

---

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

---

**HELENA THEREZA CARVALHO DE  
OLIVEIRA**

**DISTRIBUIÇÃO DO PADRÃO REPRODUTIVO EM  
COMUNIDADES DE  
ANUROS NA MATA ATLÂNTICA**

Rio Claro  
2021

HELENA THEREZA CARVALHO DE OLIVEIRA

DISTRIBUIÇÃO DO PADRÃO REPRODUTIVO EM COMUNIDADES  
DE ANUROS NA MATA ATLÂNTICA

**Orientador:** Maurício Humberto Vancine

**Coorientador:** Célio Fernando Baptista Haddad

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.**

Rio Claro

2021

O48d

Oliveira, Helena Thereza Carvalho de

Distribuição do padrão reprodutivo em comunidades de anuros na Mata Atlântica / Helena Thereza Carvalho de Oliveira. -- Rio Claro, 2021  
54 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Maurício Humberto Vancine

Coorientador: Célio Fernando Baptista Haddad

1. Ecologia. 2. Hotspots. 3. Anfíbio. 4. Análise multivariada. 5.  
Biodiversidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

“Os anfíbios são como os canários mantidos em antigas minas de carvão: quando o canário morria os mineiros sabiam que tinha vazamento de gás tóxico. Se os anfíbios somem é porque estamos fazendo algo de muito grave para o ecossistema. O homem passou o sinal vermelho da degradação ambiental. E vamos pagar o preço daqui a alguns anos (HADDAD, 2007 apud FIGUEIREDO, 2007)”.

# Agradecimentos

Esse trabalho, assim como o restante da graduação, se deu muito com base no apoio de quem estava do meu lado. Não é simples resumir todos os sentimentos aqui, então perdão se esqueci de alguém, continuam sendo importante da mesma maneira.

Primeiramente o agradecimento vem aos meus pais, que mesmo diante de tanta dificuldade fizeram o impossível para me ver feliz e assim alcançar meus sonhos. É difícil resumir em palavras tantos sentimentos que tenho por vocês. Quero que saibam que sempre busco fazer o meu melhor pensando em vocês! Obrigada por serem uma inspiração para mim, hoje e sempre.

A minha tia Eda e tio Anderson por me auxiliarem a realizar o sonho de cursar uma universidade pública e de qualidade, amo e admiro muito vocês, saibam que são um exemplo a ser seguido.

Ao meu companheiro Chris, que sempre esteve do meu lado, nos dias bons e ruins. Só a gente sabe o quanto amor a gente compartilha e como isso é importante para ambos. Nosso companheirismo e amor com certeza foi um dos ingredientes mais importantes para eu estar aqui hoje. Obrigada por todo incentivo e apoio que me dá, e que a gente ainda conquiste muita coisa juntos. Te amo.

Ao Maurício, meu orientador. A gente começou a minha iniciação científica por volta de 2018, e desde então, mesmo com algumas reviravoltas e problemas, ele nunca deixou de acreditar em mim e no meu potencial. Sou muito

grata por ser a primeira orientanda de uma pessoa que admiro tanto. Obrigada!

A República Neilas, a primeira república que morei aqui em Rio Claro. Neilinhas, vocês me ensinaram muito sobre conviver em grupo, e me mostraram o quanto a gente pode ser forte quando a gente se une. Todas as festinhas, churrascos vegetarianos aos sábados e companhia para ir para qualquer lugar, me mostraram como as amizades são importantes. Bianca, Bartô, Camila, Caça, Isa, Luna, Joice, Marcela, Tobi e Vanessa, amo todos vocês e tudo o que vocês proporcionaram em nossas vivências. Que a gente ainda possa viver muitos Juneilas, Rock'n Neilas ou qualquer outra festinha que a gente inventou só para casar com o nome da república.

A República Taco, que sempre foi a casa de todos. Sou muito grata por todo o acolhimento que me deram em momentos difíceis. Em momentos bons, agradeço muito pelas noites de jogos, companhia e por estarem do meu lado nessa jornada. Essa casa tem uma convergência de moradores únicos e que eu adoro demais: Patolino, Mc, Gabi, Rebolo, Princesa, Dengue, Marília, Portuga e Cadáver.

A República Toca, que está sendo minha casa no momento. Apesar de ser uma bióloga perdida no meio de geólogos, vocês me acolheram e me recepcionaram de uma maneira ímpar, e que me fez sentir realmente em casa. Valeu por todo o esforço na mudança e na nossa convivência. Brinha, Cardio, Fer e Sarja, amo vocês!

A República Fossa, por também ter me acolhido de uma maneira tão linda. Fiz amizades que nem imaginava e que hoje são essenciais para mim. Caique, Niquinho, Patolino, Sarjeta, Boto, Mc, adoro vocês demais!

Aos meus colegas de classe, por todo o suporte que nos demos ao longo de toda a graduação, tenho certeza que muito da força para enfrentar a graduação veio das risadas e momentos bons que tivemos juntos, dos campos e dos perrengues que passamos. Nayara, John, Pedro, Lígia, Gian, Caça, Isa, Purga, Gustavo, espero que seja possível que a gente se reúna outra vez pessoalmente.

Um agradecimento especial a Marina, Isa e Bianca. A Marina que é a geógrafa mais artística que eu conheço, super esforçada e competente, sempre

me deu o maior apoio e foi muito compreensiva comigo. Bianca que apareceu como quem não quer nada e concretizou uma amizade linda, mesmo a distância, sempre cuidando de mim e querendo me mostrar o novo modão que não para de escutar. Isa, o que a gente tem é um caso sério de amizade verdadeira, aquela história de irmã de outra mãe. Vocês são exemplos para mim ao mesmo tempo que me acolhem quando necessário, nesse momento eu estou com saudade de todas e de dizer o quanto gosto de vocês. Muito obrigada pela presença e por todo amor que vocês me dão.

Ao Rurc, time de rugby da Unesp Rio Claro, que me recebeu muito calorosamente e me ensinou muito mais que o esporte em si. Me mostrou amizades lindas e momentos únicos que eu só poderia viver ao lado de vocês. Um agradecimento especial ao time feminino que sempre mostrou muita resiliência e coragem para encarar qualquer desafio.

Aos amigos que trabalharam comigo no Madalena. Trabalhar a noite, todos os finais de semana (e às vezes durante a semana) não era fácil, mas tenho certeza que sem vocês isso seria muito mais difícil. Quem diria que as pessoas que estão do outro lado do balcão te atendendo são cientistas, artistas circenses e professores? Vocês possibilitaram mil vivências incríveis e uma amizade muito inusitada para mim. Estou com muita saudade de vocês, madaleners!

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio a pesquisa e bolsa de iniciação científica (PIBIC).

Por último e não menos importante, gostaria de agradecer aqueles que vieram antes de mim nas pesquisas relacionadas à ecologia e anfíbios, são um exemplo para mim. Desde muito tempo, tenho o sonho de ser cientista e me concretizar nessa profissão, mesmo sabendo de todas as dificuldades que posso encontrar no caminho. A Universidade pública, gratuita e de qualidade a todos!

