



Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Departamento de Ciências Biológicas - DCB

Programa de Pós-Graduação em Zoologia - PPGZOO



LEILDO MACHADO CARILO FILHO

Tolerância ao aquecimento em anfíbios no sul da Bahia, Brasil: padrões em espécies e grupos

ILHÉUS – BAHIA

2018

LEILDO MACHADO CARILLO FILHO

Tolerância ao aquecimento em anfíbios no sul da Bahia, Brasil: padrões em espécies e grupos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, da Universidade Estadual de Santa Cruz como requisito para obtenção do título de Mestre em Zoologia

Orientador: Prof. Dr. Victor Goyannes Dill Orrico

ILHÉUS – BAHIA

2018

LEILDO MACHADO CARILLO FILHO

**TOLERÂNCIA AO AQUECIMENTO EM ANFÍBIOS NO SUL DA BAHIA,
BRASIL: PADRÕES EM ESPÉCIES E GRUPOS**

Ilhéus, Bahia, 19 de abril de 2018

Prof. Dr. Renan Nunes Costa
Universidade Estadual de Santa Cruz
(Examinador)

Prof. Dr. Danilo Silva Ruas
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
(Examinador)

Prof. Dr Victor Goyannes Dill Orrico
Universidade Estadual de Santa Cruz
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Impossível começar essa sessão sem agradecer à DEUS, pela trajetória, oportunidades, experiências e acima de tudo pelo iniciar de uma vida dedicada a sempre buscar, com sabedoria e responsabilidade, conhecimento e entender melhor o que me cerca. Essa trilha, essa peregrinação pelos caminhos do conhecimento e da sabedoria, está apenas começando, Com Fé em DEUS!

Mesmo em meu peito havendo suficiente ímpeto e força de vontade, mesmo que meu emocional fosse de ferro e mesmo com todas as oportunidades até aqui, nada seria sem a minha Família. Esse agradecimento contido em poucas linhas é apenas emblemático, tentarei agradecer sempre a altura, explicitando e exercendo os valores éticos, morais e cidadãos que foram ensinados principalmente por dois gigantes, meus pais. Ao senhor Leildo (meu pai) e à senhora Cleide (minha mãe) todo meu irrestrito amor, e a minha total admiração! Obrigado por serem os pilares de minha vida pessoal e acadêmica, sem o amparo de seu colo, não seria nada, tampouco teria conquistado tudo que até aqui conquistei! Presto aqui meu profundo agradecimento à minha irmã, Com Fé em Deus futura médica da família, Milene, obrigado por todo amor e todo carinho, e por servir de exemplo de determinação e força de vontade mesmo para mim, seu irmão mais velho! A todos os demais membros de minha família, agradeço por todo amor dispendido a mim, amor esse, combustível fundamental para continuar!

E se tenho uma Família que dedica todo amor, uma parte dela é formada por eles que sempre estão ao meu lado, compartilhando a alegria de meus sorrisos e as lágrimas de minhas tristezas. Assim, um agradecimento especial aos irmãos da vida, meus amigos Tom, Theu, Nick, Phaell, Dan, Mil e Mike! Obrigado por toda a irmandade, resenhas, sons étlicos e conversas sobre os mais variados assuntos e temas! Vocês foram fundamentais até aqui!

Um agradecimento especial a uma pessoa extremamente especial. A conheci no final do meu mestrado, na reta final, e mesmo nessa hora tão estressante e desesperada, se fez presente e me deu muito amor, e emprestou calma e paciência ao coração do autor desse trabalho. Agradeço de todo o meu coração a minha querida e amada Carolina, minha Carol, minha Rol, por todo amor, por toda a compreensão e todo o carinho que você tem por esse namorado maluco! Minha flor linda!

Toda pesquisa é precedida por uma etapa de inspiração! Fato! Nesse mestrado tive a enorme satisfação de contar com uma equipe de inspiradores profissionais a ponto de me

fazerem aventurar por uma área que nunca havia pensado em seguir, a ecofisiologia. Falarei deles agora.

Agradeço ao grande professor e um entusiasta desse trabalho, o prof. Mirco Solé, meu co-orientador e conselheiro, que nas horas mais difíceis teve que lidar com esse aluno estressado e atônito, para não dizer desesperado! Muito obrigado Grande Mirco, por toda ajuda, conselhos e orientação! Abração grande!

Meus agradecimentos ao querido amigo, insentivador e parceiro nessa jornada, Caio, meu sincero agradecimento! Um grande pesquisador, um exemplo, com quem tive a grande satisfação e sorte em poder contar como conselheiro nesse engatinhar pela ecofisiologia. Sempre otimista e realista, com comentários extremamente pertinentes e empolgadores, mais um grande entusiasta dessa pesquisa! Obrigado por abraçar a causa, e os projetos desse mestrando maluco meu amigo! Abração pai véio!

Não sei por onde começar a agradecer ao pai da ideia em ir pela ecofisiologia. Muito embora não tenha dito “Eureka!”, lembro quando estávamos conversando sobre um possível projeto para o mestrado e ele disse “Por que não CT_{Max} cara? O Mirco tem o equipamento aí, ele pode ajudar a gente”. E o maluco aqui aceitou. Uma das melhores decisões que já tomei!

Assim, agradeço ao meu Orientador e também amigo, o prof. Victor Dill, por toda a paciência (Vai desculpando aos importúnios na sua sala, ligações, e-mails, mensagens no facebook e no whatsapp desse projeto de pesquisador estressado que vos fala!). Agradeço também por todos os ensinamentos que foram para além dos assuntos dessa dissertação. Obrigado pelas conversas descontraídas sobre literatura, música, cinema, café, pesquisas, artigos e sobre o “fazer ciência”, além de diversos outros temas que não me recordo agora, mas por certo em alguma hora ou alguma medida versamos, entre um café e outro na cantina de Sandro. Concluo esse mestrado com a enorme satisfação de ter tido a grata experiência de aprender contigo muito sobre o fazer científico e profissional! Eita, o parágrafo ficou um tanto grande hahahaha, mas tomei o cuidado para não me repetir! Muito obrigado mesmo Victor! Abração meu amigo!

O presente estudo contou com a ajuda de muitos, seja na ida a campo, nas análises ou mesmo no delineamento do manuscrito, evitarei citar nomes para não incorrer no pecado do esquecimento. Agradeço de coração a todos! Agradeço demais a todos os que me ajudaram nas análises estatísticas em especial a Caio, e a um colega, que mesmo geograficamente distante (diretamente da Espanha), forneceu ajuda providencial. Assim, agradeço ao colega herpetólogo e mais novo parceiro de pesquisa Luis Miranda Gutiérrez-Pesquera a providencial ajuda com o

entendimento dos modelos PGLS, bem como as discussões sobre a execução e resultados das análises em si! Muitíssimo obrigado meu caro! Muchas Gracias!

Nesses dois anos de aulas, idas a campo e correria dos experimentos tive um braço direito sem o qual não teria todos os dados que consegui coligir. O IC voluntário que trabalhou mais que 3 bolsistas juntos, meu amigo Bruno! Mesmo tendo que organizar seu tempo entre as aulas da graduação, a batalha diária em seu emprego fora da universidade, Brunão conseguiu se desdobrar e encontrar tempo para aprender e até mesmo executar experimentos de CT_{Max} prestando uma enorme ajuda até mesmo na fixação dos bichos, um pesquisador nato, você vai longe cara! Meu caro amigo meu sincero agradecimento, de todo coração! Também agradeço, a chatonilda, minha amiga Bruna Kelly, que diversas vezes acompanhou experimentos e prestou ajuda mais que providencial para a execução dos experimentos e posterior processamento dos animais!

Não poderia deixar de agradecer ao laboratório de Herpetologia Tropical/Laboratório de Vertebrados, pela equipe acolhedora, engraçada, divertida e extremamente competente! Obrigado a todos, estimados pares, colegas da Herpetologia e Mastozoologia pelo permanente bom humor, pela ajuda com a coleta dos animais, e mesmo a lembrança de quando em campo, lembrar desse herpetólogo e aspirante a ecofisiologista! Em especial agradeço a Omar Rojas e Ramon Dominato, além de colegas de laboratório, grandes amigos! Minha mais sincera gratidão a todos! Sintam-se abraçados!

Durante esses dois anos como mestrando tiver a oportunidade ímpar de conviver com a turma mais louca e divertida do PPGZOO, nela tive colegas, mas acima de tudo fiz vários amigos! Muito Obrigado a todos! Gostaria de agradecer especialmente ao núcleo boêmio do PPGZOO: Mário (Tito), Gaiamum (Wendel), Ana (Aninha), Letícia (Lely Fraquinha), Cecília (Cecinha), César (Cesão), Gabriel (Gabis) e Omar (Patrón) por todos os inestimáveis momentos de resenha, divertimento, tensão, e acima de tudo, os copos vazios, testemunhas do quanto nós, desse seleto grupo desempenhamos bem a capacidade de degustação étlica em elevada companhia ao longo desses dois últimos anos! Que venham muitos mais pela frente meus amigos! Foi de alguns desses amigos (Gaiamum, Aninha e Omar) que recebi um dos apelidos de que mais gosto: CORONÉ hahahahah!

Nem no meu maior devaneio poderia deixar de agradecer nominalmente a uma galerinha especial, escondida, atochada, para não dizer espremida, no térreo do Pavilhão Manuel Nabuco. Se a UESC tem sido a minha casa, esse lugarzinho apertado e cheio de gente é o meu lugar preferido nela, evidentemente só poderia estar falando do meu 11 e de sua gente!

A começar pelo Chefe, meu querido amigo e primeiro e eterno mestre nos campos herpetológicos, o grande prof. Argôlo, quem primeiro acreditou em meu potencial como pesquisador e como herpetólogo e a quem devo muita gratidão e respeito e tenho em elevada estima e admiração. Agradeço por todo o aprendizado, professor único, amigo de seus alunos e um ser humano com um coração cujos limites tendem ao infinito! Além de Zoologia, Biogeografia e Herpetologia, com ele aprende-se sobre história regional, literatura, música, e que, palavras podem ser utilizadas como uma inesgotável matéria prima para trocadilhos sagazes e fatalmente empregados hahahah! Um grandioso abraço meu amigo!

Aos demais do laboratório 11 eu poderia escrever um material suplementar de agradecimentos no qual agradeceria a todos, um por um, e acreditem, tenho muito a agradecer a todos eles! E mesmo que fizesse isso, acho que ainda faltariam palavras a descrever tamanha importância dessa turma para minha vida! O Laboratório 11 é o quartel general da minha tropa de elite, da minha jagunçada preferida, composta por: Laisita (Laisa), Rafinha (Rafaella), Brunão, Mestre (Tadeu), Elâaaaaine (Elaine), Julinha (Juliana), Rosinha (Rousiana), BioBio (Marcos Vinícius), Kay (Kayala), Lua (Luanna), Naty (Nathaly), Jú (Júlia) e ao nosso anexo mais louco e querido, a botânica mais herpetóloga, Bú (Bruna). Agradeço demais a essa grande família, em especial à saguizinha pirilampa de pai (Rafinha), ao meu bebezão (Laisita) e a tagarela Elâaaaaaine, a primeira é a maior fixadora de bichos da UESC, a segunda é a cuidadora de animais mais retada (0 bichos mortos sob seus cuidados), e a terceira é a taxonomista de lagartos mais porreta e retada que conheço, além é claro, dessas três serem minhas fiéis escudeiras para todas as horas! Palavras não são capazes de dizer o quanto lhes sou grato!

Ainda, não poderia deixar de prestar meus agradecimentos à Coordenação do PPGZOO, primeiro na pessoa do prof. Aníbal e depois na pessoa da profa. Erminda e à secretária do PPGZOO durante quase todo meu mestrado, a querida Larissa, por todo esmero e cuidado, e por sempre ajudar quando o assunto era a burocracia rotineira das matrículas e ao obedecimento dos prazos. Espero poder cursar o doutorado, em breve, nesse PPG tão querido e no qual tive a honra de fazer parte do seu Colegiado! Muito obrigado!

Agradeço por fim a FAPESB pela concessão da bolsa e à UESC pelo financiamento do projeto de pesquisa e pela infraestrutura, imprescindíveis à realização deste trabalho de Dissertação! Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com este estudo! Obrigado!

**Nenhuma circunstância justifica
destruir o legado natural da Terra**

(Edward O. Wilson)

**O Otimista é um Tolo, o Pessimista
um Chato. Bom mesmo é ser um
realista esperançoso**

(Ariano Suassuna)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	9
OBJETIVOS.....	13
<i>Objetivo Geral.....</i>	13
<i>Objetivos específicos.....</i>	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 1.....	19
TOLERÂNCIA TÉRMICA DE ANFÍBIOS NO SUL DA BAHIA, BRASIL: POSSÍVEIS BARREIRAS TÉRMICAS E CONSIDERAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DO CORREDOR CENTRAL DA MATA ATLÂNTICA	19
RESUMO	21
Introdução	22
Metodologia	24
Resultados	27
Discussão	31
Referências.....	37
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	46

1 INTRODUÇÃO GERAL

2

3 A temperatura ambiental influencia a biologia geral das espécies, estabelecendo limites
4 para a sua ocorrência, ciclos de vida, escolha de habitats e impondo pressões evolutivas sobre
5 as linhagens (MOYES & SCHULTE, 2008; CHOWN et al, 2010; CADENA et al, 2012;
6 MORITZ et al, 2012; CLUSELLA-TRULLAS & CHOWN, 2014). Os limites térmicos de uma
7 espécie são o espectro de temperaturas toleradas, dentro das quais, indivíduos da mesma podem
8 executar suas atividades essenciais (e.g. forrageio, reprodução) (COWLES & BOGERT, 1944;
9 MOYES & SCHULTE, 2008; CHOWN et al, 2010). Desta forma, o nicho ecológico e sua
10 amplitude são estabelecidos em termos ambientais pelas propriedades climáticas que
11 influenciam as condições para a ocorrência das linhagens (MAYR, 2009).

12 Alterações no clima imprimem aos ecossistemas pressões seletivas únicas, e cada
13 ambiente e as formas de vida a eles associadas respondem diferentemente a essas modificações
14 (VUILLEUMIER, 1971). As oscilações térmicas vividas nos últimos máximos glaciais e
15 períodos interglaciais foram responsáveis pela formação (em períodos interglaciais) ou
16 fragmentação (em períodos de máximos glaciais) de ambientes florestais (AB'SABER, 2000)
17 influenciando assim a distribuição geográfica de diversos grupos de animais e plantas
18 (VANZOLINI & WILLIAMS, 1981; GRAZZIOTIN et al, 2006; CARNAVAL & MORITZ,
19 2008; CARNAVAL et al, 2009; THOMÉ et al, 2010). Portanto, estima-se que a distribuição de
20 muitas linhagens terrestres atuais foi influenciada pelos últimos ciclos glaciais, especialmente
21 em regiões neotropicais (HAFFER, 1969; SIMPSON & HAFFER, 1978; VANZOLINI &
22 WILLIAMS, 1981; GRAZZIOTIN et al, 2006; THOMÉ et al, 2010; MARTINS, 2011). Assim
23 sendo, as flutuações climáticas são agentes naturais de seleção da vida (DARWIN, 1859;
24 CEBALLOS et al, 2010a).

25 Segundo Charles Darwin a especiação é produto dos efeitos abióticos diretos e
26 resultante da reestruturação das redes ecossistêmicas, estas últimas por sua vez, a cada
27 transformação imposta pelo clima, selecionaria linhagens melhor adaptadas em detrimento de
28 outras (DARWIN, 1859). O panorama teórico levantado por Darwin, hoje é sustentado por
29 evidências mais diretas do que o autor dispunha quando apresentou sua teoria da especiação por
30 seleção natural. Decorre dos últimos ciclos glaciais o desenho biogeográfico e evolutivo de
31 diversas linhagens de organismos atuais, sejam pássaros (HAFFER, 1969; RIBEIRO et al,
32 2016), lagartos (VANZOLINI & WILLIAMS, 1981), serpentes (GRAZZIOTIN et al, 2006),

33 anfíbios (THOMÉ et al, 2010), mamíferos ou mesmo plantas (SIMPSON & HAFFER, 1978;
34 MARTINS, 2011).

35 Muito embora oscilações climáticas constituam um quadro natural, o recente aumento
36 das médias térmicas do planeta e suas consequências são causados por ações antrópicas
37 (YOUNG et al, 2016). Após a Revolução Industrial, a incorporação do dióxido de carbono
38 (CO_2) à atmosfera cresceu vertiginosamente, e uma vez que o CO_2 promove a retenção de calor
39 na atmosfera, conseqüentemente, elevam-se as médias térmicas globais (MITCHELL, 1989;
40 WALLINGTON et al, 2009).

41 Devido à rapidez com do processo de aquecimento em curso, as espécies dificilmente
42 se adaptarão às mudanças (GUNDERSON & STILLMAN, 2015). Assim, como consequência
43 do aumento da temperatura, muitas espécies já enfrentam reduções populacionais, e os
44 ecossistemas expõem-se ao conseqüente desequilíbrio originado da defaunação (CEBALLOS
45 et al, 2010b; BARNOSKY et al, 2011; DIRZO et al, 2014; VALIENTE-BANUET et al, 2015).

46 Tendo em vista as alterações no clima, cientistas tentam por modelos ou testes
47 empíricos, elucidar qual a sensibilidade de organismos da fauna e flora (ARAÚJO et al, 2013).
48 Modelagem de nicho, estudos biogeográficos, e testes fisiológicos são algumas das ferramentas
49 comumente utilizadas e cujos resultados permitem coligir informações úteis à conservação
50 (ARAÚJO et al, 2013; DAMASCENO et al, 2014).

51 Ao longo do século passado, muitos estudos em ecofisiologia dedicaram-se a
52 compreender os limites térmicos de tolerância das espécies em diversos grupos animais (e.g.
53 HUTCHISON, 1961; RENAULT et al, 2005; HANNA & COBB, 2007; HUANG et al, 2007;
54 BILYK & DE VRIES, 2011). O conhecimento de variáveis térmicas, como as temperaturas
55 críticas, é imprescindível para compreender a dimensão dos impactos do aumento da
56 temperatura do ambiente na biologia das espécies, sua história natural e conservação
57 (LUTTERSCHMIDT & HUTCHISON, 1997a; HUEY et al, 2009; 2012).

58 A temperatura crítica máxima (CT_{Max}) é a medida padrão utilizada nesses estudos.
59 Define-se CT_{Max} como a temperatura na qual o organismo encontra-se incapacitado de esboçar
60 qualquer resistência frente à condição térmica que prontamente lhe causará morte (COWLES
61 & BOGERT, 1944). Embora sua definição não seja recente, a metodologia do CT_{Max} ainda é
62 fruto de discussão. Estudos que se dedicam a avaliar a CT_{Max} frequentemente variam quanto a
63 temperatura e tempo de aclimação, taxa de aquecimento e mesmo o “ponto final” (momento
64 de diagnóstico da CT_{Max}) e podem influenciar nos valores das temperaturas obtidas
65 (BRATTSTROM, 1968; LUTTERSCHMIDT & HUTCHISON, 1997a; 1997b;

66 TERBLANCHE et al, 2007; NAVAS et al 2008; TEJEDO et al, 2012, CLUSELLA-TRULLAS
67 & CHOWN, 2014).

68 A CT_{Max} tem sido empregada em diversos estudos com intuito de estabelecer um limite
69 térmico crítico para a sobrevivência dos organismos (HUTCHISON, 1961; HEATWOLE et al,
70 1965; KAY & WHITFORD, 1978; SCHAMALHOFER, 1999; RENAULT et al, 2005;
71 HANNA & COBB, 2007; HUANG et al, 2007; BILYK & DE VRIES, 2011; SUNDAY et al,
72 2011). Uma aplicação direta da CT_{Max} é o cálculo da Tolerância ao Aquecimento (*Warming*
73 *Tolerance* – WT; a diferença entre a CT_{Max} e a temperatura máxima do ambiente; ver
74 DEUTSCH et al, 2008) que permite avaliar o quanto o aumento da temperatura seria suportado
75 por dada espécie tendo em vista cenários de aquecimento futuros.

