

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

AMANDA LIPINSKI FERNANDES MACIEL

**Características funcionais e relações energéticas de anuros arborícolas
de um fragmento da Floresta Atlântica**

Maringá
2018

AMANDA LIPINSKI FERNANDES MACIEL

**Características funcionais e relações energéticas de anuros arborícolas
de um fragmento da Floresta Atlântica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.
Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Coorientador: Dr. Ricardo Lourenço de Moraes

Maringá
2018

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

M152c Maciel, Amanda Lipinski Fernandes, 1992-
Características funcionais e relações energéticas de anuros arborícolas de um fragmento da Floresta Atlântica / Amanda Lipinski Fernandes Maciel.-- Maringá, 2018.
37 f. : il. (algumas color.).
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2018.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Coorientador: Dr. Ricardo Lourenço de Moraes.
1. Anfíbios anuros (Amphibia, Hylidae) "pererecas" - Ecologia energética -
Características funcionais - Floresta Atlântica - Brasil. 2. Anuros arborícolas - Floresta
Atlântica - Brasil. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia.
Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.8781734130981
NBR/CIP - 12899 AACR/2

AMANDA LIPINSKI FERNANDES MACIEL

**Características funcionais e relações energéticas de anuros arborícolas
de um fragmento da Floresta Atlântica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Evanilde Benedito
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Fábio Amodeo Lansac-Tôha
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Fernando Emmanuel Gonçalves Vieira
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)

Dr.^a Andréa Bialetzki
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Fábio Hepp Silva Fernandes dos Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Aprovada em: 28 de março de 2018.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

A minha família e amigos, que estiveram ao meu lado durante todo esse período. Todos foram essenciais para que eu finalizasse mais uma etapa. Porém, devo um agradecimento especial ao meu pai, a meus irmãos, Biel e Guto, à minha mãe, à minha mãe drasta Lili, à minha irmã Ana Laura, aos meus avós Percy, Mariom e Hernani, aos meus primos Pâmela e Juninho, às minhas tias Alexandra e Beatriz e ao meu tio Edison. Não menos importante aos amigos: Bruna, Helen, Verônica, Daniela, Angélica, Louise, Rafael, Anizio e Heitor.

A minha turma de mestrado, que desde o início foi maravilhosamente empática e solidária, nos momentos bons e ruins, leia-se estes últimos como difíceis. De longe, foi a turma mais unida que pude ter o prazer de fazer parte. E por conta disso, tive o privilégio de criar boas amizades, em especial com Caroline, Luciane, Max e Jéssica. Obrigada por aguentarem meus (diversos) discursos.

A todos os colegas do laboratório de Ecologia Energética, que estiveram sempre presentes e unidos.

A minha orientadora Prof.^a Dr^a Evanilde Benedito, por me orientar e me conceder a oportunidade de realizar este trabalho, assim como fez meu coorientador Dr. Ricardo-Lourenço-De-Moraes, que sempre me guiou durante esse período, das coletas às conversas frequentes sobre o trabalho. Pude amadurecer muito meus conhecimentos com o intermédio de vocês, obrigada!

A UEM, ao PEA e Nupélia pela oportunidade, infraestrutura e por toda ajuda durante as coletas. Agradeço também à Marlyze, ao Norton, à Aldenir, à Jô, à Bete e à Salete, por sempre me auxiliarem, e ao Seu Celso Pereira dos Santos, motorista do Nupélia, pela amizade e pela ajuda durante as coletas.

A CAPES pelo apoio financeiro.

A gratidão será sempre eterna!

“Happiness is only real when shared”
(Christopher McCandless - Supertramp)

Características funcionais e relações energéticas de anuros arborícolas de um fragmento da Floresta Atlântica

RESUMO

A Floresta Atlântica apresenta apenas entre 11% e 16% dos remanescentes florestais. Em consequência da alta degradação deste bioma, as populações de anfíbios vêm declinando consideravelmente ao enfrentar riscos como desidratação, predação e contaminantes agroquímicos. Apesar dos diversos estudos envolverem gastos energéticos de anuros, principalmente durante a reprodução e a hibernação, estudos investigando e testando a influência energética na distribuição das espécies são indispensáveis por fornecerem importantes informações sobre a ecologia destes organismos. Para isso, foram amostradas cinco espécies arborícolas de áreas abertas e quatro espécies arborícolas de bordas de florestas. O conteúdo energético dessas espécies foi obtido e relacionado com três das suas características funcionais, sendo elas: tipo de *habitat*, tamanho e diversidade de mecanismos antipredação. A partir disso, verificou-se que: 1) espécies de áreas abertas possuem mais energia que espécies de bordas de florestas; 2) espécies pequenas possuem mais energia que espécies médias e grandes e 3) espécies com uma menor diversidade de mecanismos antipredação possuem mais energia que espécies com uma maior diversidade. Além disso, observou-se que o tamanho foi a característica que melhor se relacionou com o conteúdo energético (32,6%), seguido pelo *habitat* (10%). Os resultados indicam que a energia está relacionada fortemente com a reprodução em anuros, pois espécies de áreas abertas e espécies pequenas, apresentam em sua maioria, reprodução do tipo prolongada, a qual demanda um custo energético alto. Além disso, como o conteúdo energético não influencia a distribuição e sim a especialização dos anuros, as espécies florestais acabam se tornando as mais ameaçadas, pois espécies de áreas abertas são melhores adaptadas à degradação do ambiente.

Palavras-chave: Amphibia. Hylidae. Gasto energético. Reprodução. Distribuição. Mecanismos antipredação.

Functional characteristics and energetic relationships of arboreal anurans of a fragment of the Atlantic Forest

ABSTRACT

The Atlantic Forest presents only between 11% and 16% of forest remnants. As a result of the high degradation of this biome, amphibian populations have been declining considerably when faced with risks such as dehydration, predation and agrochemical contaminants. Although the various studies involve anurans energy expenditure, especially during breeding and hibernation, studies investigating and testing the energetic influence on species distribution are indispensable because they provide important information about the ecology of these organisms. For this, five arboreal species of open areas and four arboreal species with forest edges were sampled. The energetic content of these species was obtained and related to three of their functional characteristics, being: habitat type, size and diversity of antipredation mechanisms. From this, it was verified that: 1) open area species have more energy than forest edge species; 2) small species have more energy than medium and large species, and 3) species with a lower diversity of predation mechanisms have more energy than species with greater diversity. In addition, it was observed that size was the characteristic that best correlated with energy content (32.6%), followed by habitat (10%). The results indicate that the energy is strongly related to the reproduction in anurans, because species of open areas and small species, present in the majority, reproduction of the prolonged type, which demands a high energetic cost. In addition, because the energy content does not influence the distribution, but the anurans' specialization, the forest species end up becoming the most threatened, since species of open areas are better adapted to the degradation of the environment.