## Resumo

A Mata Atlântica é uma das principais formações florestais brasileiras e devido às ações antrópicas tem sido impactada principalmente pelas mudanças no uso e cobertura da terra e alterações climáticas. Esses impactos têm sido cada vez maiores e considerando sua alta biodiversidade, torna essa região um foco de medidas de conservação e estudos que podem melhorar o manejo da sua biodiversidade no presente e no futuro. Esse bioma é considerado um hotspot mundial de biodiversidade de diversos grupos taxonômicos, sendo que a maioria das espécies é endêmica e detém grande importância biológica e ecológica. Os anuros têm alto grau de endemismo (~77%) nesta formação, com espécies residentes em localizações específicas e restritas. Além disso, esse bioma detém um grande número de espécies (>600), com alta diversidade de características funcionais, acarretando uma distribuição ampla dessas espécies, com grande adaptação a diferentes habitats e condições climáticas. Considerando essa grande diversidade desse grupo e as ameaças iminentes e futuras, este trabalho buscou entender a relação das condições climáticas e dois atributos funcionais [padrões reprodutivos das espécies - explosivo (vários indivíduos reproduzindo em um curto período) ou prolongado (indivíduos reproduzem-se ao longo de um amplo período ou em vários eventos) e o CRC - comprimento rostro-cloacal], presentes nas comunidades de anuros no Bioma da Mata Atlântica. Para realizar esta correspondência usamos de maneira complementar análises multivariadas, RLQ e Quatro cantos. Dada a alta relação dos padrões reprodutivos com os regimes de precipitação, principalmente o padrão explosivo, esperávamos que as condições climáticas explicassem a distribuição dos padrões reprodutivos ao longo das comunidades de anuros na Mata Atlântica. Com os resultados das análises, mesmo com o eixo 1 da RLQ explicando 84,84% da variação encontrada e o modelo simulado 2 sendo significativo ( $p < 0,001$ ), o modelo 4 não foi significativo ( $p = 0,321$ ), o que indicou que não há correlação entre os padrões reprodutivos de anuros e sua distribuição. Na análise de Quatro Cantos, não houve relação significativa dos padrões reprodutivos com as condições ambientais, mas foi possível visualizar uma correlação positiva do comprimento rostro-cloacal (CRC) e a descritora ambiental que se refere a temperatura. Esse resultado indica que em regiões com temperaturas mais altas abrigam indivíduos de maior porte, além de se relacionar também com o padrão explosivo de reprodução. De maneira geral, esses estudos necessitam de um aprofundamento maior, com o objetivo de explorar com mais detalhes os resultados encontrados.

**Palavras-chave:** Padrão reprodutivo, hotspot, ecologia de comunidades, análise de quatro cantos.

## **Sumário**

<b>Introdução</b>	<b>6</b>
1.1 Anfíbios e suas principais características	6
1.2 Mata Atlântica	9
1.3 Mata Atlântica e diversidade reprodutiva de anuros	12
1.4 Traços funcionais, Análise RLQ e Fourth Corner	14
1.5 Objetivos e Hipóteses	15
<b>Métodos</b>	<b>15</b>
Análise RQL	15
Análise de Quatro Cantos	17
Organização dos dados	17
Seleção das comunidades e atribuição dos dados ambientais	19
Análise dos dados	19
<b>Resultados</b>	<b>20</b>
Organização dos dados	20
Análises exploratórias	21
<b>Discussão</b>	<b>30</b>
<b>Referências</b>	<b>34</b>

# 1 Introdução

## *1.1 Anfíbios e suas principais características*

Os anfíbios compõem uma das partes mais diversas dos grupos terrestres dos trópicos e contribuem grandemente para o fluxo de energia como ectotérmicos, já que a energia ingerida é convertida em biomassa de maneira efetiva, contribuindo assim para a manutenção de níveis tróficos mais elevados (WHILES *et al.*, 2006). Segundo a Lista Vermelha de espécies ameaçadas de extinção (IUCN, 2012), o status dos anfíbios aponta que 43% das espécies passam por algum tipo de declínio populacional; 32,5% estão ameaçadas de extinção; e 122 espécies estão extintas. Muitas dessas perdas parecem ser recentes, tendo seu início por volta de 1980, e as espécies que se mostram mais ameaçadas não são de maneira aleatória: aquelas que vivem em regiões tropicais se mostram cada vez mais afetadas (STUART *et al.*, 2004).

Os anfíbios são vertebrados terrestres que em sua grande maioria dependem do ambiente aquático ou da alta umidade em seu ciclo de vida. Podemos citar a respiração cutânea que depende da alta umidade da pele do animal para ocorrer a troca gasosa, de modo que seu ressecamento pode levar o indivíduo à morte, exceto em casos específicos onde foram desenvolvidas adaptações para aqueles que vivem em locais mais secos (WELLS, 2007). Sua alimentação pode advir do meio aquático também, ainda mais quando nos referimos a nutrição de girinos, que podem ser herbívoros, carnívoros ou omnívoros, diferente dos adultos que são em sua maior parte carnívoros. Considerando a permanência de uma espécie em uma dada área, um dos fatores decisivos é o sucesso da reprodução, dessa forma, devido à alta dependência de umidade, o ambiente aquático tem um papel decisivo na vida desses animais. Existem espécies que necessitam desses ambientes para o acasalamento ou para a oviposição e desenvolvimento larval ou ainda todas as opções sobrepostas (POUGH, 2008).

Aliado a este aspecto, junto a fatores morfológicos e fisiológicos, podemos dizer que esses são os vertebrados mais sensíveis às mudanças

ambientais, decorrente do impacto das ações antrópicas. A fragmentação de ambientes pode impactar diretamente habitats específicos para esses animais, além da grande poluição de bacias hidrográficas. Os anfíbios vêm sofrendo um crescente declínio populacional, devido a diversos fatores, sendo estes bióticos ou abióticos (STUART *et al.*, 2004). Em 1989, no primeiro Congresso Internacional de herpetologia, cientistas puderam reportar declínios de populações, que ocorriam por todo o globo. Percebendo a importância dessa pauta, no ano seguinte o herpetólogo David Wake propôs um simpósio que unia a *Herpetologists league e society for the study of amphibians and reptiles*. Assim, nesse encontro foram debatidos prováveis motivos do declínio, procurando explorar pontos além da destruição e distúrbio de habitat, alcançando, quatro principais fatores que são grandes influenciadores na distribuição dos anfíbios: mudanças climáticas, poluição, radiação ultravioleta e fragmentação de habitat. Alguns aspectos dos anfíbios os tornam especialmente vulneráveis às modificações do ambiente: vivem em ambiente aquático e terrestre, sua posição na cadeia alimentar que pode mudar de acordo com a fase de desenvolvimento que o animal se encontra, e a intensa troca de substâncias com o meio.