76 A CT_{Max} e a CT_{Min} (temperatura crítica mínima), sua correspondente nos limites
77 térmicos inferiores, são ainda aplicadas no conhecimento da sensibilidade térmica das espécies
78 (DEUTSCH et al, 2008). Essas variáveis traçam os limites do nicho térmico das espécies, e
79 indicam, por meio de comparação com assinaturas térmicas ambientais, onde a sobrevivência
80 dos táxons é possível (HUEY et al, 2009).

81 Embora a tolerância térmica possua variação longitudinal (JANZEN, 1967), estudos
82 recentes demonstram que tal gradiente é causado majoritariamente por variações latitudinais
83 relacionadas à CT_{Min} (temperatura crítica mínima) e em menor nível pela CT_{Max} (GASTON &
84 CHOWN, 1999; HUEY et al 2009; TEJEDO et al, 2012, GUTIÉRREZ-PESQUERA et al,
85 2016). Assim, ectotérmicos terrestres tendem a possuir pouca variação em seus limites térmicos
86 superiores, seja em gradientes latitudinais ou altitudinais (GASTON & CHOWN, 1999;
87 ADDO-BEDIAKO et al, 2000; SUNDAY et al, 2011; 2014).

88 Recentemente estudos comprovaram a presença de sinal filogenético em variáveis
89 térmicas como T_o (optimum térmico) e T_b (temperatura corpórea) (HUEY et al, 2009;
90 CLUSELLAS-TRULLAS et al, 2011). A presença de sinal filogenético na CT_{Max} foi também
91 assinalada para algumas linhagens de répteis, insetos e anfíbios (HUEY et al, 2009;
92 HOFFMANN et al, 2013; GUTIÉRREZ-PESQUERA et al, 2016).

93 Incorporada em análises filogenéticas, bem como em técnicas de modelagem de nicho,
94 a CT_{Max} e demais índices ecofisiológicos podem constituir poderosas ferramentas para a
95 conservação da biodiversidade (ARAÚJO et al, 2013; DAMASCENO et al, 2014). Tais
96 variáveis podem auxiliar na construção de um panorama que considere restrições impostas pela
97 história evolutiva, como o nicho térmico das linhagens (TEWKSbury et al, 2008; SINERVO,

98 2010; ARAÚJO et al, 2013; CLUSELLA-TRULLAS & CHOWN, 2014; DAMASCENO et al,
99 2014).

100 O presente estudo busca analisar a tolerância ao aquecimento e a CT_{Max} frente a aspectos
101 da ecologia e história de vida dos anfíbios, além da avaliação dos mesmos junto a informação
102 filogenética disponível por meio de seleção de modelos evolutivos.

103

104 **OBJETIVOS**

105 *Objetivo Geral*

106

107 - Identificar a temperatura crítica máxima e a tolerância ao aquecimento em espécies de anfíbios no sul
108 da Bahia, Brasil.

109

110 *Objetivos específicos*

111

112 - Comparar a CT_{Max} a partir de características ecológicas dos grupos;

113 - Determinar a tolerância ao aquecimento das espécies *sensu* Deutsch et al (2008);

114 - Avaliar a tolerância ao aquecimento entre grupos de Amphibia;

115 - Avaliar a presença de sinal filogenético na CT_{Max} ;

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

135

136 AB'SABER, Aziz Nacib. Spaces occupied by the expansion of bry climates in south america
137 during the quaternary ice ages. **Revista do Instituto Geológico**, v. 21, n. 1-2, p. 71-78, 2000.

138 ADDO-BEDIAKO, Abraham; CHOWN, Steven L.; GASTON, Kevin J. Thermal tolerance,
139 climatic variability and latitude. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological
140 Sciences**, v. 267, n. 1445, p. 739-745, 2000.

141 ARAÚJO, Miguel B. et al. Heat freezes niche evolution. **Ecology Letters**, v. 16, n. 9, p.
142 1206-1219, 2013.

143 BARNOSKY, A. D. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? **Nature**, v.
144 471, n. August 2016, p. 51-57, 2011.

145 BILYK, Kevin T.; DE VRIES, Arthur L. Heat tolerance and its plasticity in Antarctic fishes.
146 **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**,
147 v. 158, n. 4, p. 382-390, 2011.

148 BRATTSTROM, Bayard H. Thermal acclimation in anuran amphibians as a function of
149 latitude and altitude. **Comparative Biochemistry and physiology**, v. 24, n. 1, p. 93-111,
150 1968.

151 CADENA, Carlos Daniel et al. Latitude, elevational climatic zonation and speciation in New
152 World vertebrates. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v.
153 279, p. 194-201, 2012.

154 CARNAVAL, Ana Carolina; MORITZ, Craig. Historical climate modelling predicts patterns
155 of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 7,
156 p. 1187-1201, 2008.

157 CARNAVAL, Ana Carolina et al. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic
158 forest hotspot. **Science**, v. 323, n. 5915, p. 785-789, 2009.

159 CEBALLOS, Gerardo; ARROYO-CABRALES, Joaquín; PONCE, Eduardo. Effects of
160 Pleistocene environmental changes on the distribution and community structure of the
161 mammalian fauna of Mexico. **Quaternary research**, v. 73, n. 3, p. 464-473, 2010a.

162 CEBALLOS, Gerardo; GARCÍA, Andrés; EHRLICH, Paul R. The sixth extinction crisis: loss
163 of animal populations and species. **Journal of Cosmology**, v. 8, n. 1821, p. 31, 2010b.

- 164 CHOWN, Steven L. et al. Adapting to climate change: a perspective from evolutionary
165 physiology. **Climate Research**, v. 43, n. 1/2, p. 3-15, 2010.
- 166 CLUSELLA-TRULLAS, Susana; CHOWN, Steven L. Lizard thermal trait variation at
167 multiple scales: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 184, n. 1, p. 5-21, 2014.
- 168 COWLES, R.B., BOGERT, C.M. A preliminary study of the thermal requirements of desert
169 reptiles. **Bull. Am. Mus. Nat. Hist.** 83: 261 -296, 1944.
- 170 DAMASCENO, Roberta et al. Revisiting the vanishing refuge model of diversification.
171 **Frontiers in genetics**, v. 5, 2014.
- 172 DARWIN, Charles. **On the Origin of Species by means of natural selection, or the**
173 **Preservation of Favoured Races in the struggle for life**, London, 6th edition (1859).
174 Tradução: DARWIN, Charles. **A origem das espécies**. 1. ed. São Paulo: Martin Claret, 2014.
- 175 DEUTSCH, Curtis A. et al. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across
176 latitude. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 18, p. 6668-6672,
177 2008.
- 178 DIRZO, Rodolfo et al. Defaunation in the Anthropocene. **Science**, v. 345, n. 6195, p. 401-
179 406, 2014.
- 180 GASTON, Kevin J.; CHOWN, Steven L. Elevation and climatic tolerance: a test using dung
181 beetles. **Oikos**, p. 584-590, 1999.
- 182 GRAZZIOTIN, Felipe G. et al. Phylogeography of the Bothrops jararaca complex (Serpentes:
183 Viperidae): past fragmentation and island colonization in the Brazilian Atlantic Forest.
184 **Molecular Ecology**, v. 15, n. 13, p. 3969-3982, 2006.
- 185 GUNDERSON, Alex R.; STILLMAN, Jonathon H. Plasticity in thermal tolerance has limited
186 potential to buffer ectotherms from global warming. In: **Proc. R. Soc. B**. The Royal Society,
187 2015. p. 20150401.
- 188 GUTIÉRREZ-PESQUERA, Luis Miguel et al. Testing the climate variability hypothesis in
189 thermal tolerance limits of tropical and temperate tadpoles. **Journal of Biogeography**, v. 43,
190 n. 6, p. 1166-1178, 2016.
- 191 HAFFER, Jürgen. Speciation in Amazonian Forest birds. **Science**, v. 165, n. 3889, p. 131-
192 137, 1969.

- 193 HANNA, Chadwick J.; COBB, Vincent A. Critical thermal maximum of the Green
194 lynxspider, *Peucetia viridans* (Araneae, Oxyopidae). **Journal of Arachnology**, v. 35, n. 1, p.
195 193-196, 2007.
- 196 HEATWOLE, Harold; MERCADO, Nelson; ORTIZ, Evelina. Comparison of critical thermal
197 maxima of two species of Puerto Rican frogs of the genus *Eleutherodactylus*. **Physiological**
198 **Zoology**, v. 38, n. 1, p. 1-8, 1965.
- 199 HOFFMANN, Ary A.; CHOWN, Steven L.; CLUSELLA-TRULLAS, Susana. Upper thermal
200 limits in terrestrial ectotherms: how constrained are they?. **Functional Ecology**, v. 27, n. 4, p.
201 934-949, 2013.
- 202 HUANG, Szu-Mien et al. Thermal Tolerance and Altitudinal Distribution of Three
203 *Trimeresurus* Snakes (Viperidae: Crotalinae) in Taiwan. **Zoological Studies**, v. 46, n. 5, p.
204 592-599, 2007.
- 205 HUEY, Raymond B. et al. Why tropical Forest lizards are vulnerable to climate warming.
206 **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, p. rspb. 2008-1957,
207 2009.
- 208 HUEY, Raymond B. et al. Predicting organismal vulnerability to climate warming: roles of
209 behaviour, physiology and adaptation. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 367, n. 1596, p. 1665-1679,
210 2012.
- 211 HUTCHISON, Victor H. Critical thermal maxima in salamanders. **Physiological Zoology**, v.
212 34, n. 2, p. 92-125, 1961.
- 213 JANZEN, Daniel H. Why mountain passes are higher in the tropics. **The American**
214 **Naturalist**, v. 101, n. 919, p. 233-249, 1967.
- 215 KAY, Carol Ann Rolph; WHITFORD, Walter G. Critical thermal limits of desert honey ants:
216 possible ecological implications. **Physiological Zoology**, p. 206-213, 1978.
- 217 LUTTERSCHMIDT, William I.; HUTCHISON, Victor H. The critical thermal maximum:
218 history and critique. **Canadian Journal of Zoology**, v. 75, n. 10, p. 1561-1574, 1997a.
- 219 LUTTERSCHMIDT, William I.; HUTCHISON, Victor H. The critical thermal maximum:
220 data to support the onset of spasms as the definitive end point. **Canadian Journal of**
221 **Zoology**, v. 75, n. 10, p. 1553-1560, 1997b.

- 222 MARTINS, Felipe de M. Historical biogeography of the Brazilian Atlantic Forest and the
223 Carnaval–Moritz model of Pleistocene refugia: what do phylogeographical studies tell us?
224 **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 104, n. 3, p. 499-509, 2011.
- 225 MAYR, Ernst. **O que é evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009, 342 pp.
- 226 MITCHELL, John FB. The “greenhouse” effect and climate change. **Reviews of Geophysics**,
227 v. 27, n. 1, p. 115-139, 1989.
- 228 MORITZ, Craig et al. Integrating phylogeography and physiology reveals divergence of
229 thermal traits between central and peripheral lineages of tropical rainforest lizards.
230 **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 367,
231 n. 1596, p. 1680-1687, 2012.
- 232 MOYES, C. D.; SCHULTE, P. M. **Principles of Animal Physiology**. San Fransisco. Person
233 Education. Inc., Publishing as Benjamin Cumming, 2008, 792 pp.
- 234 NAVAS, Carlos A.; GOMES, Fernando R.; CARVALHO, José Eduardo. Thermal
235 relationships and exercise physiology in anuran amphibians: integration and evolutionary
236 implications. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular &**
237 **Integrative Physiology**, v. 151, n. 3, p. 344-362, 2008.
- 238 RENAULT, D.; VERNON, P.; VANNIER, G. Critical thermal maximum and body water loss
239 in first instar larvae of three Cetoniida species (Coleoptera). **Journal of Thermal Biology**, v.
240 30, n. 8, p. 611-617, 2005.
- 241 RIBEIRO, Vivian; WERNECK, Fernanda P.; MACHADO, Ricardo B. Distribution dynamics
242 of South American savanna birds in response to Quaternary climate change. **Austral Ecology**,
243 v. 41, n. 7, p. 768-777, 2016.
- 244 SCHMALHOFER, Victoria R. Thermal tolerances and preferences of the crabspiders
245 *Misumenops asperatus* and *Misumenoides formosipes* (Araneae, Thomisidae). **Journal of**
246 **Arachnology**, p. 470-480, 1999.
- 247 SIMPSON, Beryl B.; HAFFER, Jurgen. Speciation patterns in the Amazonian forest biota.
248 **Annual review of ecology and systematics**, v. 9, n. 1, p. 497-518, 1978.
- 249 SINERVO, Barry et al. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal
250 niches. **Science**, v. 328, n. 5980, p. 894-899, 2010.

- 251 SUNDAY, Jennifer M.; BATES, Amanda E.; DULVY, Nicholas K. Global analysis of
252 thermal tolerance and latitude in ectotherms. **Proceedings of the Royal Society of London**
253 **B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1713, p. 1823-1830, 2011.
- 254 SUNDAY, Jennifer M. et al. Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory
255 behavior across latitude and elevation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.
256 111, n. 15, p. 5610-5615, 2014.
- 257 TEJEDO, Miguel et al. El estudio de las tolerancias térmicas para el examen de hipótesis
258 biogeográficas y de la vulnerabilidad de los organismos ante el calentamiento global.
259 Ejemplos en anfibios. **Boletín de la Asociación Herpetológica Española**, v. 23, n. 2, p. 2-27,
260 2012.
- 261 TERBLANCHE, John S. et al. Critical thermal limits depend on methodological
262 context. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 274, n.
263 1628, p. 2935-2943, 2007.
- 264 TEWKSBURY, Joshua J. et al. Putting the heat on tropical animals. **Science**, v. 320, n. 5881,
265 p. 1296, 2008.
- 266 THOMÉ, Maria Tereza C. et al. Phylogeography of endemic toads and post-Pliocene
267 persistence of the Brazilian Atlantic Forest. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 55,
268 n. 3, p. 1018-1031, 2010.
- 269 VALIENTE-BANUET, Alfonso et al. Beyond species loss: the extinction of ecological
270 interactions in a changing world. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 299-307, 2015.
- 271 VANZOLINI, Paulo Emílio; WILLIAMS, E. E. The vanishing refuge: a mechanism for
272 ecogeographic speciation. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 34, n. 23, p. 251-255, 1981.
- 273 VUILLEUMIER, Beryl Simpson. Pleistocene changes in the fauna and flora of South
274 America. **Science**, v. 173, n. 3999, p. 771-780, 1971.
- 275 WALLINGTON, Timothy J. et al. Greenhouse gases and global warming. **Environmental**
276 **and Ecological Chemistry**, v.I, v. 6, p. 36, 2009.
- 277 YOUNG, Hillary S. et al. Patterns, causes, and consequences of anthropocene defaunation.
278 **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 47, p. 333-358, 2016.
- 279

280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307

CAPÍTULO 1

TOLERÂNCIA TÉRMICA DE ANFÍBIOS NO SUL DA BAHIA, BRASIL: POSSÍVEIS BARREIRAS TÉRMICAS E CONSIDERAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DO CORREDOR CENTRAL DA MATA ATLÂNTICA

Leildo M. Carilo Filho, Bruno T. de Carvalho, Bruna K. A. Azevedo, Luis M. Gutiérrez-
Pesquera, Caio V. Mira-Mendes, Mirco Solé, Victor G. D. Orrico

(a ser submetido à Oecologia)

308 Página do Título

309

310 Tolerância térmica de anfíbios no sul da Bahia, Brasil: possíveis barreiras térmicas e
311 considerações para conservação das espécies do corredor central da Mata Atlântica

312

313 Leildo M. Carilo Filho^{1*}, Bruno T. de Carvalho¹, Bruna K. A. Azevedo¹, Luis M. Gutiérrez-
314 Pesquera², Caio V. Mira-Mendes¹, Mirco Solé¹, Victor G. D. Orrico¹

315

316 *Correspondence: e-mail: leildocarilo@gmail.com, tel: +55 73991283274

317

318 ¹Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brasil

319 ²Spanish National Research Council, Department of Evolutionary Evolutionary (EBD),

320 Madrid, Spain

321

322 Título curto: Ecofisiologia térmica e tolerância ao calor em anfíbios da Mata Atlântica

323 Contribuições dos autores: LMCF, LMGP, CVMM, MS, VGDO planejaram os experimentos
324 e análises; LMCF, BTC, BKAA realizaram os experimentos; LMCF, CVMM coletaram os
325 dados ambientais; LMCF realizou as análises de dados e escreveu o manuscrito; LMCF, LMGP,
326 CVMM, MS, VGDO analisaram os resultados; todos os autores contribuíram para a preparação
327 do manuscrito.

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338 Material Suplementar: Tabelas das espécies; árvore filogenética utilizada no PGLS; Modelos
339 PGLS; Comparação da CT_{Máx} entre girinos e adultos

340

341 **RESUMO**

342

343 O Antropoceno presencia um sexto evento de extinção em massa provocado pela ação do
344 homem. Produtos de ações antrópicas, o desmatamento, a poluição, as mudanças climáticas,
345 bem como a propagação de espécies exóticas e parasitas produzem alterações não naturais no
346 funcionamento sistêmico da biosfera. Os anfíbios são um dos grupos de vertebrados mais
347 impactados. Estima-se que cerca de 200 espécies já estejam extintas e muitas outras corram
348 proeminente risco de desaparecer. Na Mata Atlântica (MA), os anfíbios (625 espécies)
349 enfrentam a degradação do seu hábitat o quê gera condições térmicas estressantes - entre
350 outros efeitos potencialmente nocivos. Nesse sentido, avaliamos a tolerância térmica de 47
351 espécies de anfíbios por meio da temperatura crítica máxima (CT_{Max}) e tolerância ao
352 aquecimento (WT). Incorporamos os índices ecofisiológicos (CT_{Max} e WT) em análises com o
353 hábitat de adultos, local de desenvolvimento das formas imaturas e caracteres morfológicos
354 merísticos através da seleção de modelos filogenéticos generalizados dos mínimos quadrados
355 (PGLS) utilizando um modelo evolutivo baseado no movimento Browniano. Embora em
356 nossas análises a CT_{Max} não tenha sido predita pelo modelo evolutivo testado, nossos
357 resultados apontam para uma forte associação entre a CT_{Max} e o ambiente - seja com o habitat
358 dos adultos ou com o ambiente de desenvolvimento dos girinos. Espécies de ambientes
359 abertos e generalistas foram mais tolerantes ao calor que aquelas tipicamente associadas a
360 ambientes florestais. Espécies com desenvolvimento larval lêntico possuíram maior tolerância
361 a temperaturas elevadas que aquelas de ambiente lótico. Assim, espécies florestais,
362 dependentes de microclimas próprios desses ambientes, estariam mais vulneráveis pelo
363 binômio Perda de Hábitat (Desmatamento) + Mudanças climáticas (Aquecimento global).
364 Sinalizamos uma provável cisão térmica entre o habitat de adultos e aqueles de
365 desenvolvimento das larvas, sobretudo para linhagens florestais. Ainda que muitas espécies
366 não experimentem assinaturas térmicas fora de seus limites toleráveis, a exposição dos
367 refúgios microclimáticos via desmatamento, pode incutir a esses ambientes, situações
368 térmicas totalmente desfavoráveis à conservação das espécies que os utilizam.

