exemplares de *Rhamdia* sp. n. investigados nos experimentos de ritmicidade locomotora sob livre-curso e EE1 + CE + EE2.

# Ind.	CP (mm)	Peso (g)	Olhos	Sexo
# 1	72.5	5	Dois normais	Macho
# 2	77.6	7.5	Anoftálmico	Macho
# 3	79.8	7.5	Anoftálmico	Fêmea
# 4	83.3	9	Anoftálmico	Macho
# 5	85, 7	7.8	Dois normais	Fêmea
# 6	90.4	10.3	Anoftálmico	Macho
# 7	91.1	10.8	Anoftálmico	Indeterminado
# 8	92.4	13	Anoftálmico	Macho
# 9	94	11.5	Anoftálmico	Fêmea
# 10	96.8	11.8	Dois normais	Macho
# 11	98.1	11.5	Anoftálmico	Fêmea
# 12	98.6	13.3	Anoftálmico	Macho
# 13	111.9	7.3	Dois normais	Macho
# 14	117.1	24	Dois normais	Macho

**Tabela 11:** Componentes circadianos significantes da atividade locomotora de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas ( $p < 0,05$ ) sob livre-curso; Per: significância do período em horas; P: potência espectral;

# Ind.	Per	P	# Ind.	Per	P
# 1	23.4	35.9	# 8	-	-
# 2	26.6	67.0	# 9	23.7	69.9
# 3	24.9	51.4	# 10	25.5	25.7
# 4	24.3	30.0	# 11	23.0	40.5
# 5	-	-	# 12	-	-
# 6	23.4	139.8	# 13	24.1	91.9
# 7	22.7	20.6	# 14	23.2	118.2

A Tabela 12 traz os resultados dos experimentos sob EE1 + CE + EE2. Dos 11 indivíduos estudados, dez apresentaram ritmicidade circadiana significante na condição EE1, enquanto que, nas condições de CE e EE2, todos apresentaram ritmos significantes.

**Tabela 12:** Componentes circadianos significantes da atividade locomotora de *Rhamdia* sp. n. da Gruta das Fadas; Per: significância do período em horas; P: potência espectral; EE1 = livre-curso durante cinco dias; CE = claro-escuro (12:12) durante sete dias; EE2 = livre-curso durante seis dias.

	# 1		# 2		# 3		# 4	
	Per	P	Per	P	Per	P	Per	P
<b>EE 1</b>	23.8	168.1	22.8	62.6	24.3	210.6	24.1	28.1
<b>CE</b>	24.2	48.4	23.8	231.1	24.0	381.2	24.6	69.8
<b>EE 2</b>	24.2	19.0	23.7	38.3	24.0	161.9	24.1	31.6

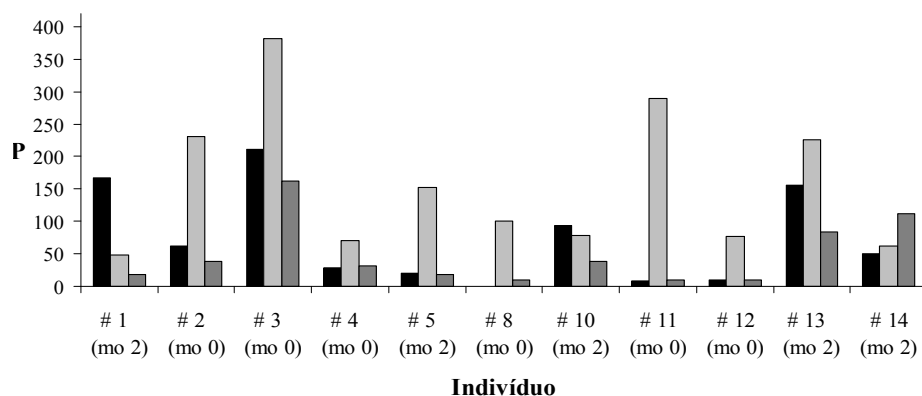
	# 5		# 8		# 10		# 11	
	Per	P	Per	P	Per	P	Per	P
<b>EE 1</b>	24.8	19.7	25.0	4.5	24.8	93.3	24.2	7.8
<b>CE</b>	24.3	152.0	24.3	100.4	24.1	78.7	23.9	289.6
<b>EE 2</b>	24.9	17.7	25.5	9.3	25.3	38.6	26.7	10.4

	# 12		# 13		# 14	
	Per	P	Per	P	Per	P
<b>EE 1</b>	24.4	9.4	25.9	155.6	23.3	50.1
<b>CE</b>	24.3	76.2	24.3	226.7	25.6	61.4
<b>EE 2</b>	24.6	10.0	23.9	83.9	23.6	111.9

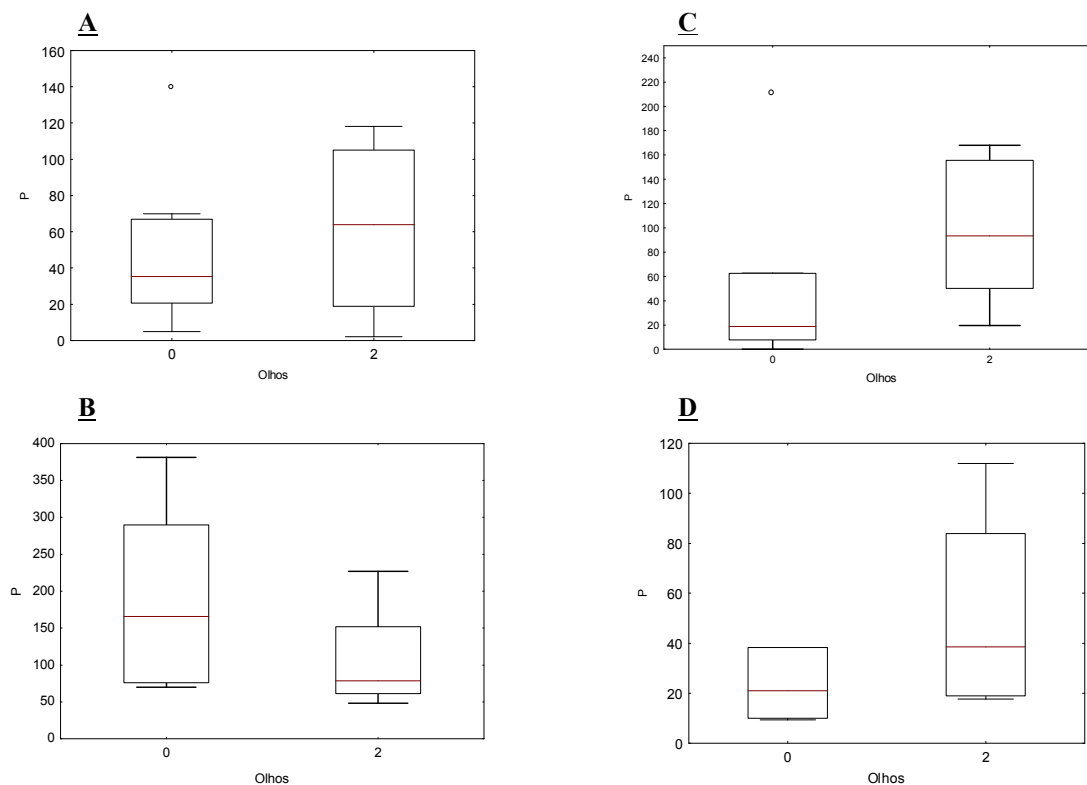
É interessante notar que, indivíduos que não apresentaram ritmos significantes sob livre-curso no primeiro experimento (Tab. 11), somente o indivíduo 8 manteve este resultado sob EE1 (Tab. 12), enquanto que os indivíduos 5 e 12 apresentaram ritmos circadianos significantes com valores baixos de potência espectral sob EE1, porém significantes (Tab. 12). Na Figura 67, estão representadas as potências espectrais dos ritmos circadianos para cada indivíduo testado na condição EE1+CE+EE2. Na comparação da potência espectral de acordo com o tamanho dos indivíduos, não foi observada relação entre estes parâmetros (Fig. 67).





**Figura 67:** Potências espectrais dos componentes circadianos de *Rhamdia* sp. n. investigados sob condições de EE1+CE+EE2: barra preta = EE1; barra cinza claro = CE; barra cinza escuro = EE2; P – potência espectral; mo: morfologia dos olhos: 0 – anoftálmico; 2 – dois olhos.

A Figura 68 mostra a mediana, o desvio-padrão e o intervalo de confiança da potência espectral dos indivíduos estudados em cada condição experimental de acordo com o estado de caráter dos olhos. A análise de variância (ANOVA – one-way,  $p < 0,05$ ), não revelou diferenças significativas nos valores de potência espectral dos ritmos circadianos de indivíduos anoftálmicos *versus* com dois olhos nas condições experimentais.

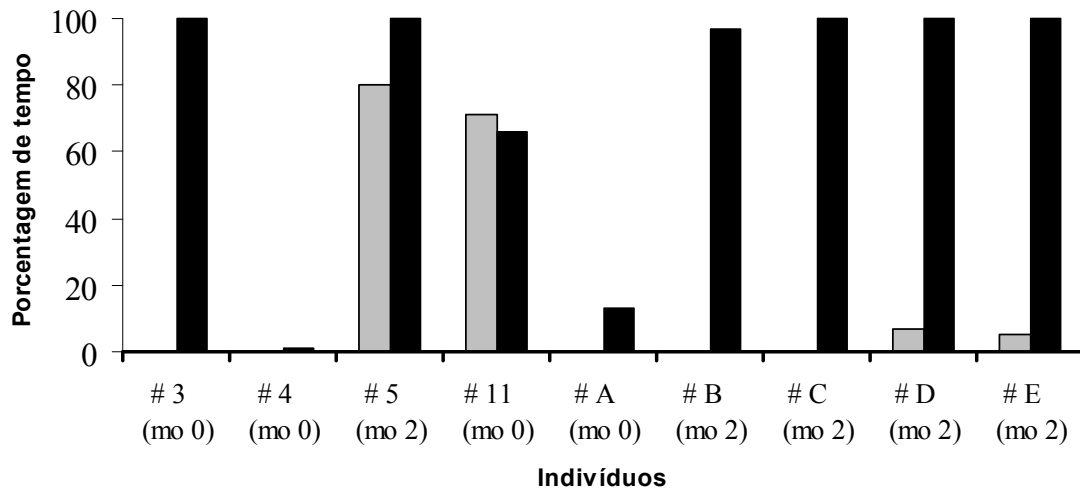


**Figura 68:** Mediana, desvio-padrão e intervalo de confiança da potência espectral (P) de acordo com o estado de caráter dos olhos: 0 – anoftálmico; 2 dois olhos; **A:** Livre-curso; **B:** EE1; **C:** CE; **D:** EE2.

## 6.2 Reação à luz

Foram testados nove exemplares dos 14 anteriormente estudados na cronobiologia. Em alguns casos não foi possível identificar o indivíduo, pois a marca ficou ilegível pela formação de pigmentação melânica induzida pela luz em laboratório. Estes indivíduos receberam nova identificação com letra. Dos nove indivíduos investigados, sete apresentaram preferência por algum lado do aquário durante o controle, sendo que somente os indivíduos 5 e 11 deslocaram-se em algum momento entre os compartimentos (Fig. 69). Depois de configurada a câmara escura no lado oposto ao de maior permanência do animal, todos os indivíduos com dois olhos normais deslocaram-se imediatamente para a câmara escura, permanecendo neste local a maior parte do tempo, indicando uma fotofobia acentuada (Fig. 69).

Os testes de reação à luz nos quatro exemplares anoftálmicos sugerem que este grupo morfológico apresenta tendência à redução na fotofobia quando comparado com indivíduos com dois olhos normais, sendo que dois indivíduos (# 4 e # A) permaneceram mais de 85% do tempo no compartimento iluminado, enquanto que o indivíduo 11 permaneceu 34% neste compartimento (Fig. 69). Como exceção, o indivíduo 3 reagiu como os indivíduos com dois olhos desenvolvidos, permanecendo 100% do tempo no compartimento escuro durante o experimento. Isto indica a capacidade de percepção da luz nos anoftálmicos, confirmando as observações naturalísticas em campo e em laboratório.



**Figura 69:** Porcentagem do tempo de permanência de cada indivíduo no compartimento alvo; barra cinza (controle) – tempo no compartimento que permanecerá iluminado durante o experimento; barra preta (teste) – tempo no compartimento escuro durante experimento; mo - morfologia dos olhos: 0 – anoftálmico e 2 - dois olhos normais.

Em uma ocasião foi observada claramente a elevada fotofobia dos exemplares de *Rhamdia* sp. n. com dois olhos normais. Durante a mudança de configuração do experimento (controle para câmaras de escolha), o indivíduo 5 permaneceu parado no compartimento claro, ainda sujeito à luminosidade. Após montado o experimento com as câmaras de escolha, a luz foi desligada durante 50 segundos e, assim que acesa novamente, esse animal, que estava em natação lenta, passou à natação rápida em direção ao compartimento escuro e permaneceu no mesmo durante o restante do experimento. Observações semelhantes foram registradas para o indivíduo 11, que após entrar em natação lenta na câmara clara, permanece poucos segundos e retorna em natação acelerada para a câmara escura.

Os dados acima constituem mais um exemplo de distribuição em mosaico de estados de caráter, no caso, reação à luz *versus* o grau de desenvolvimento dos olhos.

## DISCUSSÃO

Os valores confiáveis para densidade são os estimados a partir dos resultados de marcação e recaptura (MR). O censo visual (CV), por outro lado, é um método expedito, útil para comparações e, portanto, adequado para monitoramentos, desde que não tomados como valores absolutos. Ou seja, deve-se partir sempre de estimativas iniciais utilizando-se métodos robustos, como marcação e recaptura.

Segundo a classificação proposta por Trajano (2001a), a densidade populacional média estimada de *Rhamdia* sp. n. para a Gruta das Fadas (0,09 ind./m<sup>2</sup> CV e 0,76 ind./m<sup>2</sup> MR) e para a Gruta Cinco de Ouros (0,1 ind./m<sup>2</sup> CV e 1,48 ind./m<sup>2</sup> MR) pode ser considerada média para os padrões de peixes troglóbios e baixa para *Ancistrus* sp. n., que obteve a média de 0,018 ind./m<sup>2</sup> CV.

Comparando-se as estimativas de densidade através do censo visual de *Rhamdia* sp. n. com outras espécies de Heptapteridae troglóbios brasileiros, observa-se que a densidade de *Rhamdia* sp. n. é mais alta do que a maioria das espécies desta família. Densidades médias de 0,01 ind./m<sup>2</sup> foram registradas por Trajano e Bockmann (2000) para *Rhamdiopsis* sp. n. da Toca do Gonçalo – BA (citado como *Taunayia* sp.); 0,03 ind./m<sup>2</sup> por Mendes (1995) para *Rhamdiopsis krugi* Bockmann & Castro, 2010, (citado como novo gênero por essa autora) no Poço Encantado – BA; Entre os heptapterídeos cavernícolas, a densidade populacional de *Rhamdia* sp. n. só não foi maior do que a *Rhamdia enfurnada*, da Gruta do Enfurnado – BA, para a qual foi registrada uma média de 0,1 – 0,2 ind./m<sup>2</sup>, baseado em CV, podendo atingir até 10 ind./m<sup>2</sup> durante a estação seca. Segundo Trajano (2003), as densidade populacionais variam grandemente entre as espécies de peixes troglóbios e não há correlação taxonômica.

Quando comparada a densidade estimada pela marcação e recaptura com outros heptapterídeos brasileiros, *Rhamdia* sp. n. apresentou densidades maiores que o bagre

cego de Iporanga *Pimelodella kronei*, da Caverna Areias de Cima – SP (Trajano, 1991) e que *T. itacarambiensis*, da Caverna Olhos'Água – MG (Trajano, 1997), estimadas em 0,04 ind./m<sup>2</sup> e 0,15 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente.