Keywords: Amphibia. Hylidae. Energy expenditure. Reproduction. Distribution. Antipredation mechanisms.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Journal of Zoology*. Disponível em: <[http://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/hub/journal/10.1111/\(ISSN\)1469-7998/about/author-guidelines.html](http://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/hub/journal/10.1111/(ISSN)1469-7998/about/author-guidelines.html)>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	09
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1	Área de estudo.....	12
2.2	Amostragens.....	13
2.3	Características funcionais.....	15
2.4	Análises de laboratório.....	15
2.5	Análises de dados.....	15
3	RESULTADOS.....	16
4	DISCUSSÃO.....	21
	REFERÊNCIAS.....	27
	APÊNDICE A - Valores de Tuckey para a análise do conteúdo energético versus o tamanho das espécies amostradas. Acrônimos: P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes.....	35
	APÊNDICE B - Valores de Tuckey para a análise do conteúdo energético versus o tipo de habitat e o tamanho das espécies amostradas. Acrônimos AA = Área aberta, BF = Borda de floresta, P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes.....	35
	ANEXO A - Tipos de mecanismos antipredação de todas as espécies amostradas, de acordo com o trabalho de Lourenço-De-Moraes (2016).....	36

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica, que originalmente, se distribuía do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte (Sazima, Eterovic & Marques, 2001), apresenta apenas entre 11% e 16% dos remanescentes florestais, com muitas espécies ameaçadas de extinção (Ribeiro *et al.*, 2009). Contudo, é considerada um dos cinco principais *hotspots* mundiais devido a sua alta diversidade, incluindo espécies endêmicas (Myers *et al.*, 2000), muitas ainda não descritas e cuja bio-ecologia são desconhecidas. O Brasil é detentor da maior *diversidade* de espécies de anuros descritas, e cerca de 60% das espécies ocorrem na Floresta Atlântica (Haddad *et al.*, 2013).

Em consequência da alta degradação deste bioma, as populações de anfíbios vêm declinando consideravelmente (Alford & Richards, 1999; Becker *et al.*, 2007; Hayes *et al.*, 2010). Devido a seus complexos ciclos de vida, com fases aquáticas e terrestres, os anfíbios são sensíveis à qualidade e mudança do ambiente em que estão inseridos (Băncilă *et al.*, 2010). Estes animais são afetados, principalmente, pelos efeitos de borda de floresta, fragmentação e perda de *habitat*, que facilitam o aumento do risco de dessecação, predação, endogamia e extinção por declínio populacional (Becker *et al.*, 2007; Ferreira, Beard & Crump, 2016). Outros fatores, porém, também influenciam as populações de anfíbios, tais como: mudanças climáticas (Pounds *et al.*, 2006), radiação ultravioleta (Blaustein & Johnson, 2003), introdução de espécies exóticas (Kats & Ferrer, 2003) e doenças causadas por patógenos, principalmente fungos (Lips, Green & Papendick, 2003).

Anfíbios são sensíveis a fragmentação e ao efeito de borda, sobretudo as espécies miniaturas (Lourenço-De-Moraes *et al.*, 2014). Devido a fragmentação das florestas, muitos anfíbios não conseguem se dispersar, pois enfrentam riscos como desidratação, predação e contaminantes agroquímicos, que aumentam a mortalidade desses indivíduos

(Mazerolle & Desrochers, 2005; Relyea, 2005; Becker *et al.*, 2007). Fragmentos mais próximos aos ambientes urbanos, mesmo em boas condições, podem não receber mais espécies, diminuindo assim, a riqueza e permanência delas nestas áreas (Lourenço-De-Moraes *et al.*, prelo). Isso pode causar um grande impacto no ecossistema, pois os anfíbios são capazes de transferir mais energia aos níveis tróficos superiores, uma vez que são ectotérmicos e não utilizam sua energia para manter a temperatura corporal constante (Pough, Janis & Heiser, 2008). Além disso, são consumidores de presas que animais homeotérmicos não consomem, como os insetos (Wells, 2007) e, devido ao seu ciclo bifásico, se tornam parte importante nos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Dentro de um ecossistema a energia é transportada de um sítio a outro e entre indivíduos por meio das relações tróficas (Lindeman, 1942). Dentro dos indivíduos, após a alimentação, a energia é transportada através do sangue que chega aos tecidos somáticos e reprodutivos (Koojiman, 2000). Em anuros, a energia é armazenada na forma de lipídeos, carboidratos e proteínas, porém, a principal forma de estoque energético, é realizada a partir dos lipídeos, dentro do fígado, da gordura corporal e dos tecidos somáticos e reprodutivos, como ovários e ovos (Fitzpatrick, 1976). O glicogênio é um dos principais lipídeos, que servem como fonte de energia aos anuros semiaquáticos (Pasanen & Koskela, 1974). E assim como todos os organismos, os anuros também enfrentam a difícil tarefa de distribuir a energia adquirida em proporções adequadas para seu crescimento, manutenção, reprodução (Grafe, Schmuck & Linsenmair, 1992) e sobrevivência durante períodos de hibernação em regiões temperadas (Reading & Clarke, 1995; Chen; Zhang & Lu, 2011). Durante a hibernação e a reprodução, as reservas energéticas vão sendo consumidas, e, em seguida, são renovadas no período mais ativo dos anuros, que ocorre durante as estações climáticas mais quentes e úmidas (Reading & Clarke, 1995; Băncilă *et al.*, 2010). Chen, Zhang & Lu (2011) mostraram que devido à

hibernação, *Rana chensinensis* apresenta alta energia para sobrevivência durante esse período e após este, durante a reprodução, o que possibilita à espécie ampla distribuição no Norte da China (Sergius *et al.*, 2004). De acordo com Dolmen & Seland (2016) *Rana temporaria* apresenta um grande tamanho corporal, indicando que a espécie também pode possuir um alto conteúdo energético, possibilitando a mesma ter ampla distribuição na Europa (Kuzmin *et al.*, 2009).

O modo como os organismos alocam a energia disponível e como eles a utilizam, é o que determina as diferentes estratégias de histórias de vida das espécies (Jönsson *et al.*, 2009). O estoque de energia tem como função vital permitir que os organismos se reproduzam e sobrevivam durante períodos em que as condições ambientais são adversas e que a disponibilidade de recursos é escassa (Jönsson *et al.*, 2009). Porém, o estoque de energia pode ser custoso aos animais, mas apesar disso, os animais ectotérmicos são pré-adaptados a se beneficiar do armazenamento de energia de longo prazo (Bonnet, Bradshaw & Shine, 1998; Jönsson *et al.*, 2009).

Diversos estudos têm demonstrado a influência das características funcionais na distribuição e ocorrência das espécies em um determinado ambiente, tal como o tamanho do corpo, onde espécies grandes e médias possuem maior distribuição que espécies pequenas, em muitos grupos de vertebrados (Gaston, 1990). Além disso, espécies de anfíbios de áreas abertas têm aumentado a sua distribuição devido às alterações ambientais, e espécies que apresentam uma maior diversidade de mecanismos antipredação se distribuem mais que àquelas com uma menor diversidade (Lourenço-De-Moraes, 2016). O tamanho do corpo, assim como as dispersões para os sítios de reprodução e vocalização, e a busca por alimento e abrigo, são os fatores que mais influenciam a ocorrência das espécies de anfíbios (Duellman & Trueb, 1986). Neste contexto, características funcionais, tais como: tamanho do corpo, *habitat* e mecanismos

antipredação são úteis na elaboração futura de modelos, que tem como objetivo prever a ocorrência das espécies de anfíbios em determinados locais, em resposta às mudanças nas condições ambientais.