369

370

371

372

373 Palavras-chave: Aquecimento global, Herpetofauna, Mudanças climáticas, Desmatamento

374

375

376 **Introdução**

377

378 A escala de tempo geológico é classificada perante evidências de modificações nos
379 sistemas terrestres e em suas formas de vida, como as extinções em massa (Lewis e Maslin
380 2015). Assim, o Antropoceno, como era geológica, não se apresenta como uma exceção
381 (Crutzen e Stoermer 2000; Crutzen 2002) sendo protagonizado pelo sexto evento de extinção,
382 já em curso, e o único provocado por consequências decorrentes da ação de uma única espécie
383 animal - *Homo sapiens* (Ceballos et al. 2010; Wilson 2012; Barnosky et al. 2011; 2012;
384 Pievani 2014; Lewis e Maslin 2015; McCallum 2015).

385 Produtos dos impactos antrópicos; desmatamento, poluição, mudanças climáticas,
386 propagação de espécies exóticas, parasitas e doenças, produzem alterações não-naturais no
387 funcionamento sistêmico da biosfera (Barnosky et al. 2011; 2012). Um dos efeitos mais
388 proeminentes de tais alterações é o processo de aniquilação da fauna, marcado pela perda e
389 declínio de populações (Ceballos et al. 2017) e denominado por Dirzo et al. (2014) de
390 Defaunação (*Defaunation*).

391 Os anfíbios possuem características próprias (e.g. pele permeável) que os tornam
392 extremamente dependentes de fatores abióticos, como a temperatura e umidade (Duelmann e
393 Trueb 1994; Vitt e Caldwell 2014) e por isso são um dos grupos animais mais ameaçados
394 (Wake e Vredenburg 2008, Stuart et al. 2004). Estimativas do início desta década calculam
395 que aproximadamente 200 espécies de anfíbios podem já estar extintas (Alroy 2015), cerca de
396 41 % ameaçadas (Hoffmann et al. 2010) e mesmo aquelas classificadas como Menos
397 Preocupantes (*Least Concern* - LC) podem estar sob o efeito de declínios e/ou perda de
398 populações (Ceballos et al. 2017). O Brasil, país detentor da maior riqueza de anfíbios do
399 mundo (1080 espécies; Segalla et al. 2016), tem um número expressivo de espécies ainda
400 classificadas como deficientes de dados (Tapley et al. 2018).

401 Na Mata Atlântica brasileira, os anfíbios, o grupo de vertebrados mais ameaçado do
402 mundo (Stuart et al. 2004; Alroy 2015; Ceballos et al. 2017), tentam sobreviver em um dos
403 cinco *hotspots* de diversidade biológica mais ameaçados da Terra (Myers et al.
404 2000) Atualmente reduzida a apenas 12,4% de sua cobertura original (SOS Mata Atlântica
405 2017) a Mata Atlântica é reconhecida como um importante centro de endemismo e
406 diversidade genética (Carnaval e Moritz 2008; Carnaval et al. 2009), além de uma área
407 prioritária para conservação de anfíbios devido a aspectos da história de vida das linhagens
408 (Loyola et al. 2008). Estudos recentes encontraram correlação entre padrões ecológicos (e.g.
409 diversidade alpha e beta) e evolutivos (e.g. diversidade funcional, filogenética e taxonômica)

410 em anfíbios anuros para esse rico bioma brasileiro (Vasconcelos et al. 2014; Campos et al.
411 2017).

412 A integridade da Mata Atlântica do sul do estado da Bahia remonta aos últimos
413 máximos glaciais, e por isso constitui parte do refúgio pleistocênico de diversidade do
414 Corredor Central da Mata Atlântica (Carnaval e Moritz 2008; Carnaval et al. 2009). Embora
415 rica, na porção sul da Bahia a diversidade de anfíbios contrasta com o histórico de
416 desmatamento e perturbação das florestas (SOS Mata Atlântica 2017). Da mesma maneira,
417 permanece claramente sub-estudada dada a descrição recente de muitas espécies endêmicas de
418 anfíbios (*ver* Napoli et al. 2011; Caramaschi et al. 2013; Dias et al. 2017; Marciano-Jr. et al.
419 2017; Vöros et al. 2017; Orrico et al. 2018).

420 A conservação em anfíbios perpassa pela disponibilidade de ambientes para sua
421 história de vida. A maioria das espécies possui formas larvais altamente dependentes de
422 corpos d'água, e mesmo aquelas com desenvolvimento direto necessitam de ambientes
423 úmidos para depositar seus ovos (Duelmann e Trueb 1994; Navas e Otani 2007).
424 Similarmente, os adultos também dependem de refúgios com microclima ameno para
425 driblarem os efeitos danosos de elevações naturais da temperatura (Scheffers et al. 2013;
426 2014). Portanto, a fragmentação do hábitat pode causar desconexão entre os ambientes
427 utilizados pelas formas larvais imaturas (e.g. poças, riachos) e formas adultas, que embora
428 sejam florestais dependem de corpos d'água para sua reprodução (Becker et al. 2007).

429 A cisão desses habitats (*Habitat Split* - Becker et al. 2007) poderia expor populações
430 inteiras a impactos causados por estresse térmico (e.g. superaquecimento), além da exposição
431 à radiação ultravioleta e dessecação (Blaustein e Kiesecker 2002; Blaustein e Johnson 2003;
432 Becker et al. 2007; Navas e Otani 2007). Assim, a perda e fragmentação do hábitat figuram
433 como uma das principais ameaças à conservação dos anfíbios na Mata Atlântica (Eterovick et
434 al. 2005; Silvano e Segalla 2005; Hof et al. 2011). Ainda segundo Li et al (2013), para
435 entender as reais dimensões das mudanças climáticas para os anfíbios, faz-se necessário
436 entender aspectos ecofisiológicos atrelados principalmente ao nicho térmico e o balanço
437 hídrico desses animais.

438 Por definição, a temperatura crítica máxima (CT_{Max}) corresponde ao “ponto térmico
439 em que a atividade locomotora se torna desorganizada e o animal perde a capacidade de
440 escapar de condições que prontamente o levarão à morte” (Cowles e Bogert, 1944). O
441 emprego desta variável térmica aliada ao conhecimento de assinaturas térmicas do ambiente
442 permite entender quais são os limites superiores do nicho térmico das espécies e o nível de

443 sensibilidade das mesmas frente a cenários de aquecimentos futuros (Deustch et al. 2008;
444 Duarte et al. 2012; Simon et al. 2015; Gutiérrez-Pesquera et al. 2016). No Brasil, a pesquisa
445 sobre os impactos do aquecimento global para herpetofauna ainda é incipiente (Winter et al.
446 2016), especialmente em um país marcado pela enorme diversidade de espécies de anfíbios
447 (Haddad et al. 2013; Segalla et al. 2016).

448 Para além dos fatores ambientais, existem ainda aqueles intimamente relacionados à
449 história evolutiva das linhagens. Diversos estudos recuperaram sinais filogenéticos em
450 dimensões do nicho térmico para anfíbios (Hof et al. 2010; Gouveia et al. 2014; Gutiérrez-
451 Pesquera et al. 2016). Embora se tenha testado a presença de sinal filogenético em girinos de
452 espécies de anuros da Mata Atlântica do sul da Bahia, nada ainda se conhece a respeito dos
453 adultos (Gutiérrez-Pesquera et al. 2016). Uma vez que os estágios larvais e adultos estão
454 expostos a condições ambientais distintas, se faz necessário a compreensão das dimensões
455 fisiológicas de ambos estágios do desenvolvimento, bem como a elucidação de quaisquer
456 possíveis assinaturas filogenéticas envolvidas.

457 Assim, anfíbios, como animais ectotérmicos, dependem intimamente da temperatura
458 para regular suas atividades metabólicas e ecológicas (Angilletta 2009; Navas et al. 2016).
459 Mudanças nas interações ecológicas bem como desvios na fenologia reprodutiva e na
460 distribuição das espécies de anfíbios são esperadas devido ao progressivo aquecimento do
461 planeta (Root et al. 2003; Parmesan, 2006; 2007; Angilletta 2009). Além disso, do ponto de
462 vista térmico, as espécies que ainda não estão expostas a condições de estresse pelo aumento
463 da temperatura podem, em um curto tempo, estar, graças a ação sinérgica entre aumento da
464 temperatura e outros agentes estressores como a degradação do hábitat.

465 O presente trabalho busca avaliar a CT_{Max} em anfíbios adultos na Mata Atlântica do
466 sul da Bahia sob a perspectiva de características alométricas, do habitat, bem como do local
467 de desenvolvimento das formas imaturas. Avaliamos o comportamento da temperatura crítica
468 máxima em relação as variáveis morfológicas e ambientais em meio a modelos de
469 autocorrelação filogenética, de forma a tentar entender como os limites superiores de
470 tolerância ao calor estão associados com fatores intrínsecos e extrínsecos aos indivíduos,
471 espécies e populações de anfíbios no sul da Bahia.

472

473 **Metodologia**

474

475 *Coleta de Exemplos e Área de Estudo*

476

477 Foram coletados indivíduos adultos pertencentes à ordem Anura (grupos com larvas
478 de vida livre) e Gymnophiona em fragmentos de Mata Atlântica na região sul do estado da
479 Bahia, Brasil. O clima da região é tropical úmido, Af e Am na classificação de Köppen, com
480 temperaturas médias anuais oscilando em torno de 25°C, e pluviosidade em torno de 1.200
481 mm. As coletas foram realizadas nas seguintes localidades: município de Almadina (14° 42'
482 0.51" S, 39° 37'48" W), Reserva RPPN Serra Bonita (15°23'S e 39°33'W, Camacã); Fazenda
483 Provisão (14°39'19.09"S e 39°13'13.90"W, Ilhéus), Reserva Ecológica Michelin (Igrapiúna),
484 Fazenda Bonfim (14°36'24.68"S e 39°21'17.99"W, Uruçuca), povoado do Acuípe (Rodovia
485 Ilhéus – Una, Ilhéus) e Ilhas da Baía de Camamú (Maraú).

486

487 *A Temperatura Crítica Máxima e a Tolerância ao Aquecimento*

488

489 Submetemos os indivíduos ao método dinâmico de Hutchison (Lutterschmidt e
490 Hutchison 1997) que consiste no aumento constante e gradual de temperatura até atingirem a
491 CT_{Max} . Antes do início do experimento, os espécimes foram submetidos individualmente a
492 aclimação de 72 h à temperatura ambiente de 25 °C, obedecendo-se o fotoperíodo de 12 h
493 de regimes de claridade e escuridão. Os experimentos foram conduzidos em uma câmara
494 experimental adequada ao tamanho do espécime com uma camada de água deionizada de 5
495 mm de altura e uma tela de proteção para evitar que os indivíduos escapassem. As câmaras
496 experimentais foram depositadas dentro de um sistema de aquecimento homogêneo (banho-
497 maria).

498 A temperatura no interior da câmara aumentou gradativamente em torno de 0,25
499 °C/min (Gutiérrez-Pesquera et al. 2016) a partir da temperatura inicial de 25 °C (temperatura
500 de aclimação). Utilizamos a condição “de ventre para cima”, sugerida por Brattstrom (1968)
501 para diagnosticar a CT_{Max} em nossos exemplares mediante a falta de resposta à estímulos
502 empregados periodicamente (5 toques/min com bastão de vidro). Uma vez os espécimens
503 colocados de ventre para cima e não conseguindo desvirarem-se, consideramos que a
504 temperatura da câmara experimental havia atingido o limite crítico para o espécime (CT_{Max}) e
505 o aquecimento gradual foi interrompido. A seguir, foi aferida a temperatura do fundo da
506 câmara, por meio de um termômetro de contato (Miller & Weber, Inc; precisão de 0,1°C). Em
507 seguida os espécimes foram colocados em um recipiente com água de 23–25 °C, para resfriá-
508 los. Todos os indivíduos foram acompanhados por mais 24 h, e apenas dados dos que
509 sobreviveram a esse período foram incorporados nas análises.

510 Após o protocolo experimental de CT_{Max} , para cada indivíduo foram aferidos o
511 comprimento rostro cloacal (CRC), largura da cabeça (LC) (ambos com paquímetro precisão
512 de 0.01 mm) e o peso (P) (com uso de balança com precisão de 0.01 g). A CT_{Max} para as
513 espécies foi definida a partir da média dos indivíduos amostrados para as mesmas. Dados do
514 microclima foram obtidos por meio da instalação de *data loggers* (HOBO Pendant temp/ligth,
515 UA-002-64) de temperatura em uma área de Mata Atlântica em regeneração (floresta
516 secundária), durante três meses (novembro – fevereiro), período em que se registra as maiores
517 temperaturas anuais na região de estudo. Instalamos um *data logger* em cada categoria de
518 microhabitat das espécies (ver seção abaixo). A tolerância ao aquecimento (WT), foi
519 calculada a partir da diferença entre a CT_{Max} de cada espécie e a temperatura máxima do
520 microhabitat utilizado pelas mesmas (e.g extrato arborícola, interior de buracos e troncos,
521 folhiço e no interior do solo) (*sensu* Deutsch et al. 2008). Todos os experimentos realizados
522 estão assegurados legalmente pela autorização do Comitê de Ética de Pesquisas com Animais
523 da Universidade Estadual de Santa Cruz (Protocolo n°012/15) e licença permanente de coleta
524 13708 (SISBio/ICMBio).

525

526 *Agrupamentos e Análises estatísticas*

527

528 De forma a analisar tendências da CT_{Max} conforme aspectos ecológicos, instituímos
529 dois grupos de análises, um sob a perspectiva do Hábitat (i.e. Floresta – Fo, Generalista – Ge
530 e Áreas Abertas – Op) e outro sob o ambiente de desenvolvimento embrionário (i.e. Lênticos
531 – Lent, Lóticos – Lo, Marsupiais – Mars e Terrestres – Terr) baseados em Haddad et al.
532 (2013) e observações pessoais. Nos grupos, a CT_{Max} foi calculada a partir dos dados dos
533 indivíduos das espécies que os compõem. Comparamos a CT_{Max} dos adultos das espécies do
534 presente estudo com os dados disponíveis na literatura (Gutierrez-Pesquera et al. 2015) para
535 os girinos das mesmas. Analisamos ainda a tolerância ao aquecimento em relação ao
536 microhabitat das espécies (*sensu* Haddad et al. 2013) e comparamos o resultado com os
537 cenários mais pessimistas das últimas avaliações do IPCC (*International Panel on Climate*
538 *Change*) (Team et al. 2007; Pachauri et al. 2014). As diferenças da CT_{Max} e tolerância térmica
539 entre os grupos foram analisadas por meio de testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e
540 com o teste de post-hoc Dunn, observando-se o nível de significância de 0,05.

541

542 *Seleção de Modelos*

543

544 Antes de proceder com a seleção de modelos, construímos uma árvore filogenética
 545 (Fig.1S – Material Suplementar) com 26 espécies de anfíbios a partir da filogenia de Pyron e
 546 Wiens (2011). Adotamos a posição do táxon mais próximo, de modo semelhante à Gutierrez-
 547 Pesquera et al. (2016), para três espécies que utilizamos, mas não foram incluídas na filogenia
 548 de Pyron e Wiens (2011) (e.g. *Aplastodiscus* gr. *albosignatus*, *Scinax* gr. *ruber*, *Scinax* cf. *x-*
 549 *signatus*). Avaliamos a influência das variáveis alométricas (e.g. CRC, LC, P), ecológicas
 550 (e.g. habitat, microhabitat), e microclimáticas (e.g. temperatura média e máxima – $T_{m\acute{e}dia}$ e
 551 $T_{m\acute{a}x}$) para a CT_{Max} por meio da seleção de modelos estatísticos. Para as análises utilizamos
 552 modelos PGLS (modelos filogenéticos generalizados dos mínimos quadrados) em um modelo
 553 evolutivo de movimento Browniano, implementando o pacote CAPER (Orme et al. 2013) no
 554 R. Utilizamos o valor de lambda para verificar se a covariância entre as variáveis utilizadas
 555 segue o padrão evolutivo predito por um modelo do movimento Browniano (onde $\lambda = 1$). O
 556 melhor modelo foi selecionado conforme o menor valor de Akaike (AIC) e o maior valor de
 557 peso de AIC (w_i) (Burham e Anderson 2002). Todas as análises estatísticas foram executadas
 558 utilizando os softwares RStudio v.1.0.143.

559

560 Resultados

561

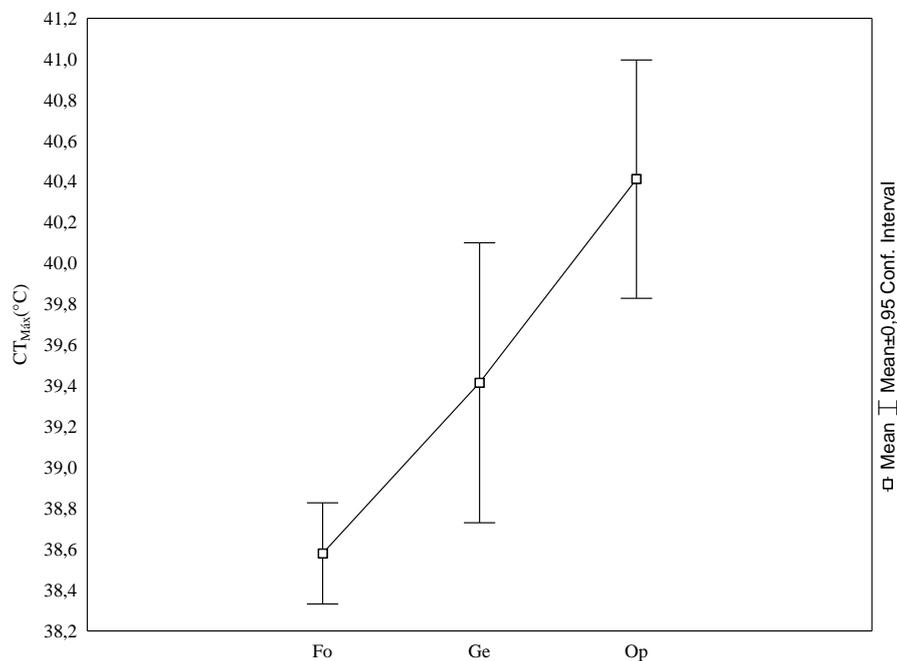
562 *O ambiente e a $CT_{M\acute{a}x}$*

563 Avaliamos as influências do ambiente para a $CT_{M\acute{a}x}$ em adultos de 47 espécies (Tabela
 564 1S, Material Suplementar). Sob a perspectiva do Hábitat, a $CT_{M\acute{a}x}$ diferiu significativamente
 565 entre os três grupos (i.e. espécies florestais, generalistas e de áreas abertas) analisados
 566 (Kruskal-Wallis chi quadrado = 23.196; $df = 2$; $p < 0.001$; $n = 280$) (Fig.1). A partir do teste
 567 *post-hoc* de Dunn observou-se diferenças intrínsecas entre todos os grupos relacionados ao
 568 hábitat, no tocante aos valores de $CT_{M\acute{a}x}$ ($p < 0,01$). Espécies de ambientes abertos possuíram
 569 maiores valores de $CT_{M\acute{a}x}$ ($\bar{x} = 40.4^{\circ}C$; Min = $37.9^{\circ}C$; Max = $43.5^{\circ}C$; $dp = 1.6$), quando
 570 comparadas a espécies de hábito generalista ($\bar{x} = 39.4^{\circ}C$; Min = $33.2^{\circ}C$; Max = $44^{\circ}C$; $dp =$
 571 2.9) e aquelas de ambientes florestais ($\bar{x} = 38.6^{\circ}C$; Min = $35.1^{\circ}C$; Max = $42.5^{\circ}C$; $dp = 1.7$).