Quanto a *Ancistrus* sp. n., a densidade populacional média (0,018 ind./m<sup>2</sup>) é bem inferior à de *Ancistrus cryptophthalmus*, de São Domingos – GO, com densidades médias de 1,0 ind./m<sup>2</sup> na Caverna Angélica e 0,62 ind./m<sup>2</sup> na Caverna Passa Três (Trajano & Bichuette, 2007). Contudo, a densidade de *A. cryptophthalmus* foi estimada com base em dados de marcação e recaptura, enquanto que *Ancistrus* sp. n. em censo visual. Até o momento, não há dados populacionais robustos para as demais espécies troglóbias deste gênero, *Ancistrus formoso* (Serra da Bodoquena - MS) e *Ancistrus galani* (Sierra de Perijá – Venezuela); no entanto, observações naturalísticas esparsas, realizadas durante espeleomergulho no caso de *A. formoso*, apontam para densidades populacionais baixas nestas espécies (Reis *et al.*, 2006; Sabino & Trajano, 1997)

Como para qualquer estado de caráter, a preferência do habitat observada em peixes troglóbios pode corresponder ao estado plesiomórfico retido do ancestral epígeo, ou mudanças evolutivas podem ocorrer em função da especialização à vida no subterrâneo (Trajano, 2003). Alguns exemplos de peixes troglóbios que mantiveram a preferência do habitat de seu ancestral epígeo são *Pimelodella kronei* e *Ancistrus cryptophthalmus*, o primeiro com preferência por locais profundos (poços), semelhante ao ancestral epígeo *Pimelodella transitoria*, enquanto que *A. cryptophthalmus* prefere corredeiras, assim como seu ancestral epígeo, que se concentra em trechos com moderada a forte correnteza (Reis *et al.*, 2006). Exemplos de espécies que mudaram a preferência do habitat após a especiação no ambiente subterrâneo são: *Ancistrus formoso* e *Trichomycterus dali*, encontrados em zona freática de cavernas da Serra da Bodoquena. Estas espécies são pertencentes a táxons epígeos adaptados a condições

lóticas, mas que foram secundariamente adaptados às condições lênticas (Trajano 2001b).

Ao contrário de *T. dali* e *A. formoso*, as espécies presentemente estudadas mantiveram a condição plesiomórfica quanto ao habitat. Como loricariídeos epígeos em geral, e também *Ancistrus cryptophthalmus*, *Ancistrus* sp. n. da Gruta das Fadas é um raspador da camada de detritos e microorganismos sobre substratos rochosos (perifíton) e, quando disponíveis, vegetais (troncos), com preferência por corredeiras. Do mesmo modo, assim como *P. kronei*, *Rhamdia* sp. n. mantém a preferência por locais profundos do riacho, com circulação lenta de água, semelhante ao seu ancestral epígeo, *Rhamdia quelen*, que vive em trechos profundos dos rios, como poços e lagos (Gomes *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2011). A preferência por este tipo de local parece ser compartilhada entre as demais espécies troglóbias do gênero *Rhamdia*. Segundo Wilkens (1991), *R. reddelli* é normalmente encontrada em maior número em locais profundos e com menor correnteza do riacho. Weber *et al.* (2003) também menciona a maior concentração de indivíduos de *R. laluchensis* em um poço próximo a um sifão. Possivelmente, os bagres se concentram nesses locais devido ao acúmulo de matéria orgânica, proporcionando maior disponibilidade de alimento para esta espécie onívora (Gomes *et al.*, 2000). No caso de *Rhamdia* sp. n., outro fator que parece influenciar a preferência por estes locais é a grande concentração de abrigos, formados por placas de sedimento consolidado sobrepostas horizontalmente. Adicionalmente, a maior densidade média observada no setor 6 (0,14 ind./m<sup>2</sup>) pode estar relacionada com a presença de uma colônia de morcegos insetívoros *Natalus stramineus* (Alan Eriksson, comun. pess.) no teto do setor, aumentando a oferta de alimento na forma de invertebrados guanófilos. A análise do conteúdo estomacal de exemplares de *R. macuspanensis*, indicam que indivíduos desta espécie também ingerem guano (Weber & Wilkens, 1998).

Em estudo sobre *Rhamdia* sp. n. nos poções da Gruta das Fadas em outubro de 2008, Borghezán (2008) estimou densidades maiores do que as registradas no presente. Quando comparados os resultados desses estudos, nota-se uma diminuição na densidade de bagres nos três poções (setores 1, 3 e 7): em 2008, a densidade populacional média estimada no setor 1 foi de 0,2 ind./m<sup>2</sup>, enquanto que, entre 2010 e 2011, ela caiu para 0,08 ind./m<sup>2</sup>, com eventos sem nenhum registro, como em abril e julho de 2011. Nos outros dois setores investigados, Borghezán (2008) estimou uma densidade média de 0,2 ind./m<sup>2</sup> no setor 3 e 0,09 ind./m<sup>2</sup> no setor 7, enquanto que, no presente, esta densidade caiu para 0,17 ind./m<sup>2</sup> e 0,07 ind./m<sup>2</sup>, respectivamente. Esta diminuição pode estar relacionada às recentes modificações antrópicas na superfície, a qual foi colonizada recentemente (1997) por dezenas de famílias e a partir de quando houve intenso desflorestamento para a venda de madeiras e a pecuária extensiva. Outro fator que pode estar diminuindo as densidades de bagres é o assoreamento dos riachos superficiais e a instalação de açudes em locais inadequados, carregando grande quantidade de areia para dentro do sistema subterrâneo e, conseqüentemente, diminuindo a oferta de alimento.

Na Gruta Cinco de Ouros, constatou-se que o lago da zona afótica apresenta maior densidade de bagres do que o lago próximo a entrada da gruta, situado a montante. Possivelmente, o lago próximo a entrada seja isolado das demais drenagens subterrâneas da região (lago da zona afótica e riacho da Gruta das Fadas), uma vez que foram raros os bagres troglomórficos observados neste setor. Além disso, um indivíduo marcado nesse local em abril de 2011 foi recapturado no mesmo local em julho de 2011. Durante as visitas à caverna, foram observados espuma e detritos vegetais no teto do conduto principal, tipicamente deixados pela passagem da água. Possivelmente, os bagres que habitam o lago da zona afótica aproveitem a conexão durante os picos de

inundação, nadando até o lago próximo a entrada e permanecendo presos neste local após o rebaixamento do nível da água. Neste caso, o lago próximo a entrada é um habitat periférico e os bagres aí encontrados constituem uma população sumidouro dentro do modelo fonte-sumidouro (Trajano, 2012). Digno de nota é o fato de que as densidades estimadas para esta gruta provavelmente estão subestimadas, uma vez que o sucesso de captura dos indivíduos foi baixo devido as condições do ambiente (a visibilidade era facilmente afetada pela presença de sedimento fino na margem).

As estimativas do tamanho populacional de *Rhamdia* sp. n. do Sistema Campina e na Gruta das Fadas isoladamente, utilizando diferentes modelos dentro do programa MARK, produziram resultados próximos, demonstrando a robustez dos dados. Assim, estima-se a população da Gruta das Fadas em cerca de 400 indivíduos nos 190 m de riacho estudado, e em cerca de 100 indivíduos a população na Gruta Cinco de Ouros. Contudo, é importante ressaltar que esta estimativa compreende somente a Gruta das Fadas e os lagos da Gruta Cinco de Ouros. Certamente, a população destes bagres é maior, uma vez que estão distribuídos por locais inacessíveis e em cavernas não estudadas, como a Gruta Manoel Cardoso. No entanto, em vista da distribuição geográfica restrita e da clara adaptação ao habitat lótico, o que restringeria a distribuição pelo freático, é razoável estimar a população total em alguns milhares. Populações da ordem de  $10^3$  indivíduos são pequenas e foram registradas para algumas outras espécies de peixes troglóbios brasileiros, tais como *P. kronei* no Sistema Areias (Trajano, 1991), *Trichomycterus itacarambiensis*, endêmico da Caverna Olhos d'Água (Trajano, 1997). Ou seja, embora com densidades populacionais médias, a nova espécie de *Rhamdia* troglóbia da Serra da Bodoquena é motivo de preocupação e deve ser objeto de ações para proteção em função do baixo tamanho populacional.



Apesar de não ter sido possível estimar o tamanho populacional de *Ancistrus* sp. n., este é claramente menor do que *Rhamdia* sp. n., devido à densidade populacional mais baixa e distribuição mais restrita. As baixas taxas de recaptura em *Ancistrus* sp. n. podem estar associadas à perda de marcas.

Segundo Trajano (2007), populações pequenas tendem a se diferenciar mais rapidamente devido a fenômenos como a deriva genética. Segundo a autora, dois fatores influenciam as taxas de divergência: tamanho da população e estratégias do ciclo de vida. Assim, o fato de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. apresentarem atualmente populações pequenas, favoreceria o aumento nas taxas de divergência e, portanto, uma diferenciação mais rápida.

Trajano e Bichuette (2004) observaram uma correlação geográfica com o grau de troglomorfismo em peixes troglóbios brasileiros, isto é, mesmo espécies distantemente relacionadas, mas que co-ocorrem nas mesmas áreas cársticas, tendem a apresentar graus semelhantes de troglomorfismo, sugerindo os mesmos eventos vicariantes afetando toda a fauna subterrânea. Neste sentido, possivelmente *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. foram isoladas no ambiente subterrâneo pelos mesmos eventos vicariâtes, uma vez que apresentam troglomorfismos em graus semelhantes, embora distribuídos em mosaico nos indivíduos. Apesar de nenhum indivíduo anoftálmico de *Ancistrus* sp. n. ter sido encontrado, ambas espécies apresentam variação populacional contínua, com casos de assimetria nos olhos, além de indivíduos com dois olhos de tamanho e estrutura semelhantes aos de congêneres epígeos. Assim, comparada com outras espécies troglóbias, *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. apresentam baixo grau de troglomorfismo dos olhos, indicando um tempo de isolamento relativamente pequeno no ambiente subterrâneo.

A menor taxa de sobrevivência da população de *Rhamdia* na Gruta Cinco de Ouros, assim como a maior variação do fator de condição desses bagres em comparação com os da Gruta das Fadas podem estar associadas a uma menor disponibilidade de alimento na Gruta Cinco de Ouros, uma vez que esta gruta apresenta características de habitat lântico; durante as visitas para o presente estudo, observou-se uma grande quantidade de areia nos condutos da caverna, uma vez que é carregada em direção ao lago da zona afótica e pode cobrir a matéria orgânica trazida pelas chuvas, diminuindo a quantidade de alimento disponível. A presença de areia no interior da Gruta Cinco de Ouros pode ser resultado de processos naturais, mas acelerada pelo manejo inadequado na área do entorno da caverna (Cordeiro-Borghezan *et al*, 2012).

Além do assoreamento da Cinco de Ouros, outros fatores que de algum modo podem estar provocando a diminuição das taxas de sobrevivência de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. quando comparado com às de outros peixes troglóbios, é a entrada de peixes epígeos, criados nos açudes, ocasionado competição e/ou predação. Em diferentes eventos de coleta foram avistados exemplares de *Hoplias* cf. *malabaricus* (traíra), *Bujurquina* cf. *vittata* (carazinho), e *Astyanax* sp. (lambari), em cavernas do Sistema Campina (Manoel Cardoso, Cinco de Ouros e Fadas). Na maioria das vezes, traíras estavam em péssimo estado de condição, apresentando nadadeiras amputadas, ou até mesmo mortas, sugerindo que foram carregados para dentro do sistema, o que não impede que, enquanto vivas tocassem os demais peixes. Traíras e outros eritrínídeos são encontrados com certa frequência em cavernas (Mattox *et al*, 2008), inclusive atacando peixes troglóbios como *A. cryptophthalmus* e *R. enfernada* (E. Trajano, obs. pess).

O grupo dos indivíduos anoftálmicos apresentou maiores taxas de sobrevivência que os dos com olhos assimétricos ou com dois olhos normais. Por outro lado, não foram verificadas diferenças significativas no fator de condição desse grupo que

pudesse indicar um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, explicando tal diferença. Outra possível explicação seriam diferenças na probabilidade de recaptura, com os indivíduos de melhor capacidade visual sendo mais eficientes na evitação do coletor após o reforço negativo (se ocorrer) da primeira captura (sugestão de H. Wilkens, 2012). A fotofobia exibida pelos indivíduos com dois olhos “normais” em condições de exposição crônica à luz (câmaras de escolha) apoia esta idéia. No entanto, dos oito modelos selecionados nesta análise, somente um supõe haver diferenças na probabilidade de captura de acordo com o estado de caráter dos olhos. Outra hipótese é a de que a regressão ocular em *Rhamdia* sp. n. esteja ocorrendo, ou seja, acelerada, como um efeito pleiotrópico da seleção de algum caráter construtivo, restando investigar que caracteres são estes.

O comprimento máximo médio estimado para *Rhamdia* sp. n. ( $L_{\infty} = 170,8$  mm), utilizando-se o modelo de von Bertalanffy, foi bem inferior ao registrado para sua provável espécie-irmã epígea, *R. quelen*, de 520 mm para machos e 665 mm para fêmeas (Gomes *et al.*, 2000). No caso de *Rhamdia* sp. n., o maior indivíduo registrado media cerca de 163 mm CP, porém, este indivíduo podia ser epígeo, uma vez que apresentava olhos de tamanho aparentemente normais e pigmentação escura. Assim, exemplares de *Rhamdia* sp. n. medem, com maior frequência, em torno de 120 mm, com a moda da distribuição do comprimento-padrão na faixa de 65 - 74 mm na Gruta das Fadas e 55 - 64 mm na Gruta Cinco de Ouros. Portanto, uma das características da espécie é a diminuição do tamanho corpóreo em relação ao seu ancestral epígeo, o que é comumente observado em espécies troglóbias como adaptação à vida nos exíguos espaços do meio subterrâneo (Trajano & Bichuette, 2010). Em contraste, a outra espécie brasileira troglóbia de *Rhamdia* é o peixe troglóbio que atinge o maior porte (maiores

espécimes encontrados com mais de 230 mm CP, moda em torno de 110 mm CP) (Bichuette & Trajano, 2005; Trajano, dados não publicados).

Também as espécies troglóbias mexicanas de *Rhamdia*, relacionada a *R. laticauda*, atingem maior porte que *Rhamdia* sp. n. Segundo Wilkens *et al.* (1991), a população de *R. reddelli* possui comprimentos-padrões mais frequentes entre 60 e 150 mm, com moda da distribuição na faixa de 70 e 90 mm, superior ao observado para *Rhamdia* sp. n.. Quando mantidas em laboratório sob boas condições de alimentação, exemplares de *R. zongolicensis* podem atingir até 150 mm (Wilkens, 1993). Bagres *R. macuspanensis* tem comprimento-padrão médio em torno de 121 mm (Weber & Wilkens, 1998).

Cascudos *A. cryptophthalmus* estudados no fim de 1990 apresentaram comprimentos mais frequentes na faixa de 40 - 45 mm CP na Caverna Angélica e 30 - 35 mm e 45 - 55 mm CP na Caverna Passa Três (Trajano & Bichuette, 2007), distribuições próximas à observada para *Ancistrus* sp. n.. Além disso, os maiores indivíduos de *A. cryptophthalmus* medidos tinham cerca de 70 mm CP, enquanto que os maiores exemplares de *Ancistrus* sp. n. medidos possuíam 91,7 mm CP (macho) e 73,6 mm CP (fêmea), respectivamente. Para *Ancistrus* sp. n., o maior número de indivíduos pequenos (entre 15 e 30 mm) registrado em abril de 2010 e 2011 indica a entrada de uma nova coorte na população nesta fase do ano. Assim, pode-se supor que o período reprodutivo destes cascudos troglomórficos ocorra entre os meses de outubro e abril, como em *A. cryptophthalmus* (Secutti & Trajano, 2009).

Por outro lado, não foram observados padrões de recrutamento definidos para *Rhamdia* sp. n., o que sugere reprodução parcelada ou dispersa ao longo do ano, como observado para *R. quelen* (Godinho *et al.*, 1978; Gomes *et al.*, 2000; Pereira *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2011). Segundo Narahara *et al.* (1985), a maturidade sexual em *R.*

*quelen* é atingida com um ano de idade, quando os machos possuem cerca de 135 mm e as fêmeas, 165 mm. No caso de *Rhamdia* sp. n., a maturidade foi atingida com tamanhos menores (70 mm machos e 92 mm fêmeas), porém, idades um pouco superiores (22 – 24 meses). Note-se, que as fêmeas de *Rhamdia* sp. n. iniciam o processo de maturação das gônadas com tamanho superior ao dos machos, semelhante ao observado para *R. quelen*.

A maior abundância de indivíduos com comprimento-padrão pequeno (menor do que 40 mm) e peso entre 0,5 e 2 g na Gruta Cinco de Ouros, indicam que esta caverna, assim como locais marginais ao leito principal encontrado na Gruta das Fadas, são locais importantes ao desenvolvimento das larvas e juvenis de *Rhamdia* sp. n., possivelmente devido as suas características lênticas.