Apesar dos diversos estudos envolverem gastos energéticos de anuros, principalmente durante a reprodução e a hibernação (Reading & Clarke, 1995; Băncilă *et al.*, 2010), estudos investigando e testando a influência energética na distribuição das espécies são indispensáveis por fornecerem importantes informações sobre a ecologia dos organismos. Espécies de áreas abertas; de médio e maior porte; e/ou com uma maior diversidade de mecanismos antipredação, possuem maior distribuição (Lourenço-De-Moraes *et al.*, 2016), e portanto, necessitam e, conseqüentemente, gastam mais energia. Dessa forma, o estudo objetivou identificar o conteúdo energético das espécies arborícolas de anuros de um fragmento da Floresta Atlântica, e relacionar com suas características funcionais e distribuição. Para tanto, foram elaboradas três hipóteses: i) espécies arborícolas de áreas abertas possuem mais energia que espécies arborícolas de bordas de florestas; ii) espécies arborícolas de médio ou grande porte possuem mais energia que espécies arborícolas de pequeno porte e iii) espécies arborícolas com uma maior diversidade de mecanismos antipredação possuem mais energia que espécies arborícolas com uma menor diversidade. Os resultados permitirão não apenas compreender melhor a ecologia dos anuros da Floresta Atlântica, mas ainda subsidiar decisões sobre o manejo e conservação destes anfíbios em áreas degradadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As amostragens foram realizadas nas seguintes áreas (Figura 1): i) Parque das Perobas, no município de Maringá, Paraná; ii) Refúgio de Vida Silvestre de Jacarezinho

no município de Jacarezinho, Paraná; iii) Parque Estadual de Campinhos, no município de Cerro Azul, Paraná, iv) Parque Estadual Paulo Cesar Vinha, no município de Guarapari, Espírito Santo e v) Área Florestada do Museu de Biologia Professor Mello Leitão, no município de Santa Teresa, Espírito Santo.

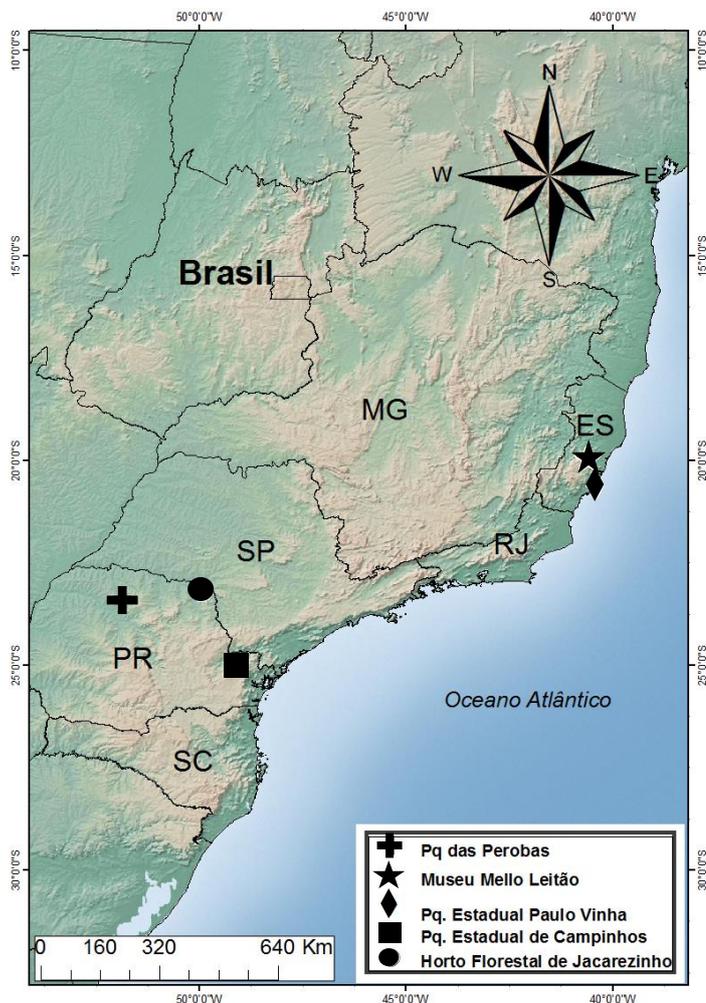


Figura 1: Área de estudo: Parque das Perobas; PR, Refúgio de Vida Silvestre de Jacarezinho, PR; Parque Estadual de Campinhos, PR; Parque Estadual Paulo Cesar Vinha, ES e Área Florestada do Museu de Biologia Professor Mello Leitão, ES.

2.2 Amostragens

As amostragens foram realizadas em fevereiro, março, maio, outubro e novembro de 2017. Estes, são alguns dos meses que compreendem o período reprodutivo de grande

parte das espécies de anuros tropicais, pois inclui o período com o clima mais adequado à reprodução (Duellman & Trueb, 1986). Foram coletadas, cinco espécies arborícolas de áreas abertas (duas pequenas, duas médias e uma grande) e quatro espécies arborícolas de bordas de florestas (uma pequena, duas médias e uma grande), categorizadas adicionalmente às medidas encontradas no trabalho de Lourenço-De-Moraes (2016), da seguinte forma: espécies pequenas ($< 3\text{cm}$), espécies médias ($\geq 3\text{cm} < 7\text{cm}$) e espécies grandes ($>7\text{cm}$). Foram coletados, no máximo, até 10 indivíduos, de cada espécie (ICMBio no. 56395-3). Somente machos foram amostrados com o intuito de reduzir o efeito da maturação gonadal e da fecundação, que difere entre machos e fêmeas. Além disso, os machos são mais fáceis de serem amostrados, pois a vocalização facilita a procura e a identificação dos indivíduos. O método utilizado durante as amostragens foi o de Busca Ativa (BA) (Zimmerman, 1994). Durante a BA, foram vistoriados os sítios reprodutivos e micro-habitats utilizados pelos anuros durante os períodos: diurno, crepuscular e noturno.

Em campo, os espécimes coletados foram submetidos à eutanásia com hidrócloro de benzocaína $\geq 250\text{mg/L}$ (Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Maringá - CEUA/UEM nº 6604130117). Nenhuma das espécies amostradas se encontram nas listas de espécies ameaçadas de extinção da “Sociedade Brasileira de Herpetologia” (SBH) e da “International Union for Conservation of Nature” (IUCN). Para o enquadramento taxonômico das espécies, foi utilizado Frost (2017). O mapa da área de estudo foi construído utilizando o programa ArcGis® (Esri, 2011). As distribuições de todas as espécies coletadas foram obtidas através do trabalho de Lourenço-De-Moraes (2016).

2.3 Características funcionais

As características funcionais das espécies coletadas foram determinadas de acordo com Lourenço-de-Moraes (2016), sendo elas: *habitat* (área aberta e borda de floresta), mecanismos antipredação (aposematismo, abertura da boca, camuflagem, contração, descarga cloacal, corpo elevado, escape, pernas esticadas, corpo inflado, imobilidade, luta contra o predador, produzir secreções e vocalizações ofensivas) e tamanho (pequeno, médio e grande comprimento rostro cloacal - CRC).

2.4 Análises de laboratório

Em campo, cada amostra (indivíduo coletado), após eutanásia, foi conservada em gelo e levada ao laboratório, onde foi enxaguada em água destilada. Cada indivíduo medido e pesado, teve seu sistema digestório extraído, afim de que o alimento ingerido e em digestão compusesse o resultado do conteúdo energético (CE) do animal em estudo. Em seguida, as amostras foram secas a 60°C em estufa de ventilação até atingir peso constante. O período de secagem dependeu do tamanho do indivíduo, variando de 72 a 168 horas. Em seguida, cada amostra seca foi macerada em moinho de esferas, quando era média ou grande, ou manualmente, com o auxílio de um cadinho e um pistilo, quando era pequena, afim de obter-se um pó fino e homogêneo, o qual foi submetido a combustão em bomba calorimétrica (Parr 1261) (Benedito-Cecilio & Morimoto, 2002).

