



**Nathalia Rocha Matias**

**Biologia termal e seleção de microhabitats de *Amphisbaena munoai* em campos rochosos do bioma pampa**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.**

**Área de Concentração: Biologia e Comportamento Animal  
Linha de pesquisa: Ecologia animal  
Orientador(a): Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Laura Verrastro Viñas**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**PORTO ALEGRE**

**2013**

Biologia termal e seleção de microhabitats de *Amphisbaena munoai* em campos  
rochosos do bioma pampa

Nathalia Rocha Matias

Aprovada em:

---

Dr. Carlos Frederico Duarte Rocha

---

Dr<sup>a</sup> Clarice Bernhardt Fialho

---

Dr. Márcio Borges-Martins

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço as pessoas que me encorajaram a tentar: Ana Anés, Clara, Cláudia Mata, Mi Abadie, Marylú, Moms, Márcio.

Agradeço a minha orientadora Laura Verrastro que me acolheu desde o início, me oportunizou esse trabalho com répteis (bem parecidos com cobras) e acreditou que eu conseguiria realizá-lo.

A partir daí, agradeço a todos os colegas que se dispuseram a me ajudar no campo: Laurinha, Alexis, Ana Júlia, Mari, Diego, Carol Zank, Irina, Bianca, Mateus, Taís e Pedro, Angelo, Claudita, Raíssa, Jéssica Frã, Lídia, Bel Lermen, Thayná, Lilith, Rodrigo Dellani, Mariano. Sem vocês, esse trabalho não teria sido possível!

Agradeço também aos colegas que não foram para campo, mas me ajudaram de diversas outras formas: Carolzinha, Rê Perez, Rê Cardoso e Zílio.

Agradeço as minhas amigas que sempre me encorajaram nos momentos de fraqueza e comemoraram comigo cada batalha vencida: Alice, Andressa, Claudita, Gudy, Jô, Fabi, Halina e Vanessa Willens.

Agradeço a minha mãe Vanilda por me proporcionar a educação necessária para estar onde estou e por sempre me valorizar e apoiar.

Agradeço ao meu namorado Angelo por compreender a minha “ausência presente” até esta dissertação ficar pronta e mesmo assim continuar ao meu lado me ajudando.

E à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>5</b>
1. Introdução geral.....	6
2. Referências bibliográficas.....	9
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>12</b>
Resumo.....	14
1. Introdução.....	15
2. Material e Métodos.....	18
2.1 Área de estudo.....	18
2.2 Coleta de dados.....	18
2.3 Experimento em laboratório.....	19
2.4 Análise dos dados.....	19
3. Resultados.....	20
3.1 Estudo de campo.....	20
3.2 Experimento em laboratório.....	24
4. Discussão.....	25
5. Conclusão.....	27
6. Agradecimentos.....	27
7. Referências bibliográficas.....	27
Tabelas.....	31
Figuras.....	34
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>43</b>
1. Conclusão geral.....	44

## **CAPÍTULO I**

### **Introdução Geral**

## INTRODUÇÃO

Globalmente, a temperatura é o fator limitante principal nos padrões de distribuição e diversidade de anfíbios e répteis. A maior diversidade mundial da herpetofauna encontra-se dentro dos trópicos e zonas temperadas quentes. Anfíbios e répteis são animais ectotérmicos, dependentes de fontes ambientais de ganho de calor, então as suas atividades são mais limitadas do que para os tetrápodes endotérmicos, que mantêm a temperatura corporal elevada pelo calor metabólico (Vitt & Caldwell, 2009). As relações entre termossensibilidade, termorregulação, e a história de vida dos organismos governam o curso de adaptação em ambientes variáveis (Angilletta Jr. 2009).

Todos os animais têm uma temperatura de ponto de ajuste ou um intervalo de temperatura de ponto de ajuste regulado pelo hipotálamo. A temperatura “*set-point*” é o termostato que sinaliza quando um animal deve iniciar a regulação da temperatura corporal. Endotermos reagem fisiologicamente, iniciando ou reduzindo a produção de calor metabólico. Já ectotermos têm resposta comportamental, e em menor grau, fisiológica. Anfíbios e répteis produzem calor metabólico, mas a um nível muito inferior ao dos endotermos, e poucos têm o isolamento necessário para evitar a perda rápida deste calor (Vitt & Caldwell, 2009).

Em um ambiente natural, os organismos raramente entram em equilíbrio térmico com seus ambientes. O movimento da Terra combinado com a radiação do sol impulsiona uma redistribuição contínua de calor em todo o planeta. Assim, os seres vivos têm de lidar com a mudança térmica em uma variedade de escalas temporais (Angilletta Jr., 2009).

Todos os organismos utilizam estratégias para lidar com a heterogeneidade térmica, que é definida por um “continuum” de duas dimensões. A primeira dimensão descreve o grau em que o desempenho de um organismo depende da sua temperatura (termossensibilidade ou sensibilidade térmica), variando a partir de organismos cujo desempenho depende fortemente da temperatura (especialistas térmicos) para os organismos que tem bom desempenho em uma ampla faixa de temperatura (generalistas térmicos). A segunda dimensão descreve o grau em que um organismo regula a sua temperatura (termorregulação), variando a partir de organismos que mantêm uma temperatura corporal praticamente constante (termoreguladores perfeitos) para os organismos que se conformam à temperatura ambiente (termoconformistas perfeitos). Um indivíduo pode ser um especialista térmico em épocas específicas, mas um

generalista térmico ao longo de um ano (Angilletta Jr., 2009). Para definir em que grau da dimensão da heterogeneidade térmica se encontra um organismo é necessário calcular a diferença entre a temperatura do corpo e às temperaturas do microhabitat. Assim, quanto maior o valor absoluto dessa diferença, maior o grau de regulação térmica, conforme Vrcibradic & Rocha (1998).

O estudo da biologia termal tem suas raízes na fisiologia ecológica (Bennett, 1987). Na literatura sobre a biologia térmica, descrições empíricas de padrões biológicos térmicos superam os modelos quantitativos de biologia evolutiva térmica, somente nas últimas décadas fisiologistas ecológicos desenvolveram seus estudos sobre fisiologia evolutiva (Angilletta Jr., 2009).

A temperatura de um organismo, a medida quantitativa da energia cinética de suas moléculas, determina a capacidade do fluxo de calor entre o organismo e o seu ambiente. Se o organismo tem a mesma temperatura que seu ambiente é porque estes estão em equilíbrio térmico, mas se o organismo e o ambiente tem temperaturas diferentes, o mais quente perderá calor, enquanto o mais frio ganhará. Em organismos aquáticos, essa troca de calor com o meio ambiente ocorre através da condução e da convecção. Em organismos terrestres, além da condução e convecção, a radiação e a evaporação também contribuem significativamente para a temperatura do corpo (Angilletta Jr., 2009). Porém abaixo da superfície do solo, os impactos da radiação, evaporação e convecção enfraquecem e a troca de calor ocorre por condução de seu microhabitat, podendo entrar em contato com a parte inferior das superfícies quentes, como pedras, que estão expostas à luz solar direta (Vitt & Caldwell, 2009).

Amphisbaenia Gray, 1844 é um clado de lagartos fossoriais caracterizado por um corpo alongado sem membros, crânio compacto adaptado para cavar, visão reduzida e uma modificação única do ouvido interno que permite a detecção de sons de baixa frequência (Gans, 1978, 2005).

As origens evolucionárias das anfisbenas são controversas, com dados moleculares unindo-as com lacertóides (lagartos terrestres), enquanto que a morfologia suporta um agrupamento com serpentes e outros squamatas ápodos (Muller et. al., 2011). Somente em 2011, o estudo de Muller e colaboradores uniu dados moleculares e morfológicos, a partir da descoberta de um novo lagarto fóssil do Eoceno. Esta análise filogenética sugere a monofilia de lacertídeos e anfisbenas, e que serpentes evoluíram independentemente. Estes autores também constataam que a anatomia cranial deste fóssil indica que o comportamento de cavar com a cabeça evoluiu antes do alongamento

corporal e pode ter sido o primeiro passo fundamental na evolução da fossorialidade em *Amphisbaenia*.

A ecologia termal de répteis fossoriais e seus aspectos relacionados são pouco conhecidos porque as observações em condições naturais são difíceis (Andrade et al., 2006; Bernardo-Silva et. al., 2006; López et al. 2002, 1998; Martín et al., 2011, 1990; Vega, 2001). No mundo existem 184 espécies de anfisbenas (Uetz, 2012), destas somente três tiveram sua ecologia termal estudada, abrangendo duas das seis famílias existentes. A biologia térmica de *Diplometopon zarudny* Nikolsky, 1907 foi descrita em laboratório (Al-Johany, 1999). A anfisbena *Blanus cinereus* (Vandelli, 1797) é fortemente dependente da temperatura do substrato (Martín et al. 1990), e seleciona profundidade de solo e rochas ao longo do dia (López et al. 1998; Martín et al. 1991) e a anfisbena *Trogonophis wiegmanni* Kaup, 1830, termorregula e seleciona microhabitats (Civantos et al. 2003; López et al. 2002).

Balestrin (2008) revelou uma alta abundância de duas espécies sintópicas de anfisbenídeos, *Amphisbaena munoai* Klappenbach, 1969 e *Amphisbaenia kingii* (Bell, 1833) em campos rochosos do bioma pampa e descreveu a reprodução e a ecologia alimentar destas (Balestrin & Cappellari, 2011). Este bioma está sob a influência do clima temperado mesotérmico brando, superúmido sem seca, com média entre 10°C e 15°C (IBGE, 2010). Estudos em regiões de clima temperado revelaram espécies que serviram de ótimos modelos para estudos de história natural, tanto na facilidade de captura, quanto na frequência relativa das mesmas (Seigel & Collins, 1993).

Este estudo tinha como objetivo descrever a biologia termal das espécies do grupo *Amphisbaenidae* em uma comunidade do Bioma Pampa, porém em todo o estudo de campo foram encontradas 234 anfisbenas, 192 *Amphisbaena munoai* Klappenbach, 1969; 35 *Amphisbaenia kingii* (Bell, 1833) e somente sete *Amphisbaena trachura* Cope, 1885. Pela grande diferença de número amostral optamos por descrever a biologia termal somente de *A. munoai*.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Johany, A. M. 1999. The activity and thermal biology of the fossorial reptile, *Diplometopon zarudnyi* (Amphisbaenia: Trogonophiidae) in Central Saudi Arabia. Asiatic Herpetological Research 8: 1-6.

Andrade, D. V., Nascimento, L. B., Abe, A. S. 2006. Habits hidden underground: a review on the reproduction of the *Amphisbaenia* with notes on four neotropical species. Amphibia-Reptilia 27:207-217.

Angilletta Jr., M. J. 2009. Thermal Adaptation- A Theoretical and Empirical Synthesis. New York, Oxford University Press.

Balestrin, R. 2008. História natural de uma taxocenose de Squamata e redescrição de uma espécie de anuro no escudo sul-riograndense. Tese (Doutorado em Zoologia) – PUCRS, Fac. de Biociências. Dissertação de doutorado. Disponível em: [www.pucrs.br](http://www.pucrs.br). Acesso em: 05/04/11.

Balestrin, R. L., Cappellari, L. H. 2011. Reproduction and feeding ecology of *Amphisbaena munoai* and *Anops kingi* (Amphisbaenia, Amphisbaenidae) in the Escudo Sul-Rio-Grandense, southern Brazil. Iheringia, Série Zoologia, 101(1-2):93-102.

Bennett, A. F. 1987. The accomplishments of ecological physiology, Pages 1–8 in Feder, M. E., Bennett, A. F., Huey, R. B., Burggren, W. eds. New Directions in Ecological Physiology. New York, Cambridge University Press.

Bernardo-Silva, J. S., Von-Muhlen, E. M., Di-Bernardo, M. O., Ketterl, J. 2006. Feeding ecology in the small neotropical amphisbaenid *Amphisbaena munoai* (Amphisbaenidae) in southern Brazil. Iheringia, Série Zoologia, 96:487-489.