As maiores taxas de crescimento individual ocorreram após a passagem da época de chuva, como esperado em vista do maior aporte de alimento no ecossistema subterrâneo, proporcionando maior crescimento corpóreo. Como observado para outras espécies brasileiras investigadas, o crescimento em *Rhamdia* sp. n. ocorre em pulsos, com épocas de crescimento muito lento, nulo ou mesmo negativo, geralmente nas estações secas.

Casos de crescimento negativo em peixes troglóbios são bem reportados para as espécies brasileiras, incluindo *T. itacarambiensis* (Trajano, 1997); *P. spelaea* (Trajano *et al.*, 2004); e *A. cryptophthalmus* (Trajano & Bichuette, 2007), que vivem em áreas de acentuada sazonalidade, com épocas de seca muito bem definidas, quando o aporte de nutrientes decai drasticamente. Entretanto, no caso de *Rhamdia* sp. n., foram observados raros casos isolados de crescimento negativo, como em *P. kronei*, que habita cavernas localizadas em área de Mata Atlântica sem estação bem definida.

Os dados disponíveis para outras espécies de peixes troglóbios brasileiros refere-se à época de seca. Utilizando-se as taxas observadas para *Rhamdia* sp. n. na estação seca, vemos que, a taxa de crescimento na Gruta das Fadas ( $0,63 \text{ mm.mês}^{-1}$ ) é menor que o observado por Trajano (1991) para *P. kronei* ( $1,0 \text{ mm.mês}^{-1}$ ) e próxima ao de *A. cryptophthalmus*, estimada em  $0,7 \text{ mm.mês}^{-1}$  na Caverna Angélica e  $0,5 \text{ mm.mês}^{-1}$  na Caverna Passa Três (Trajano & Bichuette, 2007), e que *T. itacarambiensis*, estimada em  $0,06 \text{ mm.mês}^{-1}$  (Trajano, 1997).

A longevidade máxima média estimada para *Rhamdia* sp. n. é próxima ao de outros peixes troglóbios brasileiros. Para *P. kronei*, espécie de porte um pouco maior do que *Rhamdia* sp. n., Trajano (1991) estimou a longevidade entre 10 a 15 anos, sendo que dados recentes, em estudo com marcas permanentes como no atual, indica longevidade máximas médias maiores, da ordem de 15 a 20 anos; na frente de *A. cryptophthalmus* e *T. itacarambiensis*, de porte bem menor, as longevidades foram, respectivamente, de 8 a 10 anos (Trajano & Bichuette, 2007) e em torno de 7 anos (Trajano, 1997). Estudo em andamento sobre *R. enfurnada* aponta para longevidades máximas superiores a 20 anos (E. Trajano, dados não publicados). Na comparação com *R. quelen*, a longevidade máxima média estimada para *Rhamdia* sp. n. é mais próxima a dos machos (em torno de 11 anos), mas é inferior à das fêmeas (21 anos) (Gomes *et al.*, 2000).

*R. quelen* pode atingir até 3 kg em condições artificiais (Gomes *et al.*, 2000). Segundo Piedras *et al.* (2004), mesmo nessas condições os bagres apresentam grande variabilidade no crescimento, com exemplares com 11 meses de idade podendo pesar de 200 a 800 g. Esta plasticidade de *R. quelen* possivelmente favorece a colonização destes bagres no ambiente subterrâneo através da seleção de indivíduos com menores taxas metabólicas, crescimento mais lento e maior eficiência no aproveitamento de nutrientes.

Os valores médios do fator de condição de *Rhamdia* sp. n. da Gruta Cinco de Ouros foram maiores do que os da Gruta das Fadas. Este resultado está relacionado com o coeficiente angular estimado para a população de cada gruta, na qual foi menor para a população da Gruta Cinco de Ouros ( $b = 2,9494$ ) do que para a população da Gruta das Fadas ( $b = 3,0465$ ). No caso de *Ancistrus* sp. n., o coeficiente angular estimado ( $b = 3,2581$ ) é maior do que o observado para *Rhamdia* sp. n., sugerindo que estes indivíduos crescem mais rapidamente em peso do que em comprimento. Valores menores de coeficiente angular foram observados para outras espécies de peixes troglóbios brasileiros: 2,351 para *P. spelaea*; e 2,768 e 2,806 para *P. kronei* (Trajano *et al.*, 2004).

Como para *P. spelaea* (Trajano *et al.*, 2004) e *A. cryptophthalmus* (Trajano & Bichuette, 2007), foi observado diminuição do fator de condição ao longo da época seca na população de *Rhamdia* sp. n. na Gruta Cinco de Ouros, porém não na Gruta das Fadas, indicando diferenças importantes no funcionamento desses dois ecossistemas. Assim, o resultado do presente estudo aponta para uma maior estabilidade na Gruta das Fadas.

Os estudos de marcação e recaptura indicam elevado grau de filopatria (fidelidade ao local) em *Rhamdia* sp. n., com mais da metade das recapturas no mesmo setor da captura anterior. Resultados similares foram obtidos para *P. kronei* (80% dos indivíduos recapturados no mesmo setor – Trajano, 1991), *T. itacarambiensis* (66% durante a estação seca - Trajano, 1997) e *A. cryptophthalmus* (95% na caverna Angélica e 65% na caverna Passa Três - Trajano & Bichuette, 2007). Semelhantemente ao deslocamento máximo observado em *Rhamdia* sp. n. (aproximadamente 300 m) é o registrado para *P. kronei*, ao passo que os deslocamentos máximos de *T. itacarambiensis* atingiram 600 m apesar do porte menor desta espécie (Trajano, 1997).

Trajano (1991) e Trajano e Bichuette (2007) observaram que grande parte dos indivíduos recapturados de *A. cryptophthalmus* estavam no mesmo setor da captura, enquanto que aqueles recapturados em outros setores, apresentaram deslocamentos de até 100 m na caverna Angélica e de 100 a 120 m na caverna Passa Três. Em contraste, somente um exemplar de *Ancistrus* sp. n. foi recapturado no mesmo setor da captura anterior. A menor disponibilidade de substratos consolidados, onde se forma o biofilme de microorganismos do qual estes peixes raspadores alimentar-se-iam em cavernas, pode explicar o baixo grau de sedentarismo em *Ancistrus* sp. n. quando comparado com os cascudos *A. cryptophthalmus*, que habitam cavernas com muitos blocos e matações no leito dos rios.

No caso de *Rhamdia*, atualmente há controvérsias em relação ao comportamento migratório de *R. quelen*. Zaniboni-Filho e Schulz (2004) consideram esta espécie como sendo grande migratória, enquanto que Suzuki *et al.* (2004) afirma ser uma espécie não-migratória ou migratória de curtas distâncias. Contudo, Silva *et al.* (2011) também considera *R. quelen* como uma espécie não migratória ou migratória de curtas distâncias, corroborando o observado por Suzuki (2004). Por esta última hipótese, *Rhamdia* sp. n. teria mantido o padrão não migratório (filopátrico) do ancestral epígeo, ou migratório de pequenas distâncias, como o observado para o indivíduo capturado na Gruta Cinco de Ouros e recapturado na Gruta das Fadas. Este dado é de grande importância, pois além de confirmar a conexão hidrológica entre as cavernas, justificando o *status* de sistema, demonstra a possibilidade de fluxo genético no presente.

Diferentemente de *Rhamdia* sp. n., deslocamentos sazonal foram observadas em *Ancistrus* sp. n., com deslocamento em direção à jusante na estação das chuvas e em direção a montante durante a estação de seca.



Observações realizadas em campo sugerem que indivíduos epígeos de *R. queelen* podem ainda colonizar o riacho da Gruta das Fadas. Este registro consiste na observação de um indivíduo muito pigmentado e com tamanho expressivamente maior (cerca de 200 mm) explorando a película d'água, aparentemente em busca de alimento. Este comportamento, no entanto, não foi observado em nenhum outro exemplar. Além disso, o indivíduo manteve-se em natação rápida durante as observações, enquanto que indivíduos de *Rhamdia* sp. n. estão normalmente em natação lenta.

Estudos de ritmicidade circadiana da atividade locomotora em peixes troglóbios sugerem a existência de uma correlação entre o grau de especialização morfológica (troglomorfismo) e a redução dos mecanismos de controle temporal (Trajano & Volpato, 2006; Trajano *et al.*, 2009b; 2011). No caso de *Rhamdia* sp. n., espécie altamente polimórfica, em todos os indivíduos estudados foram registrados componentes circadianos da atividade locomotora sob condições de livre-curso e ciclos claro-escuro, indicando a persistência de mecanismos de controle temporal interno. Os valores de potência espectral obtidos para *Rhamdia* sp. n. estão próximos aos registrados para *P. kronei*, *P. spelaea*, *R. enfurnada* e *T. itacarambiensis* (Trajano & Menna-Barreto, 1995; 1996; Trajano *et al.*, 2009b; 2011).

Como observado para *T. itacarambiensis*, não foi observada relação significativa entre o estado de caráter dos olhos e a potência espectral da ritmicidade circadiana dos indivíduos de *Rhamdia* sp. n., o que sugere que estes caracteres regredem de forma independente (Trajano & Menna-Barreto, 1996; Trajano *et al.*, 2005; 2009b). Entretanto, nota-se claramente que indivíduos anoftálmicos apresentam valores de potência espectral maiores sob CE em comparação com as demais condições experimentais, sugerindo uma condição passiva. Como os bagres do gênero *Rhamdia*

apresentam hábito noturno (Gomes *et al.*, 2000), provavelmente este resultado reflete um arrastamento passivo do ritmo de atividade.

Oscilações residuais não foram observadas no retorno ao livre-curso após a fase CE, apesar de que, no caso dos indivíduos 8 e 12, pode ter havido um efeito de mascaramento no primeiro ciclo sob livre-curso. Trajano *et al.* (2011) sugerem que a ausência de oscilações residuais indica um efeito de mascaramento da atividade locomotora pela fase de claro-escuro, resultando no enfraquecimento dos mecanismos de manutenção do tempo, indicando um processo evolutivo em andamento, paralelo ao que envolve os olhos, a pigmentação e outros caracteres.

Exemplares de *Rhamdia* sp. n. testados em câmaras de escolha exibiram variação intraespecífica quanto ao grau de fotofobia, desde comportamento fotopositivo, passando por indiferença a luz, até elevado grau de fotofobia, observado nos indivíduos com olhos. Ficou evidente que indivíduos anoftálmicos apresentaram menor grau de fotofobia em relação aos indivíduos com dois olhos normais, sugerindo correlação com a variação morfológica.

Outras espécies de Siluriformes troglóbios também estudadas pelo método de câmaras de escolha apresentam tendência a fotofobia, com variações individuais de reações acentuadamente negativas a ligeiramente fotopositivas, como é o caso de *P. kronei*, *T. itacarambiensis*, *R. krugi* (citado como novo gênero) (Trajano, 2003), *Copionodon* sp. n. (Rantin & Bichuette, 2012), e *Rhamdiopsis* sp. da Toca do Gonçalves (citado como *Taunaya* sp.). Este último indiferente à luz em ambas as fases de ciclos claro-escuro em experimentos de rimicidade locomotora (Trajano & Menna-Barreto, 2000; Trajano, 2003). No caso de *Rhamdia* sp. n., indivíduos submetidos à fortes intensidade de luz nos experimentos de rimicidade locomotora (acima de 1500 lux), apresentaram elevado grau de fotofobia durante os ciclos claro-escuro, uma vez que,

após acesa as luzes, praticamente todos os indivíduos diminuíram sua atividade. Por outro lado, bagres troglóbios *Glaphyropoma spinosum* Bichuette, Pinna & Trajano, 2008 exibem reações predominantemente fotonegativas acentuadas em testes de câmaras de escolha (Rantin & Bichuette, 2012).

Trajano (2003) sugere que a reação à luz depende do contexto em que tais estímulos são apresentados, sendo que peixes de várias espécies troglóbias apresentam respostas distintas em experimentos de câmaras de escolha e quando expostos à iluminação por lanternas no habitat natural. Segundo Borghezan (2008), bagres *Rhamdia* sp. n. apresentam comportamento fotonegativo quando iluminados diretamente pela luz da lanterna, contudo este comportamento apresentou-se em diferentes graus, com registros de indiferença à luz até acentuada fotofobia. Na maioria das observações, ao serem iluminados com o foco da lanterna, os bagres permaneciam parados em um primeiro momento, mas em seguida deslocando-se rapidamente em direção oposta a fonte de luz, indicando fotofobia.

Semelhantemente ao observado em *A. formoso*, reações fotonegativas também foram observadas em *Ancistrus* sp. n. quando iluminados diretamente com o foco da lanterna.

Interpretações evolutivas a respeito dos caracteres de espécies troglóbias requerem comparações com espécies epígeas aparentadas, se possível otimizando-se os estados de caráter em cladogramas (infelizmente não disponíveis para a imensa maioria dos peixes troglóbios). De modo geral, são feitas comparações com congêneres para as quais se dispunham de dados. Assim, comparando-se a resposta fototática de *P. kronei* com a da provável espécie-irmã epígea, *P. transitoria*, verifica-se que esta última apresenta elevado grau de fotofobia em várias situações experimentais, indicando que o grau de fotofobia é menos acentuado na espécie troglóbia (Trajano & Gerhard, 1997). O

mesmo foi observado para a espécie troglóbia *R. reddelli* que, apesar de exibir comportamento fotonegativo, apresentou-o em menor grau em relação a *R. laticauda* (Wilkens *et al.*, 1991; Wilkens, 2001).

No caso de *Rhamdia quelen*, provável espécie-irmã de *Rhamdia* sp. n., apesar de consenso que se trata de espécie noturna (Gomes *et al.*, 2000), fotofóbica, poucos estudos foram conduzidos até o momento para se verificar o grau de fotofobia desta espécie. Em estudo comparativo utilizando-se três intensidades luminosas (1,2, 17 e 20 lux), Behr (1999) sugere que larvas de *R. quelen* tem melhor desempenho no incremento de comprimento e peso sob baixa luminosidade, o que evidência o elevado grau de fotofobia dos indivíduos desta espécie tendo em vistas as baixas intensidades luminosas investigadas.

Semelhantemente ao que ocorre com outros caracteres, como olhos, pigmentação e ritmicidade locomotora, a variação individual do comportamento fototático de *Rhamdia* sp. n. sugere uma redução deste caráter. Contudo, devido ao baixo número amostral e a ausência de informações da espécie-irmã epígea, poucas conclusões podem ser tomadas até o momento, sendo necessária uma maior amostragem e estudos comparáveis com bagres epígeos para obtenção de resultados mais conclusivos. Além disso, estudos em outras intensidades de luz deverão ser conduzidos.

## CONCLUSÕES

1. O registro de mais duas espécies troglóbias dos gêneros *Rhamdia* e *Ancistrus* respectivamente, demonstra o potencial destes gêneros para a colonização do ambiente subterrâneo, já mencionado por Trajano 2001.
2. *Rhamdia* sp. n. apresenta distribuição geográfica restrita ao Sistema Campina, população pequena, da ordem de  $10^3$  indivíduos, e densidade populacional média (MR, 0,76 ind./m<sup>2</sup> na Gruta das Fadas e 1,48 ind./m<sup>2</sup> na Gruta Cinco de Ouros), quando comparada com outros peixes troglóbios. Certamente, a população destes bagres é maior, uma vez que estão distribuídos por locais inacessíveis e em cavernas não estudadas, como a Gruta Manoel Cardoso.
3. O indivíduo capturado na Gruta Cinco de Ouros e recapturado na Gruta das Fadas confirma a conexão hidrológica entre as cavernas, justificando o *status* de sistema e demonstra a possibilidade de fluxo genético no presente.
4. A população conhecida de *Ancistrus* sp. n. é, até o momento, endêmica da Gruta das Fadas, com densidade populacional baixa (CV, 0,018 ind./m<sup>2</sup>) e tamanho populacional de aproximadamente  $10^2$ .
5. Tanto *Rhamdia* sp. n., como *Ancistrus* sp. n., apresentaram baixa variação das densidades populacionais ao longo do ano na Gruta das Fadas, o que, aliado à pequena variação no fator de condição de *Rhamdia* sp. n. nessa caverna, em comparação com a Cinco de Ouros, indicam maior estabilidade ambiental na Gruta das Fadas.
6. A entrada de uma nova coorte de indivíduos pequenos (entre 15 e 30 mm) na população de *Ancistrus* sp. n. nos meses de abril de 2010 e 2011, sugere que a reprodução destes cascudos troglomórficos ocorre durante a estação chuvosa, semelhante ao observado para *A. cryptophthalmus*.
7. Foi observado o processo de miniaturização e retardamento da idade reprodutiva em *Rhamdia* sp. n., comparado a provável espécie-irmã epígea, *Rhamdia quelen*, confirmando ser um padrão para peixes troglóbios desse gênero.