572

573 Relacionamos ainda a $CT_{M\acute{a}x}$ dos adultos com o local de desenvolvimento (LD)
 574 utilizando dados de 44 espécies ($n = 261$). As análises também apontam diferenças quanto aos
 575 valores de $CT_{M\acute{a}x}$ para certos ambientes de desenvolvimento considerados (Kruskal-Wallis chi
 576 quadrado = 30.901; $df = 3$; $p < 0.001$; $n = 261$) (Fig.2). Espécies com desenvolvimento larval
 associado a ambientes lóticos apresentaram valores de $CT_{M\acute{a}x}$ inferiores ($\bar{x} = 37.3^{\circ}C$; Min =

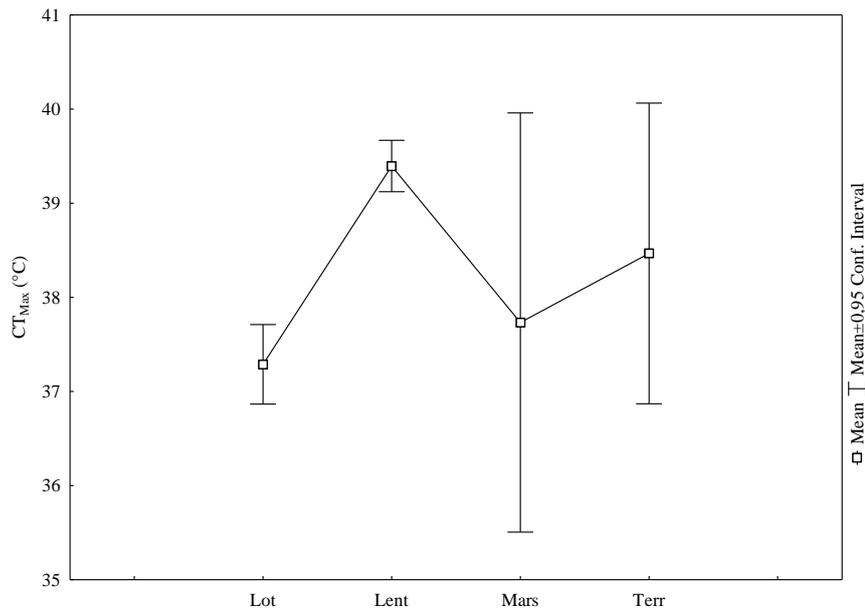
577 35.1°C; Max = 39.9°C; dp = 1.1) ao de espécies cujas formas larvais estão associadas a
 578 ambientes lênticos (\bar{x} = 39.4°C; Min = 33.2°C; Max = 44°C; dp = 2.1) ($p < 0.001$). Anuros
 579 marsupiais (\bar{x} = 37.7°C; Min = 36.7°C; Max = 38.3°C dp = 0.9) e cecílias (terrestres) (\bar{x} =
 580 38.5°C; Min = 38°C; Max = 39.2°C; dp = 0.6) não tiveram valores de CT_{Max} estatisticamente
 581 diferenciados dos demais ($p > 0,05$), provavelmente em decorrência da baixa amostragem
 582 (ambos grupos $n = 3$).



583 **Figura 1.** Distribuição dos valores de CT_{Max} nos grupos de Amphibia segundo intervalo de confiança
 584 de 95%. As barras verticais denotam intervalos de confiança de 95% em torno da média (caixa branca)
 585 de cada grupo funcional (Fo = Espécies florestais, Ge = Espécies Generalistas e OP = Espécies de áreas
 586 abertas).
 587
 588

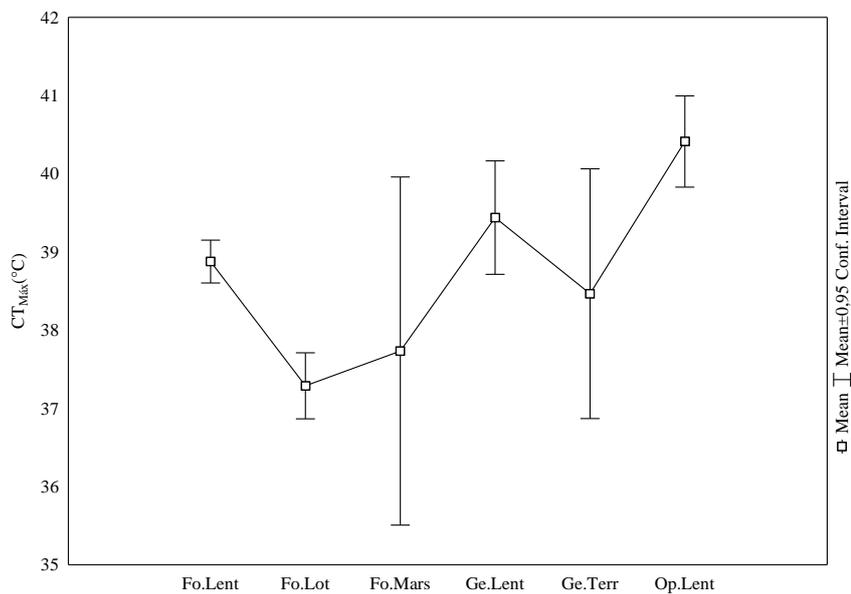
589
 590 De forma a considerar as duas variáveis anteriormente avaliadas, organizamos
 591 categorias mistas com as espécies levando em consideração o hábitat e o local de
 592 desenvolvimento larval (Fig.3). Os animais lóticos amostrados estão fortemente associados a
 593 florestas. Assim, em nossa amostra, não obtemos nenhuma espécie lótica que utilizasse
 594 ambientes abertos para reprodução, o que explica ausência de categorias combinadas como
 595 Op.Lot (espécies lóticas de áreas abertas) e Ge.Lot (espécies lóticas generalistas). Em geral,
 596 mesmo com categorias combinadas, o padrão das análises anteriores foi mantido (Kruskal-
 597 Wallis chi-quadrado = 39.487; df = 5; p-value < 0,05). Espécies florestais e com
 598 desenvolvimento em ambientes lóticos apresentaram valores de CT_{Max} inferiores (\bar{x} = 37,3°C;
 599 Min = 35,1°C; Max = 39,9°C; dp = 1,1) a aqueles apresentados por táxons de ambientes

600 abertos e desenvolvimento lêntico ($\bar{x} = 40,4^{\circ}\text{C}$; Min = $37,9^{\circ}\text{C}$; Max = $43,5^{\circ}\text{C}$; dp = 1,6)
 601 (Fig.3).



602

603 **Figura 2.** Temperatura Crítica Máxima (CT_{Max}) de espécies com desenvolvimento larval em
 604 ambiente lótico (Lot) e lêntico (Lent), marsupiais (Mars) e terrestre (Terr). As barras denotam
 605 intervalos de confiança a 95% em torno da média (caixa branca).
 606



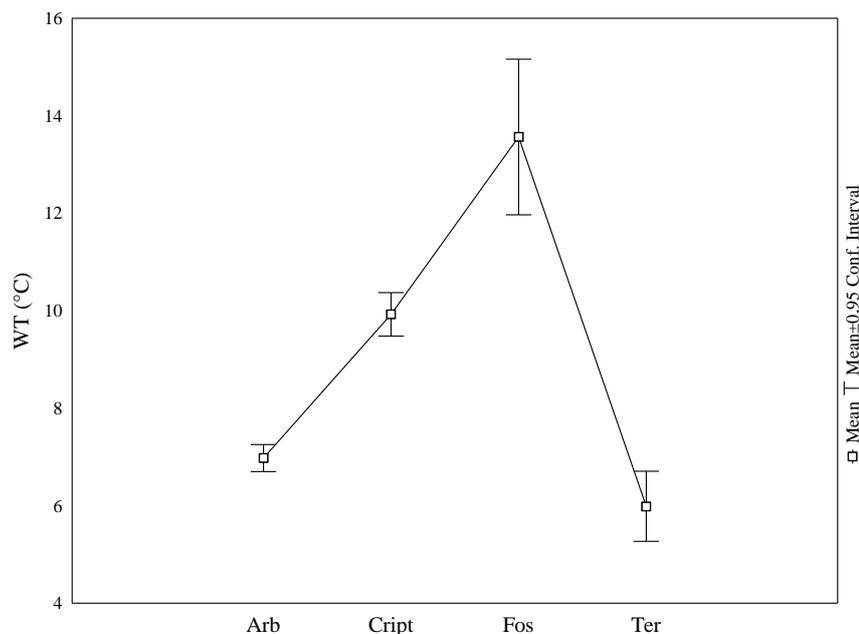
607

608 **Figura 3.** Temperatura Crítica Máxima (CT_{Max}) das categorias de habitat e ambiente de
 609 desenvolvimento larval combinadas. As barras verticais denotam intervalo de confiança a 95% em
 610 torno da média (caixa branca) (Fo.Lent = Espécies florestais de hábito lêntico, Fo.Lot = Espécies
 611 florestais de hábito lótico, Fo. Mars = Espécies florestais de hábito marsupial, Ge.Lent = Espécies
 612 generalistas de hábito lêntico, Ge.Terr = Espécies generalistas de hábito terrestre e Op.Lent =
 613 Espécies de áreas abertas e hábito lêntico.

614

615 *Tolerância ao Aquecimento*

616
 617 Avaliamos a tolerância ao aquecimento em 46 espécies de Anura e uma de
 618 Gymnophiona (Tabela 1S, Material Suplementar). A tolerância ao aquecimento das espécies
 619 também variou significativamente segundo os microhabitats das mesmas (Kruskal-Wallis chi
 620 quadrado = 65.322; df = 3; p < 0.05; n = 277). Espécies fossoriais (\bar{x} = 13.6°C; Min = 13.1°C;
 621 Max = 14.3°C; dp = 0.6) e criptozoicas (\bar{x} = 9.9°C; Min = 6.9°C; Max = 13.5°C; dp = 1.3)
 622 apresentaram maior tolerância (p < 0,05) ao aquecimento enquanto arborícolas (\bar{x} = 7.0°C;
 623 Min = 1.3°C; Max = 11.6°C; dp = 2.1) e terrestres (\bar{x} = 6.0°C; Min = 1.7°C; Max = 8.6°C; dp
 624 = 1.8) apresentaram menores valores (Fig.4). Nesse panorama, 12 espécies apresentariam
 625 valores de CT_{Max} preocupantes segundo a possíveis cenários de aquecimento futuro preditos
 626 pelo IPCC (Tabela 1).



627
 628 **Figura 4** Tolerância ao Aquecimento (WT) para a espécies da Mata Atlântica do sul da Bahia
 629 segundo o Microhabitat (Arb = Espécies arboreais, Cript = Espécies criptozoicas, Fos = Espécies
 630 fossoriais e Ter = Espécies terrestres). As barras verticais denotam intervalos de confiança de 95
 631 % em torno da média (caixa branca).
 632

633 Tabela 1. Espécies mais sensíveis ao aumento da temperatura tendo em vista cenários mais pessimistas propostos
 634 pelo IPCC 2007 e 2014. Valores na tabela referem-se a temperatura crítica máxima (CT_{Max}), microhabitat das
 635 espécies, temperatura crítica máxima dos microhábitats (T_{Max}) e tolerância ao aquecimento (WT).

	CT _{Max} (°C)	Microhabitat	T _{Max} (°C)	WT
<i>Rhinella hoogmoedi</i>	37,5	Ter	35,4	2,1
<i>Dendropsophus haddadi</i>	35,8	Arb	31,9	3,9
<i>Bokermannohyla capra</i>	36,5	Arb	31,9	4,6
<i>Scinax melanodactylus</i>	36,8	Arb	31,9	4,9

<i>Phyllodytes luteolus</i>	37,2	Arb	31,9	5,3
<i>Ololygon strigilata</i>	37,2	Arb	31,9	5,3
<i>Rhinella crucifer</i>	40,8	Ter	35,4	5,4
<i>Hypsiboas Boana pombali</i>	37,3	Arb	31,9	5,4
<i>Hypsiboas Boana semilineatus</i>	37,5	Arb	31,9	5,6
<i>Aplastodiscus ibirapitanga</i>	37,6	Arb	31,9	5,7
<i>Gastrotheca recava</i>	37,7	Arb	31,9	5,8
<i>Dendropsophus giesleri</i>	37,9	Arb	31,9	6

636

637 *Seleção de Modelos PGLS*

638 Testamos 231 modelos PGLS possíveis (Tabela 2S, Material Suplementar), com a
639 implementação das variáveis alométricas, microclimáticas e de perfil do hábitat. O melhor
640 modelo selecionado ($AIC = 886$, $W_i = 0,05$), aponta que a CT_{Max} de anfíbios adultos no sul da
641 Bahia é principalmente predita pelo hábitat dos adultos e pelo local de desenvolvimento dos
642 imaturos (Tabela 2). Não resgatamos sinal filogenético dentre os modelos selecionados, o que
643 indica que a CT_{Max} , no contexto aqui analisado, não resulta de um processo de evolução
644 predito pelo modelo do movimento Browniano ($\lambda = 0$).

645

646 Tabela 2. Melhores modelos selecionados. Parâmetro de ajuste das covariâncias ao modelo evolutivo Browniano
647 (λ). Valor de critério de informação de Akaike (AIC). Peso de Akaike (w_i). Comprimento Rostro-Cloacal (CRC).
648 Largura da Cabeça (LC). Local de Desenvolvimento (LD). Temperatura Média do Microhábitat ($T_{média}$).

Modelo	λ	AIC	W_i
CTmax ~ Hábitat + LD	0	886	0.05
CTmax ~ CRC * LC + Hábitat + LD	0	887	0.04
CTmax ~ CRC + LC + Hábitat + LD	0	89	0.03
CTmax ~ CRC + P + Hábitat + LD	0	893	0.03
CTmax ~ CRC * LC + $T_{média}$ + Hábitat + LD	0	894	0.03

649

650 **Discussão**

651

652 As espécies estudadas são dependentes do hábitat no que diz respeito à sua tolerância
653 ao calor. O hábitat, e em especial os microhabitats, desempenham função importante para a
654 termorregulação e ecofisiologia das espécies de ectotérmicos tropicais (Scheffers et al. 2013;
655 2014; Nowakowski et al. 2018) sendo anuros de floresta mais dependentes da proteção do
656 dossel e da disponibilidade de refúgios térmicos para tolerar temperaturas, que de outro modo

657 poderiam levá-los ao superaquecimento (Scheffers et al. 2014). Este padrão é recuperado nas
658 nossas análises quando observamos que existe diferença significativa entre a CT_{Max} do grupo
659 de espécies florestais com aquelas generalistas ou próprias de ambientes abertos (Fig 1).
660 Assim, em um contexto de ameaças globais para a conservação de anfíbios marcado
661 preponderantemente pela perda de habitat (Stuart et al. 2004), espécies florestais terão cada
662 vez menos habitats e microhabitats disponíveis (Ficetola et al. 2015, esse estudo).

663 Dentre os modelos selecionados apenas um associou CT_{Max} à temperatura média do
664 microhabitat, e nenhum à temperatura máxima (Tabela 2). Estudos defendem que a CT_{Max} de
665 organismos aquáticos seja mais influenciada pelas temperaturas médias e máximas do
666 ambiente, já ectotérmicos terrestres exploram os microambientes disponíveis pela
667 heterogeneidade do habitat para manter suas temperaturas corpóreas independentes das
668 médias térmicas do ar (Bogert 1949; Stevenson 1985; Kearney et al. 2009).

669 Adultos e girinos possuem habitats distintos, os primeiros, em alguma medida, ocupam
670 microhabitats terrestres enquanto os segundos são essencialmente aquáticos (Duelmann e
671 Trueb 1994; McDiarmid e Altig 1999). Assim, a fragmentação e perda do habitat para os
672 adultos de espécies florestais afetam as populações para além do perigo do superaquecimento
673 direto (Scheffers et al. 2014). Retraídos a fragmentos florestais distantes dos sítios
674 reprodutivos, os adultos seriam obrigados a percorrer uma jornada arriscada para a
675 reprodução, expondo-se a predadores, e ao risco de estresse hídrico e térmico (Becker et al.
676 2007).

677 Os juvenis pós-metamórficos enfrentariam situação similar, com a locomoção entre o
678 ambiente de desenvolvimento aquáticos e a matriz florestal implicando na exposição a riscos
679 equivalentes (e.g. predação, dessecação, superaquecimento) (Becker et al. 2007). No entanto,
680 a literatura aponta que estágios próximos ao clímax metamórfico são mais sensíveis
681 ecofisiologicamente, com valores de CT_{Max} comumente mais baixas que de girinos e adultos
682 da mesma espécie (Floyd 1983). Devido a seu tegumento extremamente permeável e
683 dependente de umidade, a perda de água e o superaquecimento parecem ser riscos iminentes
684 impostos pelo trânsito forçado em ambientes descampados, sejam para anfíbios adultos ou
685 juvenis.

686 Em estudo feito na Costa Rica, Frishkoff et al. (2015) encontraram associação entre a
687 ocorrência de espécies de desenvolvimento lêntico (i.e. poças) com áreas desmatadas,
688 enquanto aquelas com desenvolvimento lótico (i.e. riachos) ou com desenvolvimento terrestre
689 direto pareciam preferir florestas. Nossa amostra aponta em direção similar, dada a ausência

690 de espécies generalistas e de áreas abertas com desenvolvimento lóxico em nossa amostragem,
691 e a raridade de espécies com essas características para o bioma estudado (ver Haddad et al.
692 2013). Devido a amostragem baixa dos grupos de anuros marsupiais e de desenvolvimento
693 direto, ainda é prematuro tecer perfis seguros sobre seus limites térmicos superiores. Cabe, no
694 entanto, ressaltar que pelo fato de necessitarem de ambientes úmidos e protegidos contra
695 dessecação dos ovos, espécies com desenvolvimento direto parecem ser especialmente
696 associadas às florestas, onde dependem de microambientes úmidos para a reprodução
697 (Scheffers et al. 2013; Frishkoff et al. 2015).

698 A MA, um dos cinco ecossistemas mais ameaçados do mundo, com elevado nível de
699 endemismo e riqueza de espécies (Myers et al. 2000) enfrenta uma crise histórica de
700 desmatamento e fragmentação, agravada no decorrer dos anos pela expansão agrícola (SOS
701 Mata Atlântica, 2017; Moura et al. 2018). Como a degradação geralmente implica no aumento
702 do efeito de borda nas matrizes florestais (Kapos 1989), e consequente maior incidência de
703 luz, táxons especialistas de centro de florestas estariam expostos à modificações
704 microclimáticas de seus refúgios térmicos (Tuff et al. 2016; Nowakowski et al. 2018). Uma
705 vez expostas a condições térmicas anômalas e estressantes, e em vista da sensibilidade
706 térmica apontada aqui para as espécies florestais, anfíbios no sul da Bahia enfrentam, riscos
707 de isolamentos e distúrbios populacionais advindos da fragmentação florestal, que associados
708 com possíveis estresses térmicos poderiam originar eventos locais de extinção (Becker et al.
709 2007; Tuff et al. 2016). Em uma região conhecida por possuir altos níveis de riqueza e
710 endemismo em sua anurofauna (Carnaval e Moritz 2008; Carnaval et al. 2009; Dias et al.
711 2014; Vasconcelos et al. 2014), tal panorama alerta-nos para o risco de extinção de espécies
712 endêmicas.

713 Anfíbios são particularmente sensíveis à perda de hábitat e fragmentação (Becker et al.
714 2007; Haddad et al. 2015; Pfeifer et al. 2017), e mesmo em ambientes em regeneração (e.g.
715 florestas secundárias) possuem menor riqueza de espécies se comparados a ambientes
716 prístinos (Thompson e Donnelly 2018). Segundo Schneider-Maunory et al. (2016) as
717 consequências dos efeitos de borda, (decorrente da degradação das matrizes florestais) para os
718 anfíbios, estão relacionados com variáveis da biologia geral das espécies como tamanho
719 corpóreo e especializações quanto ao hábitat. Nossas análises apontam em uma direção
720 parecida quando recuperamos nos modelos que a temperatura crítica máxima, uma variável
721 ecofisiológica, é influenciada fortemente pelo hábitat de adultos e de formas imaturas, bem

722 quando encontramos diferenças consideráveis entre a CT_{Max} de espécies florestais,
723 generalistas e aquelas de ambientes abertos (i.e. campos).