2.5 Análises de dados

Para testar a primeira hipótese, em que espécies de áreas abertas possuem mais energia que espécies de bordas de florestas, e a segunda hipótese, em que espécies médias e grandes possuem mais energia que espécies pequenas, foram realizadas Análises de Variâncias (ANOVA One Way), separadamente. Para testar a terceira hipótese, em que

espécies com uma maior diversidade de mecanismos antipredação possuem mais energia que espécies com uma menor diversidade, foi empregada uma Regressão Simples. Uma ANOVA Two-Way foi feita adicionalmente para verificar a relação do conteúdo energético com o tipo de *habitat* e o tamanho das espécies. Na aplicação das análises estatísticas paramétricas descritas, os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram atingidos através do Teste de Levene, assim como os pressupostos de independência, multicolinearidade e linearidade. Essas análises foram realizadas no software Statistica 7.1 (Statsoft, 2005).

Para verificar se há relação do conteúdo energético das espécies amostradas com as características funcionais (tamanho, *habitat* e mecanismos antipredação), bem como a distribuição das espécies em relação às características funcionais e ao conteúdo energético, foram realizadas duas PERMANOVAS. Para essas análises, os dados foram transformados em uma matriz Euclidiana (Oksanen *et al.*, 2013) e realizadas na plataforma R (R Development Core Team, 2014).

3 RESULTADOS

Foram coletados 43 indivíduos, distribuídos em nove espécies, pertencentes à família Hylidae (Tabela 1). Na tabela 2 é possível verificar mais detalhadamente os tipos de mecanismos antipredação que cada espécie amostrada apresenta, de acordo com dados obtidos do trabalho de Lourenço-De-Moraes (2016). Através das Análises de Variâncias constatou-se que espécies de áreas abertas possuem mais energia que espécies de bordas de florestas ($p = 0,011$), e que espécies pequenas possuem mais energia que as espécies médias e grandes ($p < 0,001$) (Figura 2). Para o último resultado mencionado, foi realizado um Teste de Tuckey, o qual mostrou diferença significativa apenas para o tamanho pequeno em relação aos tamanhos, médio e grande. A partir da ANOVA Two-

Way realizada, foi possível verificar que as espécies pequenas de áreas abertas apresentaram os maiores valores energéticos ($p = 0,003$) (Figura 3). Para este resultado, também foi feito um Teste de Tuckey, o qual mostrou diferença significativa apenas para o tamanho pequeno de área aberta em relação aos tamanhos médios e grandes de áreas abertas e aos tamanhos pequenos, médios e grandes de bordas de florestas. Por meio da Regressão Simples constatou-se que espécies com uma menor diversidade de mecanismos antipredação apresentaram maior conteúdo energético que àquelas com uma maior diversidade ($p = 0,026$) (Figura 4).

Tabela 1: Relação e número das espécies de anuros estudadas. Acrônimos: Conteúdo energético (Kcal/g de peso seco), *habitat* (AA = Área aberta; BF = Borda de floresta), tamanho (P = Pequenos; M = Médios; G = Grandes) e NMAP (número de mecanismos antipredação). Valores entre parênteses correspondem aos mínimos e máximos registrados.

Espécies	Indivíduos	Conteúdo Energético	Distribuição	Habitat	Tamanho	NMAP
<i>Boana albomarginata</i> (Spix, 1824)	5	4,5156 ± 0,0920 (4,3623 - 4,6515)	493.300	AA	M	13
<i>Boana albopunctata</i> (Spix, 1824)	4	4,2291 ± 0,2125 (4,0481 - 4,5325)	766.550	AA	G	12
<i>Boana bischoffi</i> (Boulenger, 1887)	6	4,3774 ± 0,1957 (4,1403 - 4,6629)	249.750	BF	M	11
<i>Boana faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	3	4,4846 ± 0,0303 (4,4495 - 4,5032)	904.200	BF	G	16
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	4	5,1508 ± 0,1675 (4,9444 - 5,3309)	952.050	AA	P	10
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	4	5,1218 ± 0,1999 (4,9436 - 5,3816)	735.550	AA	P	11
<i>Oloolygon arduous</i> (Peixoto, 2002)	7	4,5952 ± 0,2984 (4,1985 - 4,9589)	675	BF	P	12
<i>Oloolygon catharinae</i> (Boulenger, 1888)	6	4,4972 ± 0,2005 (4,1927 - 4,7437)	81.500	BF	M	13
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)	4	4,7218 ± 0,0479 (4,6856 - 4,7922)	927.300	AA	M	11

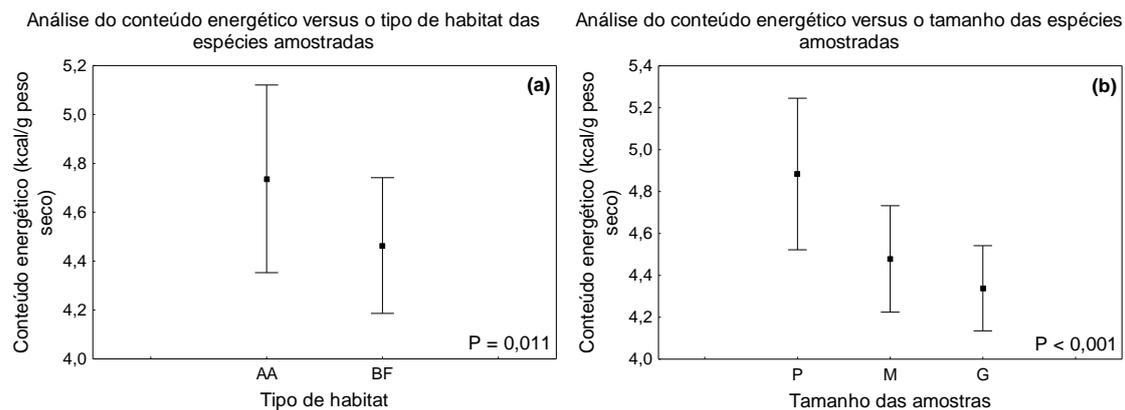


Figura 2: Análise do conteúdo energético em relação ao tipo de *habitat* e tamanho das espécies amostradas. Em (a) observa-se a relação do tipo de *habitat* e sua influência energética nas espécies de anuros amostradas. Acrônimos AA = Área aberta e BF = Borda de floresta. Em (b) observa-se a relação do tamanho e sua influência energética nas espécies de anuros amostradas. Acrônimos: P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes.

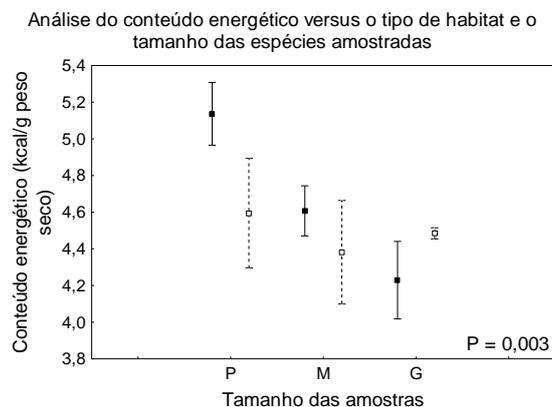


Figura 3: Análise do conteúdo energético de anuros em relação ao *habitat* e ao tamanho. Acrônimos: Linha cheia = Espécies de área aberta; Linha pontilhada = Espécies de borda de floresta; Acrônimos: P = Pequenos; M = Médios; G = Grandes.

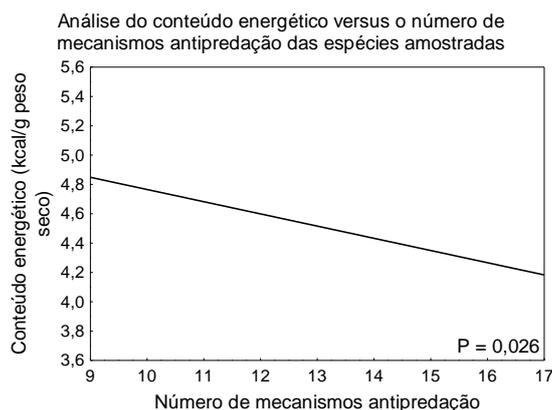


Figura 4: Relação entre conteúdo energético e números de mecanismos antipredação registrados para as espécies de anuros investigadas.