Apesar de todos os fatores que foram elencados como possíveis contribuintes para um declínio populacional, as espécies do Neotrópico ainda são mais ameaçadas (STUART *et al.*, 2004). Além disso, devemos considerar a quitridiomiose que segue crescente em anfíbios, ainda com maior incidência sobre o Neotrópico. A quitridiomiose é uma doença ocasionada pelo fungo *Batrachochytrium dendrobatidis*, atacando a pele dos anfíbios adultos, órgão esse que é de grande relevância para a manutenção da homeostase gasosa e hídrica nesses indivíduos (Daszak *et al.*, 1999). De acordo com Weldon *et al.* (2004), a dispersão do fungo tenha se iniciado por volta de 1980, e se agravado até hoje, já que ainda não existem maneiras comprovadas de contenção do fungo e aliado ao impacto decorrente de ações humanas, agravando a disseminação da doença. Alguns declínios parecem ser mais enigmáticos, talvez ligados a alguma doença ou mudança climática. A quitridiomiose tem sido associada a cada vez mais mortes de anfíbios, principalmente em áreas que já se encontram em um declínio populacional (BOVO *et al.*, 2016). O fungo também se mostrou ameaçador quando foi associado o crescimento a regiões úmidas e mais frias, colocando em risco as

espécies que vivem em altitude (KRIGER *et al.*, 2007).

Sendo assim, podemos analisar o declínio populacional de duas maneiras: observando fatores bióticos e abióticos. Espécies invasoras em sua maioria são introduzidas por seres humanos e podem gerar um grande impacto no ecossistema local, no caso dos anfíbios temos o exemplo da introdução da rã-touro-americana (*Lithobates catesbeianus*), que por ser uma espécie altamente generalista apresenta um grande risco as demais espécies (GIOVANELLI *et al.*, 2007), aliado a disseminação da quitridiomicose temos pontos bióticos a serem analisados. Já do ponto de vista dos fatores abióticos, podemos citar aqueles que em maior parte são resultados de alterações antropogênicas no meio: poluição (a poluição de corpos d'água são especialmente graves a anfíbios), raios ultravioletas (podem afetar diretamente o DNA e o desenvolvimento de girinos) e agrotóxicos e supressão da mata nativa (ANDRADE *et al.*, 2016).

Independentemente da causa, grandes perdas na abundância e riqueza de espécies de comunidades de anfíbios anuros estão ocorrendo em diversas regiões. Mesmo com muitos estudos direcionados a esse fenômeno, ainda não temos claro qual seria a principal causa associada ao declínio, logo é de difícil visualização de quais seriam os impactos ecológicos e ecossistêmicos de perdas ainda maiores (HOULAHAN *et al.*, 2000).

## 1.2 Mata Atlântica

A degradação ambiental e supressão de mata nativa está intimamente ligada com os fatores que influenciam no declínio populacional das espécies de anfíbios. Observando especificamente a Mata Atlântica, uma das maiores florestas tropicais das Américas, com aproximadamente 150 milhões de hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009), temos a exploração intrínseca a história desse bioma, que devido a sua localização geográfica na costa do país, foi o primeiro tipo de vegetação a ser explorado pelos portugueses por volta de 1500 (DEAN, 1996). As primeiras rotas a serem traçadas são correlacionadas a portos e pontos de troca, principalmente na região onde atualmente conhecemos como os estados de Rio de Janeiro e Bahia. A fertilidade, abundância e diversidade do bioma foram motivo de grande interesse pela região, que durante os próximos séculos seriam responsáveis por suprir as demandas da metrópole em açúcar, potencializando seu poder econômico (FONSECA, 1985).

Regiões distintas da Mata Atlântica passaram por séculos de exploração, danificando o solo e simplificando florestas, o que só tem se intensificado nas últimas décadas devido ao uso de pesticidas e herbicidas (DINIZ-FILHO *et al.*, 2009; MÔNICO *et al.*, 2019), expansões recentes como *Eucalyptus* spp. e plantações de cana-de-açúcar têm causado grandes impactos sociais, econômicos e ambientais. A degradação ambiental pode levar à simplificação dos habitats existentes e a redução de diversidade funcional, afetando de maneira direta o funcionamento dos ecossistemas, assim como a perda de espécies pode acarretar uma crescente homogeneização destes ecossistemas (KUZMANOVIC *et al.*, 2017).

Com o passar dos séculos, a exploração do bioma se modificou, mas a degradação é crescente. Atualmente, 43% da população brasileira se concentram na região de distribuição do bioma, ainda que o espaço represente apenas 11% do território brasileiro (RIBEIRO *et al.*, 2009), que ainda considerando sua degradação e fragmentação, comporta de 1 a 8% do total de espécies de flora e fauna do planeta, segundo *Conservation International/Center For Applied Biodiversity Science* (2003). Isso é possível devido às condições extremamente heterogêneas proporcionadas pelo bioma, podendo abranger desde um ecossistema costeiro até os montanhosos. Seu alcance latitudinal é de 29° de extensão, abrangendo regiões tropicais e subtropicais, o que produz grandes diferenças na composição floresta, quando observamos a taxa anual de precipitação vemos que temos áreas com maior índice pluviométrico na região costeira e regiões mais secas para o interior do continente, como visto em *Conservation International/Center For Applied Biodiversity Science* (2003). Essas condições geográficas e a história da composição do bioma favoreceram uma grande diversidade de flora e fauna, também possibilitando um alto grau de endemismo. Espécies tropicais, principalmente as florestais são altamente sensíveis a alterações ambientais, por conta de seu alto nível de especialização (KAPOS *et al.*, 1989; MURCIA *et al.*, 1995; LOPES *et al.*, 2009).

A região alcançada como Mata Atlântica se estendia originalmente do nordeste, no estado do Rio Grande do Norte, até a fronteira sul do Brasil, ao longo da porção costeira do país. De acordo com IBGE (2012), o bioma pode ser definido como conjunto de vidas vegetais e animais, sendo possível devido ao agrupamento de diferentes tipos de vegetação. Agrupamento esse

que podemos identificar e diferenciar dos demais, por sua continuidade e características. Além disso, essa região compartilha condições geoclimáticas e um desenvolvimento histórico similar, o que faz com que a biodiversidade ali encontrada seja singular.

A Mata Atlântica pode ser denominada Floresta Tropical Atlântica, um complexo de vegetação que apesar de dominado pela Floresta Pluvial Montana, é composto também por outras formações que são demasiado diferenciadas entre si, como a Floresta Estacional Semidecidual (RIZZINI, 1997). A distribuição da vegetação ocorreu sob a forte influência de fatores abióticos condizentes com a região em que o bioma se desenvolveu, como: sua distância do oceano, do regime de chuvas assim como a duração da estação seca (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2000). Por isso, também podemos notar grandes diferenças edáficas e geológicas entre as regiões, tendo como elemento de grande influência sempre os ventos úmidos advindos do Oceano Atlântico.

Atualmente, de acordo com a lei nº 11.428 de 2006, as formações florestais nativas e ecossistemas foram delimitados pelo Ministério do Meio Ambiente: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste.

Aqui vamos utilizar as definições de tipos de vegetação delimitadas pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Savana e Savana Estépica. Para descrever cada vegetação, foi utilizado o Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, formulado pela Fundação SOS Mata Atlântica e INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, referente aos anos de 2012 e 2013.