Civantos, E., Martín, J., López, P. 2003. Fossorial life constrains microhabitat selection of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. Canadian Journal Zoology 81:1839-844.

Gans, C. 1978. The characteristics and affinities of the Amphisbaenia. Transactions of the Zoological Society of London 34:347–416.

Gans, C. 2005. Checklist and bibliography of the amphisbaenia of the World. Bulletin of the American Museum of Natural History 280:1–130.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. Atlas Nacional do Brasil. Clima. 77p. Disponível em [ftp://geoftp.ibge.gov.br/atlas/atlas nacional do brasil 2010/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/atlas/atlas_nacional_do_brasil_2010/) (acessado em março de 2013).

López, P., Civantos, E., Martín, J. 2002. Body temperature regulation in the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. Canadian Journal of Zoology 80:42–47.

López, P., Salvador, A., Martín J. 1998. Soil temperatures, rock selection and the thermal ecology of the amphisbaenian reptile *Blanus cinereus*. Canadian Journal of Zoology 76:673–679.

Martín, J., López, P., Salvador, A. 1990. Field body temperatures of the amphisbaenid lizard *Blanus cinereus*. Amphibia-Reptilia 11:87–96.

Martín, J., López, P., Salvador, A. 1991. Microhabitat selection of the amphisbaenian *Blanus cinereus*. Copeia 1991:1142–1146.

Martín, J., Polo-Cavia, N., Gonzalo, A., López, P., Civantos, E. 2011. Structure of a population of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni* in North Africa. Herpetologica, 67(3):250-257.

Müller, J., Hipsley, C. A., Head, J. J., Kardjilov, N., Hilger, A., Wuttke, M., Reisz, R. R. 2011. Eocene lizard from Germany reveals amphisbaenian origins. Nature, 473:364-367.

Seigel, R. A., Collins, J. T. 1993. Snakes, ecology & behavior. New York, McGraw-Hill. 415p.

Uetz, 2012. Reptile database. Disponível em <http://www.reptile-database.org/> (acessado em março de 2013).

Vega, L. E. 2001. Reproductive and feeding ecology of the amphisbaenian *Anops kingii* in east-central Argentina. *Amphibia-Reptilia* 22:447–454.

Vitt, L. J., Caldwell, J. P. 2009. *Herpetology, An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3<sup>a</sup> ed. Academic Press.

Vrcibradic, D. and Rocha, C. F. D. 1998. The ecology of the skink *Mabuya frenata* in an area of rock outcrops in Southeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 32: 229–237.

## CAPÍTULO II

Quanto mais quente melhor? Descrição da biologia termal de *Amphisbaena munoai* em campos rochosos do bioma pampa

(Formatado para ser submetido ao periódico Journal of Thermal Biology)

Nomes dos autores: NATHALIA ROCHA MATIAS<sup>1,2</sup> & LAURA VERRASTRO<sup>1</sup>

Endereço:

1 Programa de Pós-graduação em Biologia Animal e Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Campus do Vale, prédio 43435, sala 105, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

2 Autor para correspondência: nathimatias@yahoo.com.br

Título: Quanto mais quente melhor? Descrição da biologia termal de *Amphisbaena munoai* em campos rochosos do bioma pampa

## RESUMO

A ecologia termal de répteis fossoriais é pouco conhecida porque as observações em condições naturais são difíceis. Para saber se répteis fossoriais têm a capacidade de termorregulação ou se são conformistas, é necessário estudar a biologia térmica em relação à temperatura do corpo e ao ambiente térmico das espécies. Todos os organismos utilizam estratégias para lidar com a heterogeneidade térmica: animais endotérmicos reagem fisiologicamente e animais ectotérmicos têm resposta comportamental. A área de estudo localiza-se no município de São Jerônimo, no Rio Grande do Sul. O estudo de campo ocorreu de março de 2011 a outubro de 2012, totalizando 1.104 horas/coletor de esforço de captura. De hora em hora foram medidas as temperaturas ambientais, e no encontro de um espécime foram medidos o comprimento rostro-cloacal, a temperatura cloacal e as temperaturas ambientais do microhabitat. Foram encontradas 192 *Amphisbaena munoai*. Para o experimento de seleção de microhabitats termais em laboratório foram capturados 14 espécimes, no local do estudo de campo e levados para o Laboratório de Herpetologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde os espécimes foram acondicionados em aquário com luz artificial e pedras de tamanhos diferentes. A maioria dos indivíduos apresentou temperatura corporal entre 24°C e 30°C, tanto no estudo de campo como o de laboratório. No inverno e na primavera foram encontrados mais espécimes que no verão e no outono. Na primavera a *A. munoai* demonstrou atividade noturna similar a diurna. Em laboratório encontramos anfisbenas com temperatura corporal até 5°C mais alta que qualquer temperatura ambiental, o que indica a interferência de mecanismo fisiológico na termorregulação destes animais. Análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para comparar temperaturas sazonalmente e Análises de regressão múltipla para determinar a importância relativa da fonte de calor. A seleção de microhabitats foi constatada através da Análise de Correlação Canônica ( $R_c=0.2$ ,  $X^2=13.4$ ,  $gl=6$ ,  $p<0.04$ ). *Amphisbaena munoai* é uma espécie tigmotérmica termoconformista diária e sazonal, porém esta espécie é capaz de termorregular ativamente, selecionando microhabitats para desenvolver suas diferentes atividades dentro de um intervalo de temperatura ideal.

**Palavras chave:** *Amphisbaena munoai*, termorregulação, microhabitats, pampa.

## 1. INTRODUÇÃO

Descrever a biologia termal de anfisbenídeos é importante porque o comportamento desses répteis fossoriais é desconhecido. Para saber se répteis fossoriais têm a capacidade de termorregulação ou se são conformistas, é necessário estudar a biologia térmica em relação à temperatura do corpo e ao ambiente térmico das espécies (López et al., 2002). A partir deste estudo saberemos mais sobre a ecologia térmica de anfisbenídeos, contribuindo com o conhecimento deste grupo tão misterioso.

Todos os organismos utilizam estratégias para lidar com a heterogeneidade térmica, que é definida por um “continuum” de duas dimensões. A primeira dimensão descreve o grau em que o desempenho de um organismo depende da sua temperatura (termossensibilidade ou sensibilidade térmica), variando a partir de organismos cujo desempenho depende fortemente da temperatura (especialistas térmicos) para os organismos que tem bom desempenho em uma ampla faixa de temperatura (generalistas térmicos). A segunda dimensão descreve o grau em que um organismo regula a sua temperatura (termorregulação), variando a partir de organismos que mantêm uma temperatura corporal praticamente constante (termoreguladores perfeitos) para os organismos que se conformam à temperatura ambiente (termoconformistas perfeitos). Um indivíduo pode ser um especialista térmico em épocas específicas, mas um generalista térmico ao longo de um ano (Angilletta Jr., 2009). Para definir em que grau da dimensão da heterogeneidade térmica se encontra um organismo é necessário calcular a diferença entre a temperatura do corpo e às temperaturas do microhabitat. Assim, quanto maior o valor absoluto dessa diferença, maior o grau de regulação térmica, conforme Vrcibradic & Rocha (1998).

Nos lagartos, aspectos comportamentais, ecológicos e fisiológicos interagem porque a manutenção de uma taxa de movimentação elevada no habitat implica na necessidade de manutenção de elevados níveis metabólicos, os quais só são possíveis de serem mantidos com temperaturas corpóreas mais elevadas (Rocha et al. 2000). Rocha et al. (2009) reuniram informações de 49 lagartos brasileiros, divididos em sete famílias. Somente sete espécies da floresta amazônica apresentam temperatura corporal média menor que 30°C, os demais apresentam até 39.4°C de temperatura média. Estes fatos sugerem como premissa as altas temperaturas em lagartos para realizar todas as suas atividades.

Quando ativos, os lagartos mantêm sua temperatura corpórea dentro de uma determinada faixa, que pode variar entre diferentes espécies. A temperatura em uma espécie de lagarto varia desde valores mínimos (que permitem o início de atividade do lagarto no ambiente) até máximos de temperatura tolerados. Embora até meados do século vinte tenha predominado a ideia de manutenção de uma determinada temperatura “ótima” para as diferentes espécies de lagarto, na realidade não há uma temperatura “ótima” única, mas vários “ótimos” dependendo da atividade em curso (Rocha et al., 2009). Na literatura encontramos a suposição de que lagartos fossoriais são conformistas e preferem temperaturas corporais mais baixas já que não podem aquecer estendendo-se ao sol (ex. Angilletta Jr., 2009, Vitt & Caldwell, 2009, Meiri et al. 2013).

Meiri et al. (2013) analisaram a relação entre a influência da temperatura do corpo de 861 espécies de lagartos e a temperatura ambiental em todas as suas escalas geográficas. Eles constataram que as altas temperaturas aceleram a história de vida dos lagartos, principalmente em relação à reprodução. Mas as temperaturas ambientais foram mais importantes na formação da história de vida dos lagartos, do que a temperatura do corpo, demonstrando que efeitos como os do aquecimento global podem afetar a ecologia e evolução de lagartos.

O termo “Quanto mais quente melhor” já foi utilizado em diversos contextos, como no aumento do desempenho do organismo associado ao aumento da temperatura corporal e também no desempenho máximo associado a uma mudança evolutiva na temperatura preferida de um organismo. Considerando o segundo contexto pode-se inferir que um organismo com um ótimo térmico elevado deve superar um organismo com um ótimo térmico baixo, pois “mais quente é melhor” para aumentar o desempenho de enzimas e a taxa catalítica, apesar disso, altas temperaturas ambientais podem influenciar negativamente a ecologia de lagartos (Angilletta Jr., 2009).

Amphisbaenia Gray, 1844 é um clado de lagartos fossoriais caracterizado por um corpo alongado e ápodo, e um crânio fortemente reforçado adaptado para cavar. As origens evolucionárias de anfisbenas são controversas, com dados moleculares unindo-as com lacertóides (lagartos terrestres), enquanto que a morfologia suporta um agrupamento com serpentes e outros squamatas ápodos (Muller et. al., 2011). Muller et. al. (2011) realizam uma análise filogenética com dados moleculares e morfológicos a partir da descoberta de um novo lagarto fóssil do Eoceno. Estes autores sugerem a monofilia de lacertídeos e anfisbenas, e que serpentes evoluíram independentemente. A anatomia cranial deste fóssil indica que o comportamento de cavar com a cabeça



evoluiu antes do alongamento corporal e pode ter sido o primeiro passo fundamental na evolução da fossorialidade em *Amphisbaenia*.

A ecologia termal de répteis fossoriais e seus aspectos relacionados são pouco conhecidos porque as observações em condições naturais são difíceis (Martín et al., 2011, 1990; Andrade et al., 2006; Bernardo-Silva et al., 2006; López et al. 2002, 1998; Vega, 2001). No mundo existem 184 espécies de lagartos fossoriais (Uetz, 2012), destes somente três tiveram sua ecologia termal estudada, abrangendo duas das seis famílias existentes. Nada se sabe sobre a biologia termal da família *Amphisbaenidae* Gray 1825 composta por 167 espécies (Uetz, 2012), no Brasil esta família está representada por 68 espécies (Bérnils & Costa, 2012).

A biologia térmica de *Diplometopon zarudny* Nikolsky, 1907 foi descrita em laboratório (Al-Johany, 1999). A anfisbena *Blanus cinereus* (Vandelli, 1797) é fortemente dependente da temperatura do substrato (Martín et al. 1990), e seleciona profundidade de solo e rochas ao longo do dia (López et al. 1998; Martín et al. 1991) e a anfisbena *Trogonophis wiegmanni* Kaup, 1830, termorregula e seleciona microhabitats (Civantos et al. 2003; López et al. 2002).