Diferenças significativas para duas das características funcionais relacionadas ao conteúdo energético das espécies de anuros foram identificadas com auxílio da PERMANOVA. O tamanho foi a variável que melhor explica o conteúdo energético dessas espécies (32,6%) ($p = 0,001$) seguido do *habitat* (10%) ($p = 0,016$). Não constatou-se diferenças significativas na análise da diversidade de mecanismos antipredação (0,6%) ($p = 0,502$) (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados obtidos para PERMANOVA, analisando o conteúdo energético das espécies de anuros com suas características funcionais escolhidas através de uma PERMANOVA.

Variáveis	GL	F	R ²	P
<i>Habitat</i>	1	6,910	0,100	0,016*
Tamanho	1	22,420	0,326	0,001*
Mecanismos Antipredação	1	0,428	0,006	0,502
Resíduos	39	-	0,567	-
Total	42	-	1,000	-

A segunda PERMANOVA não indicou diferenças significativas na relação da distribuição das espécies de anuros com seus conteúdos energéticos e características funcionais (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado obtidos para PERMANOVA, analisando a distribuição das espécies de anuros com seu conteúdo energético (CE) e suas características funcionais selecionadas por meio da PERMANOVA.

Variáveis	GL	F	R ²	P
CE	1	2,851	0,063	0,110
<i>Habitat</i>	1	3,389	0,075	0,082
Tamanho	1	0,061	0,001	0,814
Mecanismos Antipredação	1	0,743	0,016	0,814
Resíduos	38		0,844	
Total	42		1,000	

4 DISCUSSÃO

O fato de espécies de áreas abertas possuírem mais energia que espécies de bordas de florestas pode ser explicado por três motivos: i) pela degradação do ambiente em que elas habitam, pois espécies de áreas abertas ampliam sua distribuição nesses tipos de ambientes, aproveitando-se assim, do desmatamento (Olden *et al.*, 2004); ii) pela reprodução do tipo prolongada, que grande parte das espécies arborícolas de áreas abertas apresentam e iii) pela degradação do ambiente associado à reprodução do tipo prolongada.

Mudanças drásticas no ambiente provocam uma homogeneização da paisagem, que por consequência, reduz a complexidade de *habitats*, diminuindo, assim, não só a riqueza de espécies do local, como também a diversidade funcional e filogenética (Campos *et al.*, 2017), fazendo com que ocorra a substituição de especialistas por generalistas (Olden *et al.*, 2004). A mudança de áreas florestadas para áreas abertas afeta a disponibilidade de *habitats* para os anuros florestais, principalmente os locais de reprodução, e isto favorece a permanência de espécies adaptadas aos *habitats* abertos (Olden *et al.*, 2004; Cushman, 2006; Becker *et al.*, 2007). Bitar *et al.* (2015) constataram que nos ambientes modificados na Amazônia ocorre substituição de espécies de áreas

florestadas por espécies mais generalistas, consideradas mais típicas de ambientes abertos. Estas espécies generalistas, em especial, aquelas que têm uma alta capacidade de distribuição são bem mais tolerantes à modificação do ambiente e melhores adaptadas aos estresses hidrológicos (Olden *et al.*, 2004; Brasileiro *et al.*, 2005; Moraes, Sawaya & Barrell, 2007; Bittar *et al.*, 2015), como é o caso das espécies *Boana albopunctata*, *Boana albomarginata*, *Dendropsophus minutus*, *Dendropsophus nanus* e *Scinax fuscovarius* amostradas neste estudo. Esta alta capacidade de distribuição pode requerer uma alta taxa de alocação de energia. Pode ser por isso, que *S. fuscovarius* apresentou um alto valor de conteúdo energético, devido então, à sua distribuição e característica oportunista (Silvano & Pimenta, 2003; Silva, Delariva & Affonso, 2009).

Além disso, espécies arborícolas de áreas abertas, em geral, apresentam reprodução do tipo prolongada, a qual demanda um gasto energético grande. Este tipo de reprodução, onde os indivíduos vocalizam por meses (Wells, 1977), é visto nas espécies amostradas neste estudo, sendo elas: *Boana albomarginata* (Giasson & Haddad, 2007), *B. albopunctata* (Araújo, Bocchiglieri & Holmes, 2007), *D. minutus* (Haddad, 1987; Oliveira, Feio & Matta, 2007), *D. nanus* (Martins & Jim, 2003) e *S. fuscovarius* (Silva, Delariva & Affonso, 2009).

Por outro lado, foi observado o oposto para a segunda hipótese, em que espécies médias e grandes possuem mais energia que espécies pequenas. Aqui, são as espécies pequenas que possuem mais energia. Esse fato pode estar relacionado à reprodução dessas espécies. Alguns fatores inerentes à reprodução podem influenciar a alocação e o gasto de energia nas espécies de anuros, tais como: o tipo de reprodução e as características bioacústicas (Wells, 1977; Wells & Taigen, 1986). O sucesso reprodutivo também é influenciado pelo estado energético do indivíduo (Mccauley *et al.*, 2000). A vocalização nos anuros impõem um alto custo metabólico ao macho, pois parte da energia é usada

para o consumo de oxigênio para sua realização, como encontrado por Voituron *et al.* (2012) em *Hyla arborea*. Além disso, a vocalização pode diminuir o sucesso reprodutivo ao longo da vida do indivíduo ao diminuir a probabilidade de sobrevivência à próxima estação reprodutiva (Mccauley *et al.*, 2000). O custo energético da vocalização varia não só de espécie para espécie, como também é influenciado pelo tamanho dos indivíduos de cada espécie, e pelas propriedades acústicas, como a estrutura, a taxa e a intensidade do canto (Wells & Taigen, 1986).

Esse alto investimento na reprodução pode ser observado nas espécies pequenas amostradas no estudo: *D. minutus*, *D. nanus* e *Oloolygon arduous*. O período reprodutivo de *D. minutus*, por exemplo, compreende vários meses durante o ano, a espécie se reproduz até mesmo nos meses em que as condições ambientais não são favoráveis à reprodução dos anuros, e além disso, os machos apresentam vocalizações diurnas próximo ao entardecer (período que marca o início da vocalização) (Haddad, 1987; Oliveira, Feio & Matta, 2007). Isso indica que a espécie apresenta reprodução do tipo prolongada, a qual exige uma alocação alta de energia.

Para os indivíduos de *D. nanus* não é muito diferente. Os machos dessa espécie emitem um número maior de notas por série, quando estão competindo com outros machos num mesmo local (Martins & Jim, 2003). Em um local com muitos machos, os indivíduos são forçados a gastarem mais energia devido a um esforço competitivo maior para atração das fêmeas, como encontrado por Wells & Taigen (1989) em *Dendropsophus microcephalus*. Portanto, as espécies mudam seu comportamento de vocalização de acordo com a organização social da população (Wells & Taigen, 1986). Machos de *D. nanus* que ficam por mais tempo vocalizando apresentam mais energia (observação pessoal). Além disso, como visto por estes autores, os machos dessa espécie que emitiram mais cantos por minuto e que permaneceram até o último período

de vocalização foram os que apresentaram os maiores valores energéticos, o que os deixou esgotados e, conseqüentemente, mais vulneráveis aos predadores, devido à perda do repertório de mecanismos antipredação. Este fato foi verificado por McCauley *et al.* (2000), através de uma abordagem de otimização dinâmica, onde os machos que apresentaram uma alta reserva energética inicial, vocalizavam continuamente até esgotar suas reservas. Emitir um número maior de notas também é custoso a outras espécies, como observado para *D. microcephalus* por Wells & Taigen, (1989). O mesmo ocorre para *O. arduous*, que apesar de ser encontrado vocalizando por um período de apenas um mês, os machos também emitem cantos em série (Lacerda *et al.*, 2016), o que indica que esta espécie também demanda uma alocação energética alta, investida na reprodução. Em decorrência de todos esses fatores, é possível explicar, então, o porquê que as espécies pequenas de áreas abertas apresentaram os maiores valores energéticos. Isto pode ser resultado da associação da reprodução do tipo prolongada que estas espécies apresentam associada com a ampliação da distribuição das mesmas, em áreas degradadas (Haddad, 1987; Martins & Jim, 2003; Olden *et al.*, 2004; Oliveira, Feio & Matta, 2007; Lacerda *et al.*, 2016).