8. Indivíduos de *Rhamdia* sp. n. apresentaram valores significativos de ritmicidade circadiana sob todas as configurações investigadas, indicando a persistência de mecanismos de controle temporal interno. Não foi observada relação significativa entre a potência espectral da ritmicidade circadiana e o estado de caráter dos olhos dos indivíduos de *Rhamdia* sp. n., o que sugere que estes caracteres regridem de forma independente
9. Indivíduos anoftálmicos de *Rhamdia* sp. n. apresentaram menor grau de fotofobia em relação aos indivíduos com dois olhos normais, sugerindo correlação com a variação morfológica. Semelhantemente ao que ocorre com outros caracteres, como olhos, pigmentação e ritmicidade locomotora, a variação individual do comportamento fototático de *Rhamdia* sp. n. sugere uma redução deste caráter
10. Possivelmente *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n. foram isoladas no ambiente subterrâneo pelos mesmos eventos vicariâtes, uma vez que apresentam variações morfológicas (troglomorfismos) semelhantes.
11. O mosaico de variações morfológicas observado em *Rhamdia* sp. n. e em *Ancistrus* sp. n., o elevado grau de fotofobia e a forte ritmicidade circadiana da atividade locomotora observada em *Rhamdia* sp. n., sugere que estas espécies estão em estágio inicial de fixação dos caracteres troglomórficos, indicando um tempo de isolamento relativamente pequeno no ambiente subterrâneo.
12. O elevado endemismo, o pequeno tamanho populacional e o raro mosaico de variações morfológicas e comportamentais de *Rhamdia* sp. n. e *Ancistrus* sp. n., assim como a ocorrência sintópica destas espécies, comprovados neste trabalho, reforçam a necessidade de ações para conservação do sistema cárstico do Assentamento Campina, no momento, altamente sujeito a diversos tipos de ameaças, principalmente, o desmatamento, a poluição química e orgânica, o uso inadequado do solo, a mineração e a exploração da água subterrânea.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M., 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, Rio de Janeiro, 219: 1-96.
- BARR Jr., T.C., 1968. Cave ecology and the evolution of troglobites. *Evol. Biol.*, 2: 35-102.
- BARROCO-NETO, J. L., 2010. Cavernas inundadas na Serra da Bodoquena. *O Carste* 2: 34-38.
- BEHR, E. R.; RADÜNZ-NETO, J.; TRONCO, A. P. & FONTANA, A. P., 1999. Influência de diferentes níveis de luminosidade sobre o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) (Quoy & Gaimard , 1824) (Pisces: Pimelodidae). *Acta Scientiarum* 21(2): 325–330.
- BESSA, E. & TRAJANO, E., 2002. Light reaction and cryptobiotic habits in armoured catfishes, genus *Ancistrus*, from caves in central and northeastern Brazil (Siluriformes: Loricariidae). *Serie documents - Laboratoire souterrain du C.N.R.S, Moulis*, 55: 29-37.
- BICHUETTE, M. E., 2003. Distribuição, biologia, ecologia populacional e comportamento de peixes subterrâneos, gêneros *Ituglanis* (Siluriformes: Trichomycteridae) e *Eigenmannia* (Gymnotiformes: Sternopygidae) da área cárstica de São Domingos, nordeste de Goiás. São Paulo, Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 330 p.
- BICHUETTE, M. E. & TRAJANO, E., 2005. A new cave species of *Rhamdia* (Siluriformes: Heptapteridae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. *Neotropical Ichthyology*, 3(4): 587-595.
- BOCKMANN, F. A. & CASTRO, R. M. C., 2010. The blind catfish from the caves of Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (Siluriformes: Heptapteridae): description, anatomy, phylogenetic relationships, natural history, and biogeography. *Neotropical Ichthyology*, 8(4): 673-706.

- BORGHEZAN, R., 2008. Caracterização da ictiocenose em poções da Gruta das Fadas e aspectos Biológicos de *Rhamdia* sp. (Siluriformes: Heptapteridae) e *Ancistrus* sp. (Siluriformes: Loricariidae), Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul. Monografia.
- BURNHAM, K. P. & ANDERSON, D. R., 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd ed. 514 p.
- CHAPMAN, P., 1993. Caves and cave life. Harper Collins Publishers. 224p.
- CORDEIRO, L. M., 2008. Fauna cavernícola da Serra da Bodoquena: revisão bibliográfica e um estudo de ecologia de comunidades. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 120p.
- CORDEIRO – BORGHEZAN, L. M; BORGHEZAN, R.; TRAJANO, E.; ESCARPINATI, S. C. & LIMA K. M., 2012. The silence degradation in the water paradise: sedimentation in caves of Serra da Bodoquena karst area, State of Mato Grosso do Sul, NW Brazil. ATBC.
- CORDEIRO-BORGHEZAN, L; BORGHEZAN, R. & TRAJANO, E., **no prelo**. Subterranean biodiversity in the Serra da Bodoquena karst area, Paraguay River basin, Mato Grosso do Sul, southwestern Brazil. Biota Neotropica.
- CULVER, D. C., 1982. Cave life: evolution and ecology. Cambridge, Harvard University, 189p.
- DAMASCENO-JÚNIOR, G. A.; NAKAJIMA J. N. & RESENDE, U. M., 2000. A floristic survey of the Rio Negro, Rio Aquidauana and Rio Miranda watersheds (headwaters) of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil, p. 34-48. *In*: P.W. WILLINK; B. CHERNOFF; L.E. ALONSO; J.R. MONTAMBAULT & R. LOURIVAL (Eds). A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. Washington, Conservation International, Rapid Assessment Program 18, 306p.
- DEL-CLARO, K., 2004. Comportamento Animal – Uma introdução à ecologia comportamental. Livraria Conceito. Jundiaí, ISBN: 85-89874-02-8. 132 p.



- DIEZ-NOGUERA, A., 1999. "El Temps" versão 1. Software disponível em Web: [HTTP://www.farmacia.far.ub.es/pub/crono/El temps.zip](http://www.farmacia.far.ub.es/pub/crono/El%20temps.zip). Acesso em: 25.06.2011
- ELLIOTT, W. R., 1997. Bad air in caves. *NSS News*, 55(12): 396.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T., & RYAN, P. D., 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9 p. Disponível em: <http://nhm2.uio.no/norlex/past/download.html> Acesso em: 18.12.2012
- HOLSINGER, J. R. & CULVER, D. C., 1988. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: Zoogeography and ecology. *Brimleyana*, 162p.
- IBGE. 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, Manuais Técnicos em Geociências, 92p.
- ICMBIO – CECAV, 2008. Relatório demonstrativo da situação atual das cavidades naturais subterrâneas – Estado do Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/> Acesso em 01/02/2010)
- GAYANILLO, F. C.; SPARRE, P., & PAULY, D., 2005. FISAT II - FAO-ICLARM Stock Assessment Tool. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/topic/16072/en> Acesso em 18.12.2012.
- GNASPINI, P. & TRAJANO, E., 1994. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, 38(3-4): 549-584.
- GODINHO, H. M.; BASILE-MARTINS, M. A.; FENERICH, N. & NARAHARA, M. Y., 1978. Desenvolvimento embrionário e larval de *Rhamdia hilarii* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes, Pimelodidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 38(10): 151-156
- GOMES, L. C.; GOLOMBIESKI J. I.; GOMES, A. R. C. & BALDISSEROTTO, B., 2000. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). *Ciência Rural*, 27(2): 179-185.
- JOHNSON, J. B. & KRISTIAN, S. O., 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(2): 101 – 108

- JOLLY, G. M., 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - Stochastic model. *Biometrika*, 52: 225-247.
- JUBERTHIE, C., 2000. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. In: Wilkens H, Culver DC & Humphreys WF (eds.). *Ecosystems of the World, Vol. 30: Subterranean Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier. p. 17-39.
- LE CREN, E. D., 1951. The length-weight relationships and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20: 201–219.
- LANGHECKER, T. G., 2000. The effects of continuous darkness on cave ecology and cavernicolous evolution. In: Wilkens, H., Culver, D.C. & Humphreys, W.F. (eds.). *Ecosystems of the World. Subterranean Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam. p. 135-157.
- LEBRETON, J. D.; BURNHAM, K. P.; CLOBERT, J. & ANDERSON, D. R., 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals. A unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62: 67-118.
- LOBO, H. & MORETTI, E., 2009. Tourism in Caves and the Conservation of the Speleological Heritage: The case of Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul State , Brazil). *Acta Carsologica* 38(2-3): 265-276.
- MATTOX, G. M. T.; BICHUETTE, M. E.; SECUTTI, S. & TRAJANO, E., 2008. Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Ramalho karst area, northeastern Brazil , with updated lists of Brazilian troglobitic and troglophilic fishes. *Biota Neotropica*, 8(4): 145-152.
- MENDES, L. F., 1995. Observations on the ecology and behaviour of a new species of troglobitic catfish from northeastern Brazil (Siluriformes, Pimelodidae). *Mémoires de Biospéologie* 22: 99-101.
- NARAHARA, M. Y.; GODINHO, H. M. & ROMAGOSA, E., 1985. Estrutura da população de *Rhamdia hilarii* (Valenciennes, 1840) (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, 12(3): 123-137.

- PARZEFALL, J., 1998. Behavioural adaptation of cavefishes. In: *Encyclopaedia Biospeologica*, v. II, C. Juberthie and V. Decu (eds.). Société de Biospéologie, Moulis, p. 1191-1200.
- PARZEFALL, J. & TRAJANO, E., 2010. Behaviour of Subterranean Fishes. In: E. Trajano; M. E. Bichuette & B. Kapoor (eds.) *Biology of Subterranean Fishes*. Enfield, Science Publishers, 480p.
- PEREIRA, C. R.; BARCELLOS, L. J. G.; KREUTZ, L. C.; QUEVEDO, R. M.; RITTER, F. & SILVA, L. B., 2006. Embryonic and larval development of jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824, Pisces, Teleostei), a South American catfish. *Brazilian Journal of Biology*, 66(4): 1057-1063.
- PIEDRAS, S. R. N.; MORAES, P. R. R. & POUHEY, J. L. O. F., 2004. Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. *Boletim do Instituto de Pesca*, 30(2): 177-182.
- POTT, A. & POTT, V. J., 2003. Espécies de fragmentos florestais em Mato Grosso do Sul. In: COSTA, R. B. D. *Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região centro oeste*. Campo Grande, UCDB, p. 26-52.
- POULSON, T. L., 1963. Cave adaptation in Amblyopsidae fishes. *American Midland Naturalist*, 70 (2): 257-290.
- PROUDLOVE, G. S., 2001. The conservation status of hypogean fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 62(1-3): 201-213.
- PROUDLOVE, G. S., 2010. Biodiversity and Distribution of the Subterranean Fishes of the World. In: E. Trajano; M. E. Bichuette & B. G. Kapoor (eds.). *Biology of Subterranean Fishes*. Enfield, Science Publishers, 480p.
- OLIVEIRA, A. M.; SOARES, L. P., PACHECO, M. L.; CORDEIRO, L. M. & MARTINS, G. R., 2009. Estudo dos fósseis pleistocênicos resgatados na Gruta das Fadas, Bodoquena, Mato Grosso do Sul. In: *I Encontro de Arqueologia de Mato Grosso do Sul, 2009, Campo Grande - MS*.

- OLIVEIRA, A. K. M.; FERNANDES, V.; GARNÉS, S. J. A. & SANTOS, C. R. B., 2009b. Avaliação da perda de vegetação arbórea nativa na Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, por meio de sensoriamento remoto. *R.RA'E GA*, 17: 43–52.
- RANTIN, B. & BICHUETTE, M. E., 2013. Phototactic behaviour of subterranean Copionodontinae Pinna, 1992 catfishes (Siluriformes, Trichomycteridae) from Chapada Diamantina, central Bahia, northeastern Brazil. *International Journal of Speleology* 42(1): 57–63.
- REIS, R. E., TRAJANO, E. & HINGST-ZAHER, E., 2006. Shape variation in surface and cave populations of the armoured catfishes *Ancistrus* (Siluriformes: Loricariidae) from the São Domingos karst area, upper Tocantins River, Brazil. *Journal of Fish Biology*, 68: 414–429.
- RIZZATO, P. P.; COSTA-JR., E. P. D.; TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E., 2011. *Trichomycterus dali*: a new highly troglomorphic catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul State, Central Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9(3): 477-491.
- SABINO, J., 1999. Comportamento de peixes em riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística. In: CARAMASCHI, E.P.; MAZZONI, R. & P.R. PERES-NETO, (Eds). *Ecologia de peixes de Riachos. Série Oecologia Brasiliensis*. 6: 183-208.
- SABINO, J. & TRAJANO, E., 1997. A new species of blind armoured catfish, genus *Ancistrus*, from caves of Bodoquena region, Mato Grosso do Sul, southwestern Brazil. *Revue Française d'Aquariologie, França*, v. 24, p. 73-78.
- SALLUN FILHO, W., KARMANN, I., BOGGIANI, P. C., 2004. Paisagens cársticas da Serra da Bodoquena (MS). In: Mantesso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito Neves, B.B. (Org.). *Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. 1 ed. São Paulo: Beca, p. 424-433.
- SALLUN FILHO, W. & KARMANN, I., 2007. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena Karst, West-central Brazil. *Journal of Maps*, p. 282–295.

- SALLUN FILHO, W., KARMANN, I., BOGGIANI, P. C., PETRI, S., CRISTALLI, P. S. & UTIDA, G., 2009. Deposição de Tufas Quaternárias no Estado de Mato Grosso do Sul: Proposta de Definição da Formação Serra da Bodoquena. *Geologia USP Série Científica*, 9: 47 – 60.
- SALLUN FILHO, W., KARMANN, I. & LOBO, H. A. S., 2010. Cavernas da Serra da Bodoquena. *O Carste*, Belo Horizonte, 22(2): 27 – 33.
- SCHWARZ, C. J. & SEBER, G. A. F., 1999. Estimating animal abundance: review III. *Stat. Sci.* 14: 427–456.
- SCREMIM-DIAS, E.; POTT, V. J.; SOUZA, P. R. & HORA, R. C., 1999. Nos Jardins Submersos da Bodoquena: Guia para Identificação das Plantas Aquáticas de Bonito e Região de Bonito/MS. Editora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 160p.
- SEBER, G. A. F., 1965. A note on the multiple recapture census. *Biometrika* 52, 249-259.
- SECUTTI, S. & TRAJANO, E., 2009. Reproductive behavior, development and eye regression in the cave armored catfish, *Ancistrus cryptophthalmus* Reis, 1987 (Siluriformes: Loricariidae), breed in laboratory. *Neotropical Ichthyology* 7(3): 479–490.
- SILVA, E. B.; PICAPEDRA, P. H. S.; SANCHES, P. V.; REZENDE, R. E. O.; GAVIÃO, A. M.; MENDONÇA, M. M.; GONÇALVES, E. D. V. & CONTE, R. B., 2011. Larvae occurrences of *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) (Siluriformes: Heptapteridae) in an area under dam influence in the upper Paraná River region, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9(2): 419–426.
- STATSOFT, INC., 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- SUZUKI, H.; PELICICE, F. M.; LUIZ, E. A.; LATINI, J. D. & AGOSTINHO, A. A., 2004. Reproductive strategies of the fishes community of the upper Paraná River floodplain. In: Agostinho, A. A.; Rodrigues, L.; Gomes, L. C.; Thomaz & L. E.