*Amphisbaena munoai* Klappenbach, 1969 é uma anfisbena de pequeno porte, chegando no máximo a 172mm (Bernardo-Silva et al., 2006). Esta ocorre no sul do Brasil e no Uruguai (Gans, 2005). Bernardo-Silva et al. (2006) estudaram a dieta de *A. munoai* e Balettrin & Cappellari (2011) estudaram a dieta e reprodução desta espécie, ambos no Escudo Sul-Rio-Grandense. Nos dois estudos a dieta era diversificada, porém composta principalmente por térmitas. Esta anfisbena apresenta ciclo sazonal e unimodal de reprodução.

Este estudo tem como objetivo descrever a biologia termal de *Amphisbaena munoai* no Escudo Sul Riograndense, identificando o tipo comportamento desta espécie em relação à heterogeneidade térmica do ambiente, verificando o seu intervalo de temperatura preferido e a fonte de calor ambiental mais relacionada com a sua temperatura corporal. Assim, pudemos verificar se para esta espécie se aplica ao termo “Quanto mais quente melhor”. Além disso, testamos a influência da umidade relativa do ar na taxa de captura de *A. munoai* para verificar se esta variável abiótica poderia estar mais relacionada com o encontro dos espécimes que as outras variáveis.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A área de estudo, conhecida como Escudo Sul Riograndense ou Serra do Sudeste, apresenta intrusões de granito que formam o Cinturão Móvel de Dom Feliciano (Rambo, 2005). Localiza-se no município de São Jerônimo, no Rio Grande do Sul (30°21'55"S, 51°54'35" W), com altitude de 500 a 600m aproximadamente. A vegetação é típica de estepe (parque com floresta de galeria) e floresta estacional semidecidual (floresta tropical subcaducifólia). O bioma pampa está sob a influência do clima temperado mesotérmico brando, superúmido sem seca, com média entre 10°C e 15°C (IBGE, 2010) (Fig. 1).

### **2.2. Coleta de dados**

O estudo de campo ocorreu entre março de 2011 a outubro de 2012. No campo diurno as observações foram feitas mensalmente das 08h00min às 18h00min, no campo noturno as observações foram feitas duas vezes por estação das 18h00min às 08h00min. Utilizou-se o método de procura ativa sempre no mesmo transecto em todos os meses, que consiste em caminhadas ao longo e nas imediações das áreas definidas para procura, abrangendo a maior quantidade possível de microhabitats (pedras, troncos, cupinzeiros, formigueiros). O transecto estudado tinha 870m de comprimento e calculando a área observada a partir de um polígono são cerca de 599.000m<sup>2</sup> de área observada. De hora em hora foram medidos os seguintes parâmetros do ambiente: temperatura do ar (Ta); temperatura do substrato (Ts); temperatura do substrato a 1cm acima do solo no mesmo ponto que Ts (Ts (1cm)); temperatura do substrato a 5cm abaixo do solo (Tsub); temperatura sob rocha (Tsr) e umidade relativa do ar. Após essas medições, no encontro de um espécime, foram medidos imediatamente após a coleta: a temperatura do corpo (Tc) e o comprimento rostro-cloacal (CRC), além de todas as temperaturas do microhabitat novamente. As temperaturas ambientais foram aferidas sem luz solar direta. A altura e a circunferência do microhabitat onde o animal foi capturado também foram medidos, com fita métrica. As temperaturas foram estabelecidas com termômetro K-Type Minipa® MT-450 e a umidade relativa do ar com estação meteorológica portátil (Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro Digital Portátil, modelo THAL-300 da Instrutherm).

### **2.3. Experimento em laboratório**

Temperaturas corporais preferidas devem ser medidas em condições artificiais que permitam que um organismo selecione microclimas igualmente acessíveis (Angilletta Jr., 2009). Foram capturadas 14 *Amphisbaena munoai*, no local do estudo de campo e levadas para o Laboratório de Herpetologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os animais foram colocados num aquário de vidro 89,5x50x45cm, com 5cm de terra, uma lâmpada “Sun Glo” de 100W simulando a luz solar, uma lâmpada “Night Glo” de 15W simulando a luz do luar, três pedras naturais de dimensões diferentes (Pedra 1- 17x60x85cm), (Pedra 2- 6x29x51cm), (Pedra 3- 5.5x37.5x75cm), uma pedra artificial (Pedra 4- 3x36x86cm) e um tapete térmico. Este aquário tinha como objetivo simular o ambiente natural com diferentes microclimas e microhabitats e assim, constatar se há seleção pelas anfisbenas destes microambientes. Foram feitas duas observações, uma em janeiro de 2013 com quatro anfisbenas e outra em março de 2013 com dez anfisbenas. Às 07h00min a lâmpada “Sun Glo” era ligada e às 17h30min desligada, e a lâmpada “Night Glo” era ligada às 19h00min e às 06h00min era desligada. As anfisbenas foram monitoradas durante 48 horas em quatro dias. Em intervalos de duas em duas horas, os microhabitats foram vistoriados e suas temperaturas mensuradas. No encontro de um espécime foi medida a sua temperatura cloacal e seu CRC. As temperaturas foram mensuradas com o mesmo termômetro K-Type Minipa® MT-450 utilizado no campo. Todos os animais foram devolvidos ao local de captura após o experimento.

### **2.4. Análise dos dados**

Realizamos o teste de Kolmogorov-Smirnov que confirmou a normalidade da amostra. Análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para comparar temperaturas sazonalmente e a análise de regressão linear múltipla foi utilizada para definir a relação entre as temperaturas do corpo das anfisbenas com as temperaturas do ambiente.

A análise de regressão stepwise progressiva foi utilizada para determinar a importância relativa de cada fonte de calor, pois esta análise possibilita a escolha das variáveis preditoras que se relacionam com mais intensidade com a variável dependente, aspecto importante na Regressão Linear Múltipla (Ayres, 2007).

Para definir a heterogeneidade térmica de *A. munoai*, utilizamos duas equações: Hertz et. al. (1993) desenvolveram uma forma para quantificar o comportamento de

termorregulação, que combina as temperaturas corporais preferenciais em um gradiente térmico artificial com as temperaturas mecânicas (ambientais) em um ambiente natural:

$$E = 1 - db/de$$

Este índice denomina-se “*Effectiveness of thermoregulation*”, e é calculado a partir de dois índices, o primeiro é conhecido como “*Accuracy of thermoregulation*” (*db*), que é igual ao desvio absoluto médio da temperatura do corpo. E o segundo é conhecido como “*Thermal quality of the environment*” (*de*), que é igual ao desvio absoluto médio das temperaturas ambientais. O valor de “*E*” é a intensidade relativa de termorregulação, quando  $E=0$ , a utilização de microhabitats térmicos é aleatório; quando  $E=1$ , a termorregulação é perfeita; quando  $E=0.5$ , pode-se concluir que há termorregulação com eficácia moderada.

Para definir em que grau da dimensão da heterogeneidade térmica se encontra *A. munoai* foi necessário calcular a diferença entre a temperatura do corpo e às temperaturas do microhabitat. Assim, quanto maior o valor absoluto dessa diferença ( $\Delta T$ ), maior o grau de regulação térmica (termorregulação ativa), conforme Vrcibradic & Rocha (1998). Porém a ausência de valores negativos indica comportamento de termorregulação passiva (Kiefer et. al., 2007).

$$\Delta T_s = \Delta T_c - \Delta T_a$$

Na equação,  $\Delta T_c$  representa à variação da temperatura corporal das anfisbenas e  $\Delta T_s$  representa à variação das temperaturas ambientais.

Para testar a seleção de microhabitats através do tamanho da pedra e para testar a influência da umidade na taxa de encontro das anfisbenas utilizamos a Análise de Correlação Canônica (ACC), esta análise multivarida permite investigar o relacionamento entre duas séries de variáveis (Ayres, 2007).

Todos os procedimentos estatísticos foram calculados com o auxílio do programa BioEstat 5.3.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Estudo de campo**

Nos 15 meses de estudo de campo foi realizado um total de 1.104 horas/coletor de esforço de captura e encontrados 192 espécimes de *Amphisbaena munoai*. De março de 2011 a março de 2012 foram realizadas 877 horas/coletor de esforço de captura diurno e foram encontrados 168 espécimes de *A. munoai*. De janeiro a outubro de 2012 foram

realizadas 227 horas/coletor de busca ativa noturna e foram encontrados 24 espécimes de *A. munoai*. O campo noturno apresenta menor esforço de captura porque ele só foi inserido na metodologia após constatarmos a diminuição no encontro de espécimes no verão. Todos os espécimes foram encontrados embaixo de pedras.

Observou-se no inverno e na primavera maior encontro de espécimes que nas outras estações, a uma taxa de captura de 0.24 exemplares/horas-coletor nas duas estações, enquanto que no outono e no verão a taxa de captura foi de 0.15 exemplares/horas-coletor e 0.08 exemplares/horas-coletor, respectivamente. Analisando separadamente o estudo diurno e o noturno observamos a primavera com os maiores valores nos dois estudos, no diurno a taxa é de 0.3 exemplares/horas-coletor e no noturno 0.21 exemplares/horas-coletor, destacando que esta é a estação reprodutiva de *A. munoai* (Balestrin & Cappellari, 2011). No inverno a taxa de captura é maior somente no estudo diurno, 0.28 exemplares/horas-coletor, e no estudo noturno somente três espécimes foram encontrados, 0.07 exemplares/horas-coletor. O verão e o outono apresentaram as menores taxas de captura, tanto no estudo diurno, como no estudo total (diurno+noturno).

No estudo noturno todas as estações apresentam valores parecidos de taxas de captura, com exceção da primavera. Na estação reprodutiva (setembro, outubro e novembro) é constatada uma atividade similar entre o dia (0.3) e a noite (0.21), enquanto que nas outras estações a taxa de encontro no estudo noturno não ultrapassa 0.07 exemplares/horas-coletor. Isto indica que na época reprodutiva anfisbenas da espécie *A. munoai* estão ativas tanto de dia como a noite (Tab. 1).

No estudo total (estudo diurno + estudo noturno), a média da temperatura corporal das anfisbenas foi 23.7°C (DP=5.2; variando de 12.8°C a 33.8°C; N=185). No estudo diurno, a média da temperatura corporal das anfisbenas foi 24.1°C (DP=5.2; variando de 13.2°C a 33.8°C; N= 163), e no estudo noturno, a média da temperatura corporal das anfisbenas foi 20.5°C (DP=4.7; variando de 12.8°C a 28°C; N=22) (Fig. 2).

No estudo total, a maioria dos indivíduos apresentou temperatura corporal entre 24°C e 30°C (Fig. 3A). Analisando separadamente o estudo diurno e noturno percebemos a diferença na temperatura preferida das anfisbenas (ANOVA, F=9.3; p<0.0001). Das 08h00min às 18h00min encontramos mais indivíduos com temperaturas entre 28°C e 30°C (Fig. 3B), enquanto que das 18h00min às 08h00min as temperaturas preferidas estavam entre 16 e 18°C (Fig. 3C). Esses resultados indicam comportamento termoconformista em relação ao dia (Fig. 3).

Se analisarmos as temperaturas corporais sazonalmente ( $T_c$ ) observamos diferença significativa entre as estações (ANOVA,  $F= 27.6$ ;  $p<0.0001$ ), com exceção entre a primavera e o outono (Tukey  $\alpha=0.05$ ,  $p=ns$ ). (Fig. 4; Tab. 2). Isto indica a termoconformidade de *A. munoai* em relação ao ano.