Temos três tipos de Florestas Ombrófilas, a aberta, a densa e a mista. Na Floresta Ombrófila densa, há uma vegetação de maior porte, estendendo-se pela costa litorânea, do nordeste ao sul, com clima quente e úmido no período seco. A Floresta Ombrófila Aberta é menos densa em árvores e também no estrato herbáceo, passa por cerca de quatro meses de

seca. A Floresta Ombrófila Mista é mais diversa, sendo uma mistura florística, com predominância das Araucárias no estrato superior, nessas regiões o clima é úmido e sem período de seca.

Já a Floresta Estacional é fragmentada em Semidecidual e Decidual. Na Floresta Estacional Semidecidual temos uma dupla estacionalidade, o que indica que há períodos bem demarcados de chuva e seca, e por isso encontramos de 20 a 50% de indivíduos caducifólios. A Floresta Estacional Decidual também passa por uma estacionalidade climática, mas de maneira mais rigorosa, com isso o número de indivíduos que perdem suas folhas sobe para mais de 50%.

A Savana também pode ser dividida em Savana e Savana Estépica. A Savana pode ser chamada também de vegetação de Cerrado, ocorrendo em diversos climas e localidades, sendo que a distribuição desse tipo de vegetação é bem determinado pelo tipo de solo, e possui dois estratos distintos: arbóreo lenhoso e o gramíneo-lenhoso. A Savana Estépica é campestre, com espécies lenhosas espinhosas, com adaptações fisiológicas à escassez de água, já que há dois períodos bem delimitados de seca e chuva. As regiões de Estepe são compostas principalmente por gramíneas, com esparsas espécies lenhosas decíduas e espinhosas. Essa formação ocorre sob dupla condição de estacionalidade, frio e seca.

Os demais tipos de formação se relacionam com fatores ecológicos intrínsecos. As Formações Pioneiras são compostas majoritariamente por espécies pioneiras colonizando terrenos, inseridas nesse tipo de vegetação temos: restinga, manguezais e campos salinos. Temos também os Refúgios Vegetacionais, comunidades clímax e com alta especificidade, principalmente aquelas que ocorrem em altitudes acima de 1.800 metros acima do mar. Por último, temos as Áreas de Tensão Ecológica, também conhecidas como Ecótonos, sendo regiões de transição entre os diferentes tipos de vegetação e podem ser mistas, tendo composições florísticas únicas, ocorrendo em forma de mosaico ou de enclave.

Considerando todas essas formações presentes no bioma da Mata Atlântica, explicitamos a abrangência de diferentes habitats, e como os microhabitats presentes dentro de cada formação podem ser únicos e capazes de abrigar espécies altamente especializadas. Cada formação florestal tem seu desenvolvimento natural até os dias atuais, o que também

está intimamente relacionado com a seleção das espécies que ocorreu ao longo desse tempo. Deste modo, é de grande interesse que as formações sejam consideradas na análise de distribuição dos padrões reprodutivos, buscando entender se há algum padrão relacionado à qual formação florestal listada na Lei da Mata Atlântica.

### 1.3 *Mata Atlântica e diversidade reprodutiva de anuros*

Com grande número de espécies e uma alta proporção de endemismo de anuros (~77%), a Mata Atlântica é o bioma brasileiro com maior diversidade de modos reprodutivos deste grupo, mesmo se tratando de um bioma altamente fragmentado por ação antrópica (HADDAD *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2009; HADDAD *et al.*, 2013). Essa diversidade de modos reprodutivos decorre da diversidade de espécies e de microhabitats que possibilitaram a diversificação desses modos, sendo que alguns são encontrados somente neste bioma. A reprodução pode ser classificada como um atributo funcional, ou seja, que possui relação com o funcionamento do ecossistema em que a comunidade de anfíbios está inserida e, considerando a alta diversidade de espécies e de modos reprodutivos, é de se esperar uma grande diversidade funcional desse grupo nesse bioma (TILMAN, 2001).

Os anfíbios possuem uma grande diversidade de modos reprodutivos, ocorrendo, dentre as diversas espécies, variações quanto à corte e fecundação até a oviposição e cuidado parental. Quanto ao padrão temporal de reprodução, os anfíbios apresentam dois extremos: o prolongado e o explosivo, entretanto, é importante ressaltar que se trata de extremos de um contínuo (POMBAL JR., 2005). O padrão prolongado pode ser caracterizado como sazonal, apresentando um período específico para a reprodução, sendo o mais comum entre as espécies de anuros, com duração de meses e os machos, que defendem territórios, se espaçam.

Já o padrão explosivo é o que apresenta uma grande aglomeração de machos, desencadeada pela precipitação, não havendo defesa de território e durando geralmente poucos dias. Tendo em vista que os padrões reprodutivos são determinados por variáveis ambientais em ambos os casos, as atuais mudanças climáticas e as modificações da paisagem podem causar um grande impacto, principalmente no aspecto reprodutivo desse grupo, gerando consequências para a densidade populacional e conseqüentemente para a

diversidade de espécies.

Em regiões tropicais como a Mata Atlântica, o papel dos anfíbios anuros é mais contínuo ao longo do tempo por conta de uma maior estabilidade nos padrões sazonais de abundância, alta riqueza de espécies e modos reprodutivos (WHILES *et al.*, 2006). Estudos manipulativos de campo também indicaram que produção primária, ciclagem de nutrientes, decomposição de serrapilheira, e populações de invertebrados mudam quando girinos e anuros adultos sofrem alguma alteração na quantidade de indivíduos presentes em uma região (FLECKER *et al.*, 1999; KIFFNEY *et al.*, 2001; RANVESTEL *et al.*, 2004). Dessa maneira, podemos perceber de maneira breve a grande importância dos anuros a esse bioma e seus serviços ecossistêmicos, sendo essenciais a outros seres que também fazem parte da Mata Atlântica, e como pode ser alterado devido ao crescente declínio populacional.

Tanto pelos impactos antropicos causados diretamente por meio da alteração do uso da terra, uso de pesticidas e fertilizantes, e descarte inadequado de resíduos; quanto pelos impactos indiretamente causados como mudanças climáticas, aumento na incidência de raios UV e poluição de bacias hidrográficas; o ser humano possui uma grande parcela no que se relaciona ao declínio populacional de anuros. Até a dispersão do fungo que causa a quitridiomicose está ligada a degradação humana, uma vez que o avanço do fungo está cada vez mais relacionado a regiões desmatadas, onde o microclima é alterado de maneira abrupta e colocando espécies em risco (ASSIS *et al.*, 2012). Logo, vemos a importância de ampliar o conhecimento sobre anuros, principalmente em um ambiente tão degradado e fragmentado como a Mata Atlântica. Assim, podemos entender melhor os padrões de distribuição de anuros, sua possível associação com cada formação florestal e relacionar essas respostas com seu padrão reprodutivo.