A espécie *B. faber* apresentou um conteúdo energético mais elevado, quando comparado às espécies médias de bordas de florestas e às espécies grandes de áreas abertas. Os machos dessa espécie constroem ninhos para abrigar os ovos durante o período de desenvolvimento, e apresentam cuidado parental ao se posicionarem estrategicamente para manter a territorialidade e a manutenção desses ninhos (Martins, 1993; Lima, Pederassi & Souza 2013). Além disso, esta espécie apresenta uma maior diversidade de mecanismos antipredação. Espécies maiores ficam mais expostas a predadores e podem apresentar uma complexidade de repertórios defensivos (Lourenço-De-Moraes *et al.*, 2016). O grande investimento nos mecanismos antipredação devem

estar associados ao cuidado parental promovido por esta espécie. Portanto, sugere-se que os maiores valores energéticos dessa espécie estão associados ao seu investimento reprodutivo - conquista da fêmea e cuidado parental.

Observou-se ainda, que espécies com uma menor diversidade de mecanismos antipredação apresentaram os maiores valores energéticos. Porém, acredita-se que diferentes tipos de mecanismos podem demandar diferentes gastos energéticos. *Boana faber*, por exemplo, com a maior diversidade de mecanismos antipredação entre as espécies amostradas, não apresentou os maiores valores energéticos, pois em decorrência do seu tamanho e modo reprodutivo, a exposição dos indivíduos aumenta, e por isso a espécie desenvolveu mais estratégias de defesa ao longo de sua história evolutiva, que podem demandar um gasto energético menor do que aquele necessário para o salto, por exemplo. O salto nessa espécie é lento e não especializado para a fuga, como ocorre em *S. fuscovarius*, por exemplo, o qual promove vários pulos muito velozes em zigue e zague (Lourenço-De-Moraes, 2016). Em contrapartida as espécies *D. nanus* e *D. minutus*, apresentam a menor diversidade de mecanismos, e por investirem muita energia na reprodução são capazes de utilizar estratégias defensivas que envolvam maior gasto energético, como o salto em sinergia com a camuflagem. Contudo, isso não foi testado neste estudo e novos trabalhos devem ser realizados para verificar quais dos mecanismos demandam maior gasto energético. Além disso, a relação da energia com os mecanismos antipredação foi a única relação não significativa para a PERMANOVA. Devido a isso, é possível que não seja a diversidade de mecanismos antipredação que influencia a energia, e sim o tipo de mecanismo.

Constatou-se ainda que o tamanho é a característica que melhor explica a energia (32,6%). Isto pode ser resultado da relação que o tamanho tem com a reprodução em anuros, pois espécies menores possuem uma tendência em investir (vocalizando por mais

tempo em coro) mais na reprodução do que espécies maiores. Este resultado indica que a energia está relacionada fortemente com a reprodução em anuros. No entanto, o *habitat* também mostrou relação significativa com a energia (10%), e isto deve-se ao fato de que espécies de áreas abertas apresentam reprodução do tipo prolongada (na maioria das espécies arborícolas) e se reproduzem em coro, com alta competição entre os machos, que vocalizam por longos períodos do dia (Giasson & Haddad, 2007; Araújo, Bocchiglieri & Holmes, 2007; Haddad, 1987; Oliveira, Feio & Matta, 2007; Martins & Jim, 2003; Silva, Delariva & Affonso, 2009). Além disso, espécies de áreas abertas, por exemplo, são capazes de ampliar sua distribuição em decorrência da substituição de áreas florestadas por áreas abertas (Olden *et al.*, 2004; Cushman, 2006; Becker *et al.*, 2007), e para tal, é necessário que elas aloquem mais energia. Contudo, não foi possível encontrar relação da distribuição das espécies amostradas com a energia e as características funcionais.

Apenas uma hipótese foi aceita neste trabalho, a qual mostrou que espécies arborícolas de áreas abertas possuem conteúdo energético maior que espécies arborícolas de bordas de florestas. Apesar de as espécies de tamanho considerados como médios e grandes, e das espécies que apresentam maior diversidade de mecanismos antipredação, apresentarem maior distribuição, as outras duas hipóteses foram refutadas. Espécies arborícolas pequenas possuem mais energia que espécies arborícolas médias e grandes, e as espécies arborícolas com uma menor diversidade de mecanismos antipredação apresentam maior conteúdo energético que as espécies arborícolas com uma maior diversidade. Em geral, os resultados destacam que o conteúdo energético das espécies está mais relacionado com a reprodução delas do que com suas características funcionais ou distribuição. Novos estudos devem ser realizados afim de testar se este é um padrão entre anuros ou somente para as espécies arborícolas.

Também é indiscutível a importância da realização de estudos que envolvam a relação do conteúdo energético das espécies de anuros com as características funcionais, não só pelo fato desses trabalhos serem escassos, mas também porque este tipo de estudo fornece informações valiosas sobre a bio-ecologia e a influência que a aquisição e demanda de energia exercem sobre o *fitness* e as populações desses animais. Além disso, como visto que o conteúdo energético não influencia a distribuição e sim a especialização dos anuros arborícolas, as espécies florestais acabam se tornando as mais ameaçadas, pois espécies de áreas abertas são melhores adaptadas à degradação do ambiente. Isso permite aos pesquisadores, por exemplo, a capacidade de traçar estratégias de conservação mais bem elaboradas e com maiores chances de sucesso para as populações de anuros.

REFERÊNCIAS

- Alford, R.A. & Richards, S.J. (1999). Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual review of Ecology and Systematics*. **30**, 133-165.
- Araújo, F.R.R.C., Bocchiglieri, A. & Holmes, R.M. (2007). Ecological aspects of the *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae) in central Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*. **2**, 165-168.
- Băncilă, R.I., Hartel, T., Plăiașu, R., Smets, J. & Cogălniceanu, D. (2010). Comparing three body condition indices in amphibians: a case study of yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Amphibia-Reptilia*. **31**, 558-562.
- Becker, C.G., Fonseca, C.R., Haddad, C.F.B., Batista, R.F. & Prado, P.I. (2007). Habitat split and the global decline of amphibians. *Science*. **318**, 1775-1777.