724 Na região desse estudo, as espécies mais tolerantes foram aquelas com microhabitat
725 criptozoico ou fossorial, embora as demais categorias (e.g. Arborícolas e Terrestres) também
726 tenham mantido sua WT em limites fisiológicos toleráveis, segundo as assinaturas térmicas
727 atuais. Entretanto, esse resultado não pode ser desvinculado do contexto. Os microclimas são
728 dependentes da heterogeneidade ambiental, e em florestas, da cobertura do dossel, a qual
729 suaviza a incidência direta de luz solar, o que causaria aumento da temperatura (Pringle et al.
730 2003; Nowakowski et al. 2018). Assim, como nossas medidas de temperatura ambiental
731 foram tomadas a partir de florestas secundárias, a cobertura do dossel pode ter suavizado os
732 efeitos da incidência luminosa sob os microclimas.

733 A região de estudo e o bioma que a mesma integra é marcado por um processo de
734 ocupação histórico que causou reduções das áreas florestais, o que acentua o risco de toda a
735 biodiversidade ali presente (Moura et al. 2018). Assim, as exigências de anfíbios de florestas a
736 microclimas e, portanto, a microhabitats específicos, aliado a seus limites de tolerância ao
737 calor, parece imprimir ao grupo um risco iminente de extinção (Gibbs 1998, Nowakowski et
738 al. 2018).

739 Somando os efeitos da degradação dos remanescentes florestais aos parâmetros
740 estudados (CT_{Max} e WT), teríamos uma projeção preocupante para o futuro. O binômio
741 composto pelo desmatamento e Aquecimento Global, colocaria em cheque a sobrevivência da
742 anurofauna da Floresta Atlântica. Ao considerarmos as projeções de aumento na temperatura
743 entre 4,8 e 6°C (avaliações do IPCC 2014 e 2007, respectivamente) (Team et al. 2007;
744 Pachauri et al. 2014), observamos que de 3 a 12 espécies estariam em perigo de extinção na
745 MA do sul da Bahia. Caso incluamos o aquecimento dos microhabitats como um efeito
746 consequente da perda de cobertura florestal, então mesmo espécies criptozoicas e fossoriais
747 estariam criticamente ameaçadas senão pelo aumento da temperatura, pela perda de umidade
748 (Kapos 1989; Tuff et al. 2016; Nowakowski et al. 2018). Dataloggers em ambientes terrestre e
749 arborícola registraram maior variação nas temperaturas registradas que aqueles em refúgios
750 criptozoicos e fossoriais (ver Figuras 2S – 5S, Material Suplementar).

751 Embora Closel e Kohlsdorf (2012) apontem que as mudanças climáticas afetariam em
752 menor proporção as espécies fossoriais, admitem que devido a história evolutiva dessas
753 linhagens estar vinculada a locais com baixa variação térmica, aumentos na temperatura em
754 tais ambientes podem ser drasticamente sentidos por seus ocupantes. É sabido que o aumento

755 da temperatura do ambiente tem como consequência frequente para os ectotérmicos a
756 elevação das taxas metabólicas (Bickford et al. 2010). Assim a aceleração do metabolismo,
757 pelo aumento da temperatura, pode influir negativamente para o fitness por meio de alterações
758 na reprodução e susceptibilidade a doenças (Pounds et al. 2006; Bickford et al. 2010).

759 Mesmo que nossas análises apontem para o habitat como variável que melhor explica
760 os resultados de CT_{Max} encontrados, a influência do ambiente não se restringe apenas aos
761 limites superiores de tolerância. A diversidade dentro das famílias de anfíbios anuros é
762 explicada principalmente pelos microhabitat das espécies, e em menor nível pelo nicho
763 térmico que as mesmas ocupam (Moen e Wiens 2017). Por outro lado, diversos estudos
764 recuperaram sinais filogenéticos em dimensões térmicas do nicho para variados grupos,
765 incluindo anfíbios (Hof et al. 2010; Olalla-Tárraga et al. 2011; Gouveia et al. 2014; Gutiérrez-
766 Pesquera et al. 2016). Ainda que não tenhamos recuperado qualquer sinal filogenético em
767 nossos modelos (modelos selecionados com $\lambda = 0$), recuperamos forte influência do habitat de
768 adultos e girinos para a CT_{Max} dos adultos entre as espécies, o que indica que o ambiente e sua
769 forma de ocupação entre as espécies é um fator importante para explicar a tolerância térmica
770 superior da diversidade aqui analisada, predizendo inclusive os limites térmicos toleráveis
771 para a mesma. Resultados de mesma natureza foram encontrados por Von May et al. (2017),
772 quando em estudo com anuros de desenvolvimento direto não encontraram sinal filogenético
773 nos limites térmicos, porém mostraram-se correlacionados positivamente com a distribuição
774 altitudinal dos táxons avaliados.

775 Uma vez que nossas análises não recuperaram nenhum sinal filogenético, em que
776 medida o potencial adaptativo dos grupos de Amphibia analisados, influenciariam a
777 sobrevivência em um panorama de aquecimento? Segundo Moritz et al. (2012) embora não
778 seja encontrada variação significativa entre a CT_{Max} entre linhagens periféricas e centrais das
779 mesmas espécies, existem diferenças entre os limites térmicos superiores entre as espécies de
780 borda e aquelas do interior de floresta (ver Moritz et al. 2012). Nesse mesmo estudo os
781 autores ainda sugerem que as populações isoladas à periferia de fragmentos, podem apresentar
782 genótipos que lhes confirmam certa resiliência a cenários de aquecimento futuro. O
783 desmatamento e a perda de hábitat podem causar a curto prazo a perda de indivíduos para
784 populações e de populações para espécies, e a redução da diversidade alélica que pode advir
785 dos impactos às matrizes florestais podem influenciar negativamente a sobrevivência das
786 espécies a longo prazo (Moritz et al. 2012).

787 A plasticidade fenotípica parece deter pouca capacidade de tamponar os efeitos
788 nocivos em um contexto progressivo de aumento da temperatura global (Bellard et al. 2012).
789 Ectotérmicos, sobretudo os terrestres, possuem baixa capacidade de aclimação quando o
790 assunto é aumento da temperatura, e por isso suportariam menos as mudanças de temperatura
791 que organismos ectotérmicos aquáticos (Gunderson e Stillman 2015). Observamos que
792 diferenças entre a CT_{Max} de adultos (esse estudo) e girinos de 14 espécies (Gutiérrez-Pesquera
793 et al. 2016), confirmam o padrão anteriormente apresentado, quando girinos (ambiente
794 aquático), tendem a apresentar CT_{Max} superior à dos adultos (ambiente terrestre) coespecíficos
795 (Fig.6S, Material Suplementar). Em anfíbios, Tejedo et al. (2012) apontam que a plasticidade
796 e, por conseguinte a capacidade de adaptação ao aumento da temperatura está ligada aos
797 ambientes térmicos experimentados pelas linhagens. Deste modo, espécies generalistas
798 (toleram ambientes térmicos mais variáveis) estariam melhor adaptadas para lidar com o
799 aumento da temperatura que táxons especialistas termicamente (e.g. espécies florestais e de
800 ambientes abertos) (Tejedo et al. 2012).

801 Todas as análises aqui apresentadas e discutidas ressaltam o peso do ambiente para a
802 predição do limite térmico das espécies e de sua tolerância ao aquecimento. Assim, para além
803 de uma cisão do hábitat (Becker et al. 2007), nossos dados em comunhão com a literatura
804 disponível apontam na direção de uma cisão térmica entre os ambientes de vida e locais de
805 reprodução, com reflexo sobre as fases de vida dos anfíbios anuros na MA do sul da Bahia, de
806 forma a endossar o apresentado por Becker et al. (2007). Mesmo de forma preliminar,
807 observamos que os padrões de tolerância entre larvas e adultos sinalizados aqui apontam para
808 uma separação térmica entre as fases de vida adulta e larval.

809 Ao aliarmos os dados disponíveis para as espécies (presente estudo, Gutiérrez-
810 Pesquera et al. 2016) com a baixa plasticidade nos limites de tolerância (Tejedo et al. 2012;
811 Gunderson e Stillman 2015), redução progressiva das matrizes florestais (SOS Mata
812 Atlântica) e as projeções de aumento de temperatura (Pachauri et al. 2014), apontamos para
813 cenários de ameaças próximos aos projetados por estudos prévios (Ceballos et al. 2017). As
814 consequências para tais cenários perpassam por reduções populacionais (Becker et al. 2007) o
815 que provocaria perda de diversidade genética para as populações (Moritz et al. 2012; Ceballos
816 et al. 2017) e espécies (Carnaval e Moritz 2008; Carnaval et al. 2009), além de eventos de
817 extinção (Alroy 2015; Ceballos et al. 2017).

818 Evidenciamos a urgência de maiores esforços na direção de mitigar o desmatamento e
819 a consequente perda de hábitat. Para além disso, a exposição térmica dos microambientes, e a

820 elevação de sua temperatura pode sumariamente aniquilar nossa diversidade de anfíbios
821 (Scheffers et al. 2014). O aumento da temperatura não discrimina vítimas e pode levar a
822 extinção generalizada de espécies, mesmo aquelas classificadas como *menos preocupantes* e
823 aquelas categorizadas como deficientes de dados pela IUCN (Ceballos et al. 2017). Uma vez
824 que os processos envolvidos na degradação dos habitats são extremamente rápidos e que a
825 maioria das espécies são dependentes direta ou indiretamente de fragmentos florestais, a
826 diversidade de Amphibia, sobretudo Anura, a classe mais especiosa, está claramente
827 comprometida devido às marcantes modificações antrópicas à luz do sexto evento de extinção
828 (Ceballos et al. 2017; Alroy 2015).

829 No Brasil, conhecido por possuir a maior diversidade de anfíbios do mundo, muito
830 precisa ser feito para proteger esse patrimônio biológico. Nesse sentido, Campos et al. (2017)
831 propõem áreas chaves para conservação de anfíbios tendo em vista aspectos ecológicos e
832 evolutivos. No entanto, como a biologia térmica assume função central na tolerância às
833 alterações microclimáticas (Nowakowski et al. 2018), é necessário conhecer melhor a
834 ecofisiologia térmica das espécies e inserí-la em estudos de enfoque conservacionista levando
835 em consideração as restrições impostas pelo nicho térmico das linhagens (Araújo et al. 2013;
836 Damasceno et al. 2014). Em um universo de aproximadamente 625 espécies de anfíbios da
837 MA (Haddad et al. 2013; Segalla et al. 2016; Rossa-Feres et al. 2017), existem dados
838 disponíveis referentes aos limites térmicos para cerca de um décimo dessa diversidade
839 (Tejedo et al. 2012; Simon et al. 2015; Gutiérrez-Pesquera et al. 2016; presente estudo).
840 Embora nossos resultados advenham do estudo de populações de anfíbios da MA do sul da
841 Bahia, observada a baixa variação latitudinal da CT_{Max} e o conservacionismo nos limites
842 térmicos superiores (Araújo et al. 2013), os resultados aqui encontrados podem ser utilizados
843 para extrapolações dentro do próprio corredor central da MA, bem como para outras
844 populações das espécies distribuídas nesse bioma.

845

846 **Referências**

847

848 ALROY, John. Current extinction rates of reptiles and amphibians. **Proceedings of the**
849 **National Academy of Sciences**, v. 112, n. 42, p. 13003-13008, 2015.

850 ANGILLETTA, Michael James. **Thermal adaptation: a theoretical and empirical**
851 **synthesis**. Oxford University Press, 2009.

- 852 ARAÚJO, Miguel B. et al. Heat freezes niche evolution. **Ecology letters**, v. 16, n. 9, p. 1206-
853 1219, 2013.
- 854 BARNOSKY, Anthony D. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already
855 arrived?. **Nature**, v. 471, n. 7336, p. 51, 2011.
- 856 BARNOSKY, Anthony D. et al. Approaching a state shift in Earth's biosphere. **Nature**, v.
857 486, n. 7401, p. 52, 2012.
- 858 BECKER, Carlos Guilherme et al. Habitat split and the global decline of
859 amphibians. **Science**, v. 318, n. 5857, p. 1775-1777, 2007.
- 860 BELLARD, Céline et al. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology**
861 **letters**, v. 15, n. 4, p. 365-377, 2012.
- 862 BICKFORD, David et al. Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of
863 Southeast Asia. **Biodiversity and conservation**, v. 19, n. 4, p. 1043-1062, 2010.
- 864 BLAUSTEIN, Andrew R.; JOHNSON, Pieter TJ. The complexity of deformed
865 amphibians. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 1, n. 2, p. 87-94, 2003.
- 866 BLAUSTEIN, Andrew R.; KIESECKER, Joseph M. Complexity in conservation: lessons
867 from the global decline of amphibian populations. **Ecology letters**, v. 5, n. 4, p. 597-608,
868 2002.
- 869 BOGERT, Charles M. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. **Evolution**, v. 3, n.
870 3, p. 195-211, 1949.
- 871 BRATTSTROM, Bayard H. Thermal acclimation in anuran amphibians as a function of
872 latitude and altitude. **Comparative Biochemistry and physiology**, v. 24, n. 1, p. 93-111,
873 1968.
- 874 BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D.R. **Model selection and multi-model inference: a**
875 **practical information-theoretic approach**. Springer, New York, 2002.
- 876 CAMPOS, Felipe S. et al. Cost-effective conservation of amphibian ecology and
877 evolution. **Science advances**, v. 3, n. 6, p. e1602929, 2017.
- 878 CARAMASCHI, Ulisses et al. A new species of *Allophryne* (Anura: Allophrynidae) from the
879 Atlantic rain forest biome of eastern Brazil. **Herpetologica**, v. 69, n. 4, p. 480-491, 2013.

- 880 CARNAVAL, Ana Carolina; MORITZ, Craig. Historical climate modelling predicts patterns
881 of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 7,
882 p. 1187-1201, 2008.
- 883 CARNAVAL, Ana Carolina et al. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic
884 forest hotspot. **Science**, v. 323, n. 5915, p. 785-789, 2009.
- 885 CEBALLOS, Gerardo; GARCÍA, Andrés; EHRLICH, Paul R. The sixth extinction crisis: loss
886 of animal populations and species. **Journal of Cosmology**, v. 8, n. 1821, p. 31, 2010.
- 887 CEBALLOS, Gerardo; EHRLICH, Paul R.; DIRZO, Rodolfo. Biological annihilation via the
888 ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and
889 declines. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 30, p. E6089-E6096,
890 2017.
- 891 CLOSEL, Melissa B.; KOHLSDORF, Tiana. Mudanças climáticas e fessorialidade:
892 implicações para a herpetofauna subterrânea. **Revista da Biologia**, 2012.
- 893 COWLES, R.B., BOGERT, C.M. A preliminary study of the thermal requirements of desert
894 reptiles. **Bull. Am. Mus. Nat. Hist.** 83: 261 -296, 1944.
- 895 CRUTZEN, P. J., STOERMER, E. F. The Anthropocene. **Global Change Newsl.** 41, 17–18,
896 2000.
- 897 CRUTZEN, P. J. Geology of mankind: the Anthropocene. **Nature**, v. 415, p. 23, 2002.
- 898 DAMASCENO, Roberta et al. Revisiting the vanishing refuge model of
899 diversification. **Frontiers in genetics**, v. 5, p. 353, 2014.
- 900 DEUTSCH, Curtis A. et al. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across
901 latitude. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 18, p. 6668-6672,
902 2008.
- 903 DIAS, Iuri Ribeiro et al. Amphibians of Serra Bonita, southern Bahia: a new hotpoint within
904 Brazil's Atlantic Forest hotspot. **ZooKeys**, n. 449, p. 105, 2014.
- 905 DIAS, Iuri Ribeiro et al. The 100th: An appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia:
906 Anura: Hylidae) from northeastern Brazil. **PLoS one**, v. 12, n. 3, p. e0171678, 2017.
- 907 DIRZO, Rodolfo et al. Defaunation in the Anthropocene. **Science**, v. 345, n. 6195, p. 401-
908 406, 2014.

- 909 DUARTE, Helder et al. Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in
910 subtropical and temperate larval amphibian communities. **Global Change Biology**, v. 18, n.
911 2, p. 412-421, 2012.
- 912 DUELLMAN, William E.; TRUEB, Linda. **Biology of amphibians**. JHU press, 1994.
- 913 ETEROVICK, Paula Cabral et al. Amphibian declines in Brazil: an overview. **Biotropica**, v.
914 37, n. 2, p. 166-179, 2005.
- 915 FICETOLA, Gentile Francesco et al. Habitat availability for amphibians and extinction threat:
916 a global analysis. **Diversity and Distributions**, v. 21, n. 3, p. 302-311, 2015.
- 917 FLOYD, Robert B. Ontogenetic change in the temperature tolerance of larval *Bufo marinus*
918 (Anura: Bufonidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 75,
919 n. 2, p. 267-271, 1983.
- 920 FRISHKOFF, Luke O.; HADLY, Elizabeth A.; DAILY, Gretchen C. Thermal niche predicts
921 tolerance to habitat conversion in tropical amphibians and reptiles. **Global Change Biology**,
922 v. 21, n. 11, p. 3901-3916, 2015.
- 923 GIBBS, James P. Distribution of woodland amphibians along a forest fragmentation
924 gradient. **Landscape Ecology**, v. 13, n. 4, p. 263-268, 1998.
- 925 GOUVEIA, Sidney F. et al. Climatic niche at physiological and macroecological scales: the
926 thermal tolerance–geographical range interface and niche dimensionality. **Global Ecology**
927 **and Biogeography**, v. 23, n. 4, p. 446-456, 2014.
- 928 GUNDERSON, Alex R.; STILLMAN, Jonathon H. Plasticity in thermal tolerance has limited
929 potential to buffer ectotherms from global warming. In: **Proc. R. Soc. B**. The Royal Society,
930 2015. p. 20150401.
- 931 GUTIÉRREZ-PESQUERA, Luis Miguel et al. Testing the climate variability hypothesis in
932 thermal tolerance limits of tropical and temperate tadpoles. **Journal of Biogeography**, v. 43,
933 n. 6, p. 1166-1178, 2016.
- 934 HADDAD, Célio FB et al. **Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia**.
935 Anolis Books, 544p. 2013.
- 936 HADDAD, Nick M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's
937 ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

- 938 HOF, Christian; RAHBK, Carsten; ARAÚJO, Miguel B. Phylogenetic signals in the
939 climatic niches of the world's amphibians. **Ecography**, v. 33, n. 2, p. 242-250, 2010.
- 940 HOF, Christian et al. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global
941 amphibian diversity. **Nature**, v. 480, n. 7378, p. 516, 2011.
- 942 HOFFMANN, Michael et al. The impact of conservation on the status of the world's
943 vertebrates. **Science**, p. 1503-1509, 2010.
- 944 KAPOS, Valerie. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian
945 Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, n. 2, p. 173-185, 1989.
- 946 KEARNEY, Michael; SHINE, Richard; PORTER, Warren P. The potential for behavioral
947 thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. **Proceedings of**
948 **the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 10, p. 3835-3840, 2009.
- 949 LEWIS, Simon L.; MASLIN, Mark A. Defining the anthropocene. **Nature**, v. 519, n. 7542, p.
950 171, 2015.
- 951 LI, Yiming; COHEN, Jeremy M.; ROHR, Jason R. Review and synthesis of the effects of
952 climate change on amphibians. **Integrative Zoology**, v. 8, n. 2, p. 145-161, 2013.
- 953 LOYOLA, Rafael Dias et al. Hung out to dry: choice of priority ecoregions for conserving
954 threatened Neotropical anurans depends on life-history traits. **PloS one**, v. 3, n. 5, p. e2120,
955 2008.
- 956 LUTTERSCHMIDT, William I.; HUTCHISON, Victor H. The critical thermal maximum:
957 history and critique. **Canadian Journal of Zoology**, v. 75, n. 10, p. 1561-1574, 1997.
- 958 MARCIANO-JR, Euvaldo; LANTYER-SILVA, Amanda Santiago F.; SOLE, Mirco. A new species of
959 Phyllodytes Wagler, 1830 (Anura, Hylidae) from the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil.
960 **Zootaxa**, v. 4238, n. 1, p. 135-142, 2017.
- 961 MCCALLUM, Malcolm L. Vertebrate biodiversity losses point to a sixth mass
962 extinction. **Biodiversity and conservation**, v. 24, n. 10, p. 2497-2519, 2015.
- 963 MCDIARMID, Roy W.; ALTIG, Ronald (Ed.). **Tadpoles: the biology of anuran larvae**.
964 University of Chicago Press, 1999.