Verificamos a fonte de calor mais relacionada com a temperatura corporal das anfisbenas através de regressão linear múltipla total e em cada estação ( $p<0.0001$ ). Devido a alta correlação entre  $T_a$  e  $T_s(1cm)$  ( $r=0.96$ ;  $p<0.0001$ ;  $N=185$ ), excluímos a variável independente  $T_a$  da análise. A variável independente  $T_s(1cm)$  está mais relacionada com a temperatura corporal das anfisbenas no inverno, na primavera, outono e na análise total (todas as estações). Somente no verão nenhuma variável independente se mostrou relacionada com  $T_c$  ( $p>2$ ), estação do ano com menor taxa de captura (0.07 exemplares/horas-coletor). Na análise total e no inverno, a segunda fonte de calor mais relacionada com a temperatura corporal das anfisbenas foi a  $T_{sr}$  (total,  $t=2.2742$ ,  $p=0.0247$ ), (inverno,  $t=2.2650$ ,  $p=0.0278$ ). Na primavera houve uma relação relativamente alta de  $T_{sr}$  com  $T_c$  ( $t=1.7119$ ,  $p=0.0925$ ), enquanto que no outono a segunda fonte de calor mais relacionada com a temperatura corporal das anfisbenas foi a  $T_s$  ( $t=2.0801$ ,  $p=0.0440$ ).

Com o intuito de confirmar nossos resultados e analisar a importância relativa de cada fonte de calor fizemos análises de regressão stepwise progressiva. Obtivemos a confirmação de que  $T_s(1cm)$  é a variável independente que mais influencia a temperatura corporal das anfisbenas no estudo total (todas as estações do ano) e em cada estação separadamente (total,  $r^2=70.41\%$ ; inverno,  $r^2=68.87\%$ ; primavera,  $r^2=67.22\%$ ; verão,  $r^2=36.42\%$ ; outono,  $r^2=66.84\%$ ). Com exceção do outono, todas as análises mostraram a  $T_{sr}$  como a segunda variável selecionada na análise progressiva.  $T_{sub}$  foi sempre a variável com menor relação com a temperatura das anfisbenas. No verão todas as temperaturas ambientais explicam 41.10% das temperaturas corporais das anfisbenas, enquanto que nas outras estações essa relação não é menor que 70%.

Para quantificar o comportamento de termorregulação das *A. munoai* utilizamos o índice “*Effectiveness of thermoregulation*” ( $E=1-db/de$ ). Obtivemos para o inverno, primavera e outono,  $E=0.6$  indicando que há termorregulação com eficácia moderada, e no verão  $E=0.4$  indicando utilização de microhabitats aleatória.

Na análise total das temperaturas corporais com as ambientais visualizamos as temperaturas corporais sempre maiores que as ambientais, indicando termorregulação ativa (Fig. 5). Os coeficientes de variação (CV) das temperaturas corporais são no

mínimo 3% menores que os coeficientes de variação das temperaturas ambientais, confirmando comportamento termorregulador (Tab. 2).

Para definir em que grau da dimensão da heterogeneidade térmica se encontra a *A. munoai* foi necessário calcular a diferença entre a temperatura do corpo e às temperaturas do microhabitat ( $\Delta T$ ). O menor valor de  $\Delta T$  nos estudos totais de todas as estações é  $\Delta T_{sr}=2.1$ , confirmando a termorregulação ativa. No estudo noturno, com temperaturas mais baixas que o diurno geralmente, os valores de  $\Delta T$  são maiores, com exceção de  $T_{sub}$ , indicando que além de termorregular ativamente, as anfisbenas *A. munoai* conseguem manter sua temperatura corporal até a noite. Somente na primavera, os valores de  $\Delta T$  noturnos são menores que os diurnos, indicando maior conformidade em relação ao dia, destacando que esta é a estação reprodutiva e com maior encontro de espécimes nos estudos diurno e noturno (Tab. 3).

Para testar a seleção de microhabitats através do tamanho da pedra utilizamos a Análise de Correlação Canônica, Tc e CRC formaram um grupo de variáveis, enquanto que a circunferência da pedra, a altura da pedra e o horário de encontro do espécime formaram o outro grupo de variáveis. No estudo total houve relação canônica entre os dois grupos ( $R_c=0.2$ ,  $X^2=13.4$ ,  $gl=6$ ,  $p<0.04$ ), confirmando a seleção de microhabitats, porém quando as variáveis foram analisadas individualmente entre os grupos, não houve relação significativa (Tab. 4). Quando analisamos a correlação canônica sazonalmente, somente na primavera ( $R_c=0.4$ ,  $X^2=13.5$ ,  $gl=6$ ,  $p<0.05$ ,  $N=59$ ) houve correlação entre os grupos de variáveis. No outono ( $R_c=0.4$ ,  $X^2=11.3$ ,  $gl=6$ ,  $p<0.08$ ,  $N=44$ ), no inverno ( $R_c=0.3$ ,  $X^2=6.2$ ,  $gl=4$ ,  $p>0.1$ ,  $N=54$ ) e no verão ( $R_c=0.4$ ,  $X^2=7.2$ ,  $gl=6$ ,  $p>0.2$ ,  $N=25$ ) não houve correlação significativa. Nas análises individuais das estações da primavera e do outono houve correlação com a circunferência da pedra, na primavera com Tc ( $p<0.05$ ) e no outono com CRC ( $p<0.05$ ). Assim, podemos sugerir que a *A. munoai* termorregula selecionando os tamanhos das pedras para estabilizar sua temperatura corporal durante o período reprodutivo.

Para testar a influência da umidade relativa do ar na taxa de encontro das anfisbenas, correlacionamos o número de encontros de espécimes com a umidade no momento da captura, através da Análise de Correlação Canônica. Não existe correlação da umidade com a taxa de encontro das anfisbenas no estudo total ( $R_c=0$ ,  $X^2=3.5$ ,  $gl=1$ ,  $p>0.06$ ,  $N=351$ ). Somente no inverno, a estação mais úmida, esta correlação foi positiva ( $R_c=0.2$ ,  $X^2=5.5$ ,  $gl=1$ ,  $p<0.05$ ,  $N=85$ ). Na primavera ( $R_c=0.1$ ,  $X^2=1.8$ ,  $gl=1$ ,  $p>0.1$ ,  $N=77$ ), no verão ( $R_c=0$ ,  $X^2=0$ ,  $gl=1$ ,  $p>0.9$ ,  $N=91$ ) e no outono ( $R_c=0.1$ ,  $X^2=1.7$ ,  $gl=1$ ,

$p > 0.2$ ,  $N=98$ ) não houve correlação da umidade com a quantidade de anfisbenas encontradas (Tab. 5).

### **3.2. Experimento em laboratório.**

Em laboratório realizamos o experimento de seleção de microhabitats onde os indivíduos tendem a selecionar um intervalo relativamente estreito de temperaturas, desde que todos os estímulos externos que possam influenciar o comportamento termorregulatório sejam eliminados. Assim, a média dessas temperaturas selecionadas é considerada a temperatura preferida de um organismo, ou o intervalo de temperaturas selecionadas é considerado o intervalo preferido (Angilletta, 2009). Corroborando a temperatura corporal preferida para *A. munoai* em seu habitat natural no verão (28.6°C), encontramos em laboratório a média de 28°C (DP=2.3; variando de 24.7°C a 31.8°C;  $N=25$ ).

Em laboratório os microhabitats foram vistoriados 31 vezes e houveram 19 encontros de espécimes durante as 48 horas de observação. No total 32 anfisbenas foram encontradas sob o solo embaixo das pedras. A atividade dos espécimes foi observada tanto de dia ( $N=13$ ) como à noite ( $N=19$ ), deslocamentos acima do solo foram observados cinco vezes durante os dois turnos. No estudo diurno, das 07h00min às 19h00min a média da temperatura corporal das anfisbenas foi 28.2°C (DP=2.8; variando de 24.7°C a 31.8°C;  $N=12$ ), e no estudo noturno, a média da temperatura corporal das anfisbenas foi 27.9°C (DP=1.9; variando de 25.1°C a 30.9°C;  $N=13$ ). Nestes estudos não houve diferença significativa na temperatura corporal das anfisbenas (ANOVA,  $F=0.1$ ;  $p > 0.7$ ).

O microhabitat com a maior frequência de encontro de anfisbenas foi a Pedra 1 ( $N=12$ ), a maior pedra tanto em altura como em circunferência. Na pedra 4 artificial foram encontradas oito anfisbenas e no ambiente subterrâneo aquecido pelo tapete térmico tiveram nove encontros de anfisbenas. Na Pedra 3 houveram somente dois encontros e na Pedra 2 nenhum encontro, pedras com as menores dimensões.

A Pedra 1 apresentou em média 26.5°C (DP=2.4; variando de 23.2°C a 32.9°C;  $N=31$ ), a Pedra 4 apresentou média de 32.6°C (DP=5.4; variando de 23.4°C a 41.3°C;  $N=31$ ). O ambiente subterrâneo aquecido pelo tapete térmico teve média de 28.3°C (DP=3.2; variando de 23°C a 35.2°C;  $N=31$ ), a Pedra 3 apresentou em média 26.2°C (DP=1.8; variando de 23.5°C a 29.4°C;  $N=31$ ) e a Pedra 2 apresentou em média 26°C (DP=1.8; variando de 23.5°C a 30.3°C;  $N=31$ ).



Este estudo não demonstrou nenhum padrão que diferisse entre o estudo diurno e o noturno, sugerindo atividade diurna e noturna para *A. munoai* e a manutenção do intervalo de temperatura preferida observado no estudo de campo ( $\mu = 28^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{DP} = 2.3$ ; variando de  $24.7^{\circ}\text{C}$  a  $31.8^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{N} = 25$ ).

#### 4. DISCUSSÃO

Anfisbenas são um grupo de répteis especializados para uma vida fossorial, o que torna o seu estudo característico de adaptações biológicas e ecológicas difíceis (Martín et al., 2011). Neste sentido identificar a atividade de uma anfisbena é especulativo. Geralmente o encontro de uma anfisbena embaixo de uma pedra sugere que a mesma está em atividade de termorregulação, porém, neste estudo, algumas observações sugerem que elas também possam estar inativas embaixo das pedras, ao mesmo tempo que na maior parte das observações a atividade é confirmada. Assim, a taxa de encontro de *A. munoai* pode indicar sua atividade.

No verão a taxa de encontro diminuiu drasticamente (0.08), na análise de regressão múltipla nenhuma variável independente se relacionou com as temperaturas corporais das anfisbenas, e na análise de regressão múltipla progressiva as variáveis ambientais explicam somente 41.10% das temperaturas corporais das anfisbenas, enquanto que nas outras estações essa relação não é menor que 70%. Além disso, o índice de Hertz et. al., 1993 ( $E = 0.4$ ) indica somente nesta estação a utilização de microhabitats aleatória. Provavelmente a atividade de termorregulação seja satisfatória somente em ambiente subterrâneo mais profundo que não tivemos acesso, ou o ambiente superficial poderia estar muito quente para o seu intervalo de temperatura corporal preferida ( $24^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ ). Também sugerimos que *A. munoai* pode estar termorregulando por menos tempo no verão, o que tornaria seu encontro mais difícil, já que na observação em laboratório, realizada no verão, houve atividade dos espécimes na superfície tanto na observação diurna como na noturna. As análises estatísticas referentes ao estudo de campo no verão também podem ser prejudicadas pelo número amostral baixo ( $\text{N} = 25$ ).

Na primavera, estação reprodutiva, há maior conformidade em relação ao dia, os valores de  $\Delta T$  noturnos são sempre menores que os diurnos, sugerindo que a temperatura ótima para a atividade reprodutiva é menor do que para outras atividades ou que a conformidade da temperatura corporal ao ambiente é benéfica para atividade reprodutiva. Esta foi a única estação que apresentou valor baixo e negativo de  $\Delta T$ s,

demonstrando conformidade em relação ao ambiente subterrâneo durante a noite ( $T_{sub}=-0.7$ ), mas a ACC demonstrou que nesta estação as anfisbenas selecionam tamanho de pedras. Poderíamos sugerir então que a *A. munoai* termorregula selecionando os tamanhos das pedras para estabilizar sua temperatura corporal durante o período reprodutivo, o que comprova que para *A. munoai* “Quanto mais quente não é melhor”.