#### 1.4 *Traços funcionais, RLQ e Quatro Cantos*

Podendo ser um subconjunto da biodiversidade, traços funcionais estão diretamente ligados ao funcionamento de um ecossistema, sendo que diferentes espécies são responsáveis por diferentes serviços ecossistêmicos

em tempos diferentes (PETCHEY; GASTON, 2002). A multiplicidade funcional também tem grande importância ao relacionarmos com o equilíbrio ambiental e a sucessão de pragas e invasões, sendo assim uma importante ferramenta para entender mudanças causadas por seres humanos e podendo prever seus impactos (PETCHEY; GASTON, 2006). Podemos abordar a reprodução como um traço funcional, e considerando a composição de espécies nas comunidades e variáveis ambientais de interesse, principalmente aquelas relacionadas aos traços funcionais, podemos viabilizar análises multivariadas para testar as relações traço-ambiente, como as análises de RLQ e Quatro Cantos (DRAY, 2014).

### 1.5 Objetivos e Hipóteses

Objetivo deste foi analisar o padrão reprodutivo dos anuros de um ponto de vista funcional, integrando os conhecimentos sobre as comunidades e sua possível relação com parâmetros ambientais. Para analisar tal relação, utilizamos as análises de RLQ e de Quatro Cantos (DRAY, 2014), fazendo uma ordenação entre as variáveis de traço-ambiente, para predizer o grau e tipo de relação entre ambas.

Nossa hipótese foi de que houvesse uma relação forte entre o tipo de padrão reprodutivo e as variáveis ambientais, já que os anuros possuem grande grau de afinidade com seu microhabitat e a sua localização em um ambiente pode determinar a maneira pela qual se comportam reprodutivamente.

### Métodos

#### *RLQ*

Utilizaremos uma abordagem conjunta de análises multivariadas para entender como as variáveis ambientais poderiam explicar a distribuição dos padrões reprodutivos nas comunidades de anuros da Mata Atlântica. O método RLQ é uma análise de coinércia, que une conjuntos de dados referentes a traços funcionais das espécies, de abundância de descritores ambientais, buscando identificar correlações entre eles. Analisamos simultaneamente as informações contidas em três matrizes: R, L, e Q. Conjuntamente, recorreremos à técnica de Quatro Cantos para analisar a

significância da relação entre os traços e as variáveis ambientais.

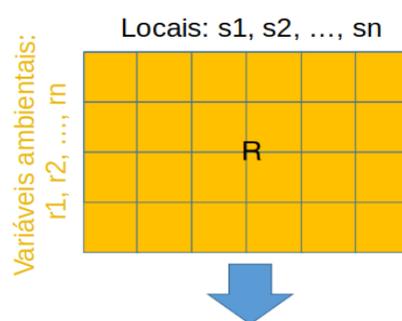
A matriz R é denominada também de matriz ambiente, pois possui nas linhas os locais amostrados e as respectivas variáveis ambientais de interesse nas colunas; a matriz Q se refere a matriz dos traços funcionais e espécies; e a matriz L também é chamada de “link” confrontando R e Q, que contém os locais amostrados nas linhas e as espécies alvo do estudo nas colunas (DRAY, 2014).

Com o método RLQ pudemos obter, após a ordenação individual de cada matriz, o cruzamento de informações e avaliação de relações traço-ambiente. Com a análise de Quatro Cantos foi possível testar se há correlações individuais entre traços e variáveis, e desses com os eixos de resumo dos dados, tanto eixos-resumo ambiente com os traços, quanto eixos dos traços com o ambiente.

A teoria de “*habitat template*” formulada por Southwood (1997) é a base da ecologia funcional, postulando que o habitat fornece o template necessário para que a evolução forje as estratégias de vida de cada espécie, que diretamente atuaria na seleção de características individuais. A ecologia funcional é a base para a montagem, análise e entendimento do método RLQ, tendo três principais objetivos: construir as matrizes de traços funcionais, explorar quais possam ser as relações empíricas entre os traços e determinar relações entre as características de cada espécie e o ambiente (DRAY; LEGENDRE, 2008). Os traços funcionais podem ser características referentes a espécies tanto no âmbito morfológico quanto no comportamental ou de hábito. Como hábito, foram aqui considerados aspectos referentes a seu local de maior atividade, como os indivíduos que são arbóreos, terrestres, crípticos ou reofilicos.

**Figura 1.** Organização das matrizes de dados R, L e Q. Fonte: Gámez-Virúés *et al.* (2015).

#### Quatro Cantos



A Análise de Quatro Cantos foi formulada por Legendre *et al.* (1997), e busca testar a significância de associações individuais entre os traços funcionais selecionados e os descritores ambientais. Se trata de uma ordenação na qual cada célula irá corresponder a uma associação bivariada, identificando se a correlação existe, e caso exista se essa é positiva ou negativa. Para a realização dessa análise, os dados utilizados são os mesmos preparados para RLQ, já que caso houvesse resultados significativos, ambas as abordagens seriam combinadas com o objetivo de realizar uma representação global gerando uma rede de correlação (THIOULOUSE *et al.*, 2018). A maior vantagem em combinar ambas as abordagens é resumir os resultados de ambas em um gráfico, o que facilitaria a interpretação dos fatores ecológicos.

O RLQ e Quatro Cantos são análises amplas e que podem ser empregadas em diversos grupos taxonômicos, como plantas, animais e até bactérias. Também pode considerar qualquer localidade e descritores ambientais de interesse. Com todas as correções das matrizes realizadas, os dados foram preparados para a análise RLQ e Quatro Cantos.

#### *Organização dos dados*

Para a composição da matriz R, foram extraídos para local de amostragem das comunidades de anuros os dados climáticos da base mundial de dados WorldClim v. 2.1 (<https://www.worldclim.org/data/index.html>; FICK; HIJMANS, 2017), responsável por fornecer em diferentes resoluções camadas referentes ao clima (precipitação e temperatura) atuais, passadas ou futuras. As variáveis bioclimáticas são derivadas dos valores da temperatura e índices pluviométricos com o objetivo de gerar valores que sejam mais significativos do ponto de vista biológico e das análises ecológicas. São comuns em estudos de modelagem de distribuição de espécies e técnicas semelhantes de modelagem ecológica (DEBLAUWE *et al.*, 2016; ZIMMERMANN *et al.*, 2010; BOOTH *et al.*, 2018). As variáveis bioclimáticas representam tendências anuais, sazonalidade e extremos dos fatores ambientais.

Buscando fatores que mais se correlacionam com o modo de vida e padrões reprodutivos dos anfíbios anuros, foram escolhidas as BIO5 e BIO13,

representando os valores de temperatura máxima do mês mais quente e a precipitação do mês mais chuvoso, respectivamente. A temperatura pode ser um fator limitante na atividade do animal, já que se trata de um ectotérmico, e que logo poderia acarretar diretamente em sua reprodução. Para algumas espécies a temperatura pode influenciar no sítio, frequência e tipo de canto feito pelos indivíduos (GERHARDT *et al.*, 1980; LINGNAU *et al.*, 2007), um tipo de comportamento que pode estar relacionado com a reprodução. A precipitação é o principal fator explicativo para a reprodução explosiva e de manutenção de habitats mesmo para os indivíduos que não praticam esse tipo de reprodução, como a formação de poças e alagamento de áreas (SAENZ, 2006).