- Miranda. Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER - site 6 - (PELD site 6). Maringá, Eduem, 275p.
- TRAJANO, E., 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia* 3: 533-561.
- TRAJANO, E. 1991. Population ecology of *Pimelodella kronei*, troglobitic catfish from Southeastern Brazil (Siluriformes, Pimelodidae). *Environmental Biology of Fishes*. 30(4): 407-421.
- TRAJANO, E., 1995. Ecologia, comportamento e evolução de peixes subterrâneos. Estudo de caso: *Trichomycterus* sp. da Caverna Olhos d'Água, Itacarambi, MG. São Paulo, 83 p. Tese (livre docência). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- TRAJANO, E., 1997. Population ecology of *Trichomycterus itacarambiensis*, a cave catfish from eastern Brazil (Siluriformes, Trichomycteridae). *Environmental Biology of Fishes* 50: 357-369.
- TRAJANO, E., 2000. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: Composition, ecology and conservation. *Biotropica* 32: 882-893.
- TRAJANO, E., 2001a. Ecology of subterranean fishes: an overview. *Environmental Biology of Fishes*, 62(1-3): 133-160.
- TRAJANO, E., 2001b. Habitat and population data of troglobitic armored cave catfish, *Ancistrus cryptophthalmus* Reis, 1987, from central Brazil (Siluriformes: Loricariidae). *Environmental Biology of Fishes*, 62(1-3): 195-200.
- TRAJANO, E., 2003. Ecology and ethology of subterranean catfishes In: Arratia, G. B. G. Kapoor, M. Chardon & R. Diogo (Eds.). *Catfishes*. Enfield, Science Publishers, Inc., 812p.
- TRAJANO, E., 2005. Evolution of lineages. In: D. C. Culver, & W. B. White (Eds.) *The encyclopedia of caves*. San Diego, CA: Academic Press, 654p.
- TRAJANO, E., 2007. The challenge of estimating the age of subterranean lineages: examples from Brazil. *Acta carsologica*, 36(1): 191-198.

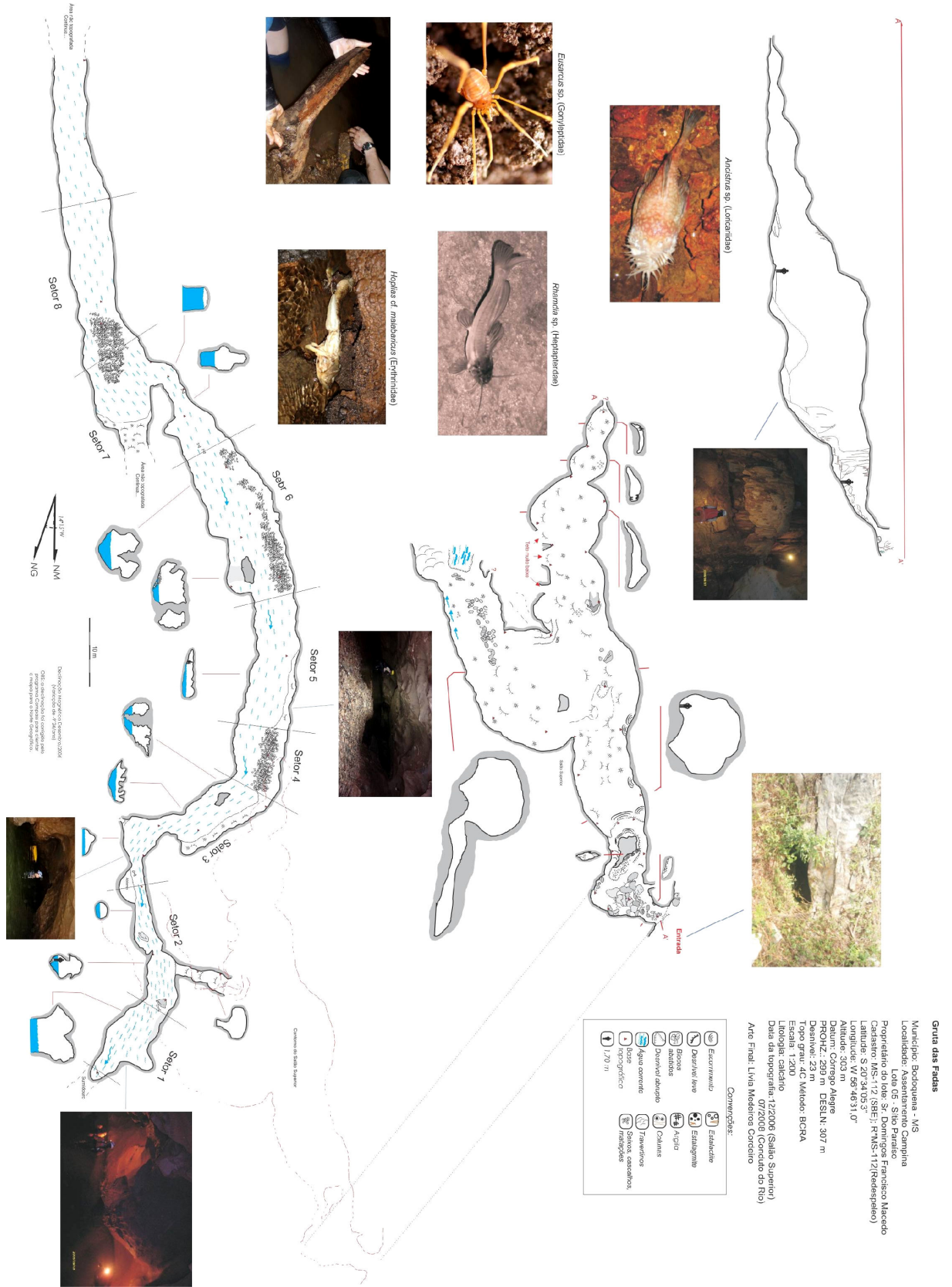
- TRAJANO, E., 2012. Ecological classification of subterranean organisms. In: WHITE, W.B. & CULVER, D.C. (Org.). Encyclopedia of Caves. Chennai: Academic Press, 1: 275-277.
- TRAJANO, E. & FERRAREZZI, H., 1994. A fossil bear from northeastern Brazil, with a phylogenetic analysis of the South American extinct Tremarctinae (Ursidae). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14(4): 552–561.
- TRAJANO, E. & MENNA-BARRETO, L., 1995. Locomotor activity pattern of Brazilian cave catfishes under constant darkness (Siluriformes: Pimelodidae). *Biological Rhythm Research*, Leiden, 26(3): 341-353.
- TRAJANO, E. & MENNA-BARRETO, L., 1996. Free-running locomotor activity rhythms in cave-dwelling catfishes, *Trichomycterus* sp., from Brazil (Teleostei: Siluriformes). *Biological Rhythm Research*, Holanda, 27(3): 329-335.
- TRAJANO, E. & GERHARD, P., 1997. Light reaction in Brazilian cave fishes (Siluriformes: Pimelodidae, Trichomycteridae, Loricariidae). *Mémoires de Biospéologie*, 24: 127-138
- TRAJANO, E. & BOCKMANN, F. A., 1999. Evolution of ecology and behaviour in Brazilian heptapterine cave catfishes, based on cladistic analysis (Teleostei: Siluriformes). *Mémoires de Biospéologie*, 26: 123-129.
- TRAJANO, E. & BOCKMANN, F. A., 2000. Ecology and behaviour of a new cave catfish of the genus *Taunayia* from northeastern Brazil (Siluriformes, Heptapterinae). *Ichthyological Explorations of Freshwaters*, 11(3): 207-216.
- TRAJANO, E. & MENNA-BARRETO, L., 2000. Locomotor activity rhythms in cave catfishes, genus *Taunayia*, from eastern Brazil (Teleostei: Siluriformes: Heptapterinae). *Biological Rhythm Research*, Holanda, 31(4): 469-480.
- TRAJANO, E. & BOROWSKY, R., 2003. Behavior of cave fishes from Thailand (Cypriniformes: Balitoridae, Cyprinidae). In: Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists, ASIH.
- TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E., 2004. Diversity of subterranean fishes in Brazil. In: Symposium on world subterranean biodiversity. Villeurbanne, France. 161 - 163

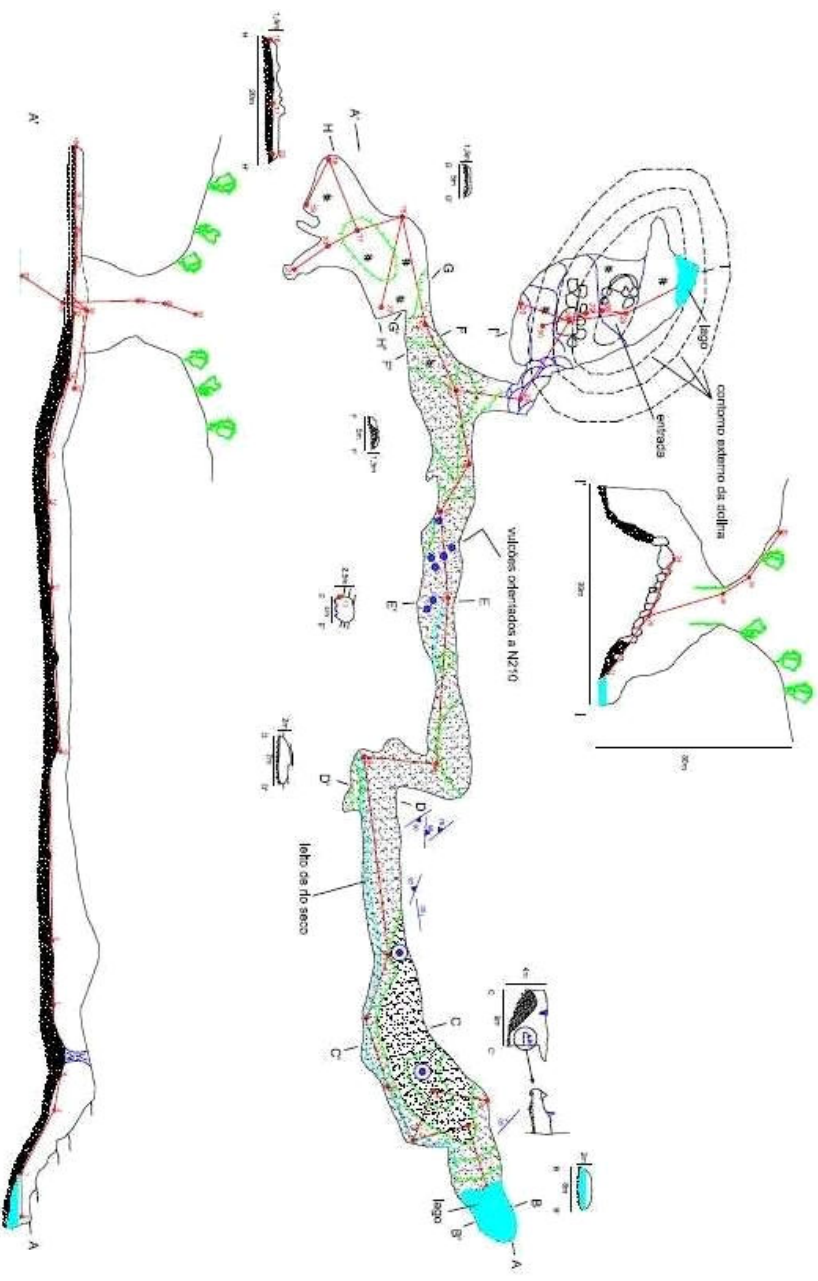
- TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E., 2006. *Biologia Subterrânea - Introdução*. Redespeleo Brasil, São Paulo. 92p.
- TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E., 2007. Population ecology of cave armoured catfish, *Ancistrus cryptophthalmus* Reis 1987, from central Brazil (Siluriformes: Loricariidae). *Ecology of Freshwater fish*, 16: 105-115.
- TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E., 2010. Subterranean fishes of Brazil. In: *Biology of Subterranean Fishes*. Science publisher. 331-355.
- TRAJANO, E., MUGUE, N., KREJCA, J., VIDTHAYANON, C., SMART, D. & BOROWSKY, R., 2002. Habitat, distribution, ecology and behavior of cave balitorids from Thailand (Teleostei: Cypriniformes). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 13(2): 169-184.
- TRAJANO, E., REIS R. E. & BICHUETTE M. E., 2004. *Pimelodella spelaea*: a new cave catfish from Central Brazil, with data on ecology and evolutionary considerations (Siluriformes: Heptapteridae). *Copeia*, 2: 315-325.
- TRAJANO, E., DUARTE, L. & MENNA-BARRETO, L., 2005. Locomotor activity rhythms in cave fishes from Chapada Diamantina, northeastern Brazil (Teleostei: Siluriformes): *Biological Rhythm Research*, 36(3): 229–236.
- TRAJANO, E., SECUTTI, S. & BICHUETTE, M. E., 2009a. Natural history and population data of fishes in caves of the Serra do Ramalho karst area, Middle São Francisco basin, northeastern Brazil. *Biota Neotrop.*, 9(1):
- TRAJANO, E., CARVALHO, M. R., DUARTE, L., MENNA-BARRETO, L., 2009b. Comparative study on free-running locomotor activity circadian rhythms in Brazilian subterranean fishes with different degrees of specialization to the hypogean life (Teleostei: Siluriformes; Characiformes). *Biological Rhythm Research*, 40(6): 1-13.
- TRAJANO, E., UENO, J.C.H., MENNA-BARRETO, L., 2011. Evolution of time-control mechanisms in subterranean organisms: cave fishes under light-dark cycles (Teleostei: Siluriformes, Characiformes), *Biological Rhythm Research*, DOI:10.1080/09291016.2011.560051.



- VAZZOLER, A. E. A., 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. EDUEM/CNPq/Nupelia, Maringá, 169p.
- VOLPATO, G. L. & TRAJANO, E., 2006. Biological rhythms. In: A. L. Val; V. M. Almeida-Val & D. J. Randall (Org.). Fish Physiology, The physiology of tropical fishes. 1 ed. Amsterdam: Elsevier Science. 101-153.
- ZANIBONI-FILHO, E. & SCHULZ, U. H., 2004. Migratory fishes of the Uruguay River. In: CAROLSFELD, J.; B. HARVEY; A. BAER & C. ROSS. Migratory fishes of the South America: biology, social importance and conservation status. IDRC/World Bank/ World Fisheries Trust, Canada. p. 135-168.
- ZAR, J. H., 1996. Biostatistical Analysis. New Jersey, Prentice Hall, 622p.
- WEBER, A. & WILKENS, H., 1998. *Rhamdia macuspanensis*: A New Species of Troglotic Pimelodid Catfish (Siluriformes ; Pimelodidae) from a Cave in Tabasco, Mexico. Copeia, 4: 998–1004.
- WILKENS, H., 1973. Ancienneté phylogénétique et degrés de réduction chez les animaux cavernicoles. Annales de Spéléologie, Paris, 28(2): 327-330.
- WILKENS, H., 1982. Regressive evolution and phylogenetic age: The history of colonization of freshwaters of Yucatan by fish and crustacea. Texas Mem. Mus. Bull. 28: 237–243.
- WILKENS, H. 1993. A new species of *Rhamdia* (Pisces: Pimelodidae) from a cave in the Sierra de Zongolica (Veracruz, Mexico). Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst. 90: 375–378.
- WILKENS, H., 2001. Convergent adaptations to cave life in the *Rhamdia laticauda* catfish group (Pimelodidae , Teleostei). Environmental Biology of Fishes, 62: 251–261.
- WILKENS, H.; JUNGE, P. & LANGECKER, T. G., 1991. Speciation of Troglotes: Studies in the San Antonio Cave (Oaxaca, Mexico). International Journal of Speleology, 20: 1 – 13.