Na análise total das temperaturas corporais com as ambientais visualizamos às temperaturas corporais sempre maiores que as ambientais. Isto ocorreu em todos os estudos de termorregulação de anfisbenídeos (Gil et al., 1993, Civantos et al., 2003; López et al., 1998, 2002; Martín et al. 1990, 1991), inclusive no estudo com a anfisbena *Diplometopon zarudnyi* que tem atividade noturna (Al-Johany, 1999). Este padrão continua sem causa comprovada, porém duas explicações possíveis envolvem forrageamento, a primeira seria a seleção de temperaturas corporais mais elevadas após a alimentação (Tossini et al. 1994), e a segunda seria que o forrageamento subterrâneo implica em elevados custos de energia na construção de túneis (Kamel & Gatten 1983), e por isso anfisbenas estariam selecionando temperaturas mais altas. Porém, em ambiente controlado no laboratório encontramos anfisbenas com temperatura corporal até 5°C mais alta que qualquer temperatura ambiental, mostrando que há interferência de algum mecanismo fisiológico desconhecido na termorregulação destes animais.

As anfisbenas são muito influenciadas pelas temperaturas superficiais, mesmo sendo encontradas em todas as ocasiões embaixo de pedras,  $T_s(1cm)$  é a fonte de calor mais relacionada com a temperatura corporal das anfisbenas.  $T_s(1cm)$  foi a única variável independente do ar utilizada nas análises de regressão múltipla e  $T_{sub}$  foi a única variável independente subterrânea utilizada nessas análises.  $T_{sub}$  foi a variável que apresentou menor relação com  $T_c$ .

Em relação à seleção de microhabitats encontramos correlação canônica no estudo total, mas no estudo sazonal encontramos correlação somente na primavera. Porém este resultado pode ser influenciado pelo número amostral menor quando separamos os dados por estações, já que no estudo total encontramos correlação entre as variáveis. Em laboratório a pedra natural mais utilizada era a maior delas (Pedra 1) e a menor delas (Pedra 2) nunca foi utilizada, apesar das temperaturas sob as pedras 1 e 2 não diferirem significativamente (Tukey  $\alpha=0.05$ ,  $p=ns$ ). Este comportamento também indica seleção de tamanho de pedras pelas anfisbenas, além da seleção de microhabitats termais.

## 5. CONCLUSÃO

A *Amphisbaena munoai* é uma espécie tigmotérmica termoconformista diária e sazonal, porém esta espécie é capaz de termorregular ativamente, selecionando microhabitats para desenvolver suas diferentes atividades dentro do intervalo de temperatura preferida (24°C a 30°C).

As fontes de calor mais relacionadas com a temperatura corporal de *A. munoai* são as temperaturas superficiais  $T_s(1\text{cm})$  e  $T_{sr}$ , enquanto que a fonte de calor que menos influencia é a  $T_{sub}$ .

Na estação reprodutiva a atividade noturna é similar à atividade diurna e maior que nas outras estações do ano.

Concluimos que *A. munoai* é um exemplo de “Quanto mais quente não é melhor” já que observamos termorregulação também para estabilização da temperatura na primavera e diminuição desta atividade no verão. Porém esta espécie tem um mecanismo fisiológico de termorregulação que as mantém mais aquecida que o habitat.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Gilson Galera por permitir a pesquisa na Fazenda Novos Ares e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Formatado para ser submetido ao periódico Journal of Thermal Biology) (ver anexo).

Al-Johany, A. M. 1999. The activity and thermal biology of the fossorial reptile, *Diplometopon zarudnyi* (Amphisbaenia:Trogonophiidae) in Central Saudi Arabia. Asiatic Herpetological Research 8: 1-6.

Andrade, D. V., Nascimento, L. B., Abe, A. S. 2006. Habits hidden underground: a review on the reproduction of the *Amphisbaenia* with notes on four neotropical species. Amphibia-Reptilia 27:207-217.

Angilletta Jr., M. J. 2009. Thermal Adaptation- A Theoretical and Empirical Synthesis. New York, Oxford University Press.

Ayres, M. 2007. Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. 5ª ed. Belém, Pará, Brasil.

Balestrin, R. L., Cappellari, L. H. 2011. Reproduction and feeding ecology of *Amphisbaena munoai* and *Anops kingi* (Amphisbaenia, Amphisbaenidae) in the Escudo Sul-Rio-Grandense, southern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 101(1-2):93-102.

Bernardo-Silva, J. S., Von-Muhlen, E. M., Di-Bernardo, M. O., Ketterl, J. 2006. Feeding ecology in the small neotropical amphisbaenid *Amphisbaena munoai* (Amphisbaenidae) in southern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 96:487-489.

Bérnils, R. S. e H. C. Costa (org.). 2012. Répteis brasileiros: Lista de espécies. Versão 2012.2. Disponível em <http://www.sbherpetologia.org.br/>. Sociedade Brasileira de Herpetologia. Acessada em março de 2013.

Civantos, E., Martín, J., López, P. 2003. Fossorial life constrains microhabitat selection of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. *Canadian Journal Zoology* 81:1839-844.

Gans, C. 2005. Checklist and bibliography of the amphisbaenia of the World. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 280:1–130.

Gil, M.J., Guerrero, F., and Pérez-Mellado, V. 1993. Observations on morphometrics and ecology in *Blanus cinereus* (Reptilia: Amphisbaenia). *Journal of Herpetology* 27: 205-209.

Hertz, P. E., Huey, R. B., Stevenson R. D. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. *American Naturalist*, 142:796–818.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. Atlas Nacional do Brasil. Clima. 77p. Disponível em [ftp://geoftp.ibge.gov.br/atlas/atlas nacional do brasil 2010/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/atlas/atlas_nacional_do_brasil_2010/) (acessado em março de 2013).

Kamel, S., Gatten, R. E., 1983. Aerobic and anaerobic activity metabolism of limbless and fossorial reptiles. *Physiological Zoology*, 56:419–429.

Kiefer, M.C.; Van Sluys, M. & Rocha, C.F.D. 2007. Thermoregulatory behaviour in *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from Brazilian coastal populations: an estimate of passive and active thermoregulation in lizards. *Acta Zoologica*, 88: 81-87.

López, P., Civantos, E., Martín, J. 2002. Body temperature regulation in the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. *Canadian Journal of Zoology*, 80:42–47.

López, P., Salvador, A., Martín J. 1998. Soil temperatures, rock selection and the thermal ecology of the amphisbaenian reptile *Blanus cinereus*. *Canadian Journal of Zoology*, 76:673–679.

Martín, J., López, P., Salvador, A. 1990. Field body temperatures of the amphisbaenid lizard *Blanus cinereus*. *Amphibia-Reptilia*, 11:87–96.

Martín, J., López, P., Salvador, A. 1991. Microhabitat selection of the amphisbaenian *Blanus cinereus*. *Copeia*, 1991:1142–1146.

Martín, J., Polo-Cavia, N., Gonzalo, A., López, P., Civantos, E. 2011. Structure of a population of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni* in North Africa. *Herpetologica*, 67(3):250-257.

Meiri, S., Bauer, A. M., Chirio, L., Colli, G. R., Das, I., Doan, T. M., Feldman, A., Herrera, F. C., Novosolov, M., Pafilis, P., Pincheira-Donoso, D., Powney, G., Torres-Carvajal, O., Uetz, P., Van Damme, R. 2013. Are lizards feeling the heat? A tale of ecology and evolution under two temperatures. *Global Ecology and Biogeography*, in Press.

Müller, J., Hipsley, C. A., Head, J. J., Kardjilov, N., Hilger, A., Wuttke, M., Reisz, R. R. 2011. Eocene lizard from Germany reveals amphisbaenian origins. *Nature*, 473:364-367.

Rambo, B. 2005. A Fisionomia do Rio Grande do Sul. 3ª ed. Editora Unisinos.

Rocha, C. F. D., Vrcibradic, D., Araújo, A. F. B. 2000. Ecofisiologia de Répteis de Restinga. Pp. 117-149. *In*: Esteves F. A. E. & Lacerda L. D. (orgs.). Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras. NUPEM/UFRJ, Macaé. 394p.

Rocha, C. F. D., Sluys, M. V., Vrcibradic, D., Kiefer, M. C., Menezes, V. A. & Siqueira, C. C. 2009. Comportamento de termorregulação em lagartos brasileiros. *Oecol. Bras.*, 13(1): 115-131.

Uetz, 2012. Reptile database. Disponível em <http://www.reptile-database.org/> (acessado em março de 2013).

Vega, L. E. 2001. Reproductive and feeding ecology of the amphisbaenian *Anops kingii* in east-central Argentina. *Amphibia-Reptilia*, 22:447–454.

Vitt, L. J., Caldwell, J. P. 2009. Herpetology, An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. 3ª ed. Academic Press.

Vrcibradic, D. and Rocha, C. F. D. 1998. The ecology of the skink *Mabuya frenata* in an area of rock outcrops in Southeastern Brazil. *Journal of Herpetology*, 32: 229–237.

Tossini, G., Jones, S., Avery, R. A. 1994. Effects of feeding on set point temperatures and thermoregulatory behaviour in the lizards *Podarcis muralis* and *Lacerta vivipara*. *Amphibia-Reptilia*, 15: 257–265.

Tabela 1. Taxas de captura de *A. munoai* encontradas entre março de 2011 a outubro de 2012 (N=192).

	<b>Inverno</b>	<b>Primavera</b>	<b>Verão</b>	<b>Outono</b>
<b>Diurno</b>	0.28	0.3	0.11	0.17
<b>Noturno</b>	0.07	0.21	0.07	0.06
<b>Diurno + Noturno</b>	0.24	0.24	0.08	0.15

Tabela 2. Variação sazonal das temperaturas corporais de *A. munoai* e das temperaturas ambientais em São Jerônimo, entre março de 2011 e outubro de 2012.

	<b>Tc</b>	<b>Ta</b>	<b>Ts</b>	<b>Ts(1cm)</b>	<b>Tsub</b>	<b>Tsr</b>
<b>Inverno</b>						
CV	22.9%	42.6%	29.1%	34.3%	26%	29.1%
Média	19.7°C	13.7°C	15.1°C	14.6°C	15°C	15.3°C
Mínimo	12.8°C	2.4°C	4.5°C	4.5°C	6.3°C	4.7°C
Máximo	29.3°C	25°C	24.7°C	26.6°C	24°C	28.5°C
DP	4.5	5.8	4.4	5.0	4.0	5.3
N	55	85	85	85	85	85
<b>Primavera</b>						
CV	20.1%	28.60%	31%	29.8%	29.8%	34.4%
Média	24.2°C	19°C	21.7°C	20.4°C	21°C	23.5°C
Mínimo	14.8°C	9.7°C	8.8°C	10.3°C	9.4°C	9.4°C
Máximo	32.5°C	31.5°C	40.3°C	34.8°C	38.6°C	47.3°C
DP	4.9	5.4	6.7	6.1	6.3	8.1
N	60	77	77	77	77	77
<b>Verão</b>						
CV	9.5%	15.2%	15.1%	15.5%	14.7%	23.2%
Média	28.6°C	22°C	25.2°C	23.7°C	25.2°C	26.9°C
Mínimo	19°C	16°C	19°C	16.5°C	18.3°C	16.6°C
Máximo	32°C	29.5°C	34.6°C	32.9°C	34.4°C	44.7°C
DP	2.7	3.4	3.8	3.7	3.7	6.2
N	25	91	91	91	91	90
<b>Outono</b>						
CV	16.8%	34.8%	28.3%	32.9%	24%	43.9%
Média	25.1°C	16.8°C	19°C	17.8°C	19°C	19.5°C
Mínimo	14.6°C	6.9°C	10.2°C	7.9°C	10.2°C	8.7°C
Máximo	33.8°C	30°C	34.5°C	33.2°C	32.2°C	42.2°C
DP	4.2	5.8	5.4	5.9	4.6	8.5
N	45	98	98	98	98	98

Tabela 3. Valores de  $\Delta T$  de *A. munoai* encontradas entre março de 2011 e outubro de 2012 (N = 185).