- Benedito-Cecilio, E. & Morimoto, M. (2002). Effect of preservatives on caloric density in the muscles of *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae). *Acta Scientiarum Biological Sciences*. **24**, 489-492.
- Bitar, Y.O.C., Juen, L., Pinheiro, L.C. & Santos-Costa, M.C.D. (2015). Anuran beta diversity in a mosaic anthropogenic landscape in transitional Amazon. *Journal of Herpetology*. **49**, 75-82.
- Blaustein, A.R. & Johnson, P.T.J. (2003). The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **1**, 87-94.
- Bonnet, X., Bradshaw, D. & Shine, R. (1998). Capital versus income breeding: an ectothermic perspective. *Oikos*. **83**, 333-343.
- Brasileiro, C.A.; Sawaya, R. J.; Kiefer, M.C. & Martins, M. (2005). Amphibians of an open Cerrado fragment in southeastern Brazil. *Biota Neotropica*. **5**, 93-109.
- Campos, F.S., Lourenço-De-Moraes, R., Llorente, G.A. & Solé, M. (2017). Cost-effective conservation of amphibian ecology and evolution. *Science Advances*. **3**, e1602929.
- Chen, W., Zhang, Li-Xia & Lu, X. (2011). Higher pre-hibernation energy storage in anurans from cold environments: A case study on a temperate frog *Rana chensinensis* along a broad latitudinal and altitudinal gradients. In: *Annales Zoologici Fennici. Finnish Zoological and Botanical Publishing*. **48**, 214-220.
- Cushman, S.A. (2006). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological Conservation*. **128**, 231-240.
- Dolmen, D. & Seland, J. (2016). How fast do amphibians disperse? Introductions, distribution and dispersal of the common frog (*Rana temporaria*) and the common toad (*Bufo bufo*) on a coastal island in Central Norway. *Fauna Norvegica*. **36**, 33-46.

- Duellman, W.E. & Trueb, L. (1986). *Biology of Amphibians*. New York: McGraw-Hill Publishing Company. 30.
- Environmental Systems Research institute (ESRI). (2011). *ArcGIS Desktop*: release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. Ferreira, R.B., Beard, K.H. & Crump, M. L. (2016). Breeding Guild Determines Frog Distributions in Response to Edge Effects and Habitat Conversion in the Brazil's Atlantic Forest. *PloS One*. **11**, e0156781.
- Fitzpatrick, L. C. (1976). Life history patterns of storage and utilization of lipids for energy in amphibians. *American Zoologist*. **16**, 725-732.
- Frost, D.R. (2017). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gaston, K. J. (1990). Patterns in the geographical ranges of species. *Biological Reviews*. **65**, 105-129.
- Giasson, L.O.M & Haddad, C.F.B. (2007). Mate choice and reproductive biology of *Hypsiboas albomarginatus* (Anura: Hylidae) in the Atlantic forest, southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology*. **2**, 157-164.
- Grafe, T.U., Schmuck, R. & Linsenmair, K.E. (1992). Reproductive energetics of the African reed frogs, *Hyperolius viridiflavus* and *Hyperolius marmoratus*. *Physiological Zoology*. **65**, 153-171.
- Haddad, C.F.B. (1987). *Comportamento reprodutivo e comunicação sonora e **Hyla minuta** Peters, 1872: Amphibia, Anura, Hylidae*. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas em Campinas.
- Haddad, C.F.B, Toledo, L.F., Prado, C.P.A., Loebmann, D., Gasparini, J.L. & Sazima, I. (2013). *Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia*. São Paulo: Anolis Books.

- Hayes, T.B., Falso, P., Gallipeau, S. & Stice, M. (2010). The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. *Journal of Experimental Biology*. **213**, 921-933.
- International Union For Conservation Of Nature (IUCN). (2012). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em 10 de novembro de 2017.
- Jönsson, K.I., Herczeg, G., O'Hara, R.B., Söderman, F., Terschure, A.F., Larsson, P. & Merilä, J. (2009). Sexual patterns of prebreeding energy reserves in the common frog *Rana temporaria* along a latitudinal gradient. *Ecography*. **32**, 831-839.
- Kats, L.B. & Ferrer, R.P. (2003). Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and transition to conservation. *Diversity and Distributions*. **9**, 99-110.
- Kooijman, S.A.L.M. (2000). *Dynamic energy and mass budgets in biological systems*. Cambridge University Press, 65.
- Kuzmin, S., Ishchenko, V., Tuniyev, B., Beebee, T., Andreone, F., Nyström, P., Anthony, B.P., Schmidt, B., Ogrodowczyk, A., Ogielska, M., Bosch, J., Miaud, C., Loman, J., Cogalniceanu, D., Kovács, T. & Kiss, I. (2009). *Rana temporaria*. (errata version published in 2016) The IUCN Red List of Threatened Species: e.T58734A86470817.
- Lacerda, J.V.A., Ferreira, R.B., Souza, G.A., Silva, H.R. & Feio, R.N. (2016). On the diagnosis and conservation of the poorly known bromeligenous *Scinax arduous* Peixoto, 2002 (Amphibia; Anura; Hylidae). *Zootaxa*. **4021**, 401-417.
- Lima, M.S.C.S., Pederassi, J. & Souza, C.A.S. (2013). Aspectos ecológicos da reprodução de *Hypsiboas faber* (Anura, Hylidae) na enseada de Sítio Forte, Ilha Grande, Angra dos Reis, Brasil. *Comunicata Scientiae*. **4**, 195-202.
- Lindeman, R.L. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*. **23**, 399-417.

- Lips, K.R.; Green, D.E. & Papendick, R. (2003). Chytridiomycosis in wild frogs from southern Costa Rica. *Journal of Herpetology*. **37**, 215–218.
- Lourenço-De-Moraes, R. (2016). *Efeitos da altitude, longitude e latitude na composição histórica e ecológica dos Anfíbios da Floresta Atlântica Brasileira*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá em Maringá.
- Lourenço-De-Moraes, R., Ferreira R.B, Fouquet, A. & Bastos, R.P. (2014). A new diminutive frog species of Adelophryne (Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae) from the Atlantic Forest, southeastern Brazil. *Zootaxa*. **3846**, 348-360.
- Lourenço-de-Moraes, R., Ferreira, R.B., Mira-Mendes, C.V., Zocca, C.Z., Medeiros, T., Ruas, D.S., Rebouças, R., Toledo, L.F., Brodie Jr., E.D..9 & Solé, M. (2016). Escalated Antipredator mechanisms of two Neotropical marsupial treefrogs. *Herpetological Journal*. **26**, 237-244.
- Lourenço-De-Moraes, R., Malagoli, L.R., Batista, V.G., Ferreira, R.B., Affonso, I.P., Haddad, C.F.B, Sawaya, R.J. & Bastos, R.P. Nesting patterns between Neotropical species assemblages: Can reserves in urban areas be failing to protect anurans? *Urban Ecosystems*. No prelo.
- Martins, M. (1993). Observations on nest dynamics and embryonic and larval development in the nest building gladiator frog, *Hyla faber*. *Amphibia-Reptilia*. **14**, 411-421.
- Martins, I.A. & Jim, J. (2003) Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla samborni* (Anura, Hylidae) Botucatu, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. **63**, 507-516.

- Mazerolle, M.J. & Desrochers, A. (2005). Landscape resistance to frog movements. *Canadian Journal of Zoology*. **83**, 455-464.
- McCauley, S.J., Bouchard, S.S., Farina, B.J., Isvaran, K., Quader, S., Wood, D.W., & St. Mary, C.M. (2000). Energetic dynamics and anuran breeding phenology: insights from a dynamic game. *Behavioral Ecology*. **11**, 429-436.
- Moraes, R.D., Sawaya, R.J. & Barrella, W. (2007). Composição e diversidade de anfíbios anuros em dois ambientes de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*. **7**, 27-36.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. (2000). *Nature*. **403**, 853-858.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, M.F.R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E. & Wagner, H. (2013). *Vegan: Community Ecology Package*. R Development Core Team.
- Olden, J.D., Poff, N.L., Douglas, M.R., Douglas, M.E. & Fausch, K. D. (2004). Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in ecology & evolution*. **19**, 18-24.
- Oliveira, E.F., Feio, R.N.; Matta, S.L.P. (2007). Aspectos reprodutivos de *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872) no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*. **54**.
- Pasanen, S. & Koskela, P. (1974). Seasonal and age variation in the metabolism of the common frog, *Rana temporaria* L. in northern Finland. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*. **47**, 635-654.
- Pough, F.H.; Janis, C.M. & Heiser, J.B. (2008). *A vida dos vertebrados*. 4º ed. São Paulo: Atheneu, 377.