**Anexo I: Mapas topográficos das cavernas com ocorrência de *Rhamdia* sp. n.. Mapa 1: Gruta das Fadas; Mapa 2: Gruta Cinco de Ouros; Mapa 3; Gruta Manoel Cardoso; Mapa 4: Gruta Dona Benedita**





**LEGENDA**

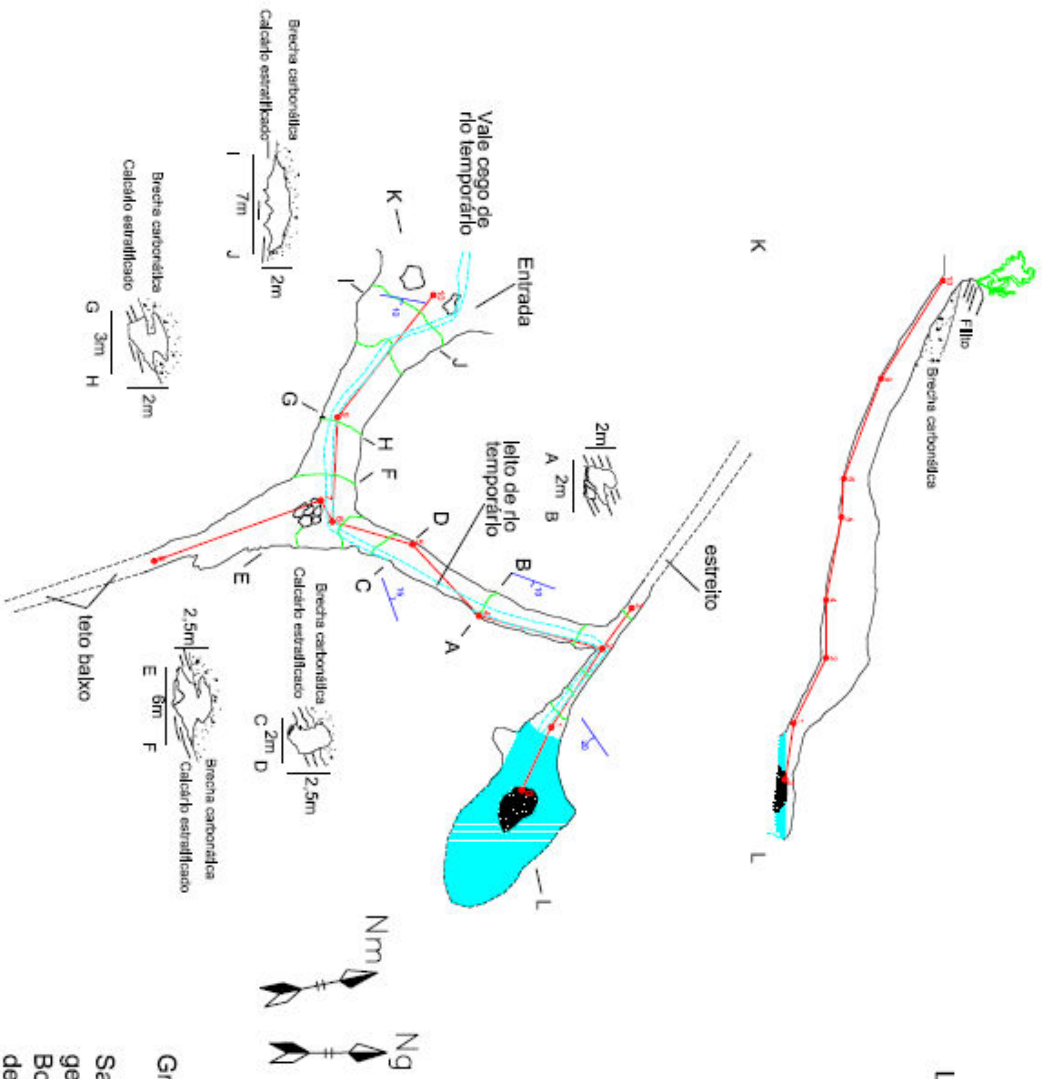
- Contorno medido da caverna
- Contorno aproximado da caverna
- Acilve
- Blocos
- Estalagmite
- Vulcões
- Depósitos detríticos finos
- Depósitos arenosos
- Travertinos
- Base

**Topografia:**  
 William Sallun Filho  
 Leandro Saacconi Canaver  
 Wanderlei Rodrigues da Souza (Cecav-Ibama)  
 Cella Cristina (Cecav-Ibama)  
 Benilva Palm Carvalho de Sousa (Cecav-Ibama)  
 Francisco José Mielheto Junior (Cecav-Ibama)



**Gruta Cinco de Ouros**

Sallun Filho, W. 2005. Geomorfologia e geospeleologia do carste da Serra da Bodoquena, MS. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, USP. Inédito.



**LEGENDA**

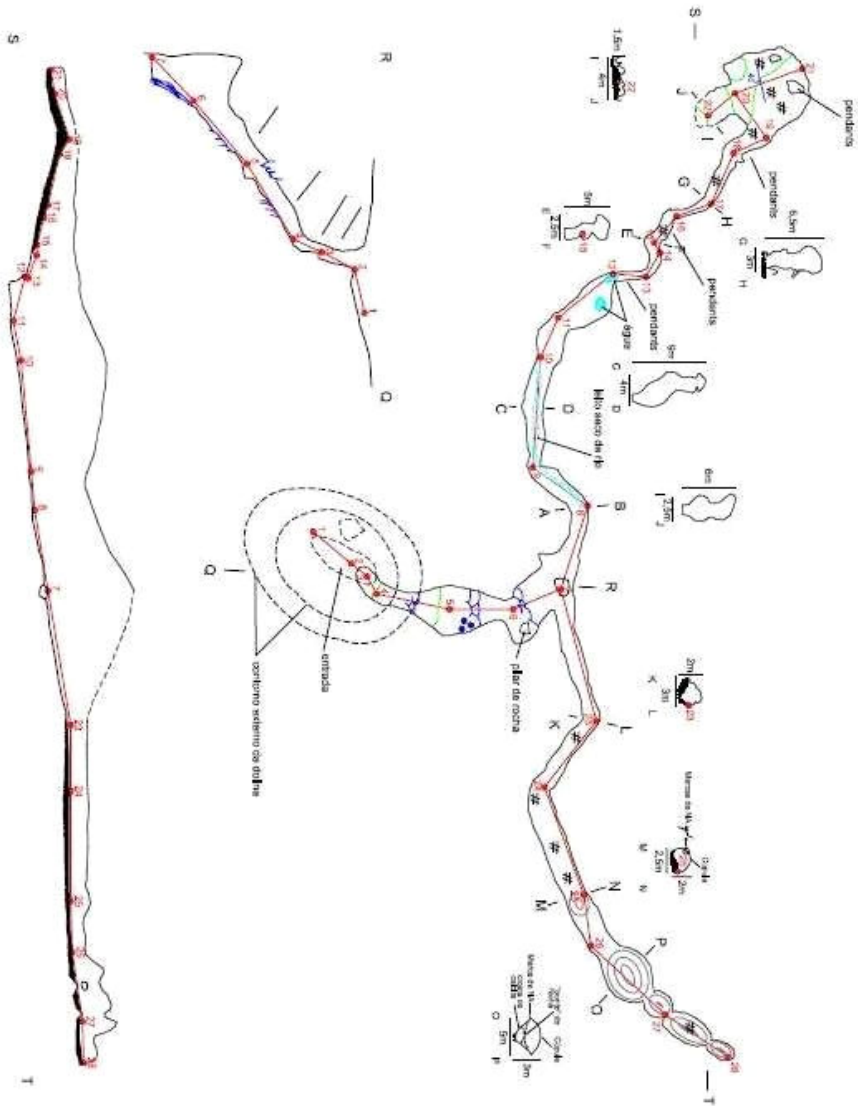
- Contorno medido da caverna
- Contorno aproximado da caverna
- Ative
- Blocos
- Depósitos arenosos
- Base

Topografia:  
 William Sallun Filho  
 Leandro Sacconi Canaver  
 Wanderlei Rodrigues de Souza (Cecav-Ibama)  
 Cella Cristina (Cecav-Ibama)  
 Benilva Palm Carvalho de Sousa (Cecav-Ibama)  
 Francisco José Milneiro Junior (Cecav-Ibama)



Gruta Manoel Cardoso

Sallun Filho, W. 2005. Geomorfologia e geoespeleologia do carste da Serra da Bodoquena, MS. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, USP. Inédito.



**LEGENDA**

- Contorno medido da caverna
- Contorno aproximado da caverna
- Ative
- Bloco
- Estalagmite
- Depósitos detríticos finos
- Travertinos
- Base
- Cúpulas

- Topografia:**
- William Sallun Filho
  - Leandro Sacconi Caraver
  - Wanderlei Rodrigues de Souza (Cecav-Ibama)
  - Cella Cristina (Cecav-Ibama)
  - Benilva Pain Carvalho de Sousa (Cecav-Ibama)
  - Francisco José Minello Junior (Cecav-Ibama)

- N1m
- N1g

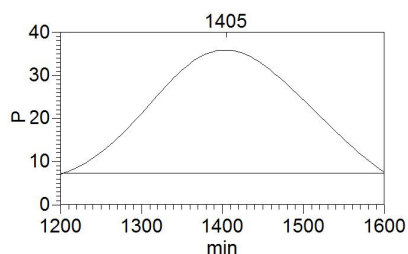
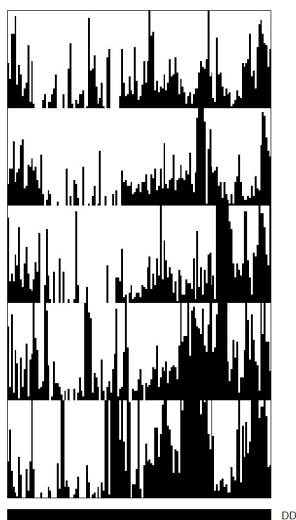


**Gruta Benedita**

Sallun Filho, W. 2005. Geomorfologia e geoespeleologia do carste da Serra da Bodoquena, MS. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, USP. Inédito.

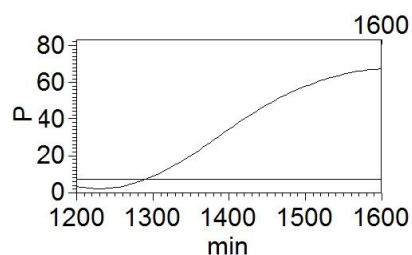
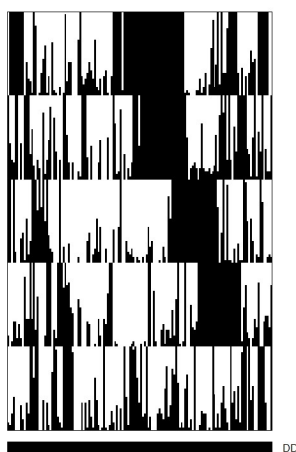


**Anexo II:** Actogramas, periodogramas e informações dos espécimes de *Rhamdia* sp. n., investigados nos experimentos de ritmicidade locomotora sob livre-curso. Per: período; P: potência espectral; DD: livre-curso.



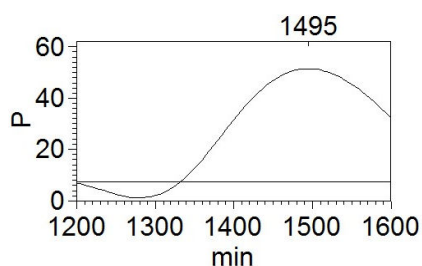
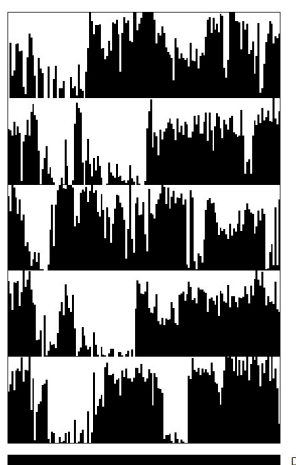
### Indivíduo 1

C.P.: 72,50 mm  
 Peso: 5 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per = 23,4  
 P = 35,9



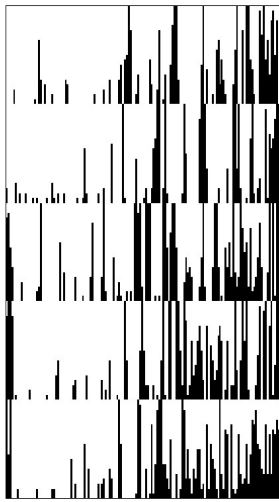
### Indivíduo 2

C.P.: 77,62 mm  
 Peso: 7,5 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = 26,6  
 P = 67,0

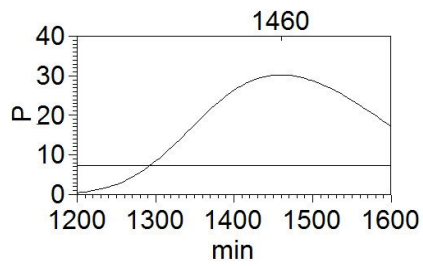


### Indivíduo 3

C.P.: 79,80 mm  
 Peso: 7,5 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Fêmea  
 Per = 24,9  
 P = 51,4

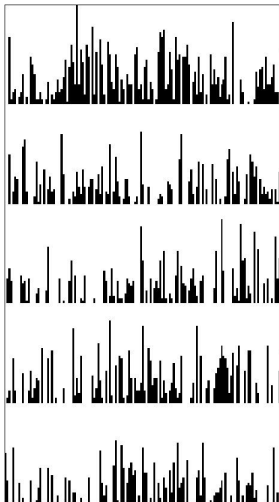


DD

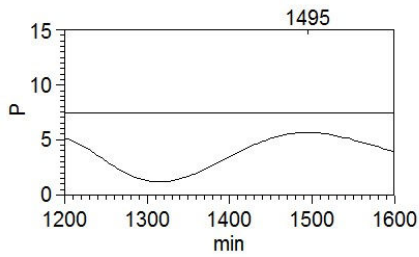


**Indivíduo 4**

C.P.: 83,28 mm  
 Peso: 9 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = 24,3  
 P = 30,0

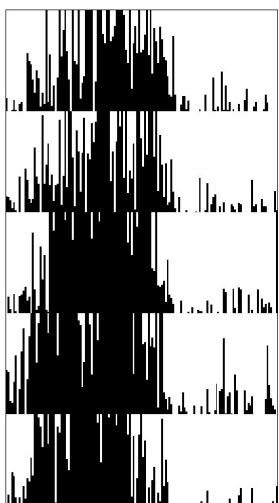


DD

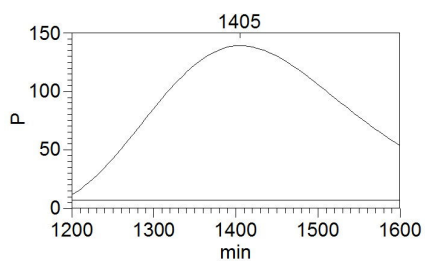


**Indivíduo 5**

C.P.: 85,75 mm  
 Peso: 7,75 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Fêmea  
 Per = não sign.  
 P = não sign.

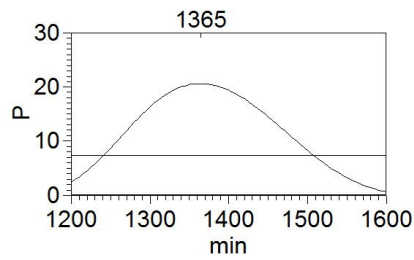
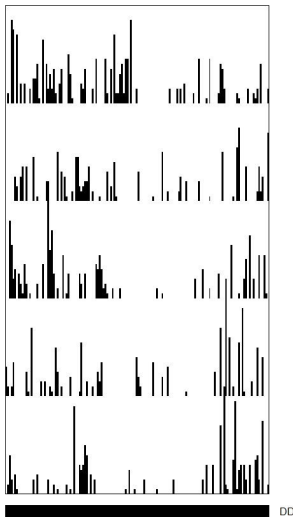


DD



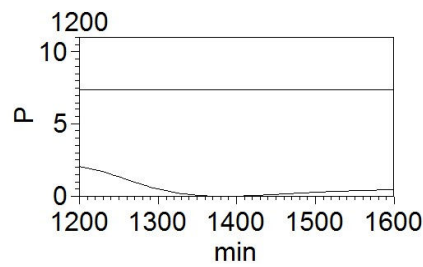
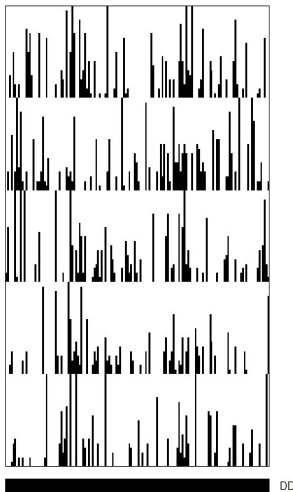
**Indivíduo 6**

C.P.: 90,40 mm  
 Peso: 10,25 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = 23,4  
 P = 139,8



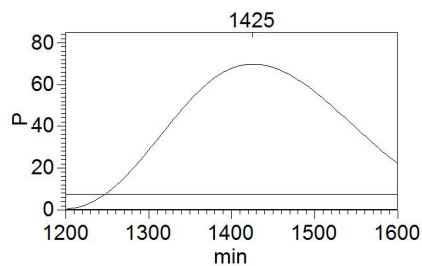
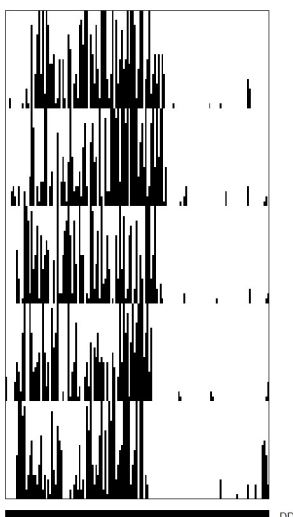
**Indivíduo 7**

C.P.: 91,06 mm  
 Peso = 10,75 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: não visível  
 Per = 22,7  
 P = 20,6



**Indivíduo 8**

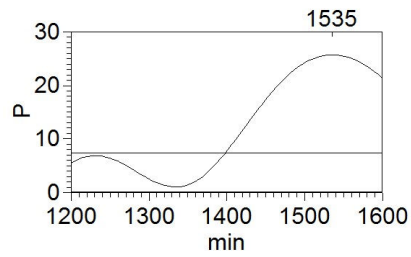
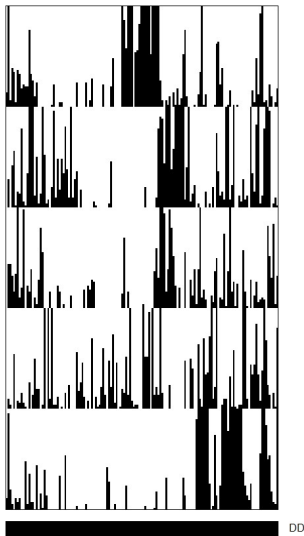
C.P.: 92,40 mm  
 Peso: 13 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = não sign.  
 P = não sign.