$\Delta T$ /season	Winter				Spring				Summer				Autumn			
$\Delta T_{ur}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{ur}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{ur}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{ur}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{ur}$
<b>TOTAL</b>	55	17.6 $\pm$ 4.3	9.6 - 29.3	<b>2.1</b>	60	21.2 $\pm$ 5.0	9.2 - 30.9	<b>3</b>	25	25.4 $\pm$ 3.4	18.6 - 32.4	<b>3.2</b>	44	20.9 $\pm$ 5.0	12.3 - 36.9	<b>4.2</b>
<b>DIURNAL</b>	52	18.0 $\pm$ 4.1	12.2 - 29.3	<b>2</b>	49	22.0 $\pm$ 5.0	9.2 - 30.9	<b>3.2</b>	20	26.3 $\pm$ 2.9	19.7 - 32.4	<b>2.8</b>	40	21.5 $\pm$ 4.8	13.0 - 36.9	<b>4</b>
<b>NOCTURNAL</b>	3	10.8 $\pm$ 1.2	9.6 - 12.0	<b>4.8</b>	11	17.4 $\pm$ 2.4	14.9 - 23.0	<b>1.9</b>	5	21.9 $\pm$ 3.1	18.6 - 25.7	<b>5</b>	4	15.0 $\pm$ 3.2	12.3 - 19.3	<b>5.6</b>
$\Delta T_s$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$
<b>TOTAL</b>	55	17.1 $\pm$ 3.6	8.4 - 24.9	<b>2.6</b>	60	20.2 $\pm$ 4.5	10 - 29.6	<b>4</b>	25	25.0 $\pm$ 2.6	20.1 - 31.3	<b>3.6</b>	44	19.7 $\pm$ 3.5	13.0 - 30.6	<b>5.4</b>
<b>DIURNAL</b>	52	17.4 $\pm$ 3.4	11.3 - 24.9	<b>2.6</b>	49	20.6 $\pm$ 4.8	10 - 29.6	<b>4.6</b>	20	25.4 $\pm$ 2.6	20.1 - 31.3	<b>3.7</b>	40	20.1 $\pm$ 3.3	14.5 - 30.6	<b>5.4</b>
<b>NOCTURNAL</b>	3	11.0 $\pm$ 2.3	8.4 - 13.0	<b>4.6</b>	11	18.3 $\pm$ 2.4	16 - 24.2	<b>1</b>	5	23.3 $\pm$ 2.4	20.5 - 26.2	<b>3.6</b>	4	15.8 $\pm$ 2.6	13.0 - 18.6	<b>4.8</b>
$\Delta T_s$ (1cm)	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$ (1cm)	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$ (1cm)	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$ (1cm)	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_s$ (1cm)
<b>TOTAL</b>	55	16.7 $\pm$ 3.9	6.6 - 25.1	<b>3</b>	60	19.1 $\pm$ 4.9	11.5 - 30.3	<b>5.1</b>	25	23.6 $\pm$ 3.0	18.3 - 30.1	<b>5</b>	44	19.3 $\pm$ 4.0	11.0 - 28.9	<b>5.8</b>
<b>DIURNAL</b>	52	17.1 $\pm$ 3.6	11.2 - 25.1	<b>2.9</b>	49	19.6 $\pm$ 5.0	11.5 - 30.3	<b>5.6</b>	20	24.6 $\pm$ 2.4	18.6 - 30.1	<b>4.5</b>	40	19.9 $\pm$ 3.6	13.5 - 28.9	<b>5.6</b>
<b>NOCTURNAL</b>	3	9.5 $\pm$ 2.5	6.6 - 11.3	<b>6.1</b>	11	15.7 $\pm$ 1.9	16.4 - 28.1	<b>3.6</b>	5	19.9 $\pm$ 1.8	18.3 - 22.4	<b>7</b>	4	13.2 $\pm$ 2.7	11.0 - 17.2	<b>7.4</b>
$\Delta T_{sub}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{sub}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{sub}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{sub}$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_{sub}$
<b>TOTAL</b>	55	16.3 $\pm$ 3.5	8.7 - 22.5	<b>3.4</b>	60	19.6 $\pm$ 4.3	10.7 - 28.1	<b>4.6</b>	25	25.3 $\pm$ 2.6	21.2 - 31.0	<b>3.3</b>	44	19.6 $\pm$ 3.0	14.5 - 27.5	<b>5.5</b>
<b>DIURNAL</b>	52	16.5 $\pm$ 3.3	11.2 - 22.5	<b>3.5</b>	49	19.6 $\pm$ 4.5	10.7 - 26.8	<b>5.6</b>	20	25.1 $\pm$ 2.5	21.2 - 31.0	<b>4</b>	40	19.8 $\pm$ 3.1	14.5 - 27.5	<b>5.7</b>
<b>NOCTURNAL</b>	3	11.5 $\pm$ 2.7	8.7 - 14.0	<b>4.1</b>	11	20.0 $\pm$ 3.3	16.4 - 28.1	<b>-0.7</b>	5	25.8 $\pm$ 3.3	22.5 - 30.5	<b>1.1</b>	4	17.4 $\pm$ 1.8	15.4 - 19.0	<b>3.2</b>
$\Delta T_a$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_a$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_a$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_a$	N	Mean $\pm$ SD	interval	$\Delta T_a$
<b>TOTAL</b>	55	15.8 $\pm$ 4.8	2.4 - 24.6	<b>3.9</b>	60	17.7 $\pm$ 4.7	9.5 - 30.9	<b>6.5</b>	25	22.2 $\pm$ 3.0	16.3 - 28.2	<b>6.4</b>	44	18.8 $\pm$ 4.0	10 - 27.6	<b>6.3</b>
<b>DIURNAL</b>	52	16.3 $\pm$ 4.3	9.6 - 24.6	<b>3.7</b>	49	18.6 $\pm$ 4.8	9.5 - 30.9	<b>6.6</b>	20	23.1 $\pm$ 2.3	18.1 - 28.2	<b>6</b>	40	19.5 $\pm$ 3.5	13.3 - 27.6	<b>6</b>
<b>NOCTURNAL</b>	3	6.7 $\pm$ 3.7	2.4 - 9.3	<b>8.9</b>	11	14.0 $\pm$ 1.6	12.2 - 17.8	<b>5.3</b>	5	18.2 $\pm$ 2.1	16.3 - 21.7	<b>8.7</b>	4	12.3 $\pm$ 2.4	10.0 - 15.7	<b>8.3</b>



Tabela 4. Relação canônica entre as variáveis agrupadas em dois grupos: Tc (Temperatura corporal de A. munoai) e CRC (Comprimento rostro cloacal) x Horário, Circunferência da pedra e Altura da pedra no estudo total (N=182).

	CRC		Tc	
<b>Horário</b>	- 0.044	ns	- 0.126	ns
<b>Circunferência</b>	0.142	ns	- 0.020	ns
<b>Altura</b>	- 0.030	ns	0.130	ns

Tabela 5. Variação sazonal da umidade relativa do ar em São Jerônimo, entre março de 2011 e outubro de 2012.

	<b>Umidade (média)</b>	<b>DP</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>N</b>
<b>Inverno</b>	75.5%	9.7%	53.8%	94.1%	85
<b>Primavera</b>	52.6%	18.4%	24.6%	87.1%	77
<b>Verão</b>	60.6%	16.7%	26.7%	94.7%	91
<b>Outono</b>	65.7%	13.7%	32,6%	89.4%	98
<b>Total</b>	63.9%	16.8	24.6%	94.7%	351

Figura 1. Localização da área de estudo no município de São Jerônimo, em cinza, Rio Grande do Sul, Brasil.

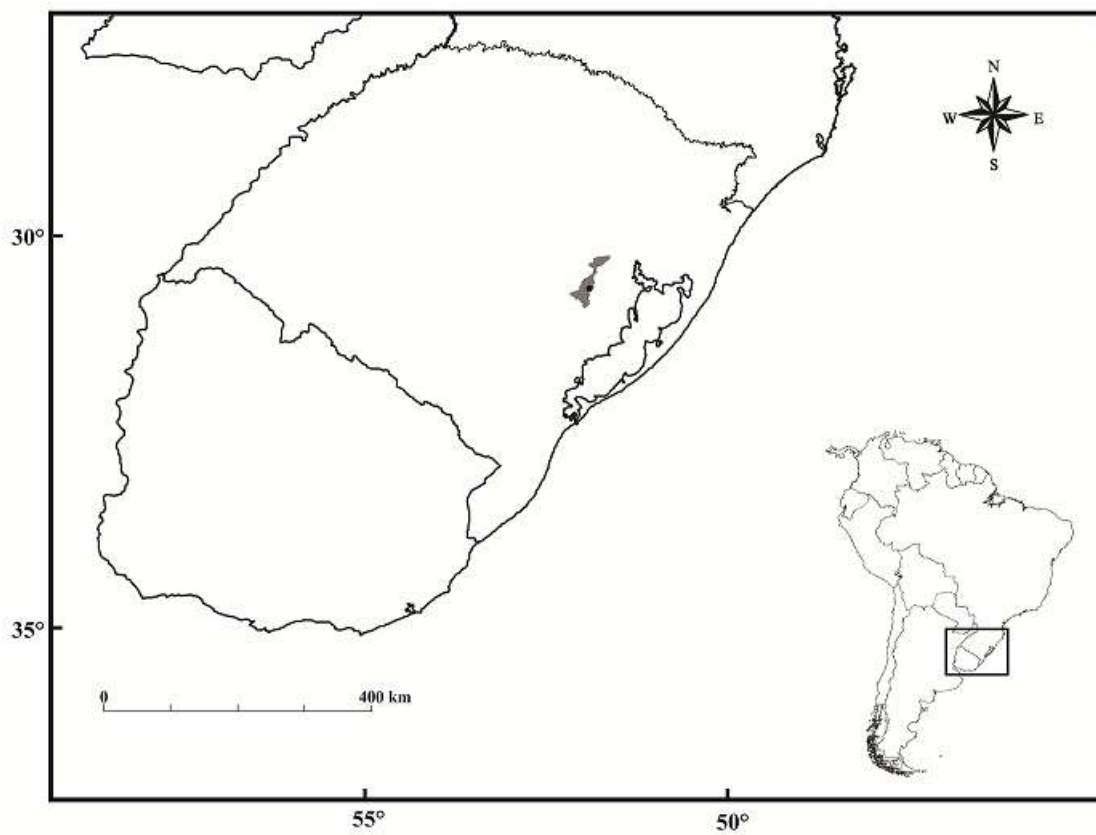


Figura 2. Estatística descritiva (média e desvio padrão) das temperaturas corporais de *A. munoai*. Tc total: Temperaturas corporais de todo o estudo (N= 183). Tc total diurno: Temperaturas corporais do estudo diurno (N= 163). Tc total noturno: Temperaturas corporais do estudo noturno (N= 22) (Ver Material e Métodos).

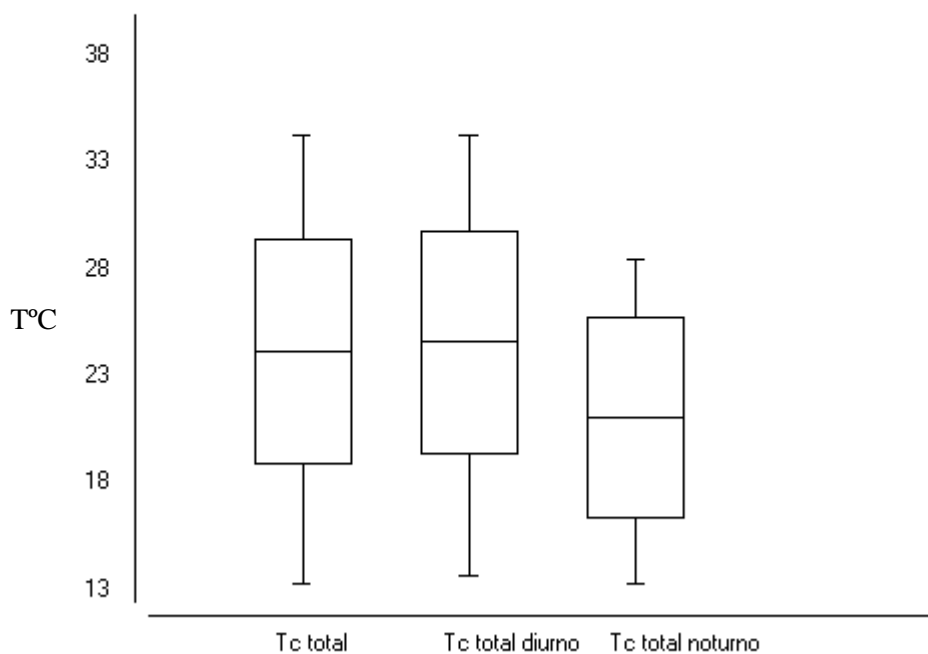
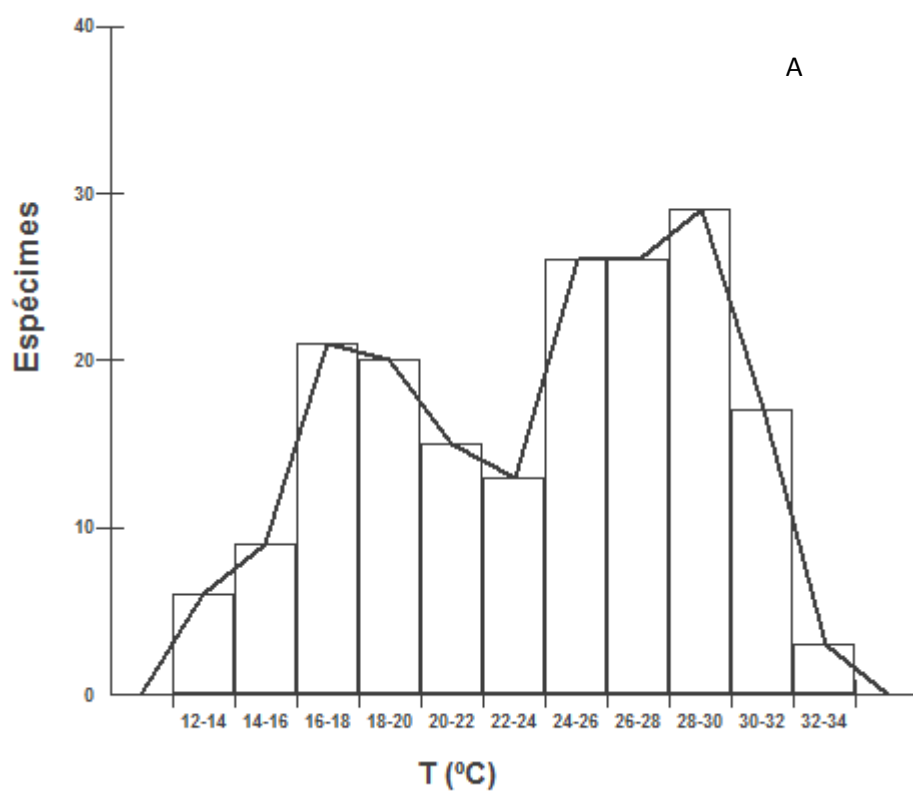


Figura 3. Distribuição da frequência das temperaturas corporais de *A. munoai* encontradas entre março de 2011 e outubro de 2012 (N = 185). A) Temperaturas corporais de todo o estudo; B) Temperaturas corporais do estudo diurno; C) Temperaturas corporais do estudo noturno. (Ver Material e Métodos).



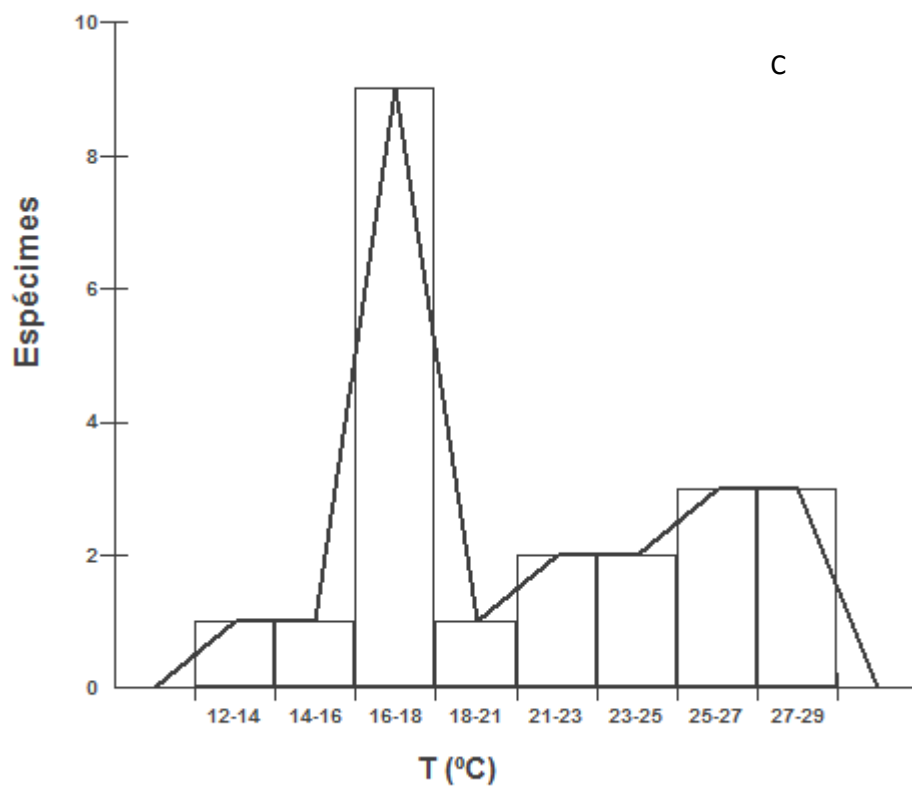
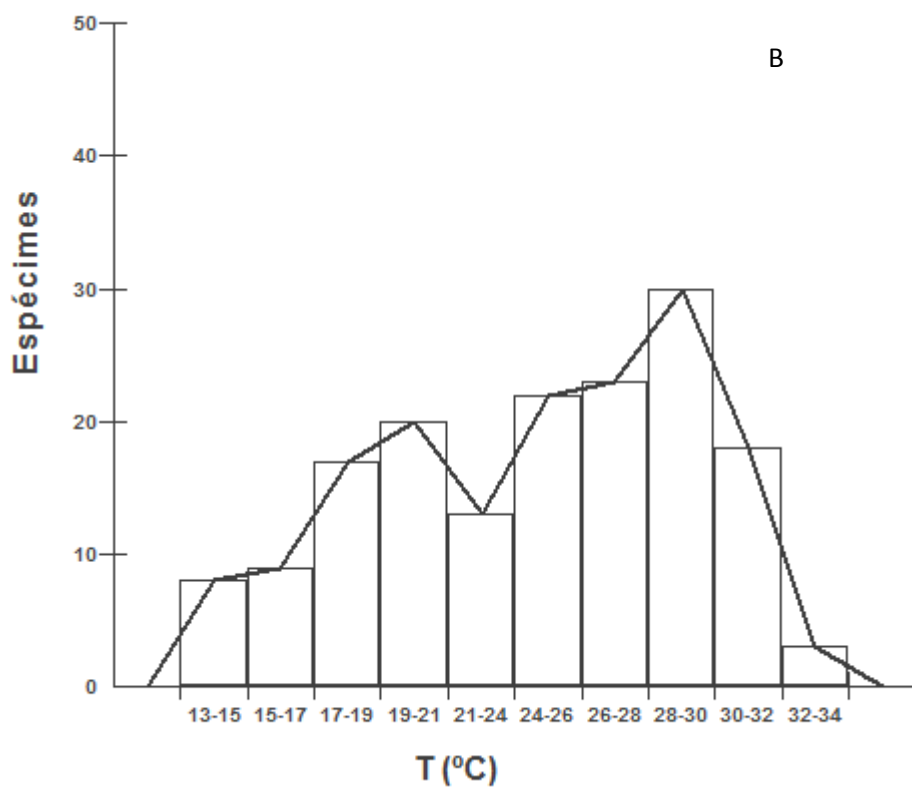
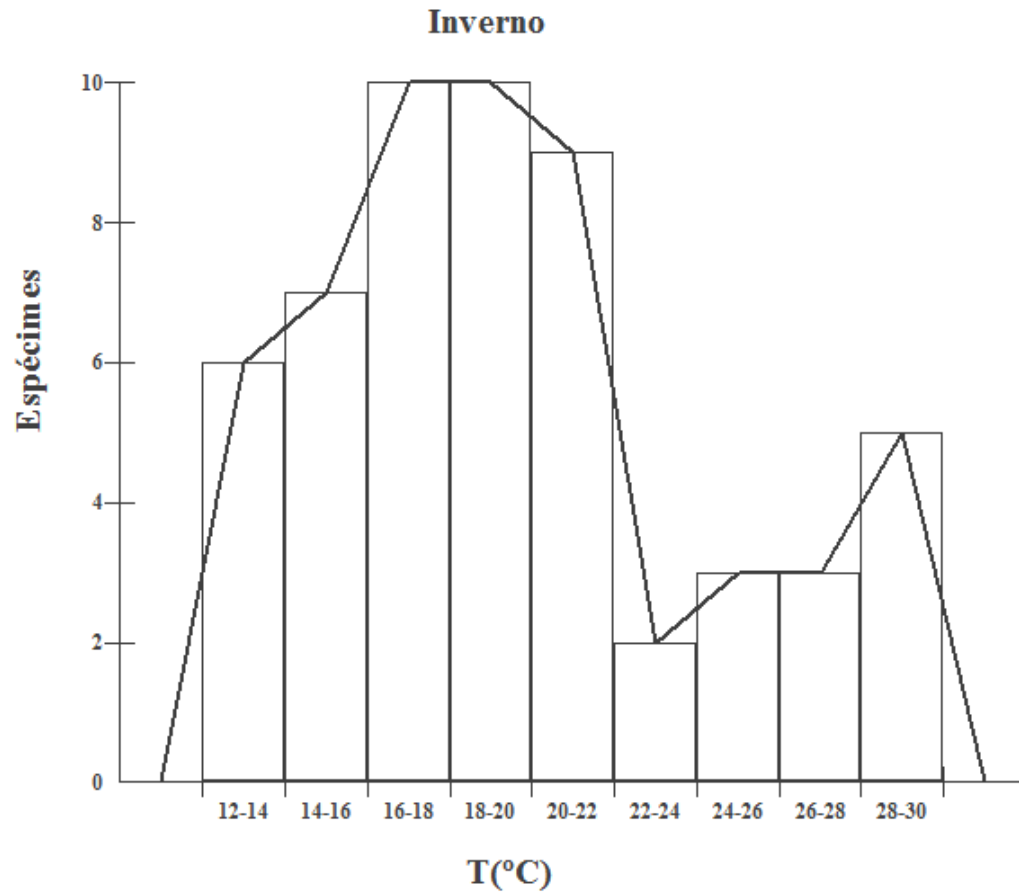
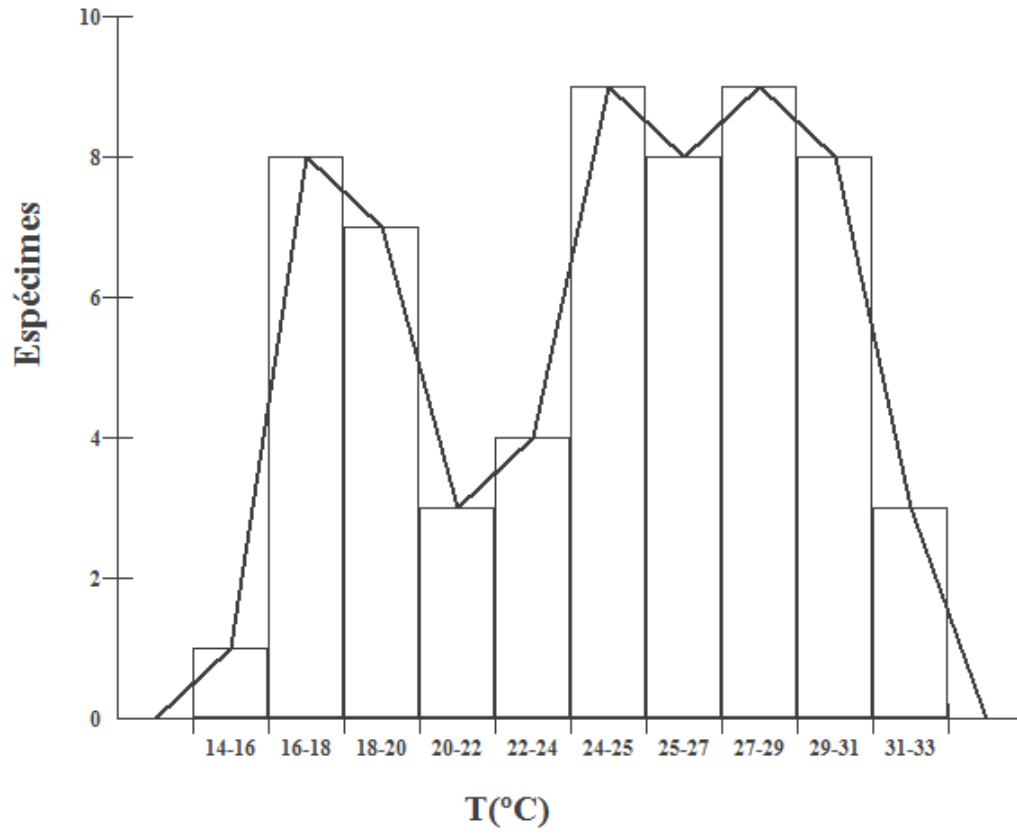