Devido a grande diversidade de formações florestais que compõem a Mata Atlântica, incluímos uma variável categórica com a informação dessas formações. As fitofisionomias são distintas entre si, e por isso tipos de solo, regime de chuvas, microhabitats e outros fatores diferentes entre si. O arquivo vetorial utilizado para análise é disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) ([https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica\\_emdesenvolvimento/mapas-da-mata-at%C3%A2ntica.html](https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento/mapas-da-mata-at%C3%A2ntica.html)), contendo as formações presentes na lei da Mata Atlântica: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste.

Os traços funcionais que compuseram a matriz Q foram os padrões reprodutivos (explosivos e prolongados) e as medidas de Comprimento-Rostro-Cloacal (CRC) apenas para machos. Esta medida é feita, geralmente, da ponta do focinho de cada animal até a abertura mais posterior da fenda cloacal, sendo muito utilizada em estudos herpetológicos de dimorfismo sexual, morfometria geométrica, entre outros (VITT; CALDWEL, 2013). Os dados foram extraídos de Nali *et al.* (2014) e do Guia de Anfíbios da Mata Atlântica (HADDAD *et al.*, 2013), além de contar com o conhecimento de especialistas para classificações dos padrões reprodutivos.

Por fim, a matriz L foi composta pelos dados das comunidades de espécies amostradas no Bioma da Mata Atlântica que foram organizados por

Vancine et al. (2018). A partir da coleta e organização dos dados, a correção de sinonímias taxonômica foi realizada utilizando o banco de dados “*Amphibian Species of the World*” (FROST, 2021). É importante ressaltar que apesar da reunião dos dados, pode haver grandes divergências e informações inerentes às bases de dados de taxonomia, uma vez que muitas informações estão em constante atualização.

#### *Seleção das comunidades e atribuição dos dados ambientais*

Existem algumas definições para o conceito de comunidade, neste trabalho e considerando as bases de dados utilizadas, entendemos que comunidade se trata de um conjunto de populações de diversas espécies que ocupam um habitat, estabelecendo relações entre si. Essas relações são responsáveis, em parte, pela manutenção de um ecossistema (PINTO-COELHO, 2009).

Com base no limite espacial vetorial obtido na base de dados do MMA, selecionamos apenas os pontos de amostragem das comunidades que se localizavam dentro do bioma. Assim, com os pontos de amostragem corrigidos, extraímos o valor das variáveis climáticas para cada ponto, assim como as biorregiões da Mata Atlântica, buscando construir a matriz R, de localidades e valores de variáveis ambientais. Não houve dados de traços funcionais para todas as espécies listadas por Vancine *et al.* (2018). Dessa forma, usamos a composição das comunidades apenas para aquelas com dados disponíveis. Com essa nova lista de espécies, selecionamos apenas as comunidades com essas espécies, reduzindo também as localidades, que também foram filtradas na matriz R.

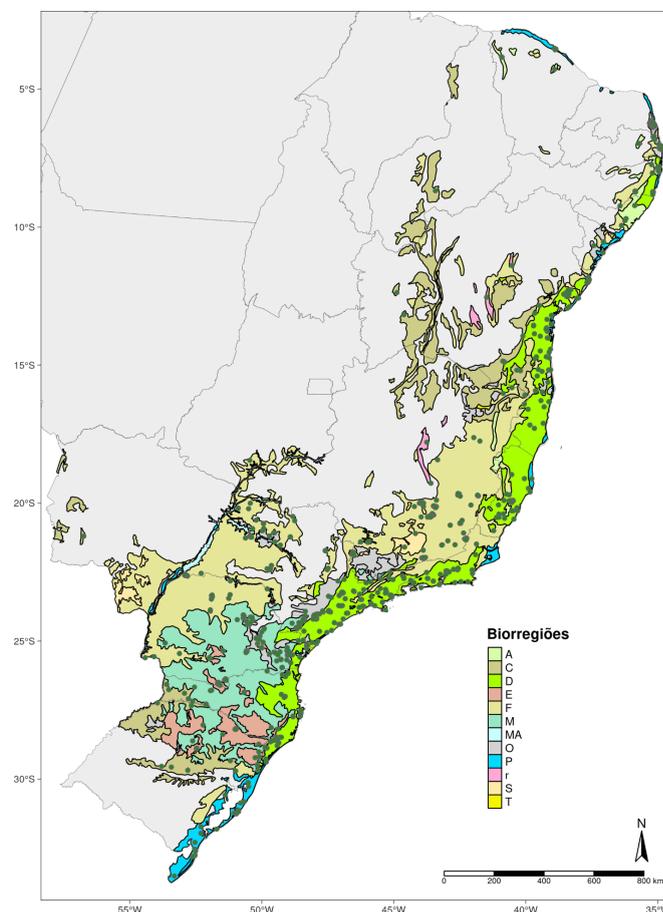
#### *Análise dos dados*

Todas as análises foram realizadas através da linguagem R (R CORE TEAM, 2020), utilizando diversos pacotes: sf (PEBESMA, 2018) para manejo de dados vetoriais; raster (HIJMANS, 2020) para manejo e visualização dos dados; tidyverse (WICKHAM *et al.*, 2019) para manejo e visualização de dados em geral, e ade4 (DRAY; DUFOUR; 2007) para a realização das análises RLQ e Quatro-Cantos.

## Resultados

### *Organização dos dados*

Com a organização dos dados, houve uma redução no número total de espécies devido às informações encontradas sobre traços funcionais serem escassas. Do total dos dados de Vancine *et al.* (2018), restaram 499 espécies em 803 comunidades amostradas após as correções de sinonímia taxonômica, e devido ao filtro espacial dos pontos de amostragem que se encontravam no limite do Bioma da Mata Atlântica. Quando consideramos as informações sobre traços funcionais disponíveis, nossos dados finais foram menores ainda, restando um conjunto de 262 espécies para dois traços funcionais (padrão reprodutivo e CRC) (Apêndice 1), contando com o total de 789 comunidades. A Figura 2 apresenta a distribuição dos pontos de amostragem das comunidades de anfíbios no limite estabelecido pela lei da Mata Atlântica, considerando as fisionomias citadas em lei.



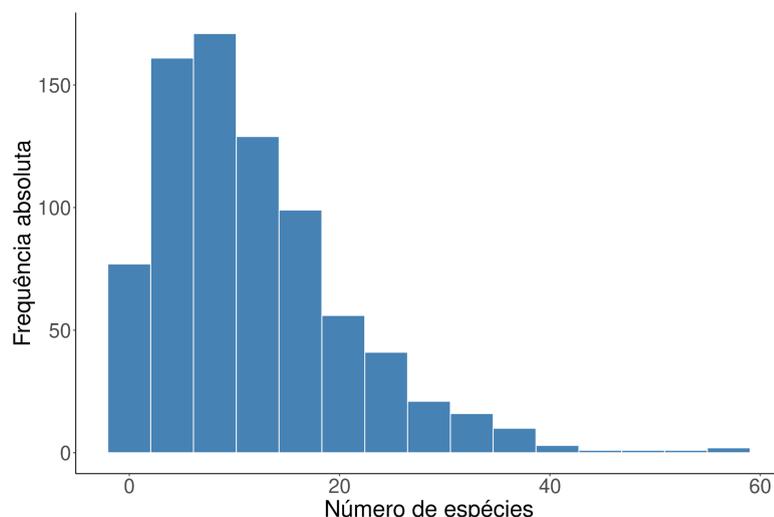
**Figura 2.** Distribuição das comunidades de anfíbios nas biorregiões da Mata Atlântica,