- 965 MOEN, Daniel S.; WIENS, John J. Microhabitat and climatic niche change explain patterns
966 of diversification among frog families. **The American Naturalist**, v. 190, n. 1, p. 29-44,
967 2017.
- 968 MORITZ, Craig et al. Integrating phylogeography and physiology reveals divergence of
969 thermal traits between central and peripheral lineages of tropical rainforest
970 lizards. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological
971 Sciences**, v. 367, n. 1596, p. 1680-1687, 2012.
- 972 MOURA, Mario R.; COSTA, Henrique C.; PEIXOTO, Marco A.; CARVALHO, André L. G.;
973 SANTANA, Diego J.; VASCONCELOS, Heraldo L. Geographical and socioeconomic
974 determinants of species discovery trends in a biodiversity hotspot. **Biological Conservation**,
975 v. 220, p. 237-244, 2018.
- 976 MYERS, Norman et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n.
977 6772, p. 853, 2000.
- 978 NAPOLI, Marcelo Felgueiras et al. A new species of flea-toad, genus *Brachycephalus*
979 *Fitzinger* (Amphibia: Anura: Brachycephalidae), from the Atlantic rainforest of southern
980 Bahia, Brazil. **Zootaxa**, v. 2739, n. 1, p. 33-40, 2011.
- 981 NAVAS, Carlos A.; OTANI, Lye. Physiology, environmental change, and anuran
982 conservation. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 6, n. 2, p. 83-103, 2007.
- 983 NAVAS, Carlos A.; GOMES, Fernando R. ; DOMENICO, Eleanora A. Physiological
984 Ecology and Conservation of Anuran Amphibians. In: Denis Andrade; Catherine Bevier; José
985 Eduardo Carvalho. (Org.). *Amphibian and Reptile Adaptations to the Environment: Interplay
986 Between Physiology and Behavior*. 1ed. Boca Raton, Florida: CRC Press- Taylor and Francis
987 Group, v. 1, p. 155-188, 2016.
- 988 NOWAKOWSKI, A. J.; WATLING, J. I.; THOMPSON, M. E.; BRUSCH, G. A.;
989 CATENAZZI, A.; WHITFIELD, S. M.; KURZ, D. J.; SUÁREZ-MAYORGA, Á.; APONTE-
990 GUTIÉRREZ, A.; DONNELLY, M. A.; TODD, B. D. Thermal biology mediates responses of
991 amphibians and reptiles to habitat modification. **Ecology Letters**, v. 21, p. 345–355, 2018.
- 992 OLALLA-TÁRRAGA, Miguel Á. et al. Climatic niche conservatism and the evolutionary
993 dynamics in species range boundaries: global congruence across mammals and
994 amphibians. **Journal of Biogeography**, v. 38, n. 12, p. 2237-2247, 2011.

- 995 ORME, David; FRECKLETON, Rob; THOMAS, Gavin; PETZOLDT, Thomas; FRITZ,
996 Susanne; ISAAC, Nick; PEARSE, Will. (2013) CAPER: Comparative Analyses of
997 Phylogenetics and Evolution in R. R package version 0.5.2. Available at: [https://cran.r-](https://cran.r-project.org/web/packages/caper)
998 [project.org/web/packages/caper](https://cran.r-project.org/web/packages/caper) (Acesso em 15 FEV 2018).
- 999 ORRICO, Victor GD; DIAS, Iuri R.; MARCIANO-JR, Euvaldo. Another new species of
1000 Phyllodytes (Anura: Hylidae) from the Atlantic Forest of northeastern Brazil. **Zootaxa**, v.
1001 4407, n. 1, p. 101-110, 2018.
- 1002 PACHAURI, Rajendra K. et al. **Climate change 2014: synthesis report. Contribution of**
1003 **Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental**
1004 **Panel on Climate Change**. IPCC, 2014.
- 1005 PARMESAN, Camille. Ecological and evolutionary responses to recent climate
1006 change. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 37, p. 637-669, 2006.
- 1007 PARMESAN, Camille. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of
1008 phenological response to global warming. **Global Change Biology**, v. 13, n. 9, p. 1860-1872,
1009 2007.
- 1010 PFEIFER, M. et al. Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. **Nature**,
1011 v. 551, n. 7679, p. 187, 2017.
- 1012 PIEVANI, Telmo. The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on
1013 biodiversity. **Rendiconti Lincei**, v. 25, n. 1, p. 85-93, 2014.
- 1014 POUNDS, J. Alan et al. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by
1015 global warming. **Nature**, v. 439, n. 7073, p. 161, 2006.
- 1016 PRINGLE, Robert M.; WEBB, Jonathan K.; SHINE, Richard. Canopy structure,
1017 microclimate, and habitat selection by a nocturnal snake, *Hoplocephalus*
1018 *bungaroides*. **Ecology**, v. 84, n. 10, p. 2668-2679, 2003.
- 1019 PYRON, R. Alexander; WIENS, John J. A large-scale phylogeny of Amphibia including over
1020 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and
1021 caecilians. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 61, n. 2, p. 543-583, 2011.
- 1022 ROOT, Terry L. et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. **Nature**, v.
1023 421, n. 6918, p. 57, 2003.

- 1024 ROSSA-FERES et al, 2017. Anfíbios da Mata Atlântica: lista de espécies, histórico dos
1025 estudos, biologia e conservação. In: Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho; Carlos
1026 Eduardo Conte. (Org.). Revisões em Zoologia: Mata Atlântica. 1ed.Curitiba: Editora UFPR,
1027 2017, v. 1, p. 237-314.
- 1028 SCHEFFERS, Brett R. et al. Thermal buffering of microhabitats is a critical factor mediating
1029 warming vulnerability of frogs in the Philippine biodiversity hotspot. **Biotropica**, v. 45, n. 5,
1030 p. 628-635, 2013.
- 1031 SCHEFFERS, Brett R. et al. Microhabitats reduce animal's exposure to climate
1032 extremes. **Global change biology**, v. 20, n. 2, p. 495-503, 2014.
- 1033 SCHNEIDER-MAUNOURY, Laure et al. Abundance signals of amphibians and reptiles
1034 indicate strong edge effects in Neotropical fragmented forest landscapes. **Biological**
1035 **Conservation**, v. 200, p. 207-215, 2016.
- 1036 SEGALLA, Magno Vicente et al. Brazilian amphibians–List of species. **Herpetologia**
1037 **Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 34-46, 2016.
- 1038 SILVANO, Debora L.; SEGALLA, Magno V. Conservation of Brazilian
1039 amphibians. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 653-658, 2005.
- 1040 SIMON, Monique Nouailhetas; RIBEIRO, Pedro Leite; NAVAS, Carlos Arturo. Upper
1041 thermal tolerance plasticity in tropical amphibian species from contrasting habitats:
1042 implications for warming impact prediction. **Journal of thermal biology**, v. 48, p. 36-44,
1043 2015.
- 1044 SOS Mata Atlântica-Fundação SOS Mata Atlântica; INPE- Instituto Nacional de Pesquisas
1045 Espaciais. (2017) Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica – Período 2015-
1046 2016. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2017, p. 60.
1047 https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2015-2016_relatorio_tecnico_2017.pdf
1048 [acesso em 04 de Fevereiro de 2018]
- 1049 STEVENSON, R. D. The relative importance of behavioral and physiological adjustments
1050 controlling body temperature in terrestrial ectotherms. **The American Naturalist**, v. 126, n.
1051 3, p. 362-386, 1985.
- 1052 STUART, Simon N. et al. Status and trends of amphibian declines and extinctions
1053 worldwide. **Science**, v. 306, n. 5702, p. 1783-1786, 2004.

- 1054 TAPLEY, Benjamin et al. The disparity between species description and conservation
1055 assessment: A case study in taxa with high rates of species discovery. **Biological**
1056 **Conservation**, v. 220, p. 209-214, 2018.
- 1057 TEAM, Core Writing; PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. Contribution of working groups
1058 I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate
1059 change. **IPCC, Geneva, Switzerland**, 2007.
- 1060 TEJEDO, Miguel et al. El estudio de las tolerancias térmicas para el examen de hipótesis
1061 biogeográficas y de la vulnerabilidad de los organismos ante el calentamiento global.
1062 Ejemplos en anfibios. **Boletín de la Asociación Herpetológica Española**, v. 23, n. 2, p. 2-27,
1063 2012.
- 1064 THOMPSON, Michelle E.; DONNELLY, Maureen A. Effects of Secondary Forest
1065 Succession on Amphibians and Reptiles: A Review and Meta-analysis. **Copeia**, v. 106, n. 1,
1066 p. 10-19, 2018.
- 1067 TUFF, K. T.; TUFF, T.; DAVIES, K. F. A framework for integrating thermal biology into
1068 fragmentation research. **Ecology letters**, v. 19, n. 4, p. 361-374, 2016.
- 1069 VASCONCELOS, Tiago S. et al. Biogeographic distribution patterns and their correlates in
1070 the diverse frog fauna of the Atlantic Forest hotspot. **PLoS One**, v. 9, n. 8, p. e104130, 2014.
- 1071 VITT, Laurie J.; CALDWELL, Janalee P. **Herpetology: an introductory biology of**
1072 **amphibians and reptiles**. Academic press, 2014.
- 1073 von MAY, Rudolf et al. Divergence of thermal physiological traits in terrestrial breeding
1074 frogs along a tropical elevational gradient. **Ecology and evolution**, v. 7, n. 9, p. 3257-3267,
1075 2017.
- 1076 VÖRÖS, JUDIT; DIAS, Iuri Ribeiro; SOLÉ, Mirco. A new species of Phyllodytes (Anura:
1077 Hylidae) from the Atlantic Rainforest of southern Bahia, Brazil. **Zootaxa**, v. 4337, n. 4, p.
1078 584-594, 2017.
- 1079 WAKE, David B.; VREDENBURG, Vance T. Are we in the midst of the sixth mass
1080 extinction? A view from the world of amphibians. **Proceedings of the National Academy of**
1081 **Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11466-11473, 2008.
- 1082 WILSON, Edward O. **Diversidade da vida**. Editora Companhia das Letras, 2012.

1083 WINTER, Maiken et al. Patterns and biases in climate change research on amphibians and
 1084 reptiles: a systematic review. **Royal Society Open Science**, v. 3, n. 9, p. 1-13, 2016.

1085

1086

1087

1088

1089

1090 **MATERIAL SUPLEMENTAR**

1091 **Tabela 1S** Relação das espécies utilizadas para avaliação da tolerância térmica. Temperatura crítica
 1092 máxima (CT_{Max}), Microhabitat (Haddad et al, 2013), temperatura máxima do microhábitat (T_{Max}) e
 1093 tolerância ao aquecimento (WT) e número de indivíduos utilizados para obtenção do CT_{Max} (N).

	CT _{Max} (°C)	Microhabitat	T _{Max} (°C)	WT	N
<i>Rhinella hoogmoedi</i>	37,5	Ter	35,4	2,1	3
<i>Dendropsophus haddadi</i>	35,8	Arb	31,9	3,9	14
<i>Bokermannohyla capra</i>	36,5	Arb	31,9	4,6	1
<i>Scinax melanodactylus</i>	36,8	Arb	31,9	4,9	14
<i>Phyllodytes luteolus</i>	37,2	Arb	31,9	5,3	23
<i>Ololygon strigilata</i>	37,2	Arb	31,9	5,3	10
<i>Rhinella crucifer</i>	40,8	Ter	35,4	5,4	11
<i>HypsiboasBoana pombali</i>	37,3	Arb	31,9	5,4	2
<i>HypsiboasBoana semilineatus semilineata</i>	37,5	Arb	31,9	5,6	14
<i>Aplastodiscus ibirapitanga</i>	37,6	Arb	31,9	5,7	1
<i>Gastrotheca recava</i>	37,7	Arb	31,9	5,8	3
<i>Dendropsophus giesleri</i>	37,9	Arb	31,9	6	1
<i>Ololygon argyreornata</i>	38	Arb	31,9	6,1	13
<i>Aplastodiscus sibilatus</i>	38,2	Arb	31,9	6,3	1
<i>Sphaenorhynchus pauloalvini</i>	38,2	Arb	31,9	6,3	14
<i>HypsiboasBoana atlanticus atlantica</i>	38,8	Arb	31,9	6,9	5
<i>Agalychnis aspera</i>	39	Arb	31,9	7,1	4
<i>Dendropsophus nekronastes</i>	39,1	Arb	31,9	7,2	5
<i>Rhinella granulosa</i>	42,8	Ter	35,4	7,4	13
<i>Scinax gr. ruber</i>	39,3	Arb	31,9	7,4	7
<i>HypsiboasBoana albomarginatus albomarginata</i>	39,4	Arb	31,9	7,5	4

<i>Trachycephalus mesophaeus</i>	39,9	Arb	31,9	8	2
<i>Dendropsophus anceps</i>	40,2	Arb	31,9	8,3	1
<i>Phyllomedusa bahiana</i>	40,2	Arb	31,9	8,3	9
<i>Scinax juncae</i>	40,4	Arb	31,9	8,5	10
<i>Frostius erythrophthalmus</i>	36,7	Crip	28,2	8,5	2
<i>Sphaenorhynchus prasinus</i>	40,6	Arb	31,9	8,7	3
<i>Scinax eurydice</i>	40,7	Arb	31,9	8,8	1
<i>Dendropsophus bipunctatus</i>	40,8	Arb	31,9	8,9	2
<i>Dendropsophus elegans</i>	40,8	Arb	31,9	8,9	1
<i>Itapotihyla langsdorfii</i>	40,9	Arb	31,9	9	4
<i>Adenomera thomei</i>	37,4	Crip	28,2	9,2	3
<i>Hypsiboas</i> <i>Boana faber</i>	41,3	Arb	31,9	9,4	1
<i>Proceratophrys renalis</i>	37,6	Crip	28,2	9,4	6
<i>Physalaemus signifer</i>	37,8	Crip	28,2	9,6	6
<i>Scinax cf. fuscovarius</i>	41,5	Arb	31,9	9,6	1
<i>Phyllomedusa rohdei</i>	41,5	Arb	31,9	9,6	20
<i>Chiasmocleis schubarti</i>	37,9	Crip	28,2	9,7	6
<i>Chiasmocleis gnoma</i>	38	Crip	28,2	9,8	1
<i>Pithecopus nordestinus</i>	41,8	Arb	31,9	9,9	11
<i>Scinax cf. x-signatus</i>	41,9	Arb	31,9	10	11
<i>Leptodactylus natalensis</i>	38,5	Crip	28,2	10,3	1
<i>Proceratophrys schirchi</i>	38,9	Crip	28,2	10,7	2
<i>Stereocyclops incrassatus</i>	39,2	Crip	28,2	11	5
<i>Leptodactylus mystaceus</i>	40,5	Crip	28,2	12,3	2
<i>Siphonops annulatus</i>	38,5	Fos	24,9	13,6	3
<i>Allobates olfersioides</i>	35,8	Reo	-	-	3

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109 **Tabela 2S** Modelos PGLS utilizados para seleção de modelos

Modelo	Formula	Lambda	AIC	wi
m1	CTmax ~ CRC	0	10	0
m2	CTmax ~ P	0	102	0
m3	CTmax ~ LC	0	102	0
m4	CTmax ~ Hábitat	0.67	915	0.0124
m5	CTmax ~ LD	0	986	0
m6	CTmax ~ Tmáx	0	968	0.001
m7	CTmax ~ Tmédia	0	100	0
m8	CTmax ~ CRC + LC	0	104	0
m9	CTmax ~ CRC + P	0	103	0
m10	CTmax ~ CRC + Tmáx	0	980	0
m11	CTmax ~ CRC + Tmédia	0	102	0
m12	CTmax ~ LC + P	0	10	0
m13	CTmax ~ LC + Tmáx	0	987	0
m14	CTmax ~ LC + Tmédia	0	102	0
m15	CTmax ~ P + Tmáx	0	98	0
m16	CTmax ~ P + Tmédia	0	102	0
m17	CTmax ~ Tmáx + Tmédia	0	984	0
m18	CTmax ~ Hábitat + LD	0	887	0.052
m19	CTmax ~ CRC + LC + Hábitat	0	922	0.009
m20	CTmax ~ CRC + P + Hábitat	0	925	0.008
m21	CTmax ~ CRC + Tmáx + Hábitat	0	914	0.013
m22	CTmax ~ CRC + Tmédia + Hábitat	0	922	0.009
m23	CTmax ~ LC + P + Hábitat	0.56	950	0.002
m24	CTmax ~ LC + Tmáx + Hábitat	0	918	0.010
m25	CTmax ~ LC + Tmédia + Hábitat	0.61	949	0.002
m26	CTmax ~ P + Tmáx + Hábitat	0	92	0.010

m27	CTmax ~ P + Tmédia + Hábitat	0.63	951	0.002
m28	CTmax ~ CRC + LC + LD	0	994	0
m29	CTmax ~ CRC + P + LD	0	101	0
m30	CTmax ~ CRC + Tmáx + LD	0	987	0
m31	CTmax ~ CRC + Tmédia + LD	0	10	0
m32	CTmax ~ LC + P + LD	0	100	0
m33	CTmax ~ LC + Tmáx + LD	0	993	0
m34	CTmax ~ LC + Tmédia + LD	0	102	0
m35	CTmax ~ P + Tmáx + LD	0	986	0
m36	CTmax ~ P + Tmédia + LD	0	101	0
m37	CTmax ~ CRC + LC + Hábitat + LD	0	89	0.039
m38	CTmax ~ CRC + P + Hábitat + LD	0	894	0.034
m39	CTmax ~ CRC + Tmáx + Hábitat + LD	0	914	0.013
m40	CTmax ~ CRC + Tmédia + Hábitat + LD	0	913	0.014
m41	CTmax ~ LC + P + Hábitat + LD	0	923	0.008
m42	CTmax ~ LC + Tmáx + Hábitat + LD	0	923	0.008
m43	CTmax ~ LC + Tmédia + Hábitat + LD	0	923	0.008
m44	CTmax ~ P + Tmáx + Hábitat + LD	0	92	0.008
m45	CTmax ~ P + Tmédia + Hábitat + LD	0	925	0.008
m46	CTmax ~ Tmáx + Tmédia + Hábitat + LD	0	926	0.007
m47	CTmax ~ CRC + Hábitat	0	909	0.017
m48	CTmax ~ P + Hábitat	0.72	934	0.005
m49	CTmax ~ LC + Hábitat	0.69	932	0.005
m50	CTmax ~ Tmáx + Hábitat	0	899	0.028
m51	CTmax ~ Tmédia + Hábitat	0.57	931	0.005
m52	CTmax ~ CRC + LD	0	990	0
m53	CTmax ~ P + LD	0	987	0
m54	CTmax ~ LC + LD	0	999	0
m55	CTmax ~ Tmáx + LD	0	976	0.001
m56	CTmax ~ Tmédia + LD	0	100	0
m57	CTmax ~ CRC + LC + P	0	1	0
m58	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx	0	996	0
m59	CTmax ~ CRC + LC + Tmédia	0	104	0
m60	CTmax ~ CRC + P + Tmáx	0	1000	0
m61	CTmax ~ CRC + P + Tmédia	0	104	0
m62	CTmax ~ CRC + Tmáx + Tmédia	0	995	0
m63	CTmax ~ LC + P + Tmáx	0	987	0
m64	CTmax ~ LC + P + Tmédia	0	103	0
m65	CTmax ~ LC + Tmáx + Tmédia	0	100	0
m66	CTmax ~ P + Tmáx + Tmédia	0	100	0
m67	CTmax ~ CRC + LC + P + Hábitat	0	942	0.003
m68	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + Hábitat	0	932	0.005
m69	CTmax ~ CRC + LC + Tmédia + Hábitat	0	937	0.004
m70	CTmax ~ CRC + P + Tmáx + Hábitat	0	933	0.005