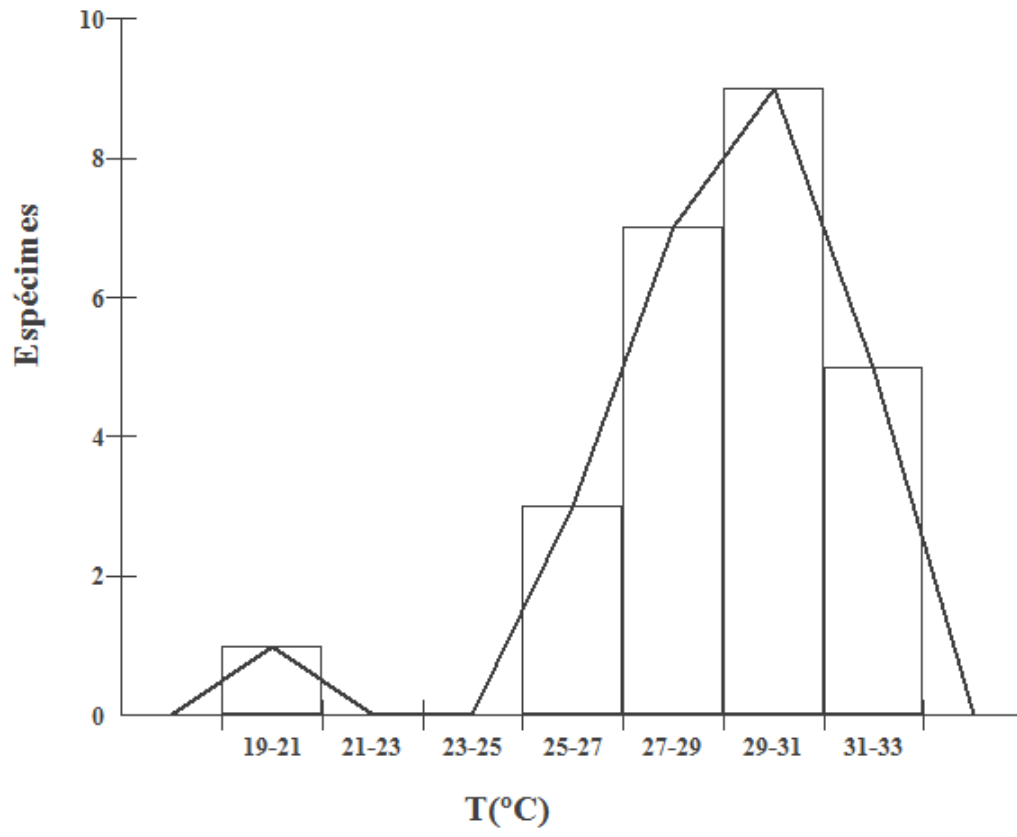
Figura 4. Distribuição da frequência sazonal das temperaturas corporais de *A. munoai* encontradas entre março de 2011 e outubro de 2012 (N = 185).



### Primavera



## Verão





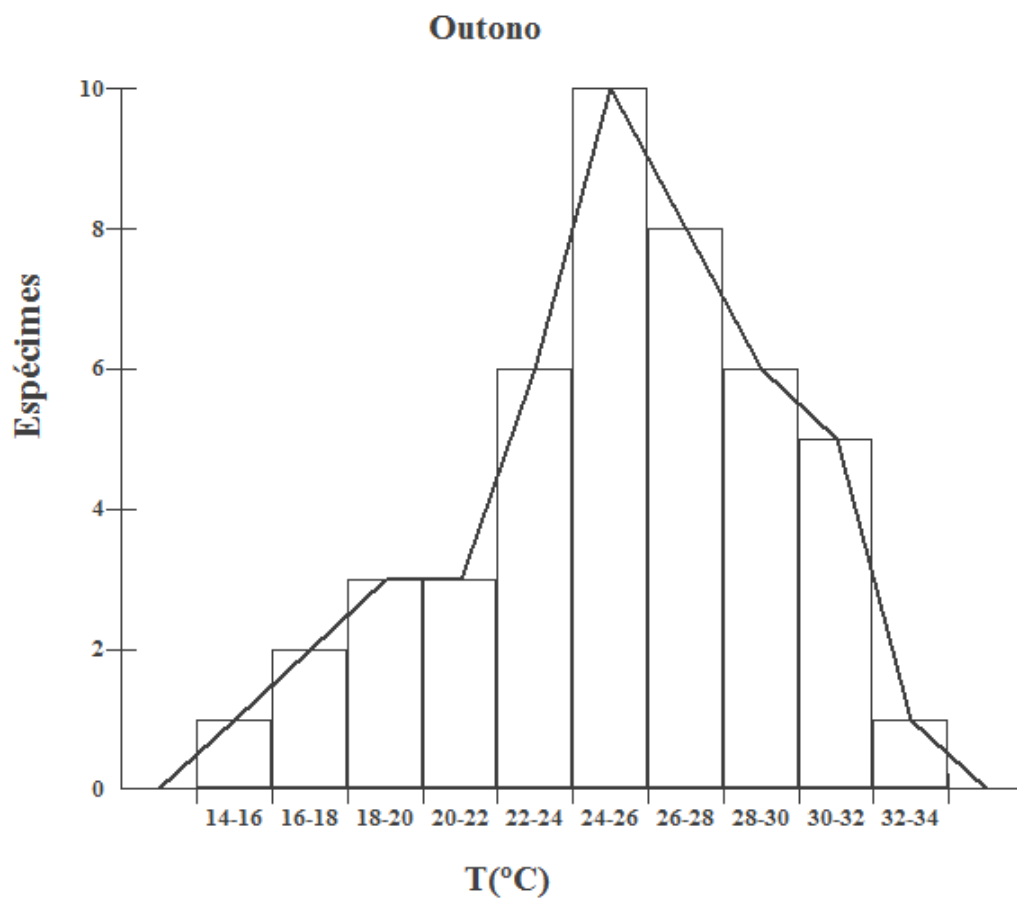
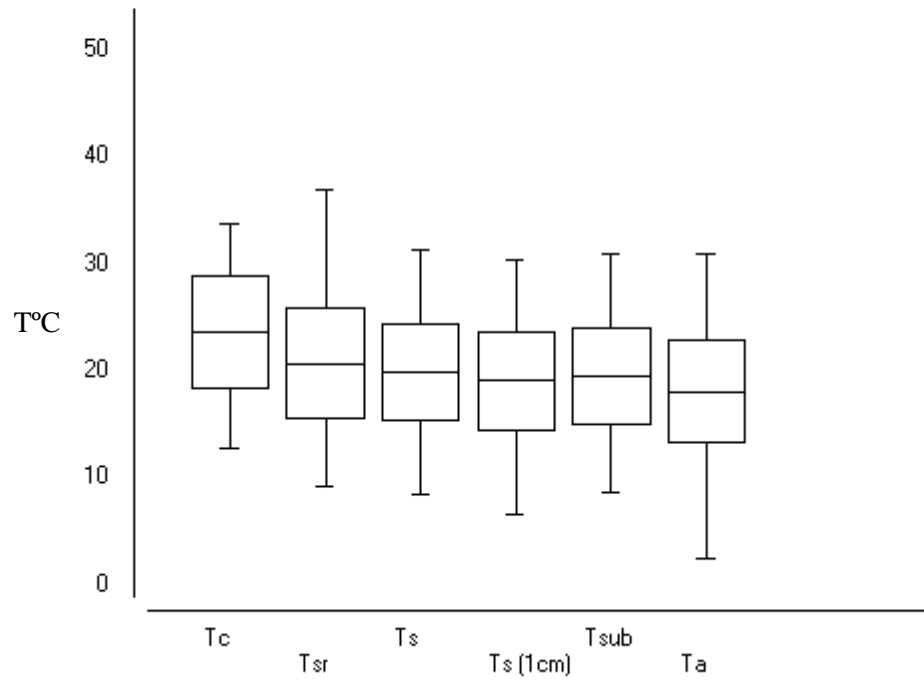


Figura 5. Relação entre as temperaturas ambientais e as temperaturas corporais das anfisbênas encontradas entre março de 2011 e outubro de 2012 (N = 185) (Ver Material e Métodos).



## **CAPÍTULO III**

Conclusão Geral

## CONCLUSÃO

Este estudo contribui para o conhecimento da ecologia termal de répteis fossoriais, já que é o primeiro estudo de descrição de biologia termal de uma espécie da maior família do clado *Amphisbaenia* Gray, 1844.

Concluimos que *Amphisbaena munoai* é um exemplo de “Quanto mais quente não é melhor” já que observamos termorregulação também para estabilização da temperatura na primavera e diminuição desta atividade no verão. Além de poder definir seu intervalo de temperatura preferido e comprovar seu comportamento quanto à biologia termal.

A *Amphisbaena munoai* é uma espécie tigmotérmica termoconformista diária e sazonal, porém esta espécie é capaz de termorregular ativamente, selecionando microhabitats para desenvolver suas diferentes atividades dentro do intervalo de temperatura preferida (24°C a 30°C). As fontes de calor mais relacionadas com a temperatura corporal de *A. munoai* são as temperaturas superficiais  $T_s(1cm)$  e  $T_{sr}$  e a fonte menos relacionada é a temperatura subterrânea ( $T_{sub}$ ).

Na estação reprodutiva a atividade noturna é similar à atividade diurna e maior que nas outras estações do ano.

São necessários mais estudos sobre ecologia termal desses lagartos fossoriais, em especial da família *Amphisbaenidae* Gray 1825, para que padrões de comportamento possam ser comparados com outras espécies afins, e definidos como padrões ecológicos compartilhados ou não.