segundo a Lei da Mata Atlântica. Os pontos verde escuro representam as comunidades de anfíbios. As siglas representam as diferentes biorregiões: A = FLORESTA OMBRÓFILA ABERTA (Faciações da Floresta Ombrófila Densa), C = FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (Floresta Tropical Caducifólia), D = FLORESTA OMBRÓFILA Densa (Floresta Tropical Pluvial), E = ESTEPE (Campos do Sul do Brasil), O = ÁREAS DE TENSÃO ECOLÓGICA (Contatos entre Tipos de Vegetação), F = FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL (Floresta Tropical subcaducifólia), M = FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (Floresta de Araucária), MA = MASSA D'ÁGUA, r = REFÚGIOS VEGETACIONAIS (Comunidades Relíquias), S = SAVANA (Cerrado), T = SAVANA-ESTÉPICA (Caatinga do Sertão Árido).

### *Análises exploratórias*

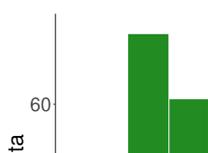
Analisando o número de espécies nas comunidades, em média houve  $12,1 \pm 8,8$  espécies por comunidades, sendo o mínimo de 1 espécie e o máximo de 58 espécies, cuja uma distribuição podemos ver na Figura 3.

**Figura 3.** Distribuição de frequência do número de espécies nas comunidades de anfíbios



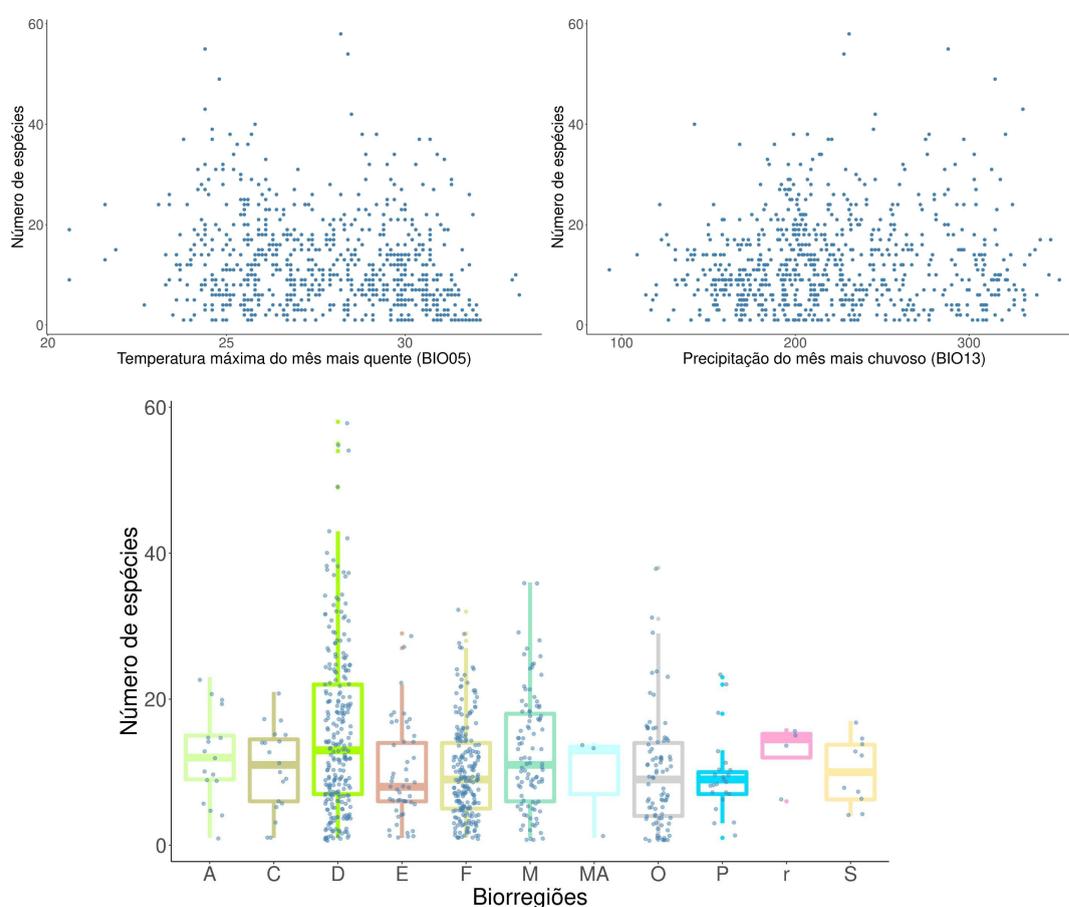
analisadas para o Bioma da Mata Atlântica.

Das 256 espécies para as quais pudemos fazer a classificação, 203 (79%) foram consideradas com padrão prolongado e 59 (21%) foram consideradas com padrão explosivo. Em relação ao CRC, o tamanho médio das espécies foi de  $37,16 \pm 22,79$  mm, sendo o menor de 8 mm e o maior de 152,3 mm, com a distribuição dos valores representados na Figura 4.



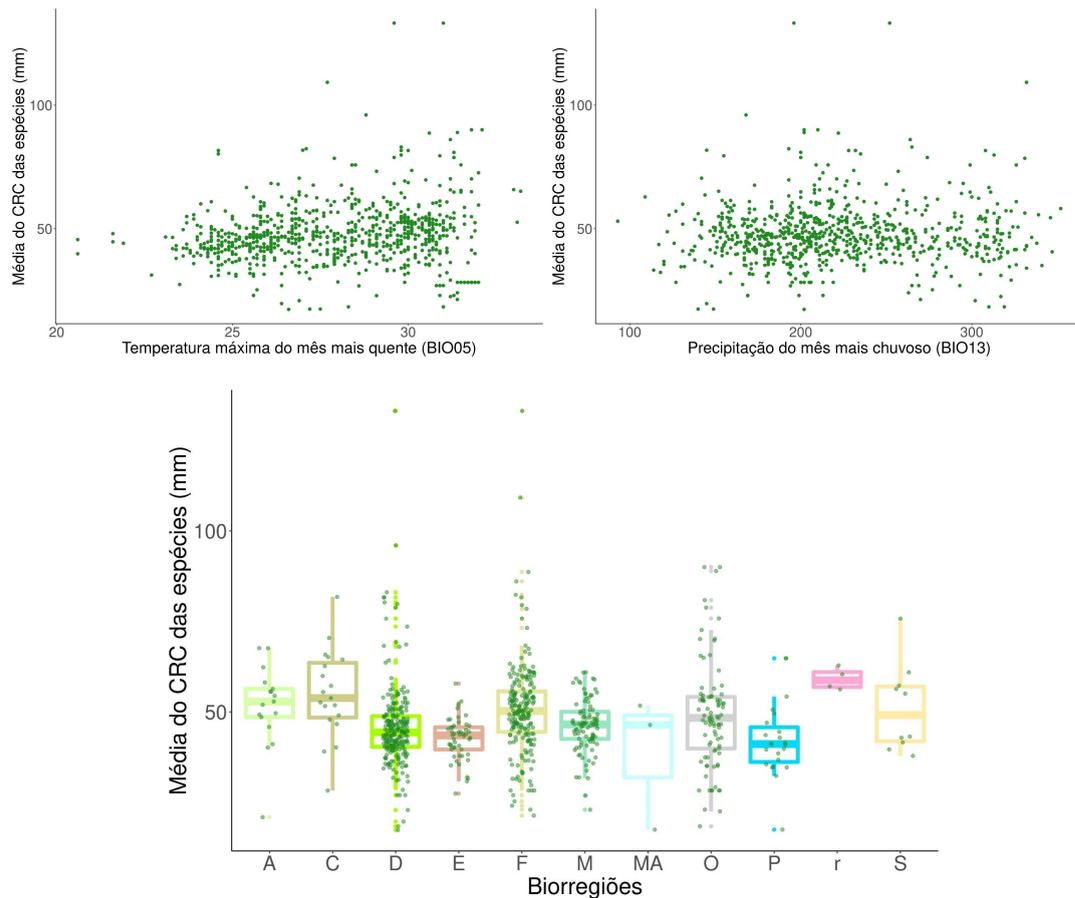
**Figura 4.** Distribuição de frequência do Comprimento Rostro-Cloacal das espécies nas comunidades de anfíbios analisadas para o Bioma da Mata Atlântica.