- Pounds, J.A., Bustamante, M.R., Coloma, L.A., Consuegra, J.A., Fogden, M.P.L., Foster, P.N., Lamarca, E., Masters, K.L., Merino-Viteri, A. Puschendorf, R., Ron, S.R., Sánchez-Azofeifa, G.A., Still, C.J. & Young, B.E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*. **439**, 161-167.
- R Core Team. (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Reading, C.J. & Clarke, R.T. (1995). The effects of density, rainfall and environmental temperature on body condition and fecundity in the common toad, *Bufo bufo*. *Oecologia*. **102**, 453-459.
- Relyea, R.A. (2005). The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological applications*. **15**, 1118-1124.
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for Conservation. *Biological Conservation*. **142**, 1141-1153.
- Sazima, I., Eterovic, A. & Marques, O.A.A. (2001). *Serpentes da Mata Atlântica: guia ilustrado para a Serra do Mar*. Ribeirão Preto: Holos.
- Sergius, K., Masafumi, M., Zhao, W., Vladimir, I., Natalia, A. & Nikolai, O. (2004). *Rana chensinensis*. The IUCN Red List of Threatened Species: e.T58572A11805122.
- Silva, E.G.C.; Delariva, R.L. & Affonso, I.P. (2009). Distribuição espaço-temporal de *Scinax fuscovarius* (Lutz, 1925) (Anura, Hylidae) em Maringá-PR, Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*. **2**, 431-445.
- Silvano, D.L. & Pimenta, B.V.S. (2003). Diversidade e distribuição de anfíbios na Mata Atlântica do Sul da Bahia. In: Prado, P.I., Landau, E.C., Moura, R.T., Pinto, L.P.S., Fonseca, G.A.B., Alger, K. (orgs). *Corredor de biodiversidade da Mata Atlântica do sul da Bahia*. CD-ROM. Ilhéus: IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP.

Sociedade Brasileira De Herpetologia (SBH). Disponível em:
<<http://www.sbherpetologia.org.br/index.php/anfibios>> Acesso em 10 de novembro de 2017.

Statsoft, Inc. (2005). Statistica (data analysis software system), version 7.1.

Voituron, Y., Brepson, L., Richardson, C., Joly, P. & Lengagne, T. (2012). Energetics of calling in the male treefrog *Hyla arborea*: when being large means being sexy at low cost. *Behaviour*. **149**, 775-793.

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

Wells, K. D. (2007). *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago press. 1148.

Wells, K.D. & Taigen, T.L. (1989). Calling energetics of a neotropical treefrog, *Hyla microcephala*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **25**, 13-22.

Wells, K.D. & Taigen, T.L. (1986). The effect of social interactions on calling energetics in the gray treefrog (*Hyla versicolor*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **19**, 9-18.

Zimmerman, B. (1994) Audio strip transects. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Amphibians*. Heyer, W., Donnelly, M.A., Mcdiarmid, R.W., Hayek, L.A.C. & Foster, M. Washington: Smithsonian Institution Press.

APÊNDICE A - Valores de Tuckey para a análise do conteúdo energético versus o tamanho das espécies amostradas. Acrônimos: P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes

Valores de Tuckey para a análise do conteúdo energético versus o tamanho das espécies amostradas. Acrônimos: P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes.

Tamanho	P	M	G
P		0,000616	0,000658
M	0,000616		0,517028
G	0,000658	0,517028	

Fonte: Maciel, Amanda Lipinski Fernandes, 2018.

APÊNDICE B - Valores de Tuckey para a análise do conteúdo energético versus o tipo de *habitat* e o tamanho das espécies amostradas. Acrônimos AA = Área aberta, BF = Borda de floresta, P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes.

Valores de Tuckey para a análise do conteúdo energético versus o tipo de *habitat* e o tamanho das espécies amostradas. Acrônimos AA = Área aberta, BF = Borda de floresta, P = Pequenos; M = Médios e G = Grandes.

Habitat	Tamanho	P (AA)	M (AA)	G (AA)	P (BF)	M (BF)	G (BF)
AA	P		0,001401	0,000133	0,001907	0,000131	0,004993
AA	M	0,001401		0,080396	0,999987	0,224360	0,969501
AA	G	0,000133	0,080396		0,134316	0,850953	0,653139
BF	P	0,001907	0,999987	0,134316		0,385999	0,987363
BF	M	0,000131	0,224360	0,850953	0,385999		0,972626
BF	G	0,004993	0,969501	0,653139	0,987363	0,972626	

Fonte: Maciel, Amanda Lipinski Fernandes, 2018.

ANEXO A - Tabela 1: Tipos de mecanismos antipredação de todas as espécies amostradas, de acordo com o trabalho de Lourenço-De-Moraes (2016).

Tabela 1: Tipos de mecanismos antipredação de todas as espécies amostradas, de acordo com o trabalho de Lourenço-De-Moraes (2016).

Espécies	Produzir secreções	Camuflagem	Imobilidade	Contraírem	Inflar o corpo	Elevar o corpo
<i>Boana albomarginata</i> (Spix, 1824)	Odorífera/adesiva	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	Contração	Presença	Ausência
<i>Boana albopunctata</i> (Spix, 1824)	Odorífera	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	Contração/proteger o olho	Presença	Ausência
<i>Boana bischoffi</i> (Boulenger, 1887)	Odorífera	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	Abaixar o queixo	Ausência	Ausência
<i>Boana faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	Odorífera/escorregadia	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	Contração/agachar/abaixar o queixo	Presença	Ausência
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	Odorífera	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	-	Presença	Ausência
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	Odorífera/adesiva	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	-	Presença	Ausência
<i>Oloolygon arduous</i> (Peixoto, 2002)	Odorífera/adesiva	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	Ausência	Presença	Ausência
<i>Oloolygon catharinae</i> (Boulenger, 1888)	Odorífera/adesiva	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	-	Presença	Ausência
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)	Odorífera	Presença	Encolhido/alerta/tanatose	-	Presença	Ausência

Continuação da tabela 1.

Esticar as pernas	Escapar	Aposematismo	Descarga cloacal	Abrir a boca	Vocalizações defensivas	Luta contra o predador	Total
Ausência	Único pulo	Parcial	Líquida	Ausência	Grito de agonia	Lutar	13
Ausência	Único pulo	Parcial	Líquida	Ausência	-	Lutar	12
Ausência	Único pulo	Parcial	Líquida	Ausência	Grito de alarme	Lutar	11
Ausência	Vários pulos/esconder	Ausência	Líquida/sólida	Ausência	Grito de agonia	Agredir com espinho	16
Ausência	Vários pulos/esconder	Ausência	Líquida	Ausência	-	Lutar	10
Ausência	Vários pulos/esconder	Ausência	Líquida	Ausência	-	Lutar	11
Ausência	Único pulo/esconder	Parcial	Líquida	Ausência	Ausência	Lutar	12
Ausência	Único pulo/esconder	Ausência	Líquida	Presença	Grito de agonia	Lutar	13
Ausência	Único pulo/esconder	Parcial	Líquida	Ausência	-	Lutar	11