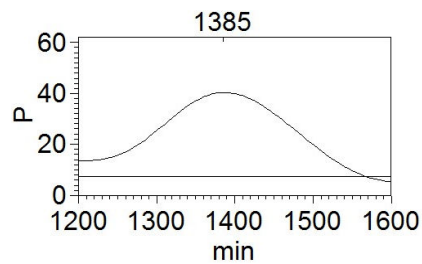
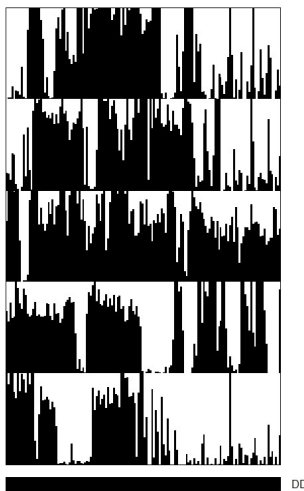
**Indivíduo 9**

C.P.: 94,02 mm  
 Peso: 11,5 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Fêmea  
 Per = 23,7  
 P = 69,9

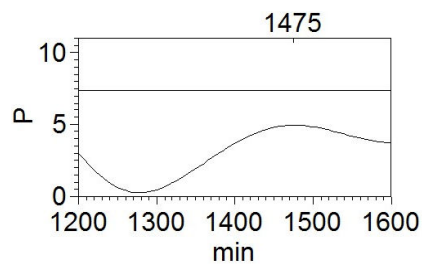
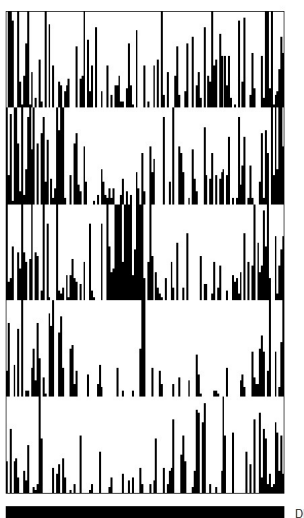




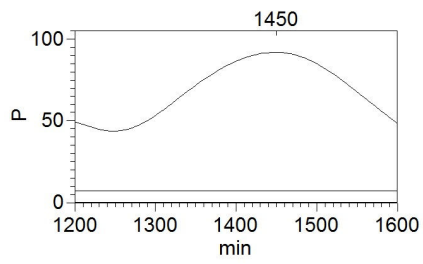
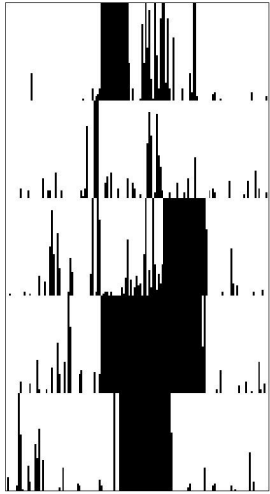
**Indivíduo 10**  
 C.P.: 96,78 mm  
 Peso: 11,75 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per = 25,5  
 P = 25,7



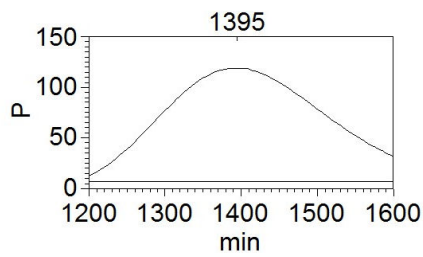
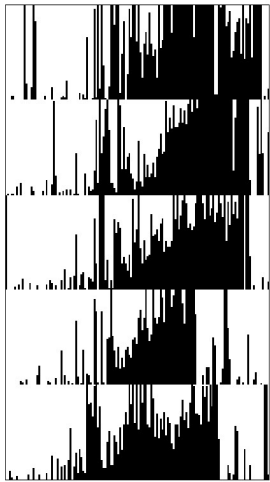
**Indivíduo 11**  
 C.P.: 98,14 mm  
 Peso: 11,5 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Fêmea  
 Per = 23,0  
 P = 40,5



**Indivíduo 12**  
 C.P.: 98,60 mm  
 Peso: 13,25 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = não sign.  
 P = não sign.

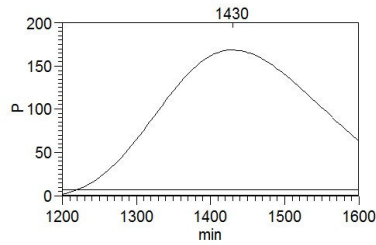
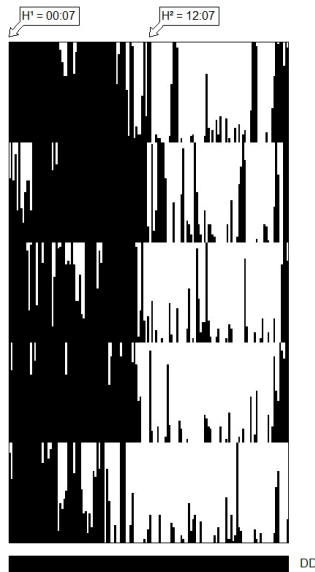


**Indivíduo 13**  
 C.P.: 111,86 mm  
 Peso: 7,25 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per = 24,1  
 P = 91,9



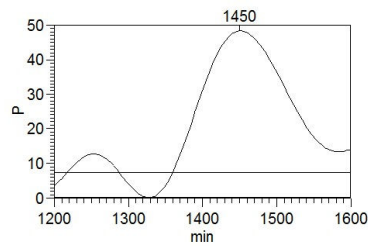
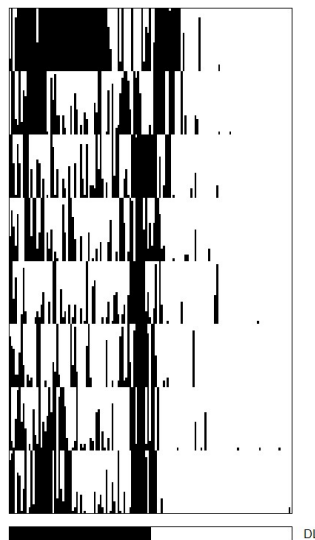
**Indivíduo 14**  
 C.P.: 117,10 mm  
 Peso: 24,0 g  
 Olhos: dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per = 23,2  
 P = 118,2

**Anexo III:** Actogramas, periodogramas e informações dos espécimes de *Rhamdia* sp. n. investigados nos experimentos de ritmicidade locomotora sob EE1, CE e EE2; Per: período; P: potência espectral; DD: livre-curso; DL: claro-escuro

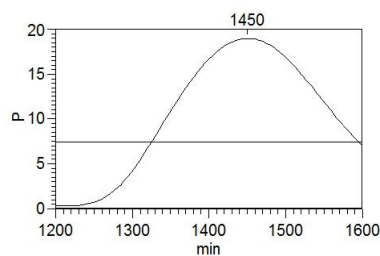
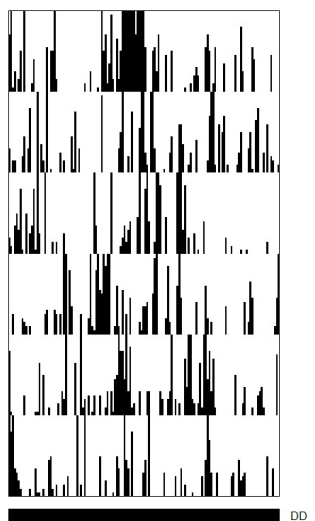


**Indivíduo 1**

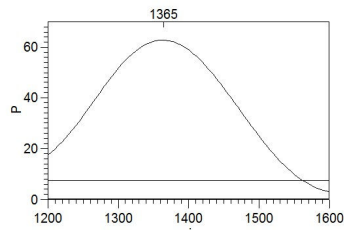
C.P: 72,50 mm  
 Peso: 5 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per = 23,8  
 P = 168,1



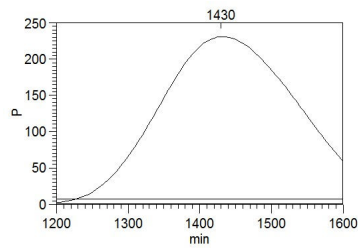
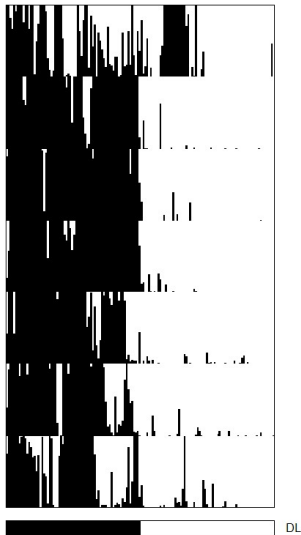
Per: 24,16  
 P: 48,4



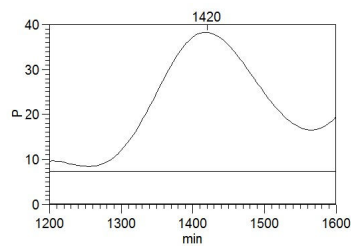
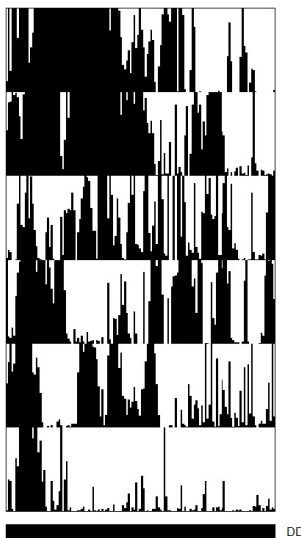
Per: 24,16  
 P: 19,0



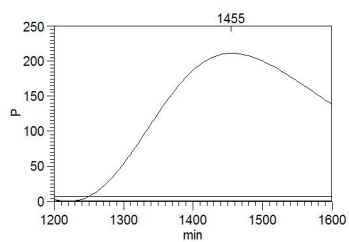
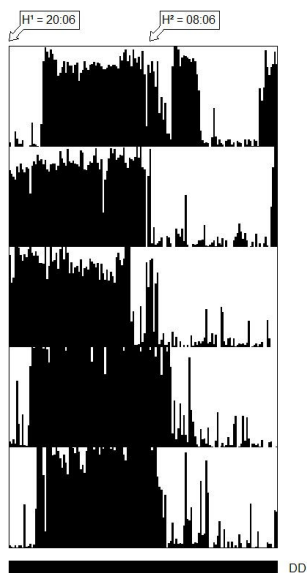
**Indivíduo 2**  
 C.P.: 77,62 mm  
 Peso: 7,5 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = 22,75  
 P = 62,6



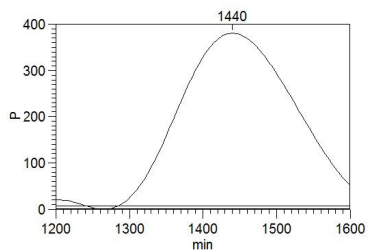
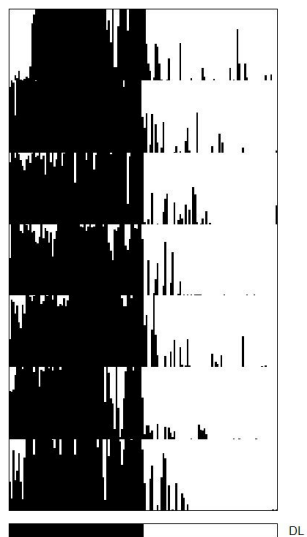
Per = 23,83  
 P = 231,1



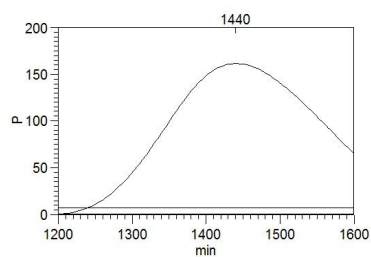
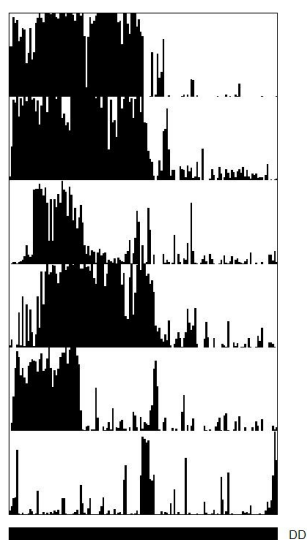
Per = 23,66  
 P = 38,3



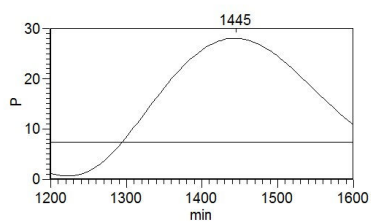
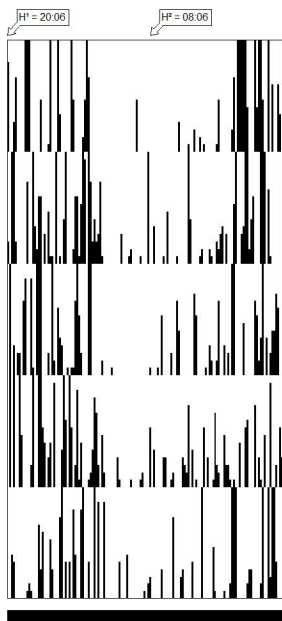
**Indivíduo 3**  
 C.P.: 79,80 mm  
 Peso: 7,5 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Fêmea  
 Per = 24,25  
 P = 210,6



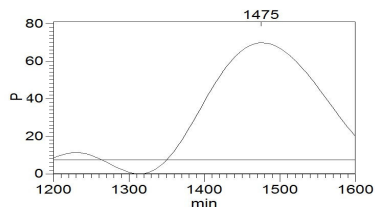
Per = 24,0  
 P = 381,2



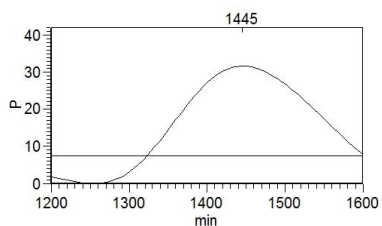
Per = 24,0  
 P = 161,9



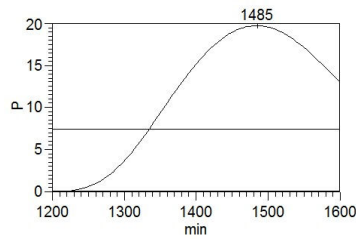
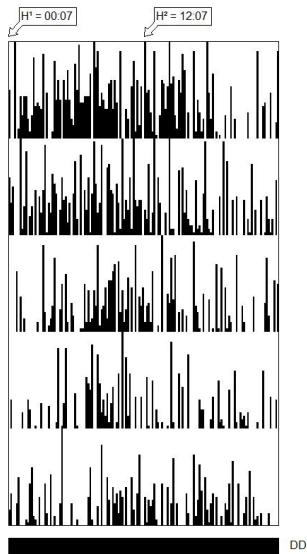
**Indivíduo 4**  
 C.P.: 83,28 mm  
 Peso: 9 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = 24,08  
 P = 28,1