Ao relacionarmos o número de espécies com as biorregiões e variáveis climáticas, notamos a falta de padrões aparentes, ou seja, o número de espécies parece não ter uma resposta clara às condições do ambiente. Entretanto, podemos notar um número de espécies maior para a FLORESTA OMBRÓFILA DENSA (Floresta Tropical Pluvial), região já conhecida pela grande diversidade de espécies da Serra do Mar (Figura 5).



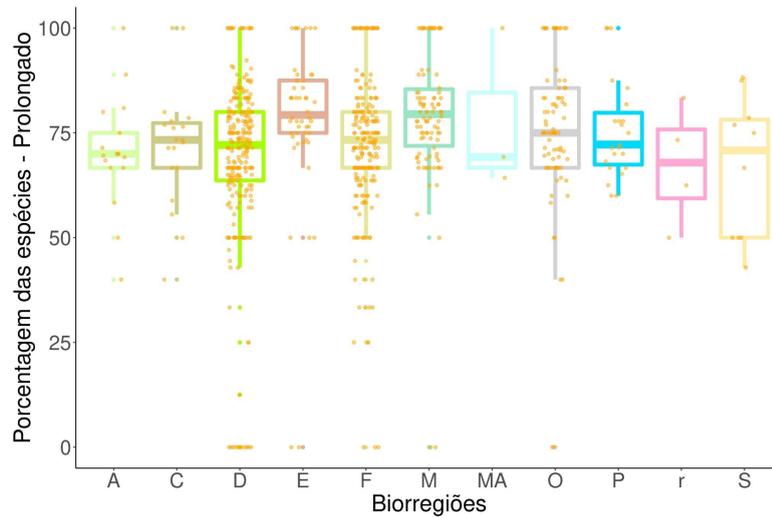
**Figura 5.** Relações do número de espécies com as biorregiões e variáveis climáticas.

Quando analisamos o CRC médio das espécies nas comunidades, relacionando esse com as condições ambientais de temperatura e precipitação, novamente não observamos um padrão claro de relação entre as variáveis, apesar de notarmos que pode haver uma relação positiva entre o tamanho e a temperatura. Para o tamanho médio das espécies em relação às biorregiões, notamos que há grande variação, com destaque para o tamanho médio ser maior para a biorregiões da FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (Floresta Tropical Caducifólia) (Figura 6).



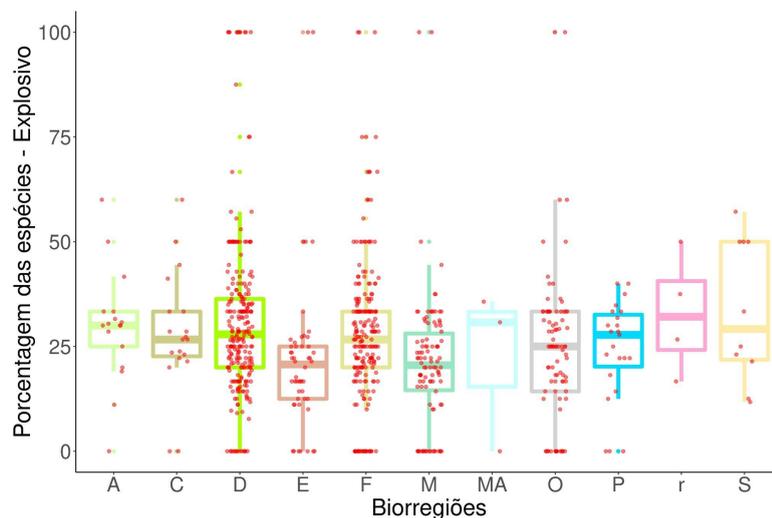
**Figura 6.** Relações da média do CRC das espécies com as biorregiões e variáveis climáticas.

Analizamos também a relação da porcentagem de espécies com padrão reprodutivo prolongado e explosivo nas comunidades com as variáveis ambientais. Primeiramente, analisando a porcentagem de espécies com padrão reprodutivo prolongado, novamente não encontramos relações entre essa porcentagem e as condições climáticas de temperatura e precipitação, ou diferenças entre as biorregiões (Figura 7). O que pudemos notar, como já havíamos visto nos resultados sobre a quantidade de espécies com esse padrão, que é a maioria (79%), é que as comunidades são em sua grande maioria compostas por espécies com esse padrão, independente das condições ambientais.



**Figura 7.** Relações da porcentagem de espécies com padrão reprodutivo prolongado e as biorregiões e variáveis climáticas.

Da mesma forma, analisando a porcentagem de espécies com padrão reprodutivo explosivo, novamente não encontramos relações entre essa porcentagem e as condições climáticas de temperatura e precipitação, ou diferenças entre as biorregiões (Figura 8). O que notamos, é que dado que a minoria (21%) das espécies possuem esse padrão e isso também se reflete nas comunidades, que em sua minoria são compostas por espécies com esse padrão, e que isso independente das condições ambientais.



**Figura 8.** Relações da porcentagem de espécies com padrão reprodutivo explosivo e as biorregiões e variáveis climáticas.

Por fim, quando analisamos o tamanho das espécies pelo CRC dos machos, notamos uma diferença significativa (Mann-Whitney,  $W = 7487$ ,  $p = 0.003$ ) entre o tamanho das espécies com padrão reprodutivo explosivo que são maiores (média  $45,5 \pm 27,3$ ) do que as espécies com padrão reprodutivo prolongado (média  $34,7 \pm 20,7$ ) (Figura 9).



**Figura 10.** Gráficos resumo das saídas da análise RLQ.