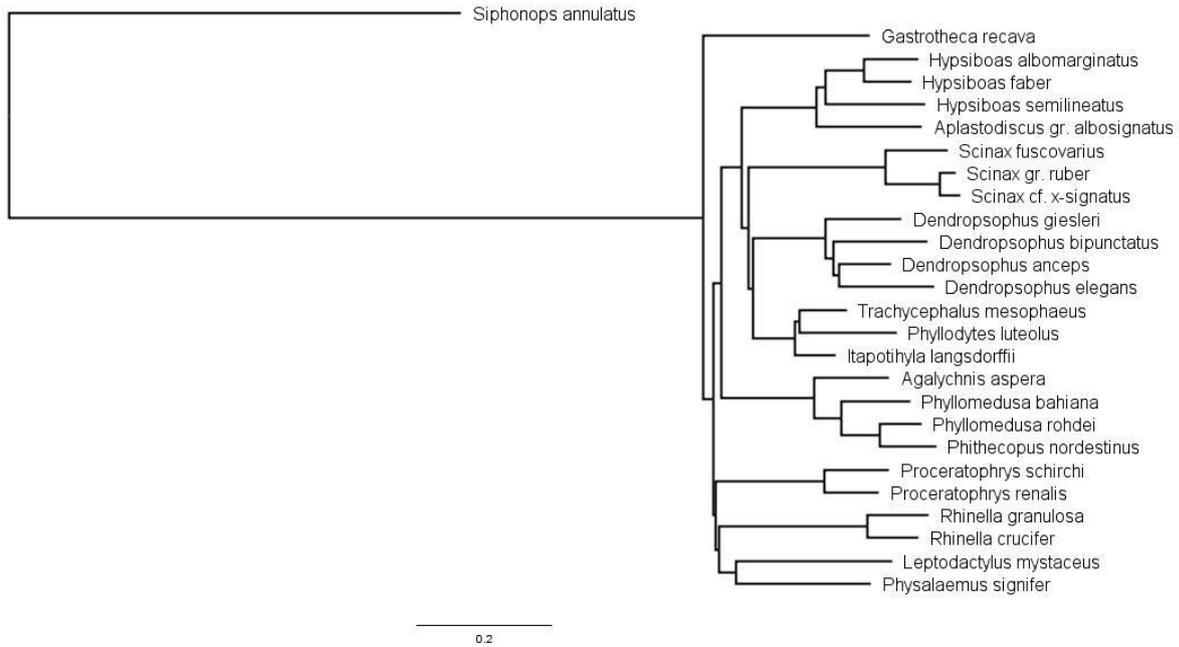
m71	CTmax ~ CRC + P + Tmédia + Hábitat	0	939	0.004
m72	CTmax ~ CRC + Tmáx + Tmédia + Hábitat	0	934	0.005
m73	CTmax ~ LC + P + Tmáx + Hábitat	0	935	0.005
m74	CTmax ~ LC + P + Tmédia + Hábitat	0	949	0.002
m75	CTmax ~ LC + Tmáx + Tmédia + Hábitat	0	936	0.004
m76	CTmax ~ P + Tmáx + Tmédia + Hábitat	0	936	0.004
m77	CTmax ~ CRC + LC + P + LD	0	101	0
m78	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + LD	0	995	0
m79	CTmax ~ CRC + LC + Tmédia + LD	0	101	0
m80	CTmax ~ CRC + P + Tmáx + LD	0	10	0
m81	CTmax ~ CRC + P + Tmédia + LD	0	103	0
m82	CTmax ~ CRC + Tmáx + Tmédia + LD	0	997	0
m83	CTmax ~ LC + P + Tmáx + LD	0	100	0
m84	CTmax ~ LC + P + Tmédia + LD	0	102	0
m85	CTmax ~ LC + Tmáx + Tmédia + LD	0	100	0
m86	CTmax ~ P + Tmáx + Tmédia + LD	0	100	0
m87	CTmax ~ CRC + LC + P + Hábitat + LD	0	899	0.029
m88	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + Hábitat + LD	0	912	0.015
m89	CTmax ~ CRC + LC + Tmédia + Hábitat + LD	0	904	0.021
m90	CTmax ~ CRC + P + Tmáx + Hábitat + LD	0	913	0.014
m91	CTmax ~ CRC + P + Tmédia + Hábitat + LD	0	904	0.022
m92	CTmax ~ CRC + Tmáx + Tmédia + Hábitat + LD	0	931	0.006
m93	CTmax ~ LC + P + Tmáx + Hábitat + LD	0	943	0.003
m94	CTmax ~ LC + P + Tmédia + Hábitat + LD	0	942	0.003
m95	CTmax ~ LC + Tmáx + Tmédia + Hábitat + LD	0	942	0.003
m96	CTmax ~ P + Tmáx + Tmédia + Hábitat + LD	0	944	0.003
m97	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmáx	0	101	0
m98	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmédia	0	104	0
m99	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + Tmédia	0	101	0
m100	CTmax ~ CRC + P + Tmáx + Tmédia	0	101	0
m101	CTmax ~ LC + P + Tmáx + Tmédia	0	10	0
m102	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmáx + Hábitat	0	952	0.002
m103	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmédia + Hábitat	0	957	0.002
m104	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + Tmédia + Hábitat	0	952	0.002
m105	CTmax ~ CRC + P + Tmáx + Tmédia + Hábitat	0	953	0.002
m106	CTmax ~ LC + P + Tmáx + Tmédia + Hábitat	0	953	0.002
m107	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmáx + LD	0	101	0
m108	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmédia + LD	0	103	0
m109	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + Tmédia + LD	0	992	0
m110	CTmax ~ CRC + P + Tmáx + Tmédia + LD	0	10	0
m111	CTmax ~ LC + P + Tmáx + Tmédia + LD	0	102	0
m112	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmáx + Hábitat + LD	0	916	0.012
m113	CTmax ~ CRC + LC + P + Tmédia + Hábitat + LD	0	899	0.028
m114	CTmax ~ CRC + LC + Tmáx + Tmédia + Hábitat + LD	0	921	0.009

m115	$CT_{max} \sim CRC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	921	0.009
m116	$CT_{max} \sim LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	962	0.001
m117	$CT_{max} \sim CRC + LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	102	0
m118	$CT_{max} \sim CRC + LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	972	0.001
m119	$CT_{max} \sim CRC + LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	101	0
m120	$CT_{max} \sim CRC + LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	914	0.013
m121	$CT_{max} \sim CRC * LC$	0	105	0
m122	$CT_{max} \sim CRC * P$	0	105	0
m123	$CT_{max} \sim LC * P$	0	105	0
m124	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x}$	0	101	0
m125	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{e}dia}$	0	106	0
m126	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x}$	0	109	0
m127	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{e}dia}$	0	106	0
m128	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x}$	0	101	0
m129	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{e}dia}$	0	105	0
m130	$CT_{max} \sim CRC * LC + P$	0	105	0
m131	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x}$	0	103	0
m132	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{e}dia}$	0	105	0
m133	$CT_{max} \sim CRC * P + LC$	0	101	0
m134	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x}$	0	101	0
m135	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{e}dia}$	0	102	0
m136	$CT_{max} \sim P * LC + CRC$	0	10	0
m137	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x}$	0	107	0
m138	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{e}dia}$	0	104	0
m139	$CT_{max} \sim CRC * LC + H\acute{a}bitat$	0	939	0.004
m140	$CT_{max} \sim CRC * P + H\acute{a}bitat$	0	922	0.010
m141	$CT_{max} \sim LC * P + H\acute{a}bitat$	0	954	0.002
m142	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	950	0.002
m143	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	96	0.002
m144	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	939	0.004
m145	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	939	0.004
m146	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	95	0.002
m147	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	968	0.001
m148	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + H\acute{a}bitat$	0	953	0.002
m149	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	964	0.001
m150	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	972	0.001
m151	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + H\acute{a}bitat$	0	932	0.005
m152	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	952	0.002
m153	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	949	0.002
m154	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + H\acute{a}bitat$	0	957	0.001
m155	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	97	0.001
m156	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	970	0.001
m157	$CT_{max} \sim CRC * LC + LD$	0	100	0
m158	$CT_{max} \sim CRC * P + LD$	0	102	0

m159	$CT_{max} \sim LC * P + LD$	0	996	0
m160	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	101	0
m161	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	102	0
m162	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	102	0
m163	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	104	0
m164	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	101	0
m165	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	101	0
m166	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + LD$	0	987	0
m167	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	100	0
m168	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	101	0
m169	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + LD$	0	100	0
m170	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	102	0
m171	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	102	0
m172	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + LD$	0	101	0
m173	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	102	0
m174	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m175	$CT_{max} \sim CRC * LC + H\acute{a}bitat + LD$	0	888	0.049
m176	$CT_{max} \sim CRC * P + H\acute{a}bitat + LD$	0	913	0.014
m177	$CT_{max} \sim LC * P + H\acute{a}bitat + LD$	0	922	0.009
m178	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	900	0.027
m179	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	895	0.034
m180	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	931	0.005
m181	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	924	0.008
m182	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	939	0.004
m183	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	94	0.003
m184	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + H\acute{a}bitat + LD$	0	908	0.018
m185	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	920	0.010
m186	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	911	0.015
m187	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + H\acute{a}bitat + LD$	0	909	0.017
m188	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	922	0.010
m189	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	914	0.013
m190	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + H\acute{a}bitat + LD$	0	909	0.017
m191	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	921	0.010
m192	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	915	0.013
m193	$CT_{max} \sim CRC * P * LC$	0	996	0
m194	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x}$	0	101	0
m195	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{e}dia}$	0	102	0
m196	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + H\acute{a}bitat$	0.76	922	0.009
m197	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat$	0	923	0.008
m198	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0.73	929	0.006
m199	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + LD$	0	101	0
m200	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + LD$	0	102	0
m201	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m202	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + H\acute{a}bitat + LD$	0.75	96	0.001

m203	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + H\acute{a}bitat + LD$	0	967	0.001
m204	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	102	0
m205	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	103	0
m206	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	102	0
m207	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	104	0
m208	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	103	0
m209	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	104	0
m210	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia}$	0	993	0
m211	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	969	0.001
m212	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	959	0.001
m213	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	973	0.001
m214	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	975	0.001
m215	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	967	0.001
m216	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	0	990	0
m217	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat$	1	908	0.018
m218	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	101	0
m219	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m220	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m221	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	102	0
m222	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m223	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m224	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + LD$	0	103	0
m225	$CT_{max} \sim CRC * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	915	0.012
m226	$CT_{max} \sim CRC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	938	0.004
m227	$CT_{max} \sim LC * P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	95	0.002
m228	$CT_{max} \sim CRC * LC + P + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	931	0.006
m229	$CT_{max} \sim CRC * P + LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	934	0.005
m230	$CT_{max} \sim P * LC + CRC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	0	93	0.005
m231	$CT_{max} \sim CRC * P * LC + T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{e}dia} + H\acute{a}bitat + LD$	1	964	0.001

1110



1111

1112 **Figura. 1S** Árvore utilizada para a seleção de modelos de PGLS. Topologia baseada em Pylon e Wiens (2008) e
 1113 nomes científicos em acordo com Segalla et al (2016)

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

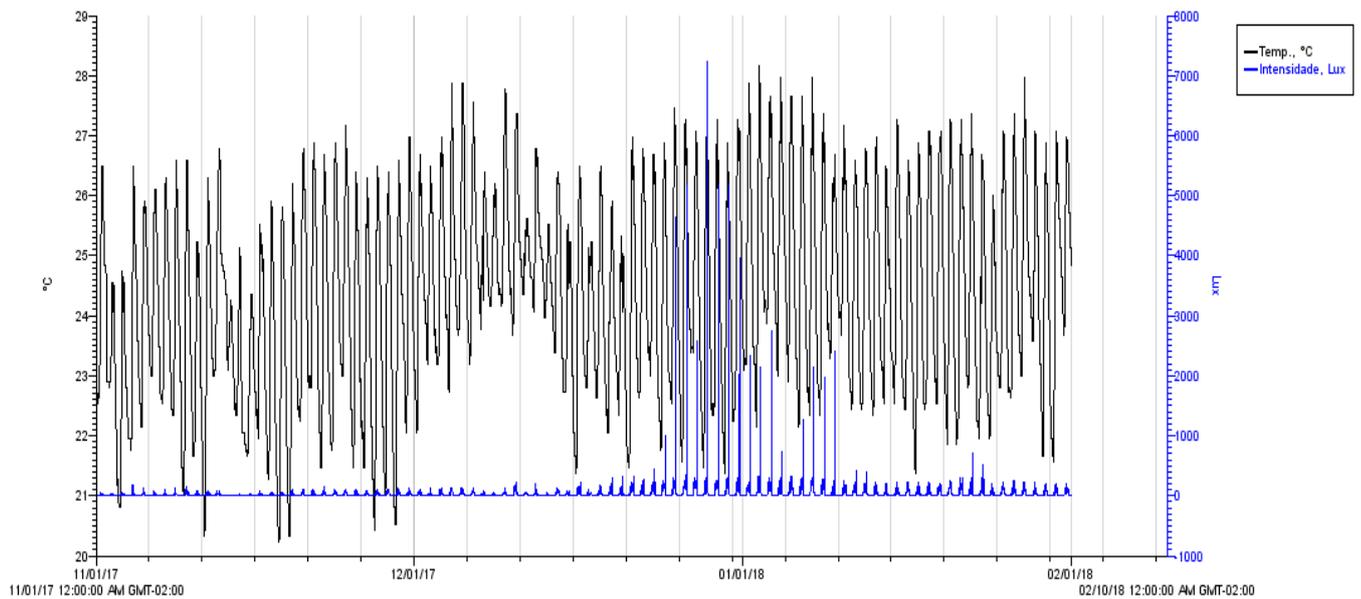
1127

1128

1129

1130

1131



1132

1133

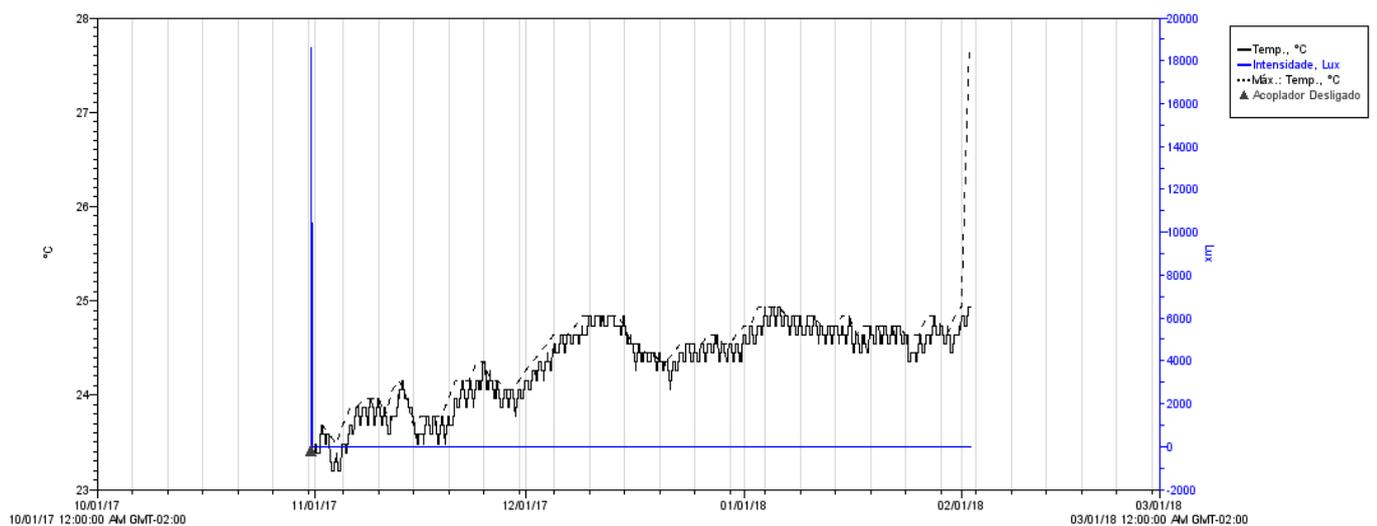
1134 **Figura 2S** Perfil térmico do microhabitat criptozoico