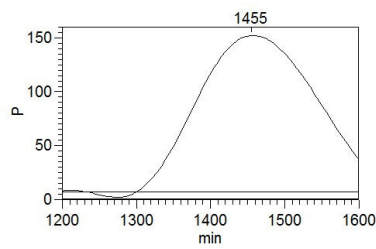
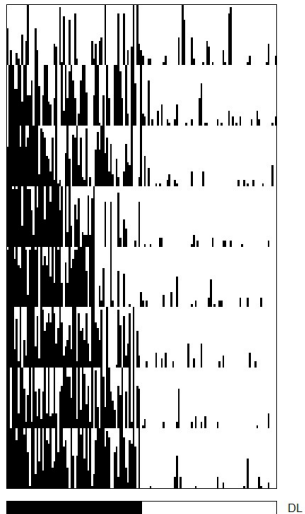
Per = 24,58  
 P = 69,8



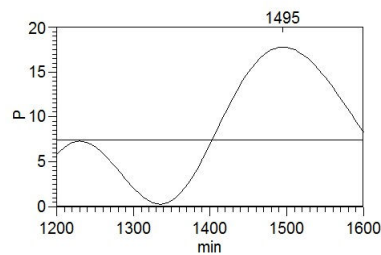
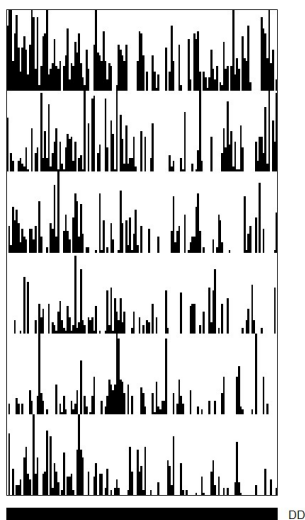
Per = 24,08  
 P = 31,6



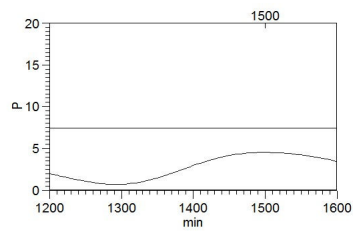
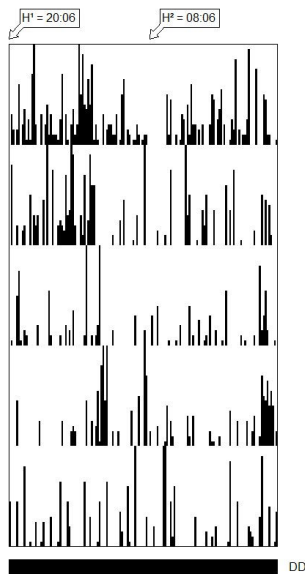
**Indivíduo 5-**  
 C.P: 85,75 mm  
 Peso: 7,75 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Fêmea  
 Per: 24,75  
 P: 19,7



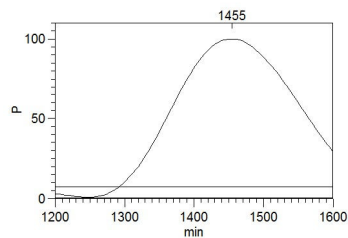
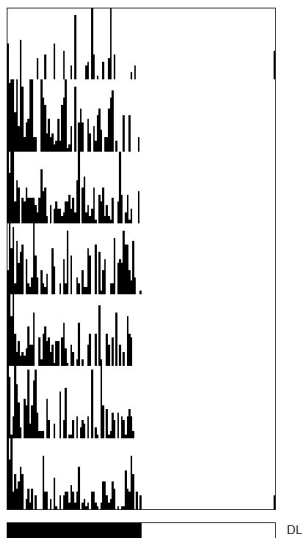
Per: 24,25  
 P: 152,0



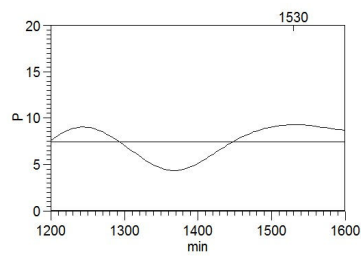
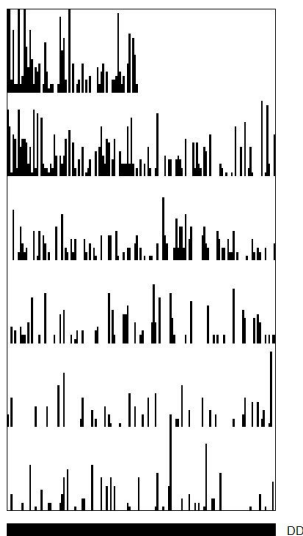
Per: 24,91  
 P: 17,7



**Indivíduo 8**  
 C.P.: 92,40 mm  
 Peso: 13 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = não sign.  
 P = não sign.

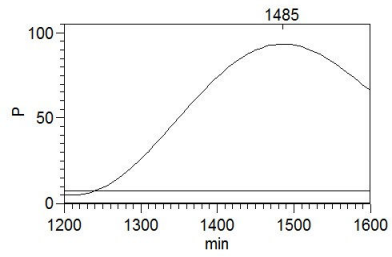
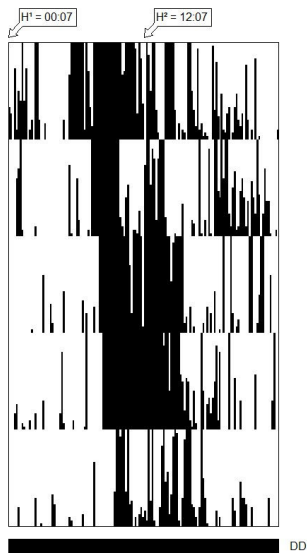


Per = 24,25  
 P = 100,4

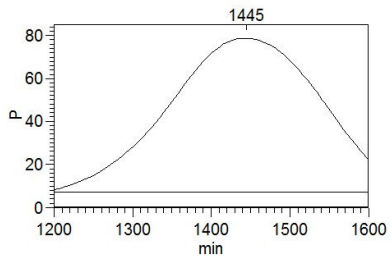
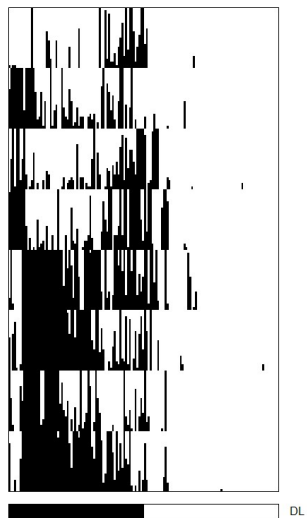


Per = 25,5  
 P = 9,3

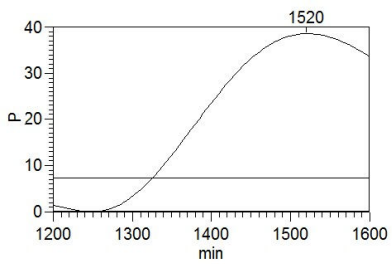
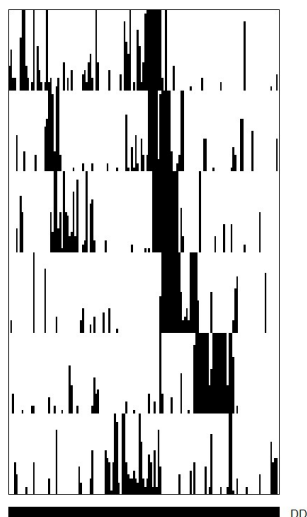




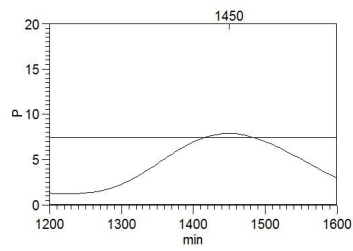
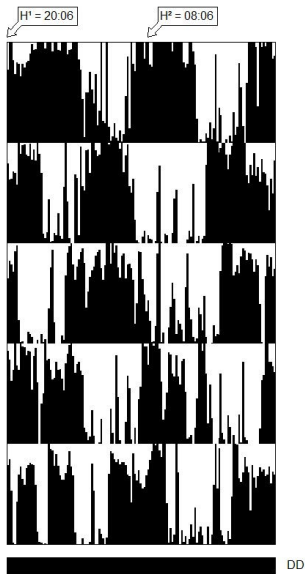
**Indivíduo 10**  
 C.P: 96,78 mm  
 Peso: 11,75 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per: 24,75  
 P: 93,3



Per: 24,08  
 P: 78,7



Per: 25,33  
 P: 38,6



**Indivíduo 11**

C.P.: 98,14 mm

Peso: 11,5 g

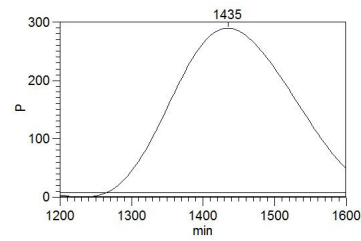
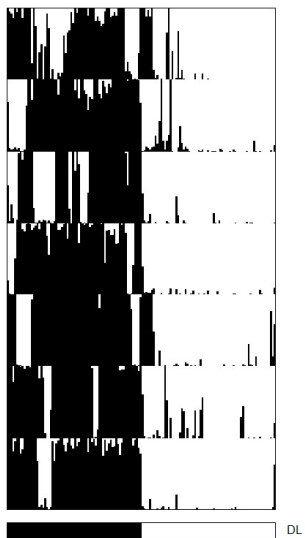
Olhos: Anoftálmico

Sexo: Fêmea

Per = 24,16

P = 7,8

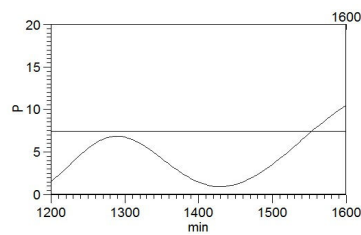
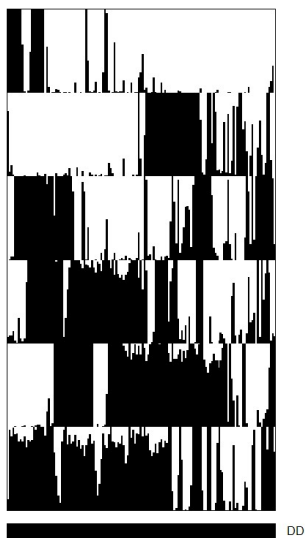
DD



Per = 23,91

P = 289,6

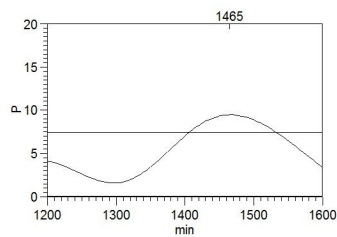
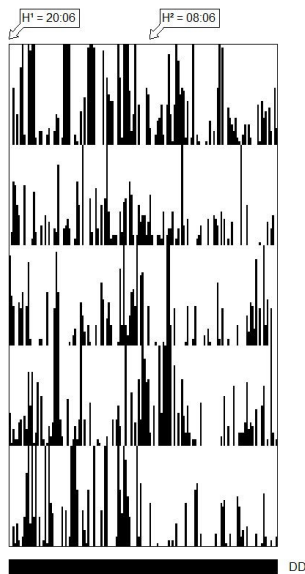
DL



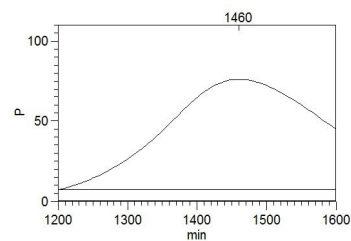
Per = 26,66

P = 10,4

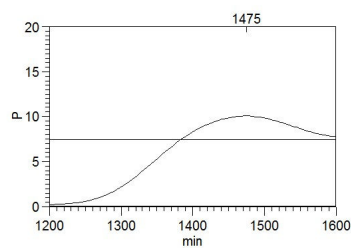
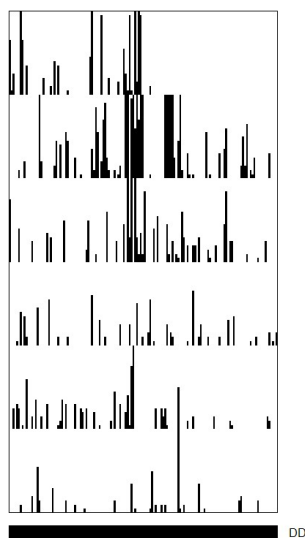
DD



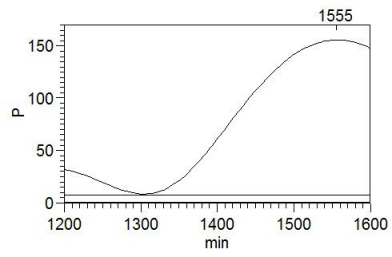
**Indivíduo 12**  
 C.P.: 98,60 mm  
 Peso: 13,25 g  
 Olhos: Anoftálmico  
 Sexo: Macho  
 Per = 24,41  
 P = 9,4



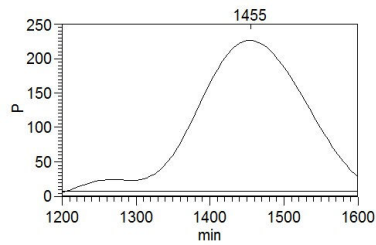
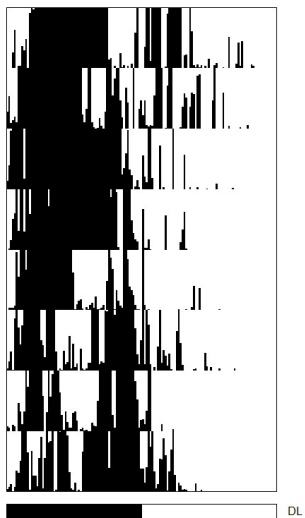
Per = 24,33  
 P = 76,2



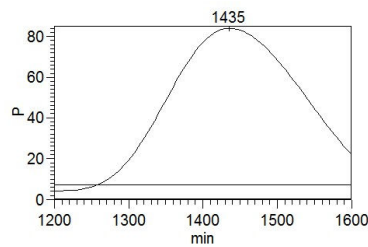
Per = 24,58  
 P = 10,0



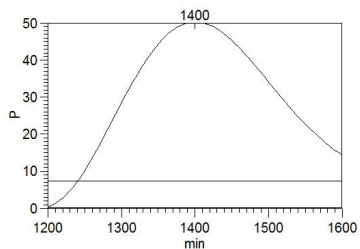
**Indivíduo 13**  
 C.P: 111,86 mm  
 Peso: 7,25 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per: 25,91  
 P: 155,6



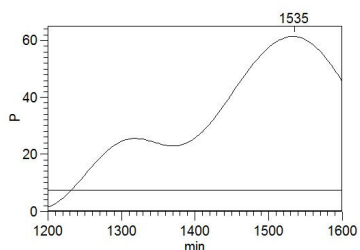
Per: 24,25  
 P: 226,7



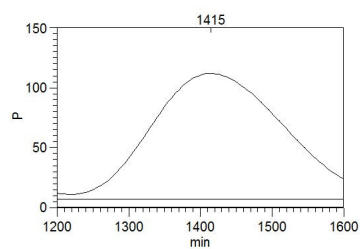
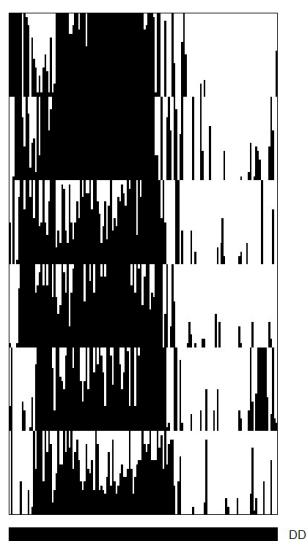
Per: 23,91  
 P: 83,9



**Indivíduo 14**  
 C.P.: 117,10 mm  
 Peso: 24,0 g  
 Olhos: Dois normais  
 Sexo: Macho  
 Per = 23,33  
 P = 50,1



Per = 25,58  
 P = 61,4



Per = 23,58  
 P = 111,9