

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL**

**HISTÓRIA NATURAL DE *CROSSODACTYLUS
SCHMIDTI* GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE)
NO PARQUE ESTADUAL DO TURVO, RIO GRANDE
DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Vinícius Matheus Caldart

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**HISTÓRIA NATURAL DE *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI*
GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE) NO PARQUE
ESTADUAL DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL**

Vinícius Matheus Caldart

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciências Biológicas – Área Biodiversidade Animal**.

Orientadora: Prof. Dra. Sonia Zanini Cechin

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**HISTÓRIA NATURAL DE *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI*
GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE) NO PARQUE
ESTADUAL DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL**

Vinícius Matheus Caldart

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciências Biológicas – Área Biodiversidade Animal**.

Orientadora: Prof. Dra. Sonia Zanini Cechin

Santa Maria, RS, Brasil

2011

C145h Caldart, Vinícius Matheus
 História natural de *Crossodactylus schmidti* Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae)
 no Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul / por Vinícius Matheus Caldart.
 – 2011.
 66 f. ; 30 cm

 Orientador: Sonia Zanini Cechin
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
 Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal,
 RS, 2011

 1. Hylodidae 2. *Crossodactylus schmidti* 3. Canto de anúncio 4. Canto agressivo
 5. Dieta 6. Amplitude de nicho 7. Disponibilidade de presas 8. Eletividade
 I. Cechin, Sonia Zanini II. Título.

 CDU 597.8

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal

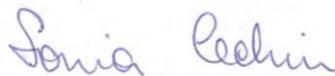
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**HISTÓRIA NATURAL DE *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI*
GALLARDO, 1961 (ANURA: HYLODIDAE) NO PARQUE
ESTADUAL DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL**

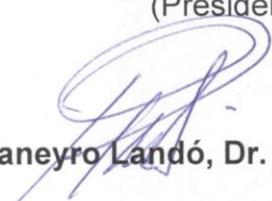
elaborada por
Vinícius Matheus Caldart

como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Ciências
Biológicas – Área Biodiversidade Animal**

COMISSÃO EXAMINADORA:



Sonia Zanini Cechin, Dra.
(Presidente/Orientador)



Raúl Eduardo Maneyro Landó, Dr. (Universidad de La República, Uruguay)



Marília Teresinha Hartmann, Dra. (UFFS)

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2011.

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só foi possível devido à colaboração e o apoio de muitas pessoas e instituições. Espero, nessa seção, fazer o agradecimento devido a cada uma delas.

Agradeço, em especial, a minha orientadora **Dra. Sonia Zanini Cechin**, pela confiança em mim depositada e pelos ensinamentos que têm me proporcionado desde que entrei no programa de pós-graduação em Biodiversidade Animal. Aos **professores e colegas do programa** pela dedicação com o programa e seus alunos, e ao secretário **Paulo da Rosa**, pelos avisos e lembretes de coisas importantes que, às vezes, o aluno esquece.

A **CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de mestrado concedida. A **SEMA-RS** – Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, pela permissão para realizar a pesquisa no Parque Estadual do Turvo, e ao **ICMBio/IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, pela concessão da licença de coleta.

Ao **José P. Pombal Jr.** e **Bruno V.S. Pimenta** pela ajuda na identificação da espécie durante a fase inicial do mestrado. Ao **Rodrigo Lingnau** e **Marília T. Hartmann** pelas contribuições na avaliação inicial do projeto. Agradeço também ao **Rodrigo Lingnau** pelas considerações feitas sobre o capítulo que descreve os cantos. Ao **Diego J. Santana** pelas dicas na análise das vocalizações e ao **Raúl Maneyro**, **Tássia Jordão-Nogueira** e **Carla C. Siqueira** pelas dicas na análise dos dados da dieta. Ao amigo e biólogo **Erikcsen A. Raimundi**, pela ajuda na identificação de alguns insetos.

Aos colegas do Laboratório de Herpetologia da UFSM, **Tiago Gomes dos Santos**, **Paulo D.M. de Mesquita**, **Daniel Cassiano de Lima**, **Rubem A. Boelter**, **Franciéle P. Maragno** e **Débora D. do Amarante**, pelas conversas, gargalhadas, incentivos e sugestões feitas ao longo do andamento do trabalho, e ao também colega de laboratório **Miguel M. da Silva**, pela valiosa ajuda na triagem de centenas de insetos e outros artrópodes.

Aos amigos e biólogos da animada equipe do Turvo, **Victor M. Lipinski (Curupinski)**, **Tiago Bertaso (Gotardo)**, **Marcelo C. da Rocha**, **Pablo M. Paim** e

Camila I. Medeiros pela inestimável ajuda em campo e pelo bom humor e diversão enquanto trabalhávamos! Essa equipe será para sempre lembrada!

Ao gestor do Parque Estadual do Turvo, **Márcio Geroldini**, e aos guardas-parque **Getúlio Santana, Odil de Almeida, Selfredo Bomm, Aldir Nunes, Luciano Carvalho** e **Valdir Müller** por toda a ajuda logística e informações sobre a unidade de conservação. Agradeço também a **Enio Elsenbach e família** por me permitirem cruzar sua propriedade todo mês para chegar ao riacho Falcão, por permitirem deixar o **sapo-móvel** (meu Fiat Uno guerreiro) estacionado em sua propriedade enquanto eu passava as noites no riacho, e, ainda, por descerem ao riacho para saber como eu estava! Agradeço imensamente a essa família acolhedora!

Às **rãzinhas das pedras** do Parque Estadual do Turvo, por me permitirem estudá-las e entrar em sua “privacidade”...

Por fim, o imprescindível agradecimento aos familiares, cuja confiança e o amor que sentem por mim tornaram minha empreitada mais fácil. Agradeço aos meus amados pais **Vitalino J. Caldart e Roselei M. Caldart**, e a minha amada irmã **Fabiola M. Caldart**, pelo amor que sentem por mim, pelo incentivo constante e pela confiança nos meus planos (por mais pitorescos que alguns possam ser!). Ao **Gilmar, Giuliana, Andressa e Eloiza Iop**, por serem pessoas maravilhosas e por torcerem por mim o tempo todo.

E, é claro, não poderia faltar o agradecimento a minha namorada e bióloga **Samanta Iop**. Como bióloga, agradeço pela ajuda em campo e por fazer parte (como líder!) da nossa animada e trabalhadora equipe no Turvo. Como namorada, agradeço pela confiança, pelo respeito, amor e carinho que sente por mim, e por ter me dado diariamente a força necessária para a conclusão deste trabalho. Amo você!

Chegando ao final dos agradecimentos, restam as lembranças e fica a saudade de muitas pessoas e do **Parque Estadual do Turvo**, esse lugarzinho pra lá de especial...

"Selva... noche... luna...
pena en el yerbal
el silencio vibra
en la soledad
y el latir del monte
quiebra la quietud
con el canto triste
del pobre mensú".

Fragmento de El Mensú
Ramón Ayala & José Vicente Cidade

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal
Universidade Federal de Santa Maria

HISTÓRIA NATURAL DE *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI* GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE) NO PARQUE ESTADUAL DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: VINÍCIUS MATHEUS CALDART

ORIENTADORA: SONIA ZANINI CECHIN

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2011.

A presente dissertação apresenta informações sobre (1) o canto de anúncio e o canto agressivo de *Crossodactylus schmidti*, e sobre (2) a dieta da espécie e sua relação com a disponibilidade de presas. O estudo foi conduzido com populações do Parque Estadual do Turvo, localizado na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. O parque possui uma área de 17.491,4 ha e constitui o maior remanescente preservado de Floresta Estacional Semidecídua do estado do Rio Grande do Sul. Os cantos de anúncio e agressivo de *C. schmidti* foram descritos a partir de vocalizações de sete indivíduos gravadas entre outubro de 2009 e fevereiro de 2010. Comparado aos cantos de anúncio descritos para outras espécies do gênero, o de *C. schmidti* difere na estrutura temporal por apresentar menor número de notas por canto e maior intervalo entre as notas, e, na estrutura espectral, difere por apresentar menores valores de frequência dominante. O canto agressivo de *C. schmidti* é uma variação do canto de anúncio, sendo semelhante a este na duração das notas e nos valores de frequência dominante, mas é um canto mais longo, possuindo menor número de notas e maior intervalo entre elas. O canto de anúncio e o canto agressivo de *C. schmidti* podem ser emitidos isoladamente ou pode ser emitido o canto agressivo seguido do canto de anúncio. A dieta de *C. schmidti* foi avaliada de setembro de 2009 a março de 2010, a partir de 93 conteúdos estomacais obtidos através da técnica de regurgitação (n= 80) e da análise dos conteúdos estomacais de espécimes coletados (n= 13). Nesse trabalho, determinamos a amplitude do nicho alimentar da espécie, avaliamos a relação da dieta com a disponibilidade de presas no ambiente e testamos as diferenças ontogenéticas e sexuais na composição da dieta. Dezenove categorias de presas foram consumidas, sendo formigas, besouros e dípteros as que apresentaram os maiores valores de importância. Apesar da dieta variada, a amplitude alimentar foi baixa, com poucas categorias de presas consumidas predominantemente. Formigas, dípteros e aranhas foram consumidas em proporção semelhante à estimada no ambiente. Não houve relação entre a largura da boca e o comprimento médio e/ou volume das presas consumidas, mas as diferenças na composição da dieta entre machos e fêmeas e entre adultos e juvenis foram significativas. Considerando a dieta variada, a relação entre os itens mais importantes da dieta com sua disponibilidade e a estreita amplitude do nicho alimentar, *C. schmidti* parece ser um forrageador oportunista de hábito alimentar similar aos de outras espécies do gênero. As semelhanças na importância de itens como formigas, besouros, dípteros e larvas de insetos na dieta *C. schmidti* e na de outras espécies do gênero sugere uma forte influência filogenética.

Palavras-chave: Hylodidae. *Crossodactylus schmidti*. Canto de anúncio. Canto agressivo. Dieta. Amplitude de nicho. Disponibilidade de presas. Eletividade.

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-Graduation in Animal Biodiversity
Universidade Federal de Santa Maria

NATURAL HISTORY OF *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI* GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE) FROM PARQUE ESTADUAL DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: VINÍCIUS MATHEUS CALDART
ADVISOR: SONIA ZANINI CECHIN

This dissertation presents information on (1) the advertisement and aggressive calls of *Crossodactylus schmidtii* and on (2) the species diet and its relationship with prey availability. The study was conducted with populations from the Parque Estadual do Turvo, located in the northwestern region of Rio Grande do Sul, Brazil. The park has an area of 17,491.4 ha and constitutes the largest preserved remnant of Mesophytic Semideciduous Forest in the state of Rio Grande do Sul. The advertisement and aggressive calls of *C. schmidtii* were described based on vocalizations of seven individuals recorded between October 2009 and February 2010. Compared to the advertisement calls described for other species of the genus, the advertisement call of *C. schmidtii* differs in the temporal structure by having fewer notes per call and longer intervals between notes, and in the spectral structure by having lower values of dominant frequency. The aggressive call of *C. schmidtii* is a variation of the advertisement call, which is similar to this in the note duration and dominant frequency values, but is a longer call, having fewer notes with longer intervals between them. The advertisement and aggressive calls of *C. schmidtii* may be emitted separately, or the aggressive call may be followed by the advertisement call. The diet of *C. schmidtii* was evaluated from September 2009 to March 2010, based on 93 stomach contents obtained by the technique of regurgitation (n= 80) and analysis of stomach contents of collected specimens (n= 13). In this study we determined the diet niche breadth, evaluated the relationship of diet composition with prey availability in the environment, and we also looked for ontogenetic and sexual changes and composition differences in the diet. Nineteen categories of prey were consumed, and ants, beetles and flies presented the highest importance values. Despite the varied diet, the diet niche breadth was low, with few prey categories predominantly consumed. Ants, flies and spiders were consumed in similar proportion to that estimated in the environment. There was no relationship between mouth width and length and/or volume of prey consumed, but the differences in diet composition between males and females, and between adults and juveniles, were significant. Considering the varied diet, the relationship between the most important items of diet with their availability in the environment, and the narrow niche breadth found, *C. schmidtii* seems to be an opportunistic forager with feeding habits similar to other species of the genus. The similarities in the importance of items such as ants, beetles, flies and insect larvae in diet of *C. schmidtii* and other species of the genus suggest a strong phylogenetic influence.

Keywords: Hylodidae. *Crossodactylus schmidtii*. Advertisement call. Aggressive call. Diet. Niche breadth. Prey availability. Electivity.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1 – Vocalizations of *Crossodactylus schmidti* Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae): advertisement call and aggressive call

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Advertisement call of <i>Crossodactylus schmidti</i> | 33 |
| Figura 2 – Isolated note of the advertisement call of <i>Crossodactylus schmidti</i> | 34 |
| Figura 3 – Aggressive call of <i>Crossodactylus schmidti</i> | 35 |
| Figura 4 – Isolated note of the aggressive call of <i>Crossodactylus schmidti</i> | 36 |
| Figura 5 – Aggressive call of <i>Crossodactylus schmidti</i> followed by the advertisement call..... | 37 |

ARTIGO 2 – Dieta de *Crossodactylus schmidti* Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae) e disponibilidade de presas

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Curva de acumulação das categorias de presas encontradas para os conteúdos estomacais analisados..... | 58 |
| Figura 2 – Medidas morfométricas de machos e fêmeas de <i>Crossodactylus schmidti</i> | 59 |
| Figura 3 – Índice de importância (Ix) das categorias de presas na composição da dieta de <i>Crossodactylus schmidti</i> para todos os conteúdos estomacais e para conteúdos individuais..... | 60 |
| Figura 4 – Índice de importância (Ix) das categorias de presas para machos e fêmeas, e para adultos e juvenis de <i>Crossodactylus schmidti</i> | 61 |

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 – Vocalizations of *Crossodactylus schmidtii* Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae): advertisement call and aggressive call

Tabela 1 – Temporal and spectral characteristics of the advertisement call among species of *Crossodactylus*.....32

ARTIGO 2 – Dieta de *Crossodactylus schmidtii* Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae) e disponibilidade de presas

Tabela 1 – Categorias de presas consumidas por *Crossodactylus schmidtii*.....55

Tabela 2 – Valores da amplitude do nicho alimentar padronizada de Levins (B_A), porcentagem de sobreposição da dieta e valores do Teste G entre os grupos de *Crossodactylus schmidtii*.....56

Tabela 3 – Eletividades obtidas para as categorias de presas consumidas por *Crossodactylus schmidtii*.....57

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO..... | 12 |
| REFERÊNCIAS..... | 16 |
| ARTIGO 1 – Vocalizations of <i>Crossodactylus schmidtii</i> Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae): advertisement call and aggressive call..... | 22 |
| Abstract..... | 22 |
| Introduction..... | 23 |
| Material and methods..... | 24 |
| Results..... | 25 |
| Discussion..... | 26 |
| Acknowledgements..... | 29 |
| References..... | 29 |
| Tables and figures..... | 32 |
| ARTIGO 2 – Dieta de <i>Crossodactylus schmidtii</i> Gallardo, 1961 (Anura, Hylodidae) e disponibilidade de presas..... | 38 |
| Resumo..... | 38 |
| Abstract..... | 39 |
| Introdução..... | 40 |
| Material e métodos..... | 41 |
| Área de estudo..... | 41 |
| Coleta e análise dos dados..... | 42 |
| Resultados..... | 45 |
| Discussão..... | 46 |
| Agradecimentos..... | 50 |
| Referências..... | 51 |
| Tabelas e figuras..... | 55 |
| CONCLUSÕES..... | 62 |
| APÊNDICES..... | 64 |
| Apêndice A..... | 65 |
| Apêndice B..... | 66 |

INTRODUÇÃO

Estudos sobre história natural contemplam diversos assuntos que incluem reprodução, alimentação, dimorfismo sexual, relações intra e interespecíficas, relações com o ambiente, assim como os processos evolutivos envolvidos na história de vida das espécies (GIRAUDO, 2001; STEBBINS & COHEN, 1995), gerando conhecimentos que contribuem para que eficientes estratégias de conservação possam ser elaboradas (BURY, 2006; GIRAUDO, 2001). Atualmente os anfíbios anuros passam por um processo de declínio global amplamente reconhecido, com cerca de 1/3 das espécies sofrendo algum grau de ameaça (STUART et al., 2009). Apesar disso, estudos sobre ecologia e história natural são escassos para a maioria das espécies brasileiras, mesmo com o Brasil ocupando o primeiro lugar em diversidade de espécies (SILVANO & SEGALLA, 2005).

Uma das mais notáveis características dos anfíbios anuros, e que desempenha um papel fundamental em sua história de vida, é a comunicação acústica. A maioria das espécies apresenta estruturas vocais bem desenvolvidas utilizadas para produzir uma variedade de sons que servem para atrair parceiros, defender territórios ou evitar predadores (DUELLMANN & TRUEB, 1994). Dentre os diferentes tipos de vocalizações, o canto de anúncio é o mais comumente emitido por machos, servindo para identificar indivíduos da mesma espécie, sexo, estado reprodutivo, localização do indivíduo, e freqüentemente tem a dupla função de atrair fêmeas e estabelecer territórios (STEBBINS & COHEN, 1995), constituindo um importante mecanismo de isolamento reprodutivo (WELLS, 1977). Cantos agressivos emitidos para machos co-específicos também são freqüentes em anuros e podem ser emitidos em diferentes contextos. Estes cantos podem ser divididos em sinais de curto ou longo alcance, ainda que as duas funções possam estar combinadas no mesmo canto (WELLS, 2007).

Ao longo das últimas décadas o estudo dos parâmetros acústicos das vocalizações de anuros avançou significativamente, permitindo o entendimento dos processos evolutivos e ecológicos envolvidos nesse tipo de comunicação (BOECKLE et al., 2009; BOSCH & DE LA RIVA, 2005; LINGNAU & BASTOS, 2007). Como exemplo, Bosch & De La Riva (2005) analisaram os parâmetros acústicos do canto de anúncio de 95 espécies e constataram que parte deles (i.e. tipos de notas,

número de pulsos por notas, frequência dominante) foi fortemente influenciada pela posição taxonômica das espécies, enquanto que a estrutura do microhabitat exerceu influência na modulação da frequência dominante. A influência do tipo de microhabitat também foi sugerida por Boeckle et al. (2009) como uma forte pressão seletiva sobre os sinais acústicos em anuros. Outros estudos demonstraram a existência de relação entre o comprimento rostro-cloacal e/ou massa corpórea das espécies e a frequência dominante dos cantos (DUELLMAN & PYLES, 1983; SILVA et al., 2008), e a relação de alguns parâmetros acústicos com a temperatura do ar (GUIMARÃES & BASTOS, 2003; LINGNAU & BASTOS, 2007).

Muitas espécies de anuros não possuem vocalizações descritas, tornando difícil fazer comparações dos parâmetros acústicos entre espécies do mesmo gênero ou da mesma família. Descrições de espécies publicadas há muito tempo geralmente não incluíam informações sobre os cantos, mas com o surgimento e avanço de softwares de análise bioacústica houve um grande aumento nas descrições e/ou redescrições de vocalizações de espécies brasileiras (ABRUNHOSA et al., 2001; HARTMANN et al., 2002, 2006; LINGNAU & BASTOS, 2007; LINGNAU et al., 2008; SANTANA et al., 2009, 2010).

Outro aspecto importante da ecologia dos anuros é a dieta alimentar. Estudos sobre a ecologia alimentar de anuros são importantes, pois fornecem informações sobre as condições e os recursos existentes no habitat, bem como para determinar a importância das presas na distribuição das espécies (PARKER & GOLDSTEIN, 2004). De maneira geral, a dieta da maioria dos anuros adultos é composta principalmente por insetos (VITT & CALDWELL, 2009), mas por consumirem diversos invertebrados e por causa do seu comportamento oportunista, são geralmente considerados predadores generalistas (DUELMANN & TRUEB, 1994). A composição da dieta, porém, pode variar de acordo com o táxon e nem sempre se limita à satisfação energética. Em algumas espécies, o grau de especialização em determinado tipo de presa pode apresentar relação com a produção de toxinas utilizadas na defesa química contra predadores (WELLS, 2007). Estudos realizados principalmente com espécies da família Dendrobatidae têm acumulado evidências de que a especialização em formigas, cupins e outros pequenos artrópodes possui relação com a produção de alguns alcalóides tóxicos encontrados na pele desses anuros (DALY et al., 1994; DARST et al., 2005; SAPORITO et al., 2007).

A disponibilidade de presas de tipos e de tamanhos adequados é considerada uma restrição básica à dieta dos anfíbios (DUELMANN & TRUEB, 1994). No entanto, poucos estudos avaliaram a disponibilidade de presas no ambiente para interpretar os padrões alimentares encontrados. Em um estudo clássico sobre dieta de anuros tropicais, Toft (1981) avaliou a disponibilidade de presas e as estratégias de forrageamento adotadas pelos anuros de serrapilheira do Panamá. A autora observou que espécies tipicamente senta-e-espera consumiram presas grandes e móveis em pouca quantidade, e espécies forrageadoras ativas consumiram presas pequenas e móveis, mas em grande quantidade. A estimativa da disponibilidade de presas é uma informação importante, já que um mesmo indivíduo pode utilizar diferentes estratégias de acordo com a abundância de presas no ambiente (DUELMANN & TRUEB, 1994).

A família Hylodidae Günther, 1858 é constituída por espécies predominantemente diurnas, associadas a riachos de interior de mata (JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006), e está representada atualmente por 42 espécies, agrupadas em três gêneros (FROST, 2010): *Hylodes* (24 espécies), *Crossodactylus* (11 espécies) e *Megaelosia* (sete espécies). Apesar do razoável número de espécies da família Hylodidae, a maioria dos trabalhos publicados é de cunho taxonômico (BASTOS & POMBAL, 1995; CANEDO & POMBAL, 2007; CARAMASCHI & SAZIMA, 1985; CARCERELLI & CARAMASCHI, 1992; HADDAD et al., 1996, 2003; LINGNAU et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2001, 2005; POMBAL et al., 2002; SILVA & BENMAMAN, 2008).

A maioria dos estudos de história natural de espécies de Hylodidae foi realizada com espécies do gênero *Hylodes* (HARTMANN et al., 2006; HATANO et al., 2002; LINGNAU & BASTOS, 2007; NARVAES & RODRIGUES, 2005; SAZIMA, 2006; WOGEL et al., 2004). Até recentemente, o único trabalho envolvendo aspectos de história natural de espécies de *Crossodactylus* foi o de Weygoldt & Carvalho-e-Silva (1992), que descreveram o comportamento de corte e de oviposição de *C. gaudichaudii*. Somente a partir de 2006 surgiram outros estudos abordando aspectos da história de vida de espécies de *Crossodactylus*, versando sobre atividade de canto de *C. gaudichaudii* (ALMEIDA-GOMES et al., 2007a), variação acústica e morfológica de *C. bokermanni* (PIMENTA et al., 2008), e uso do ambiente e dieta de *C. aeneus* (JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006), *C. gaudichaudii* (ALMEIDA-GOMES et al., 2007b) e *C. bokermanni* (WACHLEVSKI et al., 2008).

O gênero *Crossodactylus* é o segundo maior gênero da família Hyloidae, distribuindo-se do nordeste ao sul do Brasil, sul do Paraguai e norte da Argentina (FROST, 2010). Caramaschi & Sazima (1985) reconheceram três grupos de espécies no gênero *Crossodactylus*. O grupo *C. gaudichaudii* é o mais numeroso, com sete espécies reconhecidas, seguido do grupo *C. trachystomus*, com três espécies, e do grupo monoespecífico *C. schmidtii*, composto pela espécie nominal. *Crossodactylus schmidtii* (Apêndice A) apresenta ocorrência conhecida apenas para localidades de Floresta Estacional Semidecídua (*sensu* OLIVEIRA FILHO & FONTES, 2000) no sul do Paraguai, norte da Argentina, e nos estados brasileiros do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CALDART et al., 2010; LUCAS & GARCIA, 2011). Apesar de *C. schmidtii* estar na categoria de espécie quase ameaçada na lista da IUCN (SEGALLA et al., 2004), desde sua descrição (GALLARDO, 1961) os únicos estudos adicionais foram realizados por Faivovich (1998) que redescreveu o girino, e por Caldart et al. (2010), que discutiram a distribuição geográfica e caracterizaram o sítio de vocalização da espécie.

A presente Dissertação está estruturada de acordo com as normas da Universidade Federal de Santa Maria (MDT), sendo composta por dois artigos acerca da história natural de *C. schmidtii*, a saber:

- Artigo 1: fornece a descrição do canto de anúncio e do canto agressivo de *C. schmidtii* e compara as características espectrais e temporais do canto de anúncio com os cantos de outras espécies do gênero. Este capítulo está aceito para publicação no *North-Western Journal of Zoology*, e por isso encontra-se redigido em inglês e formatado de acordo com as normas de publicação do periódico.
- Artigo 2: descreve a dieta de *C. schmidtii* e a sua relação com a disponibilidade de presas no ambiente. A dieta é analisada em termos de frequência de ocorrência, número e volume de cada categoria de presa. A amplitude da dieta foi avaliada, assim como diferenças ontogenéticas e sexuais na composição da dieta.

REFERÊNCIAS

ABRUNHOSA, P.A.; WOGEL, H.; POMBAL, J.P. Vocalização de quatro espécies de anuros do estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Amphibia, Hylidae, Leptodactylidae). **Boletim do Museu Nacional**, n. 472, p. 1–12, 2001.

ALMEIDA-GOMES, M.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C.F.D. Calling activity of *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura: Hylodidae) in an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil. **Belgian Journal of Zoology**, v. 137, n. 2, p. 203–207, 2007a.

ALMEIDA-GOMES, M.; HATANO, F.H.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C.F.D. Diet and microhabitat use by two Hylodinae species (Anura, Cycloramphidae) living in sympatry and syntopy in a Brazilian Atlantic Rainforest area. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 97, n. 1, p. 27–30, 2007b.

BAÊTA, D.; LOURENÇO, A.C.C.; PEZZUTI, T.L.; PIRES, M.R.S. The tadpole, advertisement call, and geographic distribution of *Physalaemus maximus* Feio, Pombal & Caramaschi, 1999 (Amphibia, Anura, Leiuperidae). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 65, n. 1, p. 27–32, 2007.

BASTOS R.P.; POMBAL, J.P. New species of *Crossodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from Atlantic Rain forest of Southeastern Brazil. **Copeia**, 1995, p. 436–439, 1995.

BOECKLE, M.; PREININGER, D.; HÖDL, W. 2009. Communication in noisy environments I: acoustic signals of *Staurois latopalmatus* Boulenger 1887. **Herpetologica**, v. 65, n. 2, p. 154–165, 2009

BOSCH, J.; DE LA RIVA, I. Are frog calls modulated by the environment? An analysis with anuran species from Bolivia. **Canadian Journal of Zoology**, v. 82, p. 880–888, 2004.

BURY, R.B. Natural history, field ecology, conservation biology and wildlife management: time to connect the dots. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 1, n. 1, p. 56–61, 2006.

CANEDO, C.; POMBAL, J.P. Two new species of torrent frog of the genus *Hylodes* (Anura, Hylodidae) with nuptial thumb tubercles. **Herpetologica**, v. 63, p.224–235, 2007.

CALDART, V.M.; IOP, S.; SANTOS, T.G. DOS; CECHIN, S.T.Z. Extension of the geographical distribution of two anuran species for Rio Grande do Sul state, Brazil, with comments on natural history. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 143–147, 2010.

CARAMASCHI, U.; SAZIMA, I. Uma nova espécie de *Crossodactylus* da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Amphibia, Leptodactylidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 3, n. 1, p. 43–49, 1985.

CARCERELLI, L.C.; CARAMASCHI, U. Ocorrência do gênero *Crossodactylus* Duméril & Bibron, 1841 no nordeste brasileiro, com descrição de duas espécies novas (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 52, n. 2, p. 415–422, 1992.

CONTE, C.E.; LINGNAU, R.; KWET, A. Description of the advertisement call of *Hyla ehrhardti* MÜLLER, 1924 and new distribution records (Anura: Hylidae). **Salamandra**, v. 41, n. 3, p. 147–151. 2005.

DALY, J.W.; GARRAFO, H.M.; SPANDE, T.F.; JARAMILLO, C. RAND, A.S. Dietary source for skin alkaloids of poison frogs (Dendrobatidae)? **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 943–955, 1994.

DARST, C.R.; MENÉNDEZ-GUERRERO, P.A.; COLOMA, L.A.; CANNATELLA, D.C. Evolution of dietary specialization and chemical defense in poison frogs (Dendrobatidae): A comparative analysis. **The American Naturalist**, v. 165, n. 1, p. 55-69, 2005.

DUELLMAN, W.E.; PYLES, R.A. Acoustic resource partitioning in anuran communities. **Copeia**, v. 3, p. 639-649, 1983.

DUELLMAN, W.E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. McGraw-Hill, Baltimore and London, 1994.

FAIVOVICH, J. Comments on the larvae of the Argentine species of the genus *Crossodactylus* (Leptodactylidae, Hylodinae). **Alytes**, v. 16, p. 61–67, 1998.

FROST, D.R. **Amphibian Species of the World: an Online Reference**. Version 5.4 (8 April, 2010). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> American Museum of Natural History, New York, USA, 2010.

GALLARDO, J.M. Anfibios anuros de Misiones con la descripción de una nueva especie de *Crossodactylus*. **Neotropica**, v. 7, p. 33–38, 1961.

GIRAUDO, A. **Serpientes de la Selva Paranaense y del Chaco Húmedo**. Buenos Aires: L.O.L.A, 289 p, 2002.

GUIMARÃES, L.D.; BASTOS, R.P. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. **Iheringia Série Zoologia**, v. 93, p. 149–158, 2003.

HADDAD, C.F.B.; POMBAL, J.P.; BASTOS, R.P. 1996. New species of *Hylodes* from the Atlantic Forest of Brazil (Amphibia: Leptodactylidae). **Copeia**, v. 4, p. 965–969, 1996.

HADDAD, C. F. B.; GARCIA, P. C. A.; POMBAL JR, J. P. Redescricao de *Hylodes perplicatus* (Miranda-Ribeiro, 1926) (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 61, p. 245–254, 2003.

HARTMANN, M.T.; HARTMANN, P A.; HADDAD, C.F.B. Advertisement Calls of *Chiasmocleis carvalhoi*, *Chiasmocleis mehelyi*, and *Myersiella microps* (Microhylidae). **Journal of Herpetology**, v. 36, n. 3, p. 509–511, 2002.

HARTMANN, M.T.; HARTMANN, P.A.; HADDAD, C.F.B. Repertório vocal de *Hylodes phyllodes* (Amphibia, Anura, Hylodidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 46, n. 17, p. 203-209, 2006.

HATANO, F.H.; ROCHA, C.F.; VAN SLUYS, M. Environmental factors affecting calling activity of a tropical diurnal frog (*Hylodes phyllodes*: Leptodactylidae). **Journal of Herpetology**, v. 36, p. 314-318, 2002.

JORDÃO-NOGUEIRA, T.; VRCIBRADIC, D.; PONTES, J.A.L.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C.F.D. Natural history traits of *Crossodactylus aeneus* (Anura, Leptodactylidae, Hylodinae) from an Atlantic Forest area in Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v.1, n.1, p. 37–41, 2006.

LINGNAU, R.; BASTOS, R.P. Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. **Journal of Natural History**, v. 41, p. 1227–1235, 2007.

LINGNAU, R.; CANEDO, C.; POMBAL, J.P. A New Species of *Hylodes* (Anura: Hylodidae) from the Brazilian Atlantic Forest. **Copeia**, v. 3, p. 595–602, 2008.

LINGNAU, R.; SOLÉ, M.; DALLACORTE, F.; KWET, A. Description of the advertisement call of *Cycloramphus bolitoglossus* (Werner, 1897), with comments on other species in the genus from Santa Catarina, south Brazil (Amphibia, Cycloramphidae). **North-Western Journal of Zoology**, v. 4, n. 2, p. 224–235, 2008.

LUCAS E.M.; GARCIA P.C.A. Amphibia, Anura, Hylidae Rafinesque, 1815 and Hylodidae Günther, 1858: Distribution extension and new records for Santa Catarina, southern Brazil. **Check List**, v. 7, n. 1, p. 13–16, 2011.

NASCIMENTO, L.B.; POMBAL, J.P.; HADDAD, C.F.B. A new frog of the genus *Hylodes* (Amphibia: Leptodactylidae) from Minas Gerais, Brazil. **Journal of Zoology**, v. 254, p. 421–428, 2001.

NASCIMENTO, L.B.; FEIO, R.N.; CRUZ, C.A.G. A new species of diurnal frog in the genus *Crossodactylus* Duméril and Bibron, 1841 (Anura, Leptodactylidae) from southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 26, p. 497–505, 2005.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. **Biotropica**, v. 32, p. 793–810, 2000.

PARKER, M.L.; GOLDSTEIN, M.I. Diet of Rio Grande leopard frog (*Rana berlandieri*) in Texas. **Journal of Herpetology**, v. 38, p. 127–130, 2004.

PIMENTA, B.V.S.; WACHLEVSKI, M.; CRUZ, C.A.G. Morphological and acoustical variation, geographic distribution, and conservation status of the Spinythumb Frog *Crossodactylus bokermanni* Caramaschi and Sazima, 1985 (Anura, Hylodidae). **Journal of Herpetology**, v. 42, n. 3, p. 481–492, 2008.

POMBAL, J.P.; FEIO, R.N.; HADDAD, C.F.B. A new species of torrent frog genus *Hylodes* (Anura: Leptodactylidae) from southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 58, p. 462–471, 2002.

SANTANA, D.J.; SANT'ANNA, A.C.; SÃO-PEDRO, V.A.; FEIO, R.N. The advertisement call of *Chiasmocleis bassleri* (Anura, Microhylidae) from southern amazon, Mato Grosso, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 4, n. 3, p. 225–228, 2009.

- SANTANA, D.J.; SÃO-PEDRO, V.A.; BERNARDE, P.S.; FEIO, R.N. Descrição do canto de anúncio e dimorfismo sexual em *Proceratophrys concavitympanum* Giaretta, Bernarde & Kokubum, 2000. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 50, n. 11, p. 167–174, 2010.
- SAPORITO, R.A.; DONNELLY, M.A.; NORTON, R.A.; GARRAFO, H.M.; SPANDE, T.F.; DALY, J.W. Oribatid mites as a major dietary source for alkaloids in poison frogs. **PNAS**, v. 104, n. 21, p. 8885–8890, 2007.
- SAZIMA, I. Theatrical frogs and crafty snakes: predation of visually-signalling frogs by tail-luring and ambushing pitvipers. **Aqua**, v. 11, p. 117-124, 2006.
- SEGALLA, M.V.; GARCIA, P.; SILVANO, D.; LAVILLA, E.; BALDO, D. 2004. *Crossodactylus schmidti*. In: IUCN 2010. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Acessado em 29 de março de 2011.
- SILVA, H.R. da; BENMAMAN, P. Uma nova espécie de *Hylodes* Fitzinger da Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, Brasil (Anura: Hylodidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 1, p. 89–99, 2008.
- SILVA, R.A.; MARTINS, I.A.; ROSSA-FERES D.C. Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no Noroeste Paulista. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 123–134, 2008.
- SILVANO, D.L.; SEGALLA, M.V. Conservation of Brazilian amphibians. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 653–658, 2005.
- STEBBINS, R.C.; COHEN, N.W. **A Natural History of Amphibians**. Princeton University Press, New Jersey, 1995.
- STUART, S.N.; CHANSON, J.S.; COX, N.A.; YOUNG, B.E.; RODRIGUES, A.S.L.; FISCHMAN D.L.; WALLER R. W. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, v. 306, p. 1783–1786, 2004.
- TOFT, C.A. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: patterns in diet and foraging mode. **Journal of Herpetology**, v. 15, n. 2, p. 139–144, 1981.
- VITT, L.J.; CALDWELL, J.P. **Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles**. Academic Press, Third edition, 2009.

WACHLEVSKI, M.; SOUZA, P.H.C. DE; KOPP, K.; ETEROVICK, P.C. Microhabitat use and feeding habits of *Crossodactylus bokermanni* Caramaschi and Sazima, 1985 (Anura, Hylodidae) at a site in south-eastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 19, p. 1421–1434, 2008.

WELLS, K.D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, v. 25, p. 666–693, 1977.

WELLS, K.D. **The Ecology and Behavior of Amphibians**. The University of Chicago Press, Chicago and London, 2007.

WEYGOLDT, P.; CARVALHO-E-SILVA, S.P. Mating and oviposition in the Hylodine frog *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura: Leptodactylidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 13, p. 35-45, 1992.

WOGEL, H.; ABRUNHOSA, P.A.; WEBER, L.N. The tadpole, vocalizations and visual displays of *Hylodes nasus* (Anura, Leptodactylidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 25, p. 219–117, 2004.

ARTIGO 1

VOCALIZATIONS OF *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI* GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE): ADVERTISEMENT CALL AND AGGRESSIVE CALL

Vinícius Matheus Caldart*, Samanta Iop, Sonia Zanini Cechin

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Animal. Av. Roraima s/ nº, Camobi. CEP 97105-900. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.

* Corresponding author. Email: viniciuscaldart@yahoo.com.br

ABSTRACT

We describe the advertisement and aggressive calls of *Crossodactylus schmidti* based on recordings made in the Parque Estadual do Turvo, located in northwest Rio Grande do Sul, Brazil. Compared to the advertisement calls described for other species of the genus, the advertisement call of *C. schmidti* differs in the temporal structure by having fewer notes per call and longer intervals between notes, and in the spectral structure by having lower values of dominant frequency. The aggressive call of *C. schmidti* is a variation of the advertisement call, which is similar to this in the note duration and dominant frequency values, but is a longer call, having fewer notes with longer intervals between them. The advertisement and aggressive calls of *C. schmidti* may be emitted separately, or the aggressive call may be followed by the advertisement call.

KEYWORDS: Hylodidae, *Crossodactylus*, advertisement call, aggressive call

INTRODUCTION

Most anuran species have well-developed vocal structures used to produce a variety of sounds that serve to attract mates, defend territories, or avoid predators (Duellmann & Trueb 1994). The advertisement call is the most common call emitted by male frogs, serving to identify individuals of the same species, sex, reproductive status, and location, and often has the dual function of attracting females and establishing territories (Stebbins & Cohen 1995). This call is an important mechanism of reproductive isolation (Wells 1977).

Aggressive calls emitted by conspecific males are also common in anurans, and may be transmitted in different contexts. These calls can be divided into signals of short or long range, though the two functions can be combined in the same call. Due to some confusion in the use of call terminology, the use of the general term “aggressive call” is more appropriate to classify calls made in any kind of aggressive context (Wells 2007).

Crossodactylus is the second-largest genus of the family Hylodidae. Its members are distributed from northeastern to southern Brazil, southern Paraguay, and northern Argentina (Frost 2010). Caramaschi & Sazima (1985) recognized three groups of species in the genus. The *Crossodactylus gaudichaudii* group is the richest, with seven recognized species, followed by the *C. trachystomus* group, with three species, and the monospecific group *C. schmidtii*, consisting of the nominal species. The vocalizations are described for only four species, all in the *C. gaudichaudii* group: *C. caramaschii* Bastos & Pombal 1995, *C. gaudichaudii* Duméril & Bibron 1841 (description of the call by Weygoldt & Carvalho-e-Silva 1992), *C. cyclospinus* Nascimento, Cruz & Feio 2005, and *C. bokermanni* Caramaschi & Sazima 1985 (description of the call by Pimenta et al. 2008).

Crossodactylus schmidtii Gallardo 1961 is known only from localities in the Mesophytic Semideciduous Forest (*sensu* Prado 2000) in southern Paraguay, northern Argentina, and the southern Brazilian states of Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul (Caldart et al. 2010). Since the description of the species by Gallardo (1961), the only additional studies were done by Faivovich (1998), who redescribed the tadpole, and Caldart et al. (2010), who discussed the geographical distribution and characterized the calling site.

In this study, we provide a description of the advertisement and aggressive calls of *C. schmidtii*, based on vocalizations recorded in streams in the Parque Estadual do Turvo, in the northwest region of Rio Grande do Sul, Brazil. We also compare the temporal and spectral characteristics of the advertisement calls among *Crossodactylus* species.

MATERIAL AND METHODS

Vocalizations of seven individuals of *C. schmidtii* were recorded in October 2009 and January and February 2010, in streams in the Parque Estadual do Turvo (27° 14'34.08 "S, 53° 57'13.74" W), located in the municipality of Derrubadas, northwest Rio Grande do Sul. The park covers an area of 17,491.4 ha of Mesophytic Semideciduous Forest, and is one of the last large remnants of this type of vegetation in southern Brazil (SEMA 2005). The local climate is subtropical sub-humid with dry summer (ST SB v type of Maluf 2000), with temperatures above 22° C in the warmest month (January) and ranging from -3° C to 28° C in the coldest month (July). Rainfall is evenly distributed throughout the year, with an annual mean of 1665 mm (SEMA 2005).

Recordings of vocalizations were made between 19:30 and 05:00 h, in air temperatures from 18.8° C to 24.2° C. The vocalizations were recorded at a distance of about 50 cm from the individuals, with a Marantz PMD671 digital recorder coupled to a Sennheiser ME66 directional microphone, and with a Panasonic RR-US450 digital recorder.

The recorded vocalizations were classified as advertisement call and aggressive call, and the specific functions of the vocalizations were determined by observations of the social context in which each call was emitted, including observations of many calls not recorded. Therefore, we considered the advertisement call as emitted by males in an attempt to attract conspecific females (Heyer et al. 1990, Duellmann & Trueb 1994) and the aggressive call as emitted in short-or long-distance interactions between conspecific males (Wells 2007). The parameters of the calls analyzed were the following: number of notes per call, note duration, time interval between notes, call duration, fundamental frequency, and dominant frequency. These parameters were chosen to enable comparison between

the descriptions of other calls of the genus *Crossodactylus*. The terminology used for call parameters follows Heyer et al. (1990) and Duellman & Trueb (1994).

The vocalizations were analyzed using the SoundRuler software (Gridi-Papp 2004; version 0.9.6.0) at a sampling frequency of 22050 Hz and a resolution of 16 bits. The sonograms were also produced with the SoundRuler software, including the following parameters: Fast Fourier Transformation (FFT) with 256 points, 100% frame, Hanning window type, and 90% overlap.

The advertisement call of *C. schmidtii* was compared to other advertisement calls described for congeners: *C. caramaschii* (Bastos & Pombal 1995), *C. gaudichaudii* (Weygoldt & Carvalho-e-Silva 1992), *C. cyclospinus* (Nascimento et al. 2005), and *C. bokermanni* (Pimenta et al. 2008). In describing the call of *C. gaudichaudii*, Weygoldt & Carvalho-e-Silva (1992) presented four types of calls. Only the fourth call (described as "The long range advertisement call") is compared here with the advertisement call of *C. schmidtii*, because it is the most similar. Individuals whose vocalizations were recorded were collected and deposited in the Herpetological Collection of the Universidade Federal de Santa Maria (Voucher specimens: ZUFMS 4669, 4670, 4672, 4677, 4678, 4695, 4696).

RESULTS

The advertisement and aggressive calls of *C. schmidtii* may be emitted alone, or the aggressive call may be emitted followed by the advertisement call. The advertisement call (Figures 1–2) of *C. schmidtii* is a long call (mean= 4.14 s, SD= 1.06, range= 2.23–5.75 s, n= 11 calls) and consists of several notes in harmonic structure (mean= 35, SD= 6.64, range= 13–45; n= 289 notes) and of short duration (mean= 0.022 s, SD= 0.007, range= 0.009–0.061 s, n= 289 notes). Mean note interval was 0.100 s (SD= 0.029, range= 0.017–0.249 s, n= 279 intervals) and mean dominant frequency was 3306 Hz (SD= 649, range= 2017–4280, n= 11 calls). The dominant frequency is located in the second or third harmonic. The fundamental frequency ranges from 1008 to 2071 Hz (Table 1).

The advertisement call was emitted at varying distances from the receiver female (30 cm to about 2 m), and some individuals were observed vocalizing with no female nearby. In this circumstance, the male emitted the call in several directions, constantly changing the position of his body.

The aggressive call (Figures 3–4) is longer than the advertisement call (mean= 11.31 sec, SD= 5.36, range= 6.78–24.42 s, n= 10 calls) and consists of fewer notes (mean= 26, SD= 9.81, range= 13–41, n= 211 notes). The duration of the note is similar to that found for the advertisement call (mean= 0.024 s, SD= 0.008, range= 0.011–0.041 s, n= 211 notes), however, the interval between notes is higher (mean= 0.507 s, SD= 0.127, range= 0.032–1.211 s, n= 199 intervals). The dominant frequency is similar to that found for the advertisement call (mean= 3394 Hz, SD= 768, range= 1998–4143, n= 10 calls) and, similarly to the advertisement call, may be located in the second or third harmonic. The fundamental frequency has a range between 999 and 2071 Hz.

The emission of the aggressive call was observed in interactions between nearby or distant males. While the aggressive call was emitted, the calling male was in a vigilant position and vocalizing toward another male. We also recorded vocalizations of individuals who emitted an aggressive call followed by the advertisement call (Figure 5).

DISCUSSION

The advertisement call of *Crossodactylus schmidtii* differs from other known advertisement calls for the genus, in its temporal structure, by having fewer notes per call and longer intervals between notes. The spectral structure differs by having lower values in the dominant frequency. The dominant frequency may be located in the second or third harmonic, as in the advertisement calls of *C. cyclospinus* (Nascimento et al. 2005) and *C. bokermanni* (Pimenta et al. 2008). In the advertisement call of *C. caramaschii* (Bastos & Pombal 1995), the dominant frequency is located in the third harmonic. In relation to note duration and call duration, the advertisement call of *C. schmidtii* shows intermediate values to those found for other *Crossodactylus* species.

Crossodactylus species have advertisement calls that are structurally similar to calls of several species of *Hylodes*, composed of several short harmonic notes. In all species of *Hylodes* whose advertisement call is known, the dominant frequency is located in the third harmonic (Lingnau & Bastos 2007), although in some calls of *H. cardosoi* Lingnau, Canedo & Pombal 2008 it is difficult to discern whether it is in the second or third harmonic (Lingnau et al. 2008). In *Crossodactylus* species, the

dominant frequency may be located in the second (Nascimento et al. 2005, Pimenta et al. 2008, present study), third (Bastos & Pombal 1995, Nascimento et al. 2005; Pimenta et al. 2008; present study), or both harmonics (Pimenta et al. 2008). Several studies suggest that the dominant frequency located in the third harmonic provides better propagation of the acoustic signal in environments with flowing water (Bastos & Pombal 1995; Wogel et al. 2004; Lingnau & Bastos 2007), and the higher the dominant frequency, the better the contrast with the low-frequency-dominated sound produced by running water in streams (Hödl & Amézquita 2001). The similarities between the location of the dominant frequency in calls of *Crossodactylus* and *Hylodes* may be evidence of a phylogenetic relationship between these genera (Bastos & Pombal 1995, Nascimento et al. 2005). Indeed, their relationship was reinforced in the phylogenetic analysis done by Grant et al. (2006). These similarities can also result from ecological characteristics of these species, which are predominantly diurnal and inhabit streams, and therefore must have their calls shaped by similar selective pressures that aim to minimize acoustic interference from the environment (Vielliard & Cardoso 1996).

While recording the vocalizations, we did not observe overlapping in the emission of the advertisement call among relatively close individuals, so the advertisement call must also serve to maintain a minimum spacing between males, reducing interference in the emission of the call and making it easier for the females to find individual males (Wells 1977). The behavior of constant vigilance and changes in position observed in calling males probably contributes to maintain the spacing between males and to increase the possibility to be heard by females. Similar behavior was observed for *Oophaga granulifera* Taylor, 1958 (Goodman 1971), *Anomaloglossus stepheni* Martins, 1989, *Allobates marchesianus* Melin, 1941 (Juncá 1998), and *Hypsiboas raniceps* Cope, 1862 (Guimarães & Bastos 2003).

Prior to this study, the emission of aggressive calls by species of the genus *Crossodactylus* was described only for *C. gaudichaudii* (Weygoldt & Carvalho-e-Silva 1992). The aggressive call of *C. schmidtii* was emitted by both nearby and distant males, while the aggressive call of *C. gaudichaudii* was emitted only in interactions between nearby males. In the temporal structure, the aggressive call of *C. schmidtii* differs from *C. gaudichaudii* basically in having more notes. Data on dominant frequency were not supplied for the aggressive call of *C. gaudichaudii*, making it difficult to compare the spectral characteristics.

Aggressive calls of most anurans are often variations of the advertisement call, with similar dominant frequencies, but differ in temporal structure (Wells 2007). The aggressive call of *C. schmidtii* is indeed similar to the advertisement call, differing only in the more spaced and fewer notes and the longer duration of the call, which gives the aggressive call a long and slow aspect. When individually analyzed, the notes that make up the advertisement and aggressive calls of *C. schmidtii* show very similar temporal and spectral structures, and the human ear can only distinguish between the two calls by their temporal characteristics. Although the maximum amplitude of the length of the aggressive call was 24.42 seconds, this appears to be a quite variable call in duration, as we observed several males emitting longer calls (vocalizations not recorded).

The advertisement and aggressive calls were regularly interspersed, but we also noted the emission of an aggressive call followed by the advertisement call. Even when an aggressive call followed by the advertisement call occurs, the functions of the two calls are clearly distinct: to keep conspecific males away and to attract females, respectively. The combination of two calls with distinct functions is reported in several species, such as *C. cyclopinus* (Nascimento et al. 2005) and *Hypsiboas ericae* Caramaschi & Cruz, 2000 (Garcia & Haddad 2008). For males of *C. schmidtii*, who spend much time in agonistic interactions (authors, pers. obs.), the combination of aggressive and advertisement calls should serve as a strategy to increase efficiency in the emission of the calls.

Although *C. schmidtii* belongs to another group of species, some characteristics of its advertisement call are very similar to the calls known for the species of the *C. gaudichaudii* group. However, we recorded some differences in the advertisement call of *C. schmidtii* in contrast to the advertisement calls of species of the *C. gaudichaudii* group: fewer notes per call, the longest interval between the notes, and lower values of dominant frequency. Descriptions of the calls of species from the *C. trachystomus* group (*C. trachystomus* Lütken & Reinhardt, 1862, *C. grandis* Lutz, 1951, and *C. dispar* Lutz, 1925) are necessary in order to make a better comparative assessment of the acoustical characteristics of the calls of the genus *Crossodactylus*. Future studies should also focus on the occurrence of aggressive calls in *Crossodactylus* species.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to SEMA–RS for allowing access to the Parque Estadual do Turvo (permit No. 302) and to ICMBio-IBAMA for the collecting permit (license No. 18320–1). V.M.C. and S.I. are grateful to CAPES for the master’s degree fellowships granted, and S.Z.C. is grateful to CNPq for a research fellowship (process No. 303359/2009–9). We also thank Diego J. Santana for help in using SoundRuler, Rodrigo Lingnau for valuable suggestions on the manuscript, and Tiago Bertaso and Victor Lipinski for their help in the fieldwork.

REFERENCES

- Bastos, R.P., Pombal Jr., J.P. (1995): New species of *Crossodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from the Atlantic rain forest of southeastern Brazil. *Copeia* 2: 436–439.
- Caldart, V.M., Iop, S., Santos, T.G. dos, Cechin, S.T.Z. (2010): Extension of the geographical distribution of two anuran species for Rio Grande do Sul state, Brazil, with comments on natural history. *Biota Neotropica* 10: 143-147.
- Caramaschi, U., Sazima, I. (1985): Uma nova espécie de *Crossodactylus* da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Amphibia, Leptodactylidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 3: 43–49.
- Duellman, W.E., Trueb, L. (1994): *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, Baltimore and London.
- Faivovich, J. (1998): Comments on the larvae of the Argentine species of the genus *Crossodactylus* (Leptodactylidae, Hylodinae). *Alytes* 16: 61–67.
- Frost, D.R. (2010): *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 5.4 (8 April, 2010). American Museum of Natural History, New York, USA. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia>, accessed on: 2010.07.20.
- Gallardo, J.M. (1961): Anfíbios anuros de Misiones con la descripción de una nueva especie de *Crossodactylus*. *Neotropica* 7: 33–38.

Garcia, P.C.A., Haddad, C.F.B. (2008): Vocalizations and comments on the relationship of *Hypsiboas ericae* (Amphibia, Hylidae). *Iheringia Série Zoologia* 98: 161–166.

Goodman, D.E. (1971): Territorial behavior in a neotropical frog, *Dendrobates granuliferus*. *Copeia* 1971: 365–379.

Grant, T., Frost, D.R., Caldwell, J.P., Gagliardo, R., Haddad, C.F.B., Kok, P.J.R., Means, B.D., Noonan, B.P., Schargel, W.E., Wheeler, W.C. (2006): Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 299: 1–262.

Gridi-Papp, M. (2004): SoundRuler, version 0.9.6.0: Acoustic Analysis for Research and Teaching (ed.). 2003 – 2007. Accessible at: <http://soundruler.sourceforge.net>.

Guimarães, L.D., Bastos, R.P. (2003): Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. *Iheringia Série Zoologia* 93: 149–158.

Heyer, W.R., Rand, A.S., Cruz, C.A.G. da., Peixoto, O.L., Nelson, C.E. (1990): Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia* 31: 231–410.

Hödl, W., Amézquita, A. (2001): Visual signalling in anuran amphibians. pp 121–141. In: Ryan, M.J. (editor). *Anuran Communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Juncá, F.A. (1998): Reproductive biology of *Colostethus stepheni* and *Colostethus marchesianus* (Dendrobatidae), with the description of a new anuran mating behavior. *Herpetologica* 54: 377–387.

Lingnau, R., Bastos, R.P. (2007): Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. *Journal of Natural History* 41: 1227–1235.

Lingnau, R., Canedo, C.C., Pombal Jr., J.P. (2008): A new species of *Hylodes* (Anura: Hylodidae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Copeia* 2008: 595–602.

Maluf, J.R.T. (2000): Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8: 141–150.

Nascimento, L.B., Feio, R.N., Cruz, C.A.G. (2005): A new species of diurnal frog in the genus *Crossodactylus* Duméril and Bibron, 1841 (Anura, Leptodactylidae) from southeastern Brazil. *Amphibia–Reptilia* 26: 497–505.

Pimenta, B.V.S., Wachlevski, M, Cruz, C.A.G. (2008): Morphological and Acoustical Variation, Geographic Distribution, and Conservation Status of the Spinythumb Frog *Crossodactylus bokermanni* Caramaschi and Sazima, 1985 (Anura, Hylodidae). *Journal of Herpetology* 42: 481–492.

Prado, D.E. (2000): Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh Journal of Botany* 57: 437–461.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. (2005): Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo. Estado do Rio Grande do Sul: [s.n.], 348 p.

Stebbins, R.C., Cohen, N.W. (1995): *A Natural History of Amphibians*. Princeton University Press, New Jersey.

Vielliard, J.M.E., Cardoso, A.J. (1996): Adaptação de sinais sonoros de anfíbios e aves a ambientes de riachos com corredeiras. In *Herpetologia neotropical*. Acta Del II Congreso Latino Americano de Herpetologia, Universidad de Los Andes (J.E. Pefaur, ed.). Consejo de Desarrollo, Humanístico y Tecnológico, Merida, Venezuela 2:97-119.

Wells, K.D. (1977): The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25: 666–693.

Wells, K.D. (2007): *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago and London.

Weygoldt, P., Carvalho-e-Silva, S.P. (1992): Mating and oviposition in the Hylodine frog *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura: Leptodactylidae). *Amphibia–Reptilia* 13: 35–45.

Wogel, H., Abrunhosa, P.A., Weber, L.N. (2004): The tadpole, vocalizations and visual displays of *Hylodes nasus* (Anura, Leptodactylidae). *Amphibia–Reptilia* 25: 219–117.

Table 1. Temporal and spectral characteristics of the advertisement call among species of *Crossodactylus*. Values are presented as mean, standard deviation (SD), and range. References: *C. schmidti* (present study); *C. bokermanni* (Pimenta et al. 2008); *C. cyclospinus* (Nascimento et al. 2005); *C. caramaschii* (Bastos & Pombal 1995); *C. gaudichaudii* (Weygoldt & Carvalho-e-Silva 1992).

| Species | Dominant frequency (Hz) | Fundamental frequency (Hz) | Notes per call | Note duration (s) | Internote interval (s) | Call duration (s) | Air temperature |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| <i>C. schmidti</i> | 3306 SD= 649 (2017–4280) | 1565 SD= 354 (1008–2071) | 35 SD= 6.64 (13–45) | 0.022 SD= 0.007 (0.009–0.061) | 0.100 SD= 0.029 (0.017–0.249) | 4.14 SD= 1.06 (2.23–5.75) | 18.8° C to 24.2° C |
| <i>C. bokermanni</i> | 3894 SD= 525 (1802–4826) | — | 58.8 SD= 26.2 (13–121) | 0.014 SD= 0.005 (0.001–0.033) | 0.092 SD= 0.021 (0.056–0.265) | 4.95 SD= 1.9 (1.4–10.1) | 23.9° C |
| <i>C. cyclospinus</i> | 4981 SD= 626.6 (3488–5447) | (700–1200) | 63.3 SD= 11.9 (35–98) | 0.028 SD= 0.004 (0.003–0.04) | 0.04 SD= 0.003 (0.029–0.065) | 4.33 SD= 0.74 (3.57–6.25) | 30° C |
| <i>C. caramaschii</i> | 5000 | 1600 | 56.83 SD= 5.41 (49–69) | — | — | 5.50 SD= 0.54 (4.71–6.09) | 24° C |
| <i>C. gaudichaudii</i> | — | (2000–5500) | (25–130) | (0.04–0.05) | (0.04–0.05) | (2.0–13.0) | 22° C |

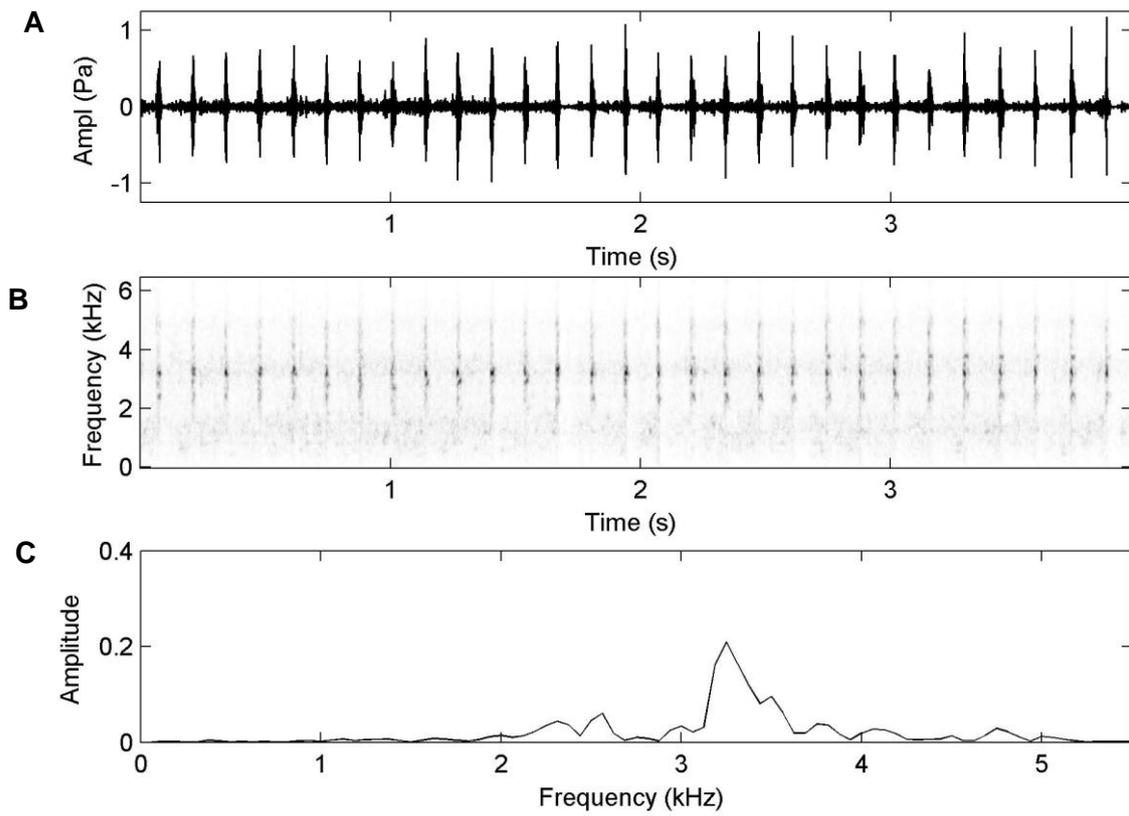


Figure 1. Advertisement call of *Crossodactylus schmidtii*: oscillogram (A), audiospectrogram (B), and power spectrum (C). Call recorded in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul, Brazil, on 10 January 2010; 20:00 h; air temperature 23.4°C; SVL 28.33 mm. Voucher specimen: ZUFSM 4677.

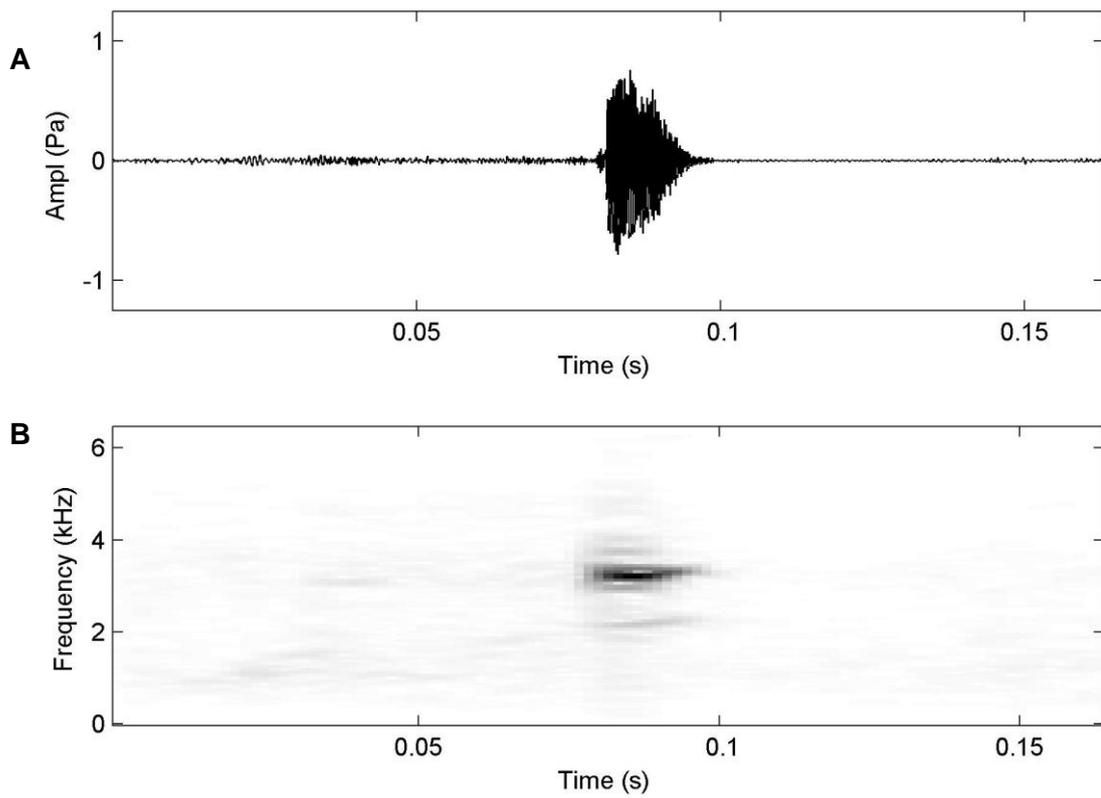


Figure 2. Isolated note of the advertisement call of *Crossodactylus schmidtii*: oscillogram (A) and audiospectrogram (B). Call recorded in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul, Brazil, on 10 January, 2010; 20:00 h; air temperature 23.4°C; SVL 28.33 mm. Voucher specimen: ZUFMS 4677.

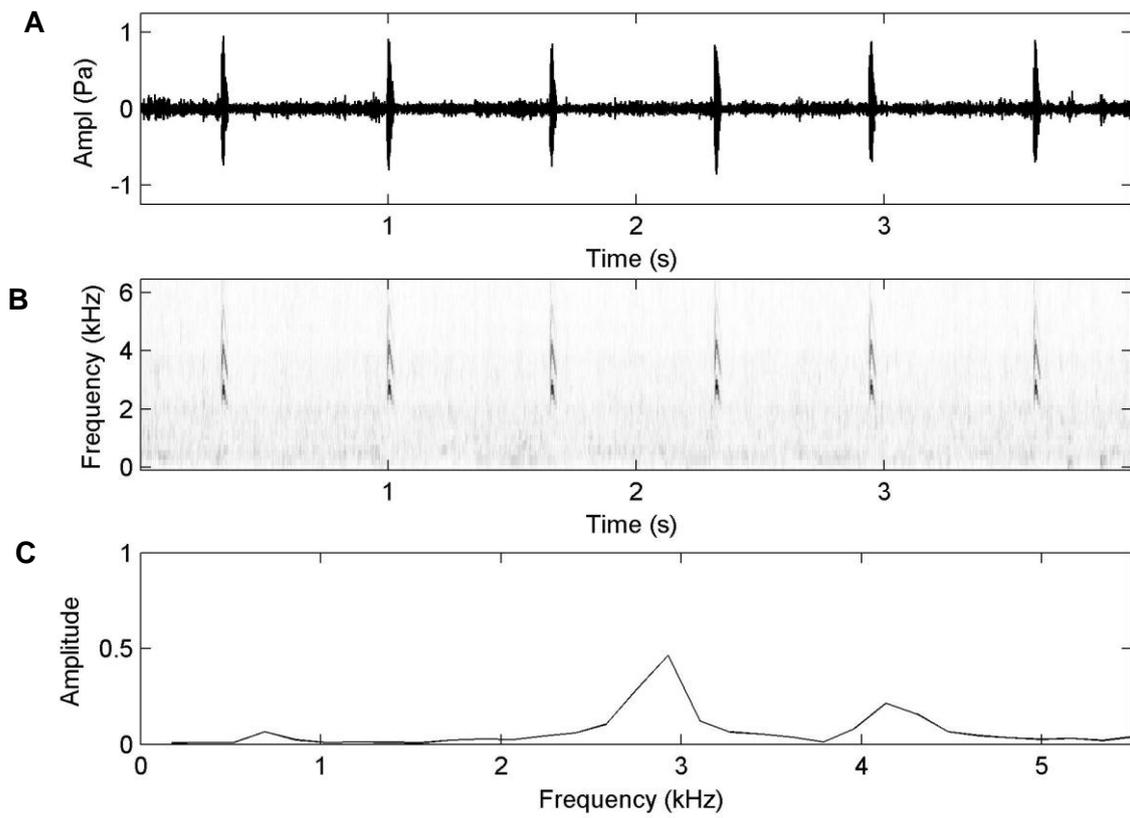


Figure 3. Aggressive call of *Crossodactylus schmidtii*: oscillogram (A), audiospectrogram (B), and power spectrum (C). Call recorded in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul, Brazil, on 20 October 2009; 20:00 h; air temperature 18.8 °C; SVL 28.72 mm. Voucher specimen: ZUFMS 4695.

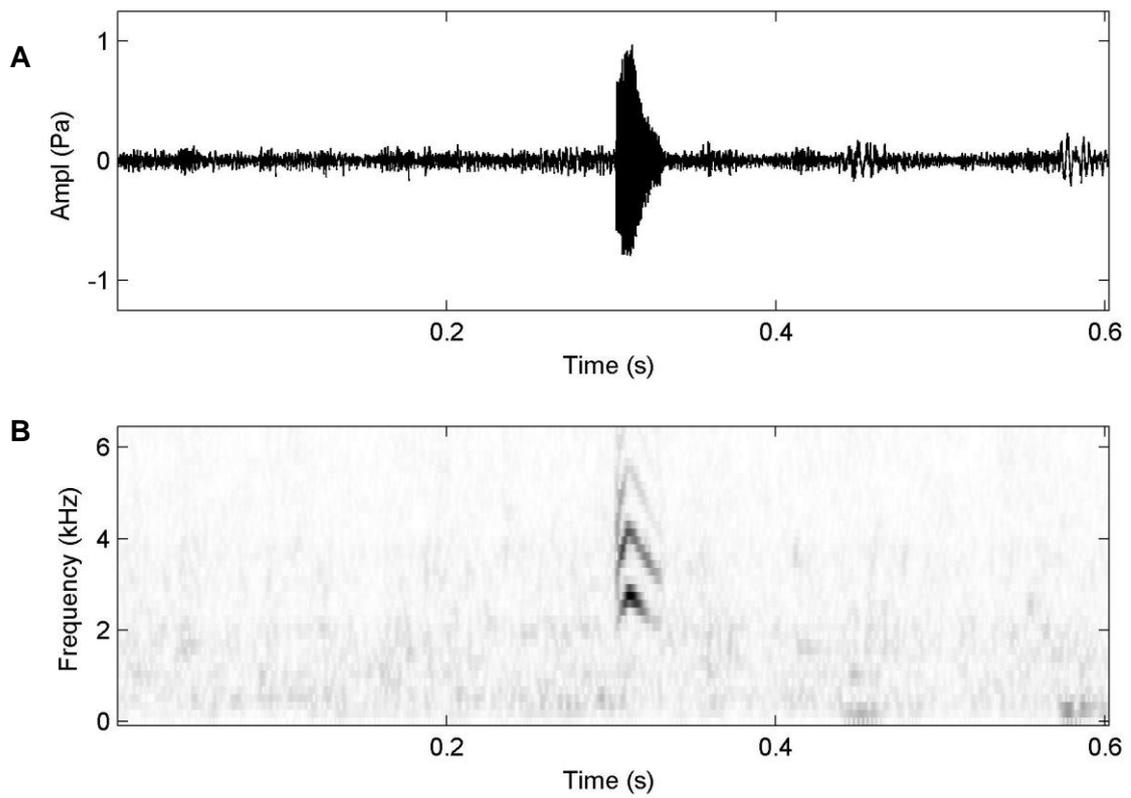


Figure 4. Isolated note of the aggressive call of *Crossodactylus schmidtii*: oscillogram (A) and audiospectrogram (B). Call recorded in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul, Brazil, on 20 October 2009; 20:00 h; air temperature 18.8 °C; SVL 28.72 mm. Voucher specimen: ZUFSM 4695.

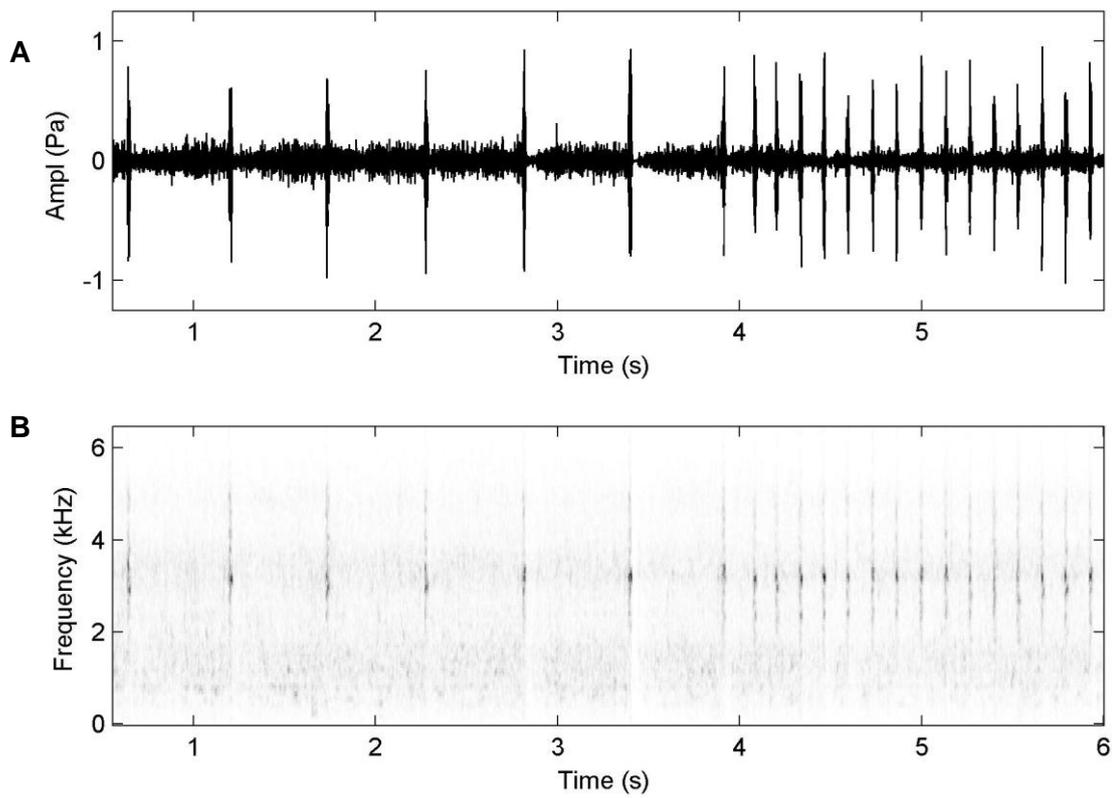


Figure 5. Aggressive call of *Crossodactylus schmidtii* followed by the advertisement call: oscillogram (A) and audiospectrogram (B). Call recorded in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul, Brazil, on 10 January 2010; 20:00 h; air temperature 23.4°C; SVL 28.33 mm. Voucher specimen: ZUFSM 4677.

ARTIGO 2

DIETA DE *CROSSODACTYLUS SCHMIDTI* GALLARDO, 1961 (ANURA, HYLODIDAE) E DISPONIBILIDADE DE PRESAS

RESUMO

A dieta de *Crossodactylus schmidti* foi estudada de setembro de 2009 a março de 2010 em uma localidade de Floresta Estacional Semidecídua no sul do Brasil, o Parque Estadual do Turvo, a partir de 93 conteúdos estomacais obtidos através da técnica de regurgitação (n= 80) e da análise dos conteúdos estomacais de espécimes coletados (n= 13). Determinamos a amplitude do nicho alimentar da espécie, avaliamos a relação da dieta com a disponibilidade de presas no ambiente e testamos as diferenças ontogenéticas e sexuais na composição da dieta. Dezenove categorias de presas foram consumidas, sendo formigas, besouros e dípteros as que apresentaram os maiores valores de importância. Apesar da dieta variada, a amplitude alimentar foi baixa, com poucas categorias de presas consumidas predominantemente. Formigas, dípteros e aranhas foram consumidas em proporção semelhante à estimada no ambiente. Não houve relação entre a largura da boca e o comprimento médio e/ou volume das presas consumidas, mas as diferenças na composição da dieta entre machos e fêmeas e entre adultos e juvenis foram significativas. Considerando a dieta variada, a relação entre os itens mais importantes da dieta com a disponibilidade no ambiente, e a estreita amplitude do nicho alimentar, *C. schmidti* parece ser um forrageador oportunista, de hábitos alimentares similares aos de outras espécies do gênero. As semelhanças na importância de itens como formigas, besouros, dípteros e larvas de insetos na dieta *C. schmidti* e na de outras espécies do gênero sugere uma forte influência filogenética.

PALAVRAS-CHAVE: *Crossodactylus schmidti*. Dieta. Amplitude de nicho. Disponibilidade de presas. Eletividades.

ABSTRACT

The diet of *Crossodactylus schmidtii* was studied from September 2009 to March 2010 in a locality of Mesophytic Semideciduous Forest in southern Brazil, the Parque Estadual do Turvo, based on 93 stomach contents obtained by the technique of regurgitation (n= 80) and analysis of stomach contents of collected specimens (n= 13). We determined the diet niche breadth, evaluated the relationship of diet composition with prey availability in the environment, and we also looked for ontogenetic and sexual changes in the diet composition. Nineteen categories of prey were consumed, and ants, beetles and flies presented the highest importance values. Despite the varied diet, the diet niche breadth was low, with few prey categories consumed predominantly. Ants, flies and spiders were consumed in similar proportion to that estimated in the environment. There was no relationship between mouth width and length and/or volume of prey consumed, but the differences in diet composition between males and females, and between adults and juveniles, were significant. Considering the varied diet, the relationship between the most important items of diet with their availability in the environment, and the narrow niche breadth found, *C. schmidtii* seems to be an opportunistic forager with feeding habits similar to other species of the genus. The similarities in the importance of items such as ants, beetles, flies and insect larvae in diet of *C. schmidtii* and other species of the genus suggest a strong phylogenetic influence.

KEYWORDS: *Crossodactylus schmidtii*. Diet. Niche breadth. Prey availability. Electivities.

INTRODUÇÃO

A dieta da maioria dos anfíbios anuros é composta principalmente por artrópodes (VITT & CALDWELL, 2009), mas por consumirem diversos invertebrados e por causa do seu comportamento oportunista, são geralmente considerados predadores generalistas (DUELMANN & TRUEB, 1994). No entanto, outra espécies apresentam dieta pouco variada ou mesmo especializada em determinado tipo de presa. Várias espécies das famílias Dendrobatidae, Bufonidae e Microhylidae, por exemplo, especializaram-se em consumir formigas (WELLS, 2007). Para muitas espécies de dendrobatídeos, em especial, têm se acumulado evidências de que a especialização em formigas, cupins e outros pequenos artrópodes possui relação com a produção de alguns alcalóides tóxicos encontrados na pele desses anuros (DALY et al., 1994; DARST et al., 2005; SAPORITO et al., 2007).

Os mecanismos de alimentação dos anfíbios evoluíram em resposta às pressões seletivas e às restrições filogenéticas, de modo que a dieta pode ser influenciada por fatores que incluem restrições morfológicas, restrições fisiológicas, estratégias e sítios de forrageamento adotados, bem como a disponibilidade de presas no ambiente. A disponibilidade de presas de tipos e de tamanhos adequados é considerada uma restrição básica na dieta dos anfíbios (DUELMANN & TRUEB, 1994). Apesar disso, poucos estudos avaliaram a disponibilidade de presas no ambiente para interpretar os padrões alimentares encontrados. Em um estudo sobre os hábitos de forrageamento de anuros de serrapilheira do Panamá e a disponibilidade de presas, Toft (1981) encontrou espécies tipicamente senta-e-espera consumindo presas grandes e móveis em pouca quantidade, e espécies forrageadoras ativas consumindo presas pequenas e móveis, mas em grande quantidade. Apesar desses dois tipos básicos de estratégias de forrageamento em anuros, um mesmo indivíduo pode utilizar diferentes estratégias de acordo com a disponibilidade de presas no ambiente (DUELMANN & TRUEB, 1994).

Diferenças ontogenéticas na dieta de anuros têm sido bem estudadas e revelaram relação entre o tamanho dos indivíduos e o tamanho das presas consumidas, com os indivíduos passando a consumir presas maiores progressivamente conforme crescem (WELLS, 2007). Enquanto esse padrão é observado para muitas espécies de anuros, outras podem apresentar diferenças ontogenéticas na composição da dieta sem que haja relação do tamanho do

predador com o tamanho das presas consumidas, ocorrendo nesses casos uma mudança nas proporções de presas consumidas por indivíduos de diferentes tamanhos (BLACKBURN & MOREAU, 2006). Entre machos e fêmeas também podem ocorrer diferenças significativas na dieta devido a diferentes necessidades energéticas entre os sexos, assim como resultado da possível variação na disponibilidade de presas em diferentes épocas do ano (MANEYRO et al., 2004).

A família Hylodidae é composta por espécies predominantemente diurnas que habitam riachos de interior de mata (JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006), e está representada atualmente por 42 espécies agrupadas nos gêneros *Hylodes* (24 espécies), *Crossodactylus* (11 espécies) e *Megaelosia* (sete espécies). Apesar do considerável número de espécies, estudos da dieta de espécies da família Hylodidae foram realizados apenas para *Crossodactylus aeneus* Müller, 1924 (JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006), *C. bokermanni* Caramaschi e Sazima, 1985 (WACHLEVSKI et al., 2008), *C. gaudichaudii* Duméril e Bibron, 1841 e *Hylodes fredii* Canedo e Pombal, 2007 (ALMEIDA-GOMES et al., 2007). *Crossodactylus schmidti* Gallardo, 1961 é a única representante do grupo *C. schmidti* (CARAMASCHI & SAZIMA, 1985) e possui ocorrência conhecida apenas para localidades de Floresta Estacional Semidecídua (*sensu* OLIVEIRA FILHO & FONTES, 2000) no sul do Paraguai, norte da Argentina e nos estados brasileiros do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CALDART et al., 2010; LUCAS & GARCIA, 2011).

No presente estudo, analisamos (1) a composição da dieta de *C. schmidti* de uma localidade de Floresta Estacional Semidecídua no sul do Brasil, (2) determinamos a amplitude do nicho alimentar e calculamos eletividades, para avaliar a relação da dieta com a disponibilidade de presas no ambiente, e (3) testamos a existência de diferenças ontogenéticas e sexuais na composição da dieta.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual do Turvo (PET), localizado no município de Derrubadas (27°14'34.08"S, 53°57'13.74"W), noroeste do estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2005). O PET possui uma área de 17.491,4 *ha* e constitui o maior remanescente preservado de Floresta Estacional Semidecídua (*sensu*

OLIVEIRA FILHO & FONTES, 2000) do estado do Rio Grande do Sul. O clima local é do tipo Subtropical Subúmido com Verão Seco (ST SB v de MALUF, 2000), com pluviosidade média anual de 1665 mm e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (SEMA, 2005).

Coleta e análise dos dados

De setembro de 2009 a março de 2010, mensalmente, indivíduos de *C. schmidtii* foram coletados manualmente em dois riachos para análise do conteúdo estomacal. O conteúdo estomacal de 80 indivíduos foi obtido através de injeção oral por meio de sonda específica para induzir regurgitação (SOLÉ et al., 2005), técnica que evita a coleta de indivíduos e tem se mostrado eficiente para estudos de dieta de anuros (LEGLER & SULLIVAN, 1979; SOLÉ et al., 2005). Adicionalmente aos conteúdos obtidos pela técnica de regurgitação, 13 indivíduos coletados no mesmo período e nos mesmos riachos tiveram o conteúdo estomacal analisado. Estes exemplares foram depositados na Coleção de Herpetologia da Universidade Federal de Santa Maria (Voucher: ZUFSM 4587, 4673-75, 4682-84, 4686, 4689-93). Os indivíduos submetidos à análise do conteúdo estomacal tiveram medidas de comprimento rostro-cloacal (CRC), largura da boca (LB) e massa registradas no momento da coleta, com paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) e dinamômetro Pesola® (precisão de 0,25 g), respectivamente, e foram distinguidos em machos, fêmeas e juvenis. Machos e fêmeas foram distinguidos pela presença/ausência de saco vocal, e os juvenis foram identificados por apresentarem espinhos digitais pouco desenvolvidos ou ausentes.

A disponibilidade de presas potenciais no ambiente foi estimada utilizando-se 30 recipientes plásticos de 300 ml dispostos ao longo de ambas as margens de um dos riachos (15 em cada margem) e enterrados no solo a cada 5 metros, à cerca de um metro da água. Assim, as transecções abrangeram 75 metros em cada uma das margens (Apêndice B). Os recipientes continham água e detergente para quebrar a tensão superficial e foram revisados durante três dias consecutivos ao mês, de setembro de 2009 a março de 2010, no mesmo período em que os conteúdos estomacais foram obtidos. A disponibilidade de potenciais presas aquáticas e voadoras não foi estimada.

A composição da dieta foi analisada em termos de freqüência de ocorrência, além do número e volume de cada categoria de presa. A identificação das presas foi realizada até o nível de ordem (família para as formigas), e o volume de cada item alimentar foi estimado através da fórmula de um elipsóide:

$$V = 4/3 \pi \times (L/2) \times (W/2)^2$$

em que L corresponde ao maior comprimento e W a maior largura do item alimentar (DUNHAM, 1983). Estas medidas foram obtidas a partir da superfície dorsal da presa, através de uma câmera acoplada a estereomicroscópio. Um índice de importância (Ix) foi calculado para cada categoria de presa, obtido através da soma das proporções numérica, volumétrica e da freqüência de ocorrência de cada categoria, dividido por três.

A partir da obtenção do índice de importância para as categorias de presas, foram avaliadas diferenças na composição da dieta entre os grupos (machos – fêmeas; adultos – juvenis) através do Teste G. Analisamos, também, mudanças ontogenéticas relacionadas ao tamanho das presas consumidas, através de regressões lineares entre o comprimento médio e o volume das presas com a largura da boca dos indivíduos. Diferenças nas medidas morfométricas (CRC, LB e massa) entre machos e fêmeas foram avaliadas pelo Teste t. As análises foram feitas no programa BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007), considerando um nível de significância estatística de 0,05. A suficiência amostral para avaliar a composição da dieta foi analisada por meio de uma curva de acumulação dos itens alimentares, através do programa Estimates 8.0 (COLWELL, 2006), usando 1000 randomizações.

Foi determinada a amplitude do nicho alimentar para a espécie e para os grupos (machos, fêmeas, adultos e juvenis) e a porcentagem de sobreposição da dieta entre eles (machos – fêmeas; adultos – juvenis), considerando a proporção numérica das categorias de presas. Ambas as medidas foram obtidas no programa Ecological Methodology (KREBS, 1999). A amplitude do nicho alimentar foi obtida através do índice de Levins padronizado (KREBS, 1999), em que se obtém primeiramente o valor do índice de Levins (B), que posteriormente é padronizado para uma escala de 0-1. O índice de Levins padronizado é obtido pela seguinte equação: $B_A = B - 1 / n - 1$; em que B_A corresponde à amplitude de nicho padronizada

de Levins, B é a medida de amplitude de nicho de Levins, n corresponde ao número de recursos utilizados, e P_j é a fração do item j na dieta. A amplitude de nicho padronizada de Levins varia de zero (mínima amplitude), quando há uso exclusivo de uma única categoria de recurso, a um (máxima amplitude), quando todas as categorias de recursos são utilizadas igualmente (KREBS, 1999). A espécie é considerada como tendo uma grande amplitude no uso dos recursos quando $B_A \geq 0,5$. A sobreposição na dieta entre os grupos (machos – fêmeas; adultos – juvenis) foi calculada através da medida de porcentagem de sobreposição (KREBS, 1999), definida pela seguinte equação:

$$P_{jk} = [\sum^n (\text{minimum } P_{ij}, P_{ik})] \times 100$$

onde P_{jk} é a porcentagem de sobreposição entre os grupos j e k , P_{ij} e P_{ik} correspondem as proporções da presa i consumida pelos grupos j e k , e n é o número total de categorias de presas. Por fim, para avaliar se o consumo de presas por *C. schmidtii* ocorreu na mesma proporção à disponibilidade das presas no ambiente, foram calculadas eletividades através do método de Jacobs (1974), definido pela seguinte equação:

$$D = d_k - f_k / (d_k + f_k) - (2 \times d_k \times f_k)$$

em que d_k é a proporção da presa k na dieta e f_k é a proporção da presa k no ambiente. O valor das eletividades (D) varia de 1, quando há seleção ou preferência pela presa, até -1, quando a presa está ausente na dieta mas está presente no ambiente. Um valor intermediário (zero) quer dizer que a presa foi consumida na mesma proporção em que foi estimada para o ambiente. Para essa análise foram mantidas apenas as categorias estimadas no ambiente que representavam de fato presas possíveis de serem consumidas por *C. schmidtii*, excluindo-se aquelas que não poderiam ser predadas devido a restrições morfológicas (i.e., tamanho muito grande).

RESULTADOS

De um total de 113 indivíduos submetidos à regurgitação, 33 (29,2%) não apresentaram conteúdo estomacal, e 80 indivíduos (70,8%) apresentaram conteúdo. Os outros 13 indivíduos coletados também apresentaram conteúdo estomacal, totalizando 93 conteúdos analisados. A dieta de *Crossodactylus schmidtii* foi composta por 19 categorias de presas (Tabela 1). Outras duas categorias artificiais foram criadas para agrupar os conteúdos de restos não identificados de artrópodes e restos de material vegetal. A curva de acumulação para os itens alimentares apresentou formato ascendente, mas com tendência à estabilização (Figura 1).

O comprimento rostro-cloacal médio dos indivíduos adultos analisados foi de 27,87 mm ($\pm 2,26$ mm; amplitude: 24,04 mm - 33,31 mm), e o comprimento médio da largura da boca foi de 8,95 mm ($\pm 0,58$ mm; amplitude: 7,67 mm - 11,14 mm). A massa média dos indivíduos adultos foi de 2,45 g ($\pm 0,58$ g; amplitude: 1,3 g - 4,1 g). Fêmeas foram significativamente maiores e mais pesadas do que os machos (Figura 2). Não foi observada relação entre o comprimento médio e o volume das presas com a largura da boca dos indivíduos (comprimento médio das presas: $F = 2,37$; $P = 0,1$; R^2 ajustado = 0,02; volume das presas: $F = 1,31$; $P = 0,25$; R^2 ajustado = 0,004). As regressões foram feitas utilizando-se apenas a largura da boca como variável preditora, pois houve forte correlação positiva entre as medidas morfométricas (CRC e LB: $r = 0,85$; $p < 0,001$; CRC e massa: $r = 0,88$; $P < 0,001$; LB e massa: $r = 0,78$; $P < 0,001$).

As categorias de presas que apresentaram maiores valores de importância para o total dos conteúdos estomacais analisados foram Formicidae ($Ix = 37,29$), Coleoptera ($Ix = 19,44$) e Diptera ($Ix = 14,58$). Categorias como Coleoptera (Larva), Araneae e Diptera (Larva) também apresentaram valores de importância elevados. Houve pouca diferença nas categorias mais importantes para os conteúdos estomacais individuais (Figura 3). A média de itens encontrados nos conteúdos foi de 6,66 ($\pm 9,16$), e a média de categorias (= taxa) encontradas foi de 2,85 ($\pm 1,96$).

Houve diferença significativa na composição da dieta de machos e fêmeas ($G = 39,55$; $P = 0,01$) e de adultos e juvenis ($G = 33,84$; $P = 0,01$) considerando o índice de importância (Tabela 2). O espectro alimentar dos machos foi composto de 18 categorias de presas, das quais as mais importantes foram Formicidae, Coleoptera e Araneae, enquanto o espectro alimentar das fêmeas abrangeu 15 categorias,

sendo Formicidae, Diptera e Coleoptera as mais importantes. Em relação aos adultos, indivíduos juvenis consumiram mais Lepidoptera (Larva) e Gastropoda, mas sua dieta abrangeu um menor espectro alimentar (13 categorias) do que a dos adultos (19 categorias). Apesar das diferenças encontradas na composição da dieta entre os grupos, para todos eles Formicidae foi a categoria de maior importância (Figura 4).

Apesar da dieta variada, *C. schmidtii* apresentou uma estreita amplitude de nicho alimentar ($B_A < 0,5$) para todos os grupos avaliados, ou seja, houve baixa equitabilidade no consumo das diferentes categorias alimentares. Da mesma forma, apesar das diferenças significativas na composição das dietas de machos e fêmeas e de adultos e juvenis, houve sobreposição de cerca de 61% da dieta de machos e fêmeas, e de 77% da dieta de adultos e juvenis (Tabela 2).

Os maiores valores das eletividades foram encontrados para Gastropoda ($D = 0,99$), Coleoptera (Larva) ($D = 0,84$) e Diptera (Larva) ($D = 0,80$), enquanto que os menores foram obtidos para Collembola ($D = -0,89$), Orthoptera ($D = -0,72$) e Lepidoptera ($D = -0,49$). Presas como Diptera ($D = 0,02$), Formicidae ($D = 0,21$) e Araneae ($D = 0,28$), foram consumidas em proporção semelhante à proporção estimada para o ambiente (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Crossodactylus schmidtii possui a dieta mais variada dentre as espécies do gênero cuja dieta é conhecida. Entretanto, as espécies de *Crossodactylus* apresentam muita semelhança nos itens mais importantes consumidos. A dieta de *C. schmidtii* foi composta predominantemente por insetos, sendo formigas, besouros e dípteros as categorias de maior importância, semelhante ao que foi encontrado para *C. aeneus* (JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006). Almeida-Gomes et al. (2007) encontraram resultados parecidos para *C. gaudichaudii* e *Hylodes fredii*, a primeira espécie alimentando-se principalmente de formigas, dípteros e larvas de insetos, e a segunda de larvas de insetos, formigas e besouros. Para *Crossodactylus bokermanni* as presas mais representativas foram formigas, dípteros e larvas de insetos (WACHLEVSKI et al., 2008). Tal similaridade já havia sido discutida por Wachlevski et al. (2008), que a atribuíram a fatores filogenéticos e à disponibilidade de presas nas margens dos riachos onde vivem as espécies de Hylodidae.

As formigas, principal item da dieta de *C. schmidti*, estão entre os insetos mais abundantes nos ecossistemas terrestres (BORROR & DELONG, 1988) e constituem a principal presa consumida por anuros de diferentes famílias. Enquanto algumas espécies apresentam dieta especializada em formigas, como o microhilídeo *Elachistocleis bicolor* Guérin-Méneville, 1838 (SOLÉ et al., 2002) e dendrobatídeos dos gêneros *Dendrobates* e *Phyllobates* (DARST et al., 2005), para outras a dieta pode ser muito variada apesar da importância das formigas na sua composição. Espécies como *Anomaloglossus stepheni* Martins, 1989 (LIMA & MOREIRA, 1993), *Ameerega flavopicta* Lutz, 1925 (BIAVATI et al., 2004), *Thoropa miliaris* Spix, 1824 (SIQUEIRA et al., 2006) e *Thoropa taophora* Miranda-Ribeiro, 1923 (BRASILEIRO et al., 2010), por exemplo, consomem formigas em grande quantidade mas possuem dietas variadas. Até o momento, os estudos realizados com espécies de Hylodidae têm evidenciado esse mesmo padrão de dietas compostas por várias categorias de presas, mas com elevado consumo de formigas (ALMEIDA-GOMES et al., 2007; JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006, WACHLEVSKI et al., 2008).

A análise das eletividades revelou que os itens mais importantes na dieta de *C. schmidti* tiveram alguma relação com sua abundância no ambiente. De acordo com Duellman e Trueb (1994), anfíbios anuros podem ser considerados predadores oportunistas quando a dieta apresenta relação com a disponibilidade de presas. Por outro lado, colêmbolos e ortópteros foram pouco consumidos apesar da sua abundância no ambiente (colêmbolos constituíram mais de 50% das presas no ambiente). Lepidópteros adultos também tiveram baixa eletividade, mas não são presas comuns na dieta de anuros, por serem insetos voadores. Algumas categorias de presas não tiveram eletividades calculadas por não terem sido registradas nas armadilhas de queda (i.e., psocoptera, trichoptera, pseudoscorpiones).

A baixa proporção de gastrópodes e de larvas de dípteros no ambiente resultou em altas eletividades, mas é provável que isso se deva a um viés da amostragem, e, portanto, não deve ser interpretado como seleção da espécie por esses itens. É possível que a amostragem das presas nas margens do riacho tenha subestimado a disponibilidade de gastrópodes e larvas de dípteros, que são mais facilmente encontrados na água. Dificilmente os métodos que avaliam a disponibilidade de presas conseguem abranger todos os microhabitats utilizados por elas, gerando alguns valores de eletividades que podem não refletir seletividade. Flowers & Graves (1995) analisaram a dieta de dois bufonídeos e também

encontraram um viés na amostragem das presas no ambiente, que subestimou a disponibilidade de larvas. Apesar da dieta variada, *C. schmidti* apresentou uma estreita amplitude de nicho alimentar, pois poucas categorias responderam pela maior porcentagem da composição de dieta (i.e., Formicidae Coleoptera e Diptera). Este padrão também foi observado quando a amplitude alimentar foi analisada separadamente para machos, fêmeas, adultos e juvenis, e parece corroborar a relação desses itens alimentares com os valores obtidos pelas eletividades.

Mudanças ontogenéticas na dieta de anuros ocorrem principalmente por restrições morfológicas, com os indivíduos consumindo presas maiores progressivamente conforme crescem (WELLS, 2007). Essa relação foi observada para *C. aeneus* (JORDÃO-NOGUEIRA et al., 2006), mas não para *C. bokermanni* (WACHLEVSKI et al., 2008) *C. gaudichaudii*, *Hylodes fredii* (ALMEIDA-GOMES et al., 2007) e *C. schmidti* (presente estudo). Wachlevski et al. (2008) argumentou que a existência de uma relação significativa pode depender da amplitude do tamanho das presas disponíveis, bem como do nível de seletividade da espécie. O alto consumo de itens pequenos como formigas pode reduzir a variação do tamanho das presas na dieta (ALMEIDA-GOMES et al., 2007), contribuindo para a falta de significância nas relações entre tamanho da presa e tamanho do predador. Por outro lado, as diferenças na composição da dieta entre machos e fêmeas e entre adultos e juvenis foram significativas, corroborando as diferenças encontradas nos valores de importância entre os itens e nos espectros alimentares entre os grupos. A diferença na composição da dieta de *C. schmidti* pode ter relação com a capacidade de forrageamento diferenciada entre juvenis e adultos. Juvenis tiveram um espectro alimentar menor e consumiram mais gastrópodes e larvas de dípteros do que os adultos, o que sugere um comportamento de forrageio próximo da água; já os adultos tiveram um espectro alimentar maior, sugerindo que além de forragear na água, forrageiam também no solo, incluindo presas terrestres na dieta. Diferenças na composição da dieta entre adultos e juvenis, e entre machos e fêmeas também foram encontradas para *Leptodactylus latrans* Steffen, 1815 no Urugua (MANEYRO et al., 2004).

A competição por recursos alimentares ocorre freqüentemente entre indivíduos da mesma espécie. Indivíduos maiores causam um impacto grande na alimentação dos indivíduos menores, pois podem alimentar-se tanto de presas grandes quanto pequenas e levam vantagens em períodos de pouca disponibilidade

de presas (STEBBINS & COHEN, 1995). A sobreposição na dieta de adultos e juvenis de *C. schmidtii* foi alta (77%) se comparada a de machos e fêmeas (61%). Maneyro et al. (2004) encontraram sobreposição alimentar ainda maior na dieta de juvenis e adultos de *L. latrans*. Apesar de apresentar uma informação importante sobre o uso dos recursos entre os grupos, medidas de sobreposição de dieta não demonstram efetivamente se há competição pelos recursos entre os grupos, pois os recursos podem ser suficientemente abundantes no ambiente de modo que possam ser utilizados por grupos ou espécies diferentes sem que haja competição (KREBS, 1999).

Considerando a dieta variada, a relação entre os itens mais importantes da dieta com a disponibilidade no ambiente, e a estreita amplitude do nicho alimentar, *C. schmidtii* parece ser um forrageador oportunista, possuindo hábitos alimentares similares aos de outras espécies do gênero. Toft (1981) observou uma relação entre o grau de especialização em formigas e a estratégia de forrageio dos anuros de serrapilheira no Panamá, em que as dietas de espécies forrageadoras ativas continham altas proporções de formigas, e as de espécies senta-e-espera continham formigas raramente. *Crossodactylus schmidtii* é capaz de forragear através de distâncias razoáveis nos riachos, detectando suas presas visualmente (autor, obs. pes.), mas é provável que utilize uma estratégia de forrageio intermediária entre o contínuo “forrageador ativo – senta-e-espera”, pois consumiu tanto presas altamente móveis (i.e., formigas, dípteros) quanto presas pouco móveis (i.e., larvas de insetos, gastrópodes). Além disso, o fato de *C. schmidtii* viver em riachos favorece o consumo de ambas presas aquáticas e terrestres, contribuindo para uma dieta composta por vários tipos de presas.

Crossodactylus schmidtii apresentou dimorfismo sexual no comprimento rostro-cloacal, na largura da boca e na massa corpórea, com as fêmeas sendo significativamente maiores e mais pesadas em relação aos machos. As três variáveis morfométricas foram altamente correlacionadas, contribuindo para as diferenças encontradas. Fêmeas maiores do que machos são encontradas na maioria das espécies de anuros (KIEFER et al., 2009; SHINE, 1979; THOMÉ & BRASILEIRO, 2007), e uma das hipóteses para explicar esse padrão é de que a fecundidade aumenta de acordo com o tamanho corpóreo (CRUMP, 1974). Por outro lado, machos geralmente são maiores em espécies em que o sucesso reprodutivo depende de interações territoriais e agressivas com outros machos

(SHINE, 1979). Ao contrário do esperado, apesar de serem menores do que as fêmeas, os machos de *C. schmidtii* são bastante agressivos e gastam muito tempo em interações agonísticas (autor, obs. pes.).

A partir dos dados apresentados sobre a dieta de *C. schmidtii*, podemos destacar que sua dieta é muito variada, embora poucos itens sejam consumidos predominantemente. Dentre estes itens, o principal são as formigas, o que parece ser um padrão para as espécies do gênero. As semelhanças na importância de itens como formigas, besouros, dípteros e larvas de insetos na dieta *C. schmidtii* e na de outras espécies do gênero sugere uma forte influência filogenética. Destacamos a importância de estudos futuros sobre dieta de espécies de *Hylodes* que avaliem a disponibilidade de presas, para que seja possível interpretar melhor em que grau as semelhanças na dieta entre as espécies de Hylodidae devem-se a fatores históricos ou às características dos ambientes que habitam. Por fim, considerando às altas proporções no consumo de formigas evidenciada nos trabalhos de dieta de espécies da família Hylodidae, seria de particular interesse que estudos futuros avaliassem o potencial tóxico de espécies dos gêneros *Crossodactylus* e *Hylodes*, uma vez que muitas dessas espécies também apresentam coloração aposemática (*sensu* WELLS, 2007) na região ventral e coloração críptica no dorso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a inestimável ajuda em campo de Samanta Iop, Tiago Bertaso, Víctor M. Lipinski e Pablo M. Paim. Sou grato a SEMA-RS pela permissão de acesso ao Parque Estadual do Turvo (permissão nº 302) e ao IBAMA-ICMBio pela concessão da licença de coleta (licença nº 18320-1). Agradeço também a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-GOMES, M.; HATANO, F.H.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C.F.D. Diet and microhabitat use by two Hylodinae species (Anura, Cycloramphidae) living in sympatry and syntopy in a Brazilian Atlantic Rainforest area. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 97, n. 1, p. 27–30, 2007.
- AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0**. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém, Sociedade Civil de Mamirauá. 380 p., 2007.
- BIAVATI, G.M.; WIEDERHECKER, H.C.; COLLI, G.R. Diet of *Epipedobates flavopictus* (Anura: Dendrobatidae) in a Neotropical Savanna. **Journal of Herpetology**, v. 38, n. 4, p. 510–518, 2004.
- BLACKBURN, D.C.; MOREAU, C.S. Ontogenetic diet change in the arthroleptid frog *Schoutedenella xenodactyloides*. **Journal of Herpetology**, v. 40, n. 3, p. 388–394, 2006.
- BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos**. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1988.
- BRASILEIRO, C.A.; MARTINS, M.; SAZIMA, I. Feeding ecology of *Thoropa taophora* (Anura: Cycloramphidae) on a rocky seashore in southeastern Brasil. **South American Journal of Herpetology**, v. 5, n. 3, p. 181–188, 2010.
- CALDART, V.M.; IOP, S.; SANTOS, T.G. DOS; CECHIN, S.T.Z. Extension of the geographical distribution of two anuran species for Rio Grande do Sul state, Brazil, with comments on natural history. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 143–147, 2010.
- CARAMASCHI, U.; SAZIMA, I. Uma nova espécie de *Crossodactylus* da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Amphibia, Lepodactylidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 3, n. 1, p. 43–49, 1985.
- COLWELL, R.K. **EstimateS 8.0**: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. User's guide and application published at: <http://viceroy.eeb.unconn.edu/estimates>, 2006.

- CRUMP, M.L. Reproductive strategies in a tropical anuran community. **Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History of the University of Kansas**, v. 61, p. 4–69, 1974.
- DALY, J.W.; GARRAFO, H.M.; SPANDE, T.F.; JARAMILLO, C. RAND, A.S. Dietary source for skin alkaloids of poison frogs (Dendrobatidae)? **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 943–955, 1994.
- DARST, C.R.; MENÉNDEZ-GUERRERO, P.A.; COLOMA, L.A.; CANNATELLA, D.C. Evolution of dietary specialization and chemical defense in poison frogs (Dendrobatidae): A comparative analysis. **The American Naturalist**, v. 165, n. 1, p. 55-69, 2005.
- DUELLMAN, W.E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. McGraw-Hill, Baltimore and London, 1994.
- DUNHAM, A.E. Realized niche overlap, resource abundance and intensity of interspecific competition. In: HUEY, R.B.; PIANKA, E.R.; SCHOENER, T.W. (eds.). **Lizard ecology: studies of a model organism**. Harvard University Press, Cambridge, p. 261–280, 1983.
- FLOWERS, M.A.; GRAVES, B.M. Prey selectivity and size-specific diet changes in *Bufo cognatus* and *Bufo woodhousii* during early postmetamorphic ontogeny. **Journal of Herpetology**, v. 29, n. 4, p. 608–612, 1995.
- JACOBS, J. Quantitative measurement of food selection: a modification of the forage ration and Ivlev's electivity index. **Oecologia**, v. 14, p. 413–417, 1974.
- JORDÃO-NOGUEIRA, T.; VRCIBRADIC, D.; PONTES, J.A.L.; VAN SLUYS, M.; ROCHA, C.F.D. Natural history traits of *Crossodactylus aeneus* (Anura, Leptodactylidae, Hylodinae) from an Atlantic Forest area in Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v.1, n.1, p. 37–41, 2006.
- KIEFER, I.L.; BOTH, C.; CECHIN, S.Z. Breeding biology of the rapids frog *Limnomedusa macroglossa* (Anura: Cycloramphidae) in southern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 43, n. 19-20, p. 1195–1206, 2009.
- KREBS, C.J. Ecological Methodology. 2 ed. Addison Wesley Longman, Menlo Park, 620 p., 1999.

LEGLER, J.M.; SULLIVAN, L.J. The application of stomach-flushing to lizards and anurans. **Herpetologica**, v. 35, p. 107–110, 1979.

LIMA, A.P.; MOREIRA, G. Effects of prey size and foraging mode on the ontogenetic change in feeding niche of *Colostethus stepheni* (Anura: Dendrobatidae). **Oecologia**, v. 95, p. 93–102, 1993.

LUCAS E.M.; GARCIA P.C.A. Amphibia, Anura, Hylidae Rafinesque, 1815 and Hylodidae Günther, 1858: Distribution extension and new records for Santa Catarina, southern Brazil. **Check List**, v. 7, n. 1, p. 13–16, 2011.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, p. 141–150, 2000.

MANEYRO, R.; NAYA, D.E.; ROSA, I.; CANAVERO, A.; CAMARGO, A. Diet of the south American frog *Leptodactylus ocellatus* (Anura: Leptodactylidae) in Uruguay. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 94, n. 1, p. 57-61, 2004.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FONTES, M.A.L. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. **Biotropica**, v. 32, p. 793–810, 2000.

SAPORITO, R.A.; DONNELLY, M.A.; NORTON, R.A.; GARRAFO, H.M.; SPANDE, T.F.; DALY, J.W. Oribatid mites as a major dietary source for alkaloids in poison frogs. **PNAS**, v. 104, n. 21, p. 8885–8890, 2007.

SEMA – **Secretaria Estadual do Meio Ambiente**. Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo. Estado do Rio Grande do Sul: [s.n.], 348 p., 2005.

SHINE, R. Sexual selection and sexual dimorphism in the Amphibia. **Copeia**, v. 1979, n. 2, p. 297–306, 1979.

SIQUEIRA, C.C.; VAN SLUYS, M.; ARIANI, C.V.; ROCHA, C.F.D. Feeding ecology of *Thoropa miliaris* (Anura, Cycloramphidae) in four areas of Atlantic rain forest, Southeastern Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 40, n. 4., p. 520–525, 2006.

SOLÉ, M.; KETTERL, J.; DI-BERNARDO, M.; KWET, A. Ants and termites are the diet of the Microhylid frog *Elachistocleis ovalis* (Schneider, 1799) at an araucaria forest in Rio Grande do Sul, Brazil. **Herpetological Bulletin**, n. 79, p. 14–17, 2002.

SOLÉ, M.; BECKMANN, O.; PELZ, B.; KWET, A.; ENGELS, W. Stomach-flushing for diet analysis in anurans: an improved protocol evaluated in a case study in Araucaria forests, southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 1, p. 23–28, 2005.

STEBBINS, R.C.; COHEN, N.W. **A Natural History of Amphibians**. Princeton University Press, New Jersey, 1995.

THOMÉ, M.T.C.; BRASILEIRO, C.A. Dimorfismo sexual, uso do ambiente e abundância sazonal de *Elachistocleis* cf. *ovalis* (Anura: Microhylidae) em um remanescente de Cerrado no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 1–7, 2007.

TOFT, C.A. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: patterns in diet and foraging mode. **Journal of Herpetology**, v. 15, n. 2, p. 139–144, 1981.

WACHLEVSKI, M.; SOUZA, P.H.C. DE; KOPP, K.; ETEROVICK, P.C. Microhabitat use and feeding habits of *Crossodactylus bokermanni* Caramaschi and Sazima, 1985 (Anura, Hylodidae) at a site in south-eastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 19, p. 1421–1434, 2008.

WELLS, K.D. **The Ecology and Behavior of Amphibians**. The University of Chicago Press, Chicago and London, 2007.

VITT, L.J.; CALDWELL, J.P. **Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles**. Academic Press, Third edition, 2009.

Tabela 1 - Categorias de presas consumidas por *Crossodactylus schmidtii*. Legenda: F = Número de estômagos analisados contendo cada categoria; N = Número de cada categoria no total de estômagos (n = 93); V = Volume total em mm³ de cada categoria no total de estômagos (n = 93); Ix = Índice de importância de cada categoria.

| Categorias de presas | F | F% | N | %N | V | %V | Ix |
|--|----|-------|-----|------|----------|-------|-------|
| Insecta | | | | | | | |
| Formicidae | 57 | 61.29 | 187 | 30.2 | 3471.6 | 20.36 | 37.29 |
| Coleoptera | 33 | 35.48 | 81 | 13.1 | 1661.65 | 9.74 | 19.44 |
| Diptera | 19 | 20.43 | 114 | 18.4 | 834.55 | 4.89 | 14.58 |
| Coleoptera (Larva) | 19 | 20.43 | 33 | 5.3 | 966.54 | 5.67 | 10.48 |
| Diptera (Larva) | 17 | 18.28 | 37 | 6.0 | 393.88 | 2.31 | 8.86 |
| Collembola | 18 | 19.35 | 26 | 4.2 | 215.75 | 1.27 | 8.27 |
| Lepidoptera (Larva) | 12 | 12.90 | 15 | 2.4 | 1280.23 | 7.51 | 7.61 |
| Hymenoptera (Não Formicidae) | 15 | 16.13 | 15 | 2.4 | 53.05 | 0.31 | 6.29 |
| Homoptera | 13 | 13.98 | 16 | 2.6 | 153.53 | 0.90 | 5.82 |
| Hemiptera | 7 | 7.53 | 7 | 1.1 | 177.26 | 1.04 | 3.23 |
| Blattaria | 4 | 4.30 | 4 | 0.6 | 275.67 | 1.62 | 2.19 |
| Psocoptera | 5 | 5.38 | 5 | 0.8 | 44.54 | 0.26 | 2.15 |
| Orthoptera | 4 | 4.30 | 4 | 0.6 | 79.95 | 0.47 | 1.81 |
| Lepidoptera | 1 | 1.08 | 1 | 0.2 | 26 | 0.15 | 0.46 |
| Trichoptera | 1 | 1.08 | 1 | 0.2 | 2.91 | 0.02 | 0.42 |
| Arachnida | | | | | | | |
| Araneae | 19 | 20.43 | 35 | 5.7 | 608.56 | 3.57 | 9.88 |
| Acari | 4 | 4.30 | 5 | 0.8 | 4.81 | 0.03 | 1.71 |
| Pseudoscorpiones | 1 | 1.08 | 1 | 0.2 | 0.55 | 0.00 | 0.41 |
| Mollusca | | | | | | | |
| Gastropoda | 16 | 17.20 | 32 | 5.2 | 386.26 | 2.27 | 8.21 |
| Categorias artificiais | | | | | | | |
| Restos não identificados de artrópodes | — | — | — | — | 6330.27 | 37.12 | — |
| Restos de material vegetal | — | — | — | — | 85.48 | 0.50 | — |
| Total | | | 619 | | 17053.04 | | |

Tabela 2 - Valores da amplitude do nicho alimentar padronizada de Levins (B_A), porcentagem de sobreposição da dieta e valores do Teste G entre os grupos de *Crossodactylus schmidtii* (* = valor estatisticamente significativo).

| Categories | Levins (B_A) | Sobreposição alimentar | Teste G | P |
|-------------------|------------------|------------------------|---------|---------|
| Geral | 0.295 | — | — | — |
| Machos | 0.269 | — | — | — |
| Fêmeas | 0.271 | — | — | — |
| Adultos | 0.292 | — | — | — |
| Juvenis | 0.399 | — | — | — |
| Machos - Fêmeas | — | 61% | 39.55 | <0.01 * |
| Adultos - Juvenis | — | 77% | 33.84 | 0.013 * |

Tabela 3 - Eletividades obtidas para as categorias de presas consumidas por *Crossodactylus schmidtii*. Legenda: N = Número de cada categoria no total de estômagos e no ambiente.

| Categorias de presas | Dieta | | Ambiente | | Eletividades (D) |
|------------------------------|-------|-------|----------|-------|------------------|
| | N | %N | N | %N | |
| Insecta | | | | | |
| Coleoptera (Larva) | 33 | 5.33 | 17 | 0.47 | 0.839 |
| Diptera (Larva) | 37 | 5.98 | 24 | 0.66 | 0.801 |
| Blattaria | 4 | 0.65 | 3 | 0.08 | 0.774 |
| Homoptera | 16 | 2.58 | 12 | 0.33 | 0.774 |
| Hemiptera | 7 | 1.13 | 7 | 0.19 | 0.710 |
| Lepidoptera (Larva) | 15 | 2.42 | 16 | 0.44 | 0.693 |
| Coleoptera | 81 | 13.09 | 159 | 4.36 | 0.489 |
| Hymenoptera (Não Formicidae) | 15 | 2.42 | 34 | 0.93 | 0.444 |
| Formicidae | 187 | 30.21 | 580 | 15.91 | 0.214 |
| Diptera | 114 | 18.42 | 570 | 15.64 | 0.024 |
| Lepidoptera | 1 | 0.16 | 17 | 0.47 | -0.485 |
| Orthoptera | 4 | 0.65 | 145 | 3.98 | -0.721 |
| Collembola | 26 | 4.20 | 1872 | 51.36 | -0.892 |
| Plecoptera | 0 | 0.00 | 1 | 0.03 | -1.000 |
| Psocoptera | 5 | 0.81 | 0 | 0.00 | — |
| Trichoptera | 1 | 0.16 | 0 | 0.00 | — |
| Arachnida | | | | | |
| Acari | 5 | 0.81 | 11 | 0.30 | 0.456 |
| Araneae | 35 | 5.65 | 116 | 3.18 | 0.276 |
| Opiliones | 0 | 0.00 | 49 | 1.34 | -1.000 |
| Pseudoscorpiones | 1 | 0.16 | 0 | 0.00 | — |
| Mollusca | | | | | |
| Gastropoda | 32 | 5.17 | 1 | 0.03 | 0.989 |
| Crustacea | | | | | |
| Isopoda | 0 | 0.00 | 1 | 0.03 | -1.000 |
| Outros | | | | | |
| Oligochaeta | 0 | 0.00 | 2 | 0.05 | -1.000 |
| Diplopoda | 0 | 0.00 | 5 | 0.14 | -1.000 |
| Chilopoda | 0 | 0.00 | 2 | 0.05 | -1.000 |
| Diplura | 0 | 0.00 | 1 | 0.03 | -1.000 |
| Total | 619 | 100 | 3645 | 100 | |

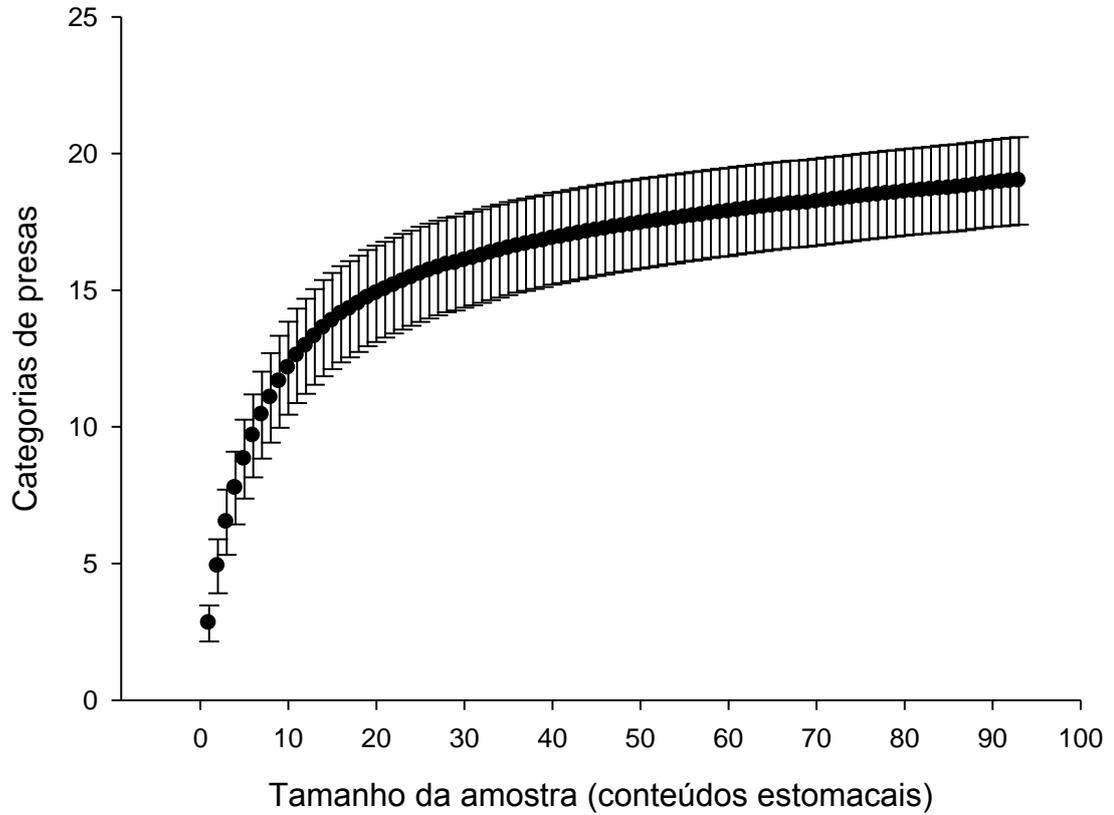


Figura 1 - Curva de acumulação das categorias de presas encontradas para os 93 conteúdos estomacais analisados. O pontilhado representa a média e as barras representam o desvio padrão em relação à média.

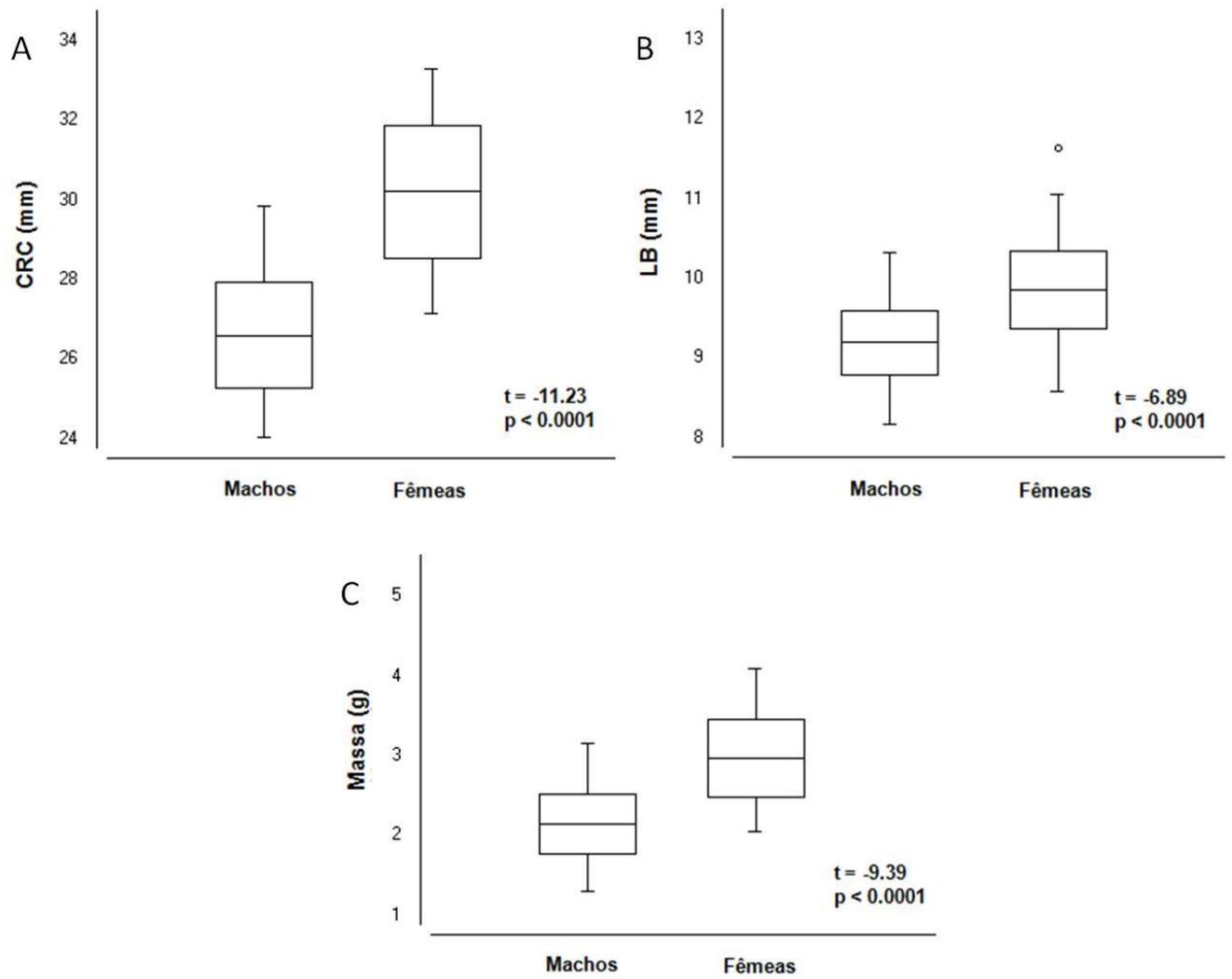


Figura 2 - Medidas morfométricas de machos e fêmeas de *Crossodactylus schmidtii*. A) comprimento rostro-cloacal (mm), B) largura da boca (mm) e C) massa (g). A linha central representa a média, a caixa representa o desvio padrão, e a suíça representa a amplitude dos valores.

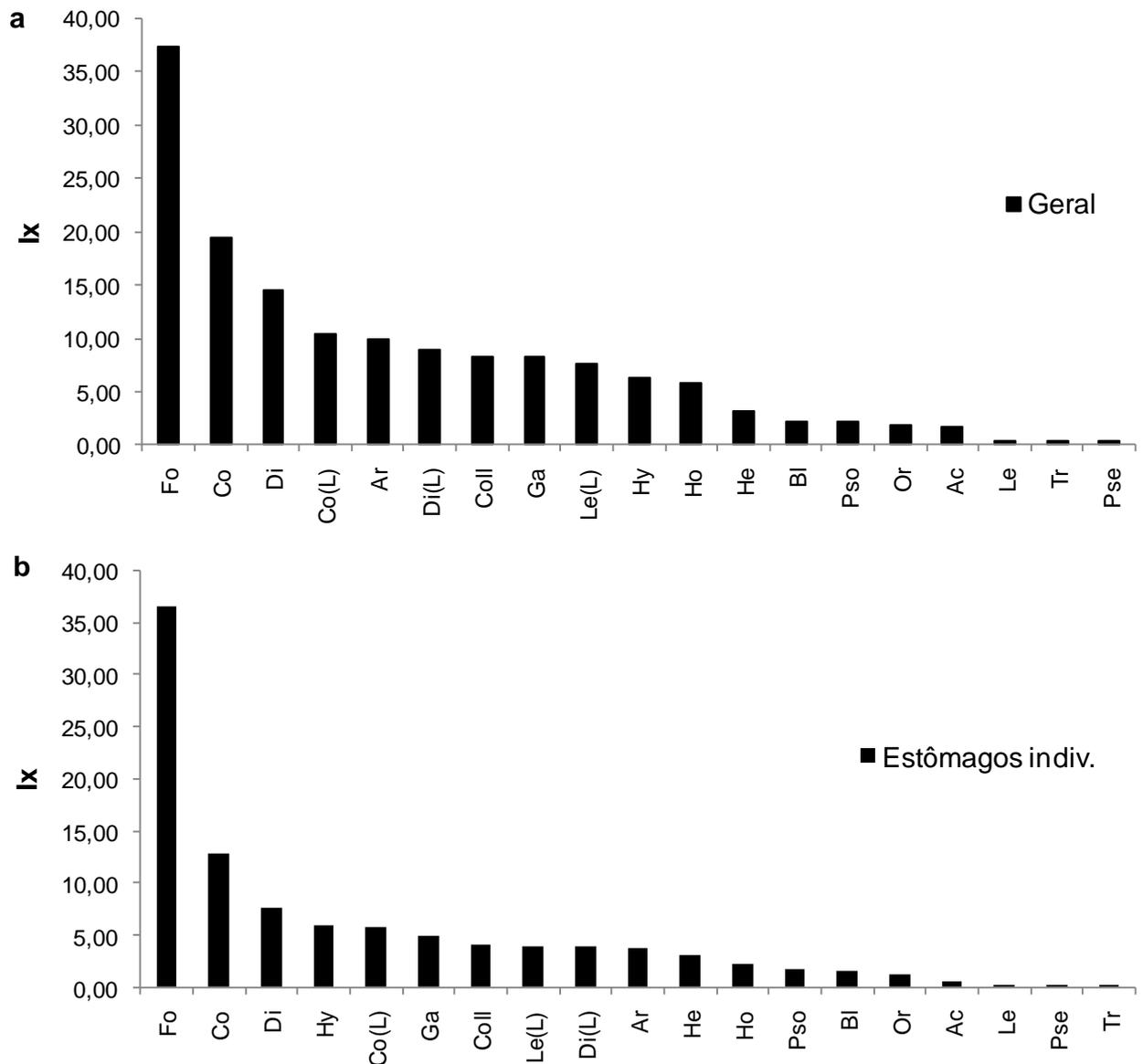


Figura 3 - Índice de importância (Ix) das categorias de presas na composição da dieta de *Crossodactylus schmidtii* para todos os conteúdos estomacais (a) e para conteúdos individuais (b). Categorias: Ac = Acari; Ar = Aranae; BI = Blattaria; Co = Coleoptera; Co(L) = Coleoptera (Larva); Coll = Collembola; Di = Diptera; Di(L) = Diptera (Larva); Fo = Formicidae; Ga = Gastropoda; He = Hemiptera; Ho = Homoptera; Hy = Hymenoptera (Não Formicidae); Le = Lepidoptera; Le(L) = Lepidoptera (Larva); Or = Orthoptera; Pse = Pseudoscorpiones; Pso = Psocoptera; Tr = Trichoptera.

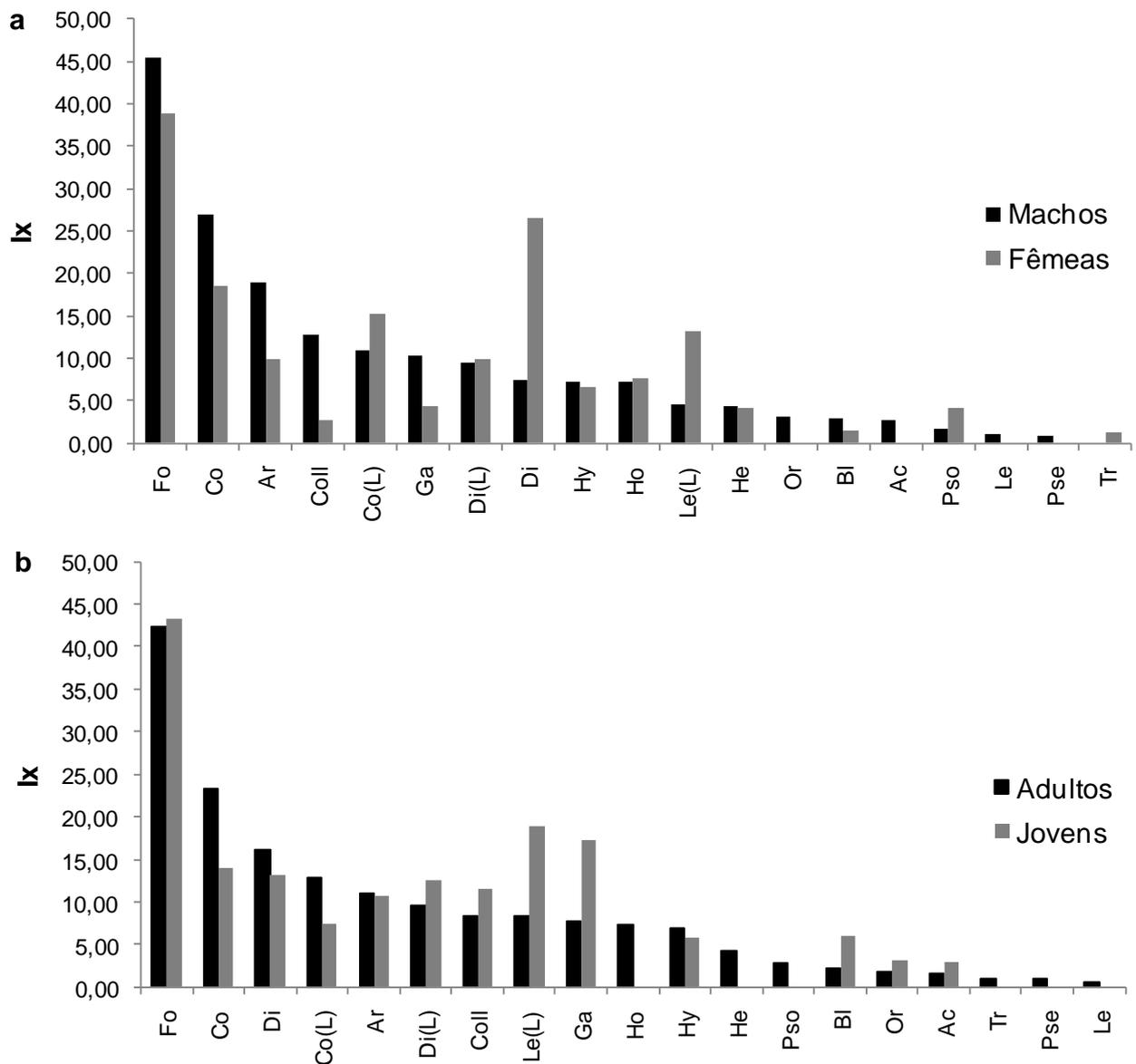


Figura 4 - Índice de importância (Ix) das categorias de presas para machos e fêmeas (a), e para adultos e juvenis (b) de *Crossodactylus schmidti*. Categorias: Ac = Acari; Ar = Aranae; Bl = Blattaria; Co = Coleoptera; Co(L) = Coleoptera (Larva); Coll = Collembola; Di = Diptera; Di(L) = Diptera (Larva); Fo = Formicidae; Ga = Gastropoda; He = Hemiptera; Ho = Homoptera; Hy = Hymenoptera (Não Formicidae); Le = Lepidoptera; Le(L) = Lepidoptera (Larva); Or = Orthoptera; Pse = Pseudoscorpiones; Pso = Psocoptera; Tr = Trichoptera.

CONCLUSÕES

— O canto de anúncio de *Crossodactylus schmidti* difere dos demais cantos descritos para espécies do gênero *Crossodactylus* na estrutura temporal por apresentar menor número de notas por canto e maior intervalo entre as notas. Na estrutura espectral, difere por apresentar menores valores de frequência dominante.

— O canto agressivo de *C. schmidti* é uma variação do canto de anúncio, semelhante a este na duração das notas e nos valores de frequência dominante. É, no entanto, mais longo que o canto de anúncio, possuindo menor número de notas e maior intervalo entre elas.

— O canto de anúncio e o canto agressivo de *C. schmidti* podem ser emitidos isoladamente ou pode ser emitido o canto agressivo seguido do canto de anúncio. A emissão do canto agressivo seguido do canto de anúncio parece ser uma forma de aumentar a eficiência dos dois cantos, já que os machos de *C. schmidti* gastam muito tempo em interações agonísticas com outros machos.

— As semelhanças na localização da frequência dominante em cantos de anúncio de espécies de *Crossodactylus* e *Hylodes*, encontrada sempre no segundo, terceiro ou em ambos harmônicos, reforça a relação filogenética entre os dois gêneros.

— A dieta de *C. schmidti* foi composta por dezenove categorias de presas, sendo formigas, besouros e dípteros as que apresentaram os maiores valores de importância dentre as categorias consumidas.

— Apesar da dieta variada, a amplitude alimentar foi baixa, com poucas categorias de presas consumidas predominantemente. Formigas, besouros e dípteros compuseram mais da metade da dieta da espécie, cerca de 60%.

— Formigas, dípteros e aranhas foram consumidas em proporção semelhante à estimada no ambiente. Alguns itens foram pouco consumidos apesar da sua abundância no ambiente, como colêmbolos e ortópteros.

— Não houve relação entre a largura da boca e o comprimento médio e/ou volume das presas consumidas, mas as diferenças ontogenéticas e sexuais na composição da dieta foram significativas. Apesar das diferenças, para todos os grupos o item mais importante na dieta foi as formigas.

— Houve dimorfismo sexual no comprimento rostro-cloacal, na largura da boca e na massa corpórea, com as fêmeas sendo significativamente maiores e mais pesadas em relação aos machos. As três medidas foram fortemente correlacionadas entre si.

— Considerando a dieta variada, a relação entre os itens mais importantes da dieta com a disponibilidade no ambiente, e a estreita amplitude do nicho alimentar, *C. schmidtii* parece ser um forrageador oportunista, de hábitos alimentares similares aos de outras espécies do gênero.

— Por outro lado, as semelhanças nos valores de importância de itens como formigas, besouros, dípteros e larvas de insetos na dieta *C. schmidtii* e na de outras espécies do gênero sugere uma forte influência filogenética.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Macho de *Crossodactylus schmidtii* utilizando o sítio de vocalização característico da espécie. Foto: Vinícius Matheus Caldart.



APÊNDICE B: Armadilha de solo utilizada para estimativa da disponibilidade de presas. Foram distribuídas trinta armadilhas nas margens do riacho (quinze em cada margem). A) detalhe da armadilha aberta durante os dias de amostragens; B) detalhe da armadilha fechada nos períodos entre amostragens. Fotos: Vinícius Matheus Caldart.