1135

1136

1137

1138



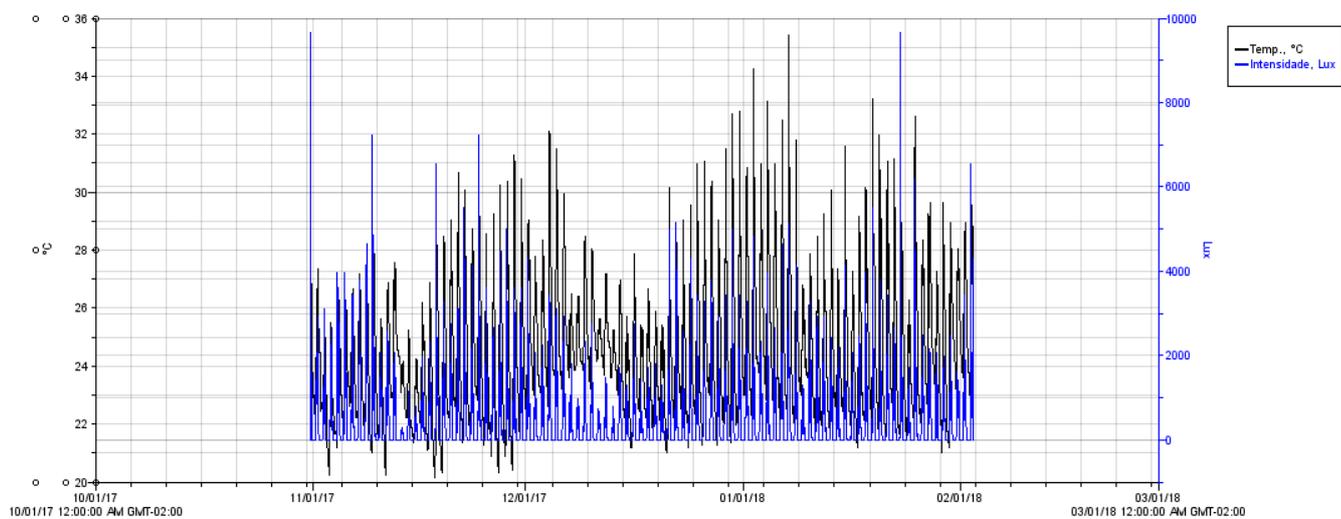
1139

1140 **Figura 3S** Perfil térmico do microhabitat fossorial

1141

1142

1143

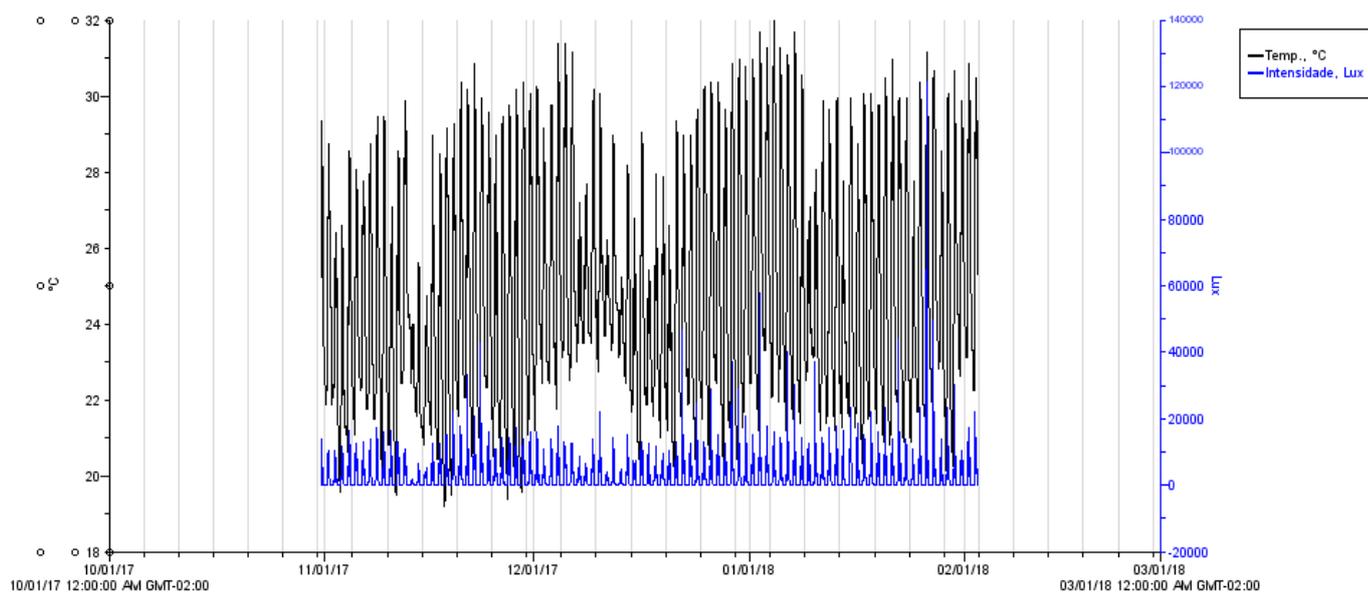


1144

1145 **Figura 4S** Perfil térmico do microhabitat terrestre

1146

1147



1148

1149 **Figura 5S** Perfil térmico do microhabitat arborícola

1150

1151

1152

1160 **OECOLOGIA AUTHOR INSTRUCTIONS**

1161 Instructions for authors at Springer.com do not include all formatting expectations
1162 for **Oecologia** submissions. **Oecologia**'s Editors-in-Chief have combined all of Springer's
1163 instructions along with their additional detailed expectations into two user-friendly files in the
1164 sidebar on the right:

1165 Manuscript Guidelines and

1166 Artwork Guidelines.

1167 Please prepare submissions to **Oecologia** according to the instructions in these two files.
1168 Submissions that do not follow these guidelines may be returned to authors or their review
1169 may be delayed.

1170 **MANUSCRIPT SUBMISSION**

1171 **Manuscript Submission**

1172 Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before;
1173 that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been
1174 approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or
1175 explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held
1176 legally responsible should there be any claims for compensation.

1177 **Permissions**

1178 Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published
1179 elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and
1180 online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting
1181 their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from
1182 the authors.

1183 **Online Submission**

1184 Please follow the hyperlink "Submit online" on the right and upload all of your manuscript
1185 files following the instructions given on the screen.

1186 **SCIENTIFIC AUTHORSHIP**

1187 Authorship means holding responsibility for a written piece of text or artwork. In science, it
1188 implies personal involvement in the design, conduct and reporting of new research. An author
1189 must have participated in the research, understand the data and the text, and be able to present
1190 the contents to others. Principles of authorship are sometimes neglected, leading to
1191 questionable assignment of authorship and diminution of the credit for those who deserve
1192 authorship.

1193 Providing funds, supervising or hosting researchers, belonging to a research consortium,
1194 attending a meeting or a workshop, offering access to samples, organisms or sites, providing
1195 technical assistance or preparation of diagrams and tables deserve appropriate
1196 acknowledgement, but do not commonly entitle one to authorship. Exceptions are
1197 contributions that involve highly technical skills (methodology) or intellectual input (e.g.
1198 statistical expertise) that was key to the final product.

1199 All *Oecologia* submissions are required to include a declaration of authorship, including
1200 submissions with a single author. The declaration must include an explanation of the
1201 contribution or activity of each author to the final product. Submit the declaration of
1202 authorship as a footnote on the manuscript title page, using capital initials of authors. When
1203 two or more authors share the same initials spell out the last (or middle) name of each to
1204 distinguish them.

1205 Please follow the format of the following examples:

1206 Author Contributions: AJT and SSW conceived and designed the experiments. AJT and CR
1207 performed the experiments. AJT, CR, FKB analyzed the data. AJT, CR, SSW wrote the
1208 manuscript; other authors provided editorial advice.

1209 Author Contributions: JM originally formulated the idea, BLZ developed methodology, PDT
1210 conducted fieldwork, BLZ generated sequencing data and molecular analyses, TT and BLZ
1211 collaborated in imaging analysis, ISS developed the mathematical models, BLZ and ISS
1212 performed statistical analyses, and BLZ and ISS wrote the manuscript.

1213 For manuscripts with a single author, please use the following statement:

1214 Author Contributions: SGJ conceived, designed, and executed this study and wrote the
1215 manuscript. No other person is entitled to authorship.”

1216 **ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL**

1217 Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other
1218 supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This
1219 feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is
1220 more convenient in electronic form.

1221 Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read
1222 the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data
1223 repositories wherever possible.

1224 **Submission**

1225 Supply all supplementary material in standard file formats.

1226 Please include in each file the following information: article title, journal name, author names;
1227 affiliation and e-mail address of the corresponding author.

1228 To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very
1229 long download times and that some users may experience other problems during
1230 downloading.

1231 **Audio, Video, and Animations**

1232 Aspect ratio: 16:9 or 4:3

1233 Maximum file size: 25 GB

1234 Minimum video duration: 1 sec

1235 Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

1236 Text and Presentations

1237 Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

1238 A collection of figures may also be combined in a PDF file.

1239 Spreadsheets

1240 Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

1241 Specialized Formats

1242 Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and
1243 .tex can also be supplied.

1244 Collecting Multiple Files

1245 It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

1246 Numbering

1247 If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material
1248 as a citation, similar to that of figures and tables.

1249 Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation
1250 (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.

1251 Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

1252 Captions

1253 For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of
1254 the file.

1255 Processing of supplementary files

1256 Electronic supplementary material will be published as received from the author without any
1257 conversion, editing, or reformatting.

1258 Accessibility

1259 In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your
1260 supplementary files, please make sure that

1261 The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

1262 Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that
1263 users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

1264

1265 ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

1266 This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of
1267 the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on
1268 how to deal with potential acts of misconduct.

- 1269 Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in
1270 the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific
1271 endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by
1272 following the rules of good scientific practice, which include:
- 1273 The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous
1274 consideration.
- 1275 The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work
1276 concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of
1277 material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).
- 1278 A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and
1279 submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- 1280 No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions
- 1281 No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own
1282 (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes
1283 material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation
1284 marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that
1285 is copyrighted.
- 1286 **Important note:** the journal may use software to screen for plagiarism.
- 1287 Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the
1288 responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has
1289 been carried out, **before** the work is submitted.
- 1290 Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific
1291 work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.
- 1292 Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and
1293 order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors
1294 are **not** accepted **after** acceptance of a manuscript.
- 1295 Adding and/or deleting authors and/or changing the order of authors **at revision stage** may be
1296 justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the reason
1297 for the change(s) and the contribution role(s) of the added and/or deleted author(s). Further
1298 documentation may be required to support your request.
- 1299 Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance
1300 are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is
1301 agreement between all authors.
- 1302 Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to
1303 verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc.
1304 Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.
- 1305 If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the
1306 COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the
1307 accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct

1308 has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's
1309 implementation of the following measures, including, but not limited to:

1310 If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.

1311 If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the
1312 infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete
1313 retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or
1314 retraction note. Please note that retraction means that the paper is **maintained on the**
1315 **platform**, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note
1316 linked to the watermarked article.

1317 The author's institution may be informed.

1318

1319 **COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS**

1320 To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of
1321 ethical and professional conduct have been followed, authors should include information
1322 regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial),
1323 informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of
1324 animals if the research involved animals.

1325 Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled
1326 "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

1327 Disclosure of potential conflicts of interest

1328 Research involving Human Participants and/or Animals

1329 Informed consent

1330 Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review
1331 policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline.
1332 Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

1333 The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with
1334 ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

1335 The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-
1336 mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to
1337 fulfill the above-mentioned guidelines.

1338 **DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST**

1339 Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential
1340 influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict,
1341 disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process,
1342 leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived
1343 conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to
1344 imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or
1345 compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts

1346 of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not
1347 limited to the following:

1348 Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)

1349 Honoraria for speaking at symposia

1350 Financial support for attending symposia

1351 Financial support for educational programs

1352 Employment or consultation

1353 Support from a project sponsor

1354 Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships

1355 Multiple affiliations

1356 Financial relationships, for example equity ownership or investment interest

1357 Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)

1358 Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

1359 In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial
1360 interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not
1361 limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this
1362 research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

1363 The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In
1364 author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for
1365 the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of
1366 forms can be found

1367 here:

1368 The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a
1369 separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict
1370 of interest disclosure form(s).

1371 See below examples of disclosures:

1372 **Funding:** This study was funded by X (grant number X).

1373 **Conflict of Interest:** Author A has received research grants from Company A. Author B has
1374 received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is
1375 a member of committee Z.

1376 If no conflict exists, the authors should state:

1377 Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

1378

1379 **RESEARCH DATA POLICY**

1380 A submission to the journal implies that materials described in the manuscript, including all
 1381 relevant raw data, will be freely available to any researcher wishing to use them for non-
 1382 commercial purposes, without breaching participant confidentiality.

1383 The journal strongly encourages that all datasets on which the conclusions of the paper rely
 1384 should be available to readers. We encourage authors to ensure that their datasets are either
 1385 deposited in publicly available repositories (where available and appropriate) or presented in
 1386 the main manuscript or additional supporting files whenever possible. Please see Springer
 1387 Nature's information on recommended repositories.

1388 List of Repositories

1389 Research Data Policy

1390 General repositories - for all types of research data - such as figshare and Dryad may be used
 1391 where appropriate.

1392 Datasets that are assigned digital object identifiers (DOIs) by a data repository may be cited in
 1393 the reference list. Data citations should include the minimum information recommended by
 1394 DataCite: authors, title, publisher (repository name), identifier.

1395 DataCite

1396 Where a widely established research community expectation for data archiving in public
 1397 repositories exists, submission to a community-endorsed, public repository is mandatory.
 1398 Persistent identifiers (such as DOIs and accession numbers) for relevant datasets must be
 1399 provided in the paper

1400 For the following types of data set, submission to a community-endorsed, public repository is
 1401 mandatory:

Mandatory deposition	Suitable repositories
Protein sequences	Uniprot
DNA and RNA sequences	Genbank
	DNA DataBank of Japan (DDBJ)
	EMBL Nucleotide Sequence Database (ENA)
DNA and RNA sequencing data	NCBI Trace Archive
	NCBI Sequence Read Archive (SRA)
Genetic polymorphisms	dbSNP

	dbVar European Variation Archive (EVA)
Linked genotype and phenotype data	dbGAP The European Genome-phenome Archive (EGA)
Macromolecular structure	Worldwide Protein Data Bank (wwPDB) Biological Magnetic Resonance Data Bank (BMRB) Electron Microscopy Data Bank (EMDB)
Microarray data (must be MIAME compliant)	Gene Expression Omnibus (GEO) ArrayExpress
Crystallographic data for small molecules	Cambridge Structural Database

1402 For more information:

1403 [Research Data Policy Frequently Asked Questions](#)

1404 **Data availability**

1405 The journal encourages authors to provide a statement of Data availability in their article.

1406 Data availability statements should include information on where data supporting the results
1407 reported in the article can be found, including, where applicable, hyperlinks to publicly
1408 archived datasets analysed or generated during the study. Data availability statements can also
1409 indicate whether data are available on request from the authors and where no data are
1410 available, if appropriate.

1411 Data Availability statements can take one of the following forms (or a combination of more
1412 than one if required for multiple datasets):

1413 1. The datasets generated during and/or analysed during the current study are available in the
1414 [NAME] repository, [PERSISTENT WEB LINK TO DATASETS]

1415 2. The datasets generated during and/or analysed during the current study are not publicly
1416 available due [REASON WHY DATA ARE NOT PUBLIC] but are available from the
1417 corresponding author on reasonable request.

1418 3. The datasets generated during and/or analysed during the current study are available from
1419 the corresponding author on reasonable request.

1420 4. Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analysed during
1421 the current study.

1422 5. All data generated or analysed during this study are included in this published article [and
1423 its supplementary information files].

1424 More examples of template data availability statements, which include examples of openly
1425 available and restricted access datasets, are available:

1426 Data availability statements

1427 This service provides advice on research data policy compliance and on finding research data
1428 repositories. It is independent of journal, book and conference proceedings editorial offices
1429 and does not advise on specific manuscripts.

1430 Helpdesk

1431

1432 **AFTER ACCEPTANCE**

1433 Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query
1434 Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement
1435 online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in
1436 color.

1437 Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and
1438 you will receive the proofs.

1439 **Copyright transfer**

1440 Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the
1441 Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible
1442 protection and dissemination of information under copyright laws.

1443 Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

1444 **Offprints**

1445 Offprints can be ordered by the corresponding author.

1446 **Color illustrations**

1447 Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version,
1448 authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

1449 **Proof reading**

1450 The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness
1451 and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results,
1452 corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

1453 After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which
1454 will be hyperlinked to the article.

1455 Online First

1456 The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official
1457 first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also
1458 be cited by issue and page numbers.

1459 OPEN CHOICE

1460 In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal
1461 and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer
1462 provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice
1463 article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made
1464 available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

1465 [Open Choice](#)

1466 Copyright and license term – CC BY

1467 Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the
1468 author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative
1469 Commons Attribution License.

1470 [Find more about the license agreement](#)

1471

1472 OPEN CHOICE

1473 In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal
1474 and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer
1475 provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice
1476 article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made
1477 available publicly through Springer's online platform SpringerLink.

1478 [Open Choice](#)

1479 Copyright and license term – CC BY

1480 Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the
1481 author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative
1482 Commons Attribution License.

1483 [Find more about the license agreement](#)

1484 ENGLISH LANGUAGE EDITING

1485 For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you
1486 need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help
1487 with writing in English you should consider:

1488 Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.

1489 Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in
1490 English.

1491 Using a professional language editing service where editors will improve the English to
1492 ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such
1493 services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal
1494 Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their first submission to either of
1495 these services, simply follow the links below.

1496 [English language tutorial](#)

1497 [Nature Research Editing Service](#)

1498 [American Journal Experts](#)

1499 Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in
1500 this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or
1501 accepted.

1502 If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal
1503 style before publication.

1504 .

1505 为便于编辑和评审专家准确评估您稿件中陈述的研究工作，您需要确保您的英语语言
1506 质量足以令人理解。如果您需要英文写作方面的帮助，您可以考虑：

1507 ● 请一位以英语为母语的同事审核您的稿件是否表意清晰。

1508 ● 查看一些有关英语写作中常见语言错误的教程。

1509 ● 使用专业语言编辑服务，编辑人员会对英语进行润色，以确保您的意思表达清晰，
1510 并识别需要您复核的问题。我们的附属机构 Nature Research Editing Service 和合作伙伴
1511 American Journal Experts 即可提供此类服务。

1512 **教程**

1513 [Nature Research Editing Service](#)

1514 [American Journal Experts](#)

1515 请注意，使用语言编辑服务并非在期刊上发表文章的必要条件，同时也并不意味或保
1516 证文章将被选中进行同行评议或被接受。

1517 如果您的稿件被接受，在发表之前，我们的文字编辑会检查您的文稿拼写是否规范以
1518 及文体是否正式。

1519 .

1520 エディターと査読者があなたの論文を正しく評価するには、使用されている英語の
 1521 質が十分に高いことが必要とされます。英語での論文執筆に際してサポートが必要
 1522 な場合には、次のオプションがあります：

1523 ・英語を母国語とする同僚に、原稿で使用されている英語が明確であるかをチェッ
 1524 クしてもらおう。

1525 ・英語で執筆する際によくある間違いに関する英語のチュートリアルを参照する。

1526 ・プロの英文校正サービスを利用する。校正者が原稿の意味を明確にしたり、問題
 1527 点を指摘し、英語の質を向上させます。Nature Research Editing Service とAmerican
 1528 Journal Experts の2つは弊社と提携しているサービスです。Springer の著者は、いずれ
 1529 のサービスも初めて利用する際には10%の割引を受けることができます。以下のリ
 1530 ンクを参照ください。

1531 英語のチュートリアル

1532 Nature Research Editing Service

1533 American Journal Experts

1534 英文校正サービスの利用は、投稿先のジャーナルに掲載されるための条件ではない
 1535 こと、また論文審査や受理を保証するものではないことに留意してください。

1536 原稿が受理されると、出版前に弊社のコピーエディターがスペルと体裁のチェック
 1537 を行います。

1538 .

1539 영어 원고의 경우, 에디터 및 리뷰어들이 귀하의 원고에 실린 결과물을 정확하게
 1540 평가할 수 있도록, 그들이 충분히 이해할 수 있을 만한 수준으로 작성되어야 합니다.
 1541 만약 영작문과 관련하여 도움을 받기를 원하신다면 다음의 사항들을 고려하여
 1542 주십시오:

1543 ・ 귀하의 원고의 표현을 명확히 해줄 영어 원어민 동료를 찾아서 리뷰를 의뢰합니다.

1544 ・ 영어 튜토리얼 페이지에 방문하여 영어로 글을 쓸 때 자주하는 실수들을 확인합니다.

1545 ・ 리뷰에 대비하여, 원고의 의미를 명확하게 해주고 리뷰에서 요구하는 문제점들을
 1546 식별해서 영문 수준을 향상시켜주는 전문 영문 교정 서비스를 이용합니다. Nature
 1547 Research Editing Service와 American Journal Experts에서 저희와 협약을 통해 서비스를
 1548 제공하고 있습니다. Springer 저자들이 본 교정 서비스를 첫 논문 투고를 위해
 1549 사용하시는 경우 10%의 할인이 적용되며, 아래의 링크를 통하여 확인이 가능합니다.

1550 영어 튜토리얼 페이지

1551 Nature Research Editing Service

1552 American Journal Experts

1553 영문 교정 서비스는 게재를 위한 요구사항은 아니며, 해당 서비스의 이용이 피어
1554 리뷰에 논문이 선택되거나 게재가 수락되는 것을 의미하거나 보장하지 않습니다.

1555 원고가 수락될 경우, 출판 전 저희측 편집자에 의해 원고의 철자 및 문체를 검수하는
1556 과정을 거치게 됩니다.

1557 **JOURNAL SPECIFIC INFORMATION**

1558 **Oecologia - General and Figure Guidelines**

1559 Please note that Mac/Safari users may have compatibility issues when viewing these?

1560 Detailed instructions for authors are available in two files in the sidebar: Manuscript
1561 guidelines and Artwork instructions.

1562

1563

1564

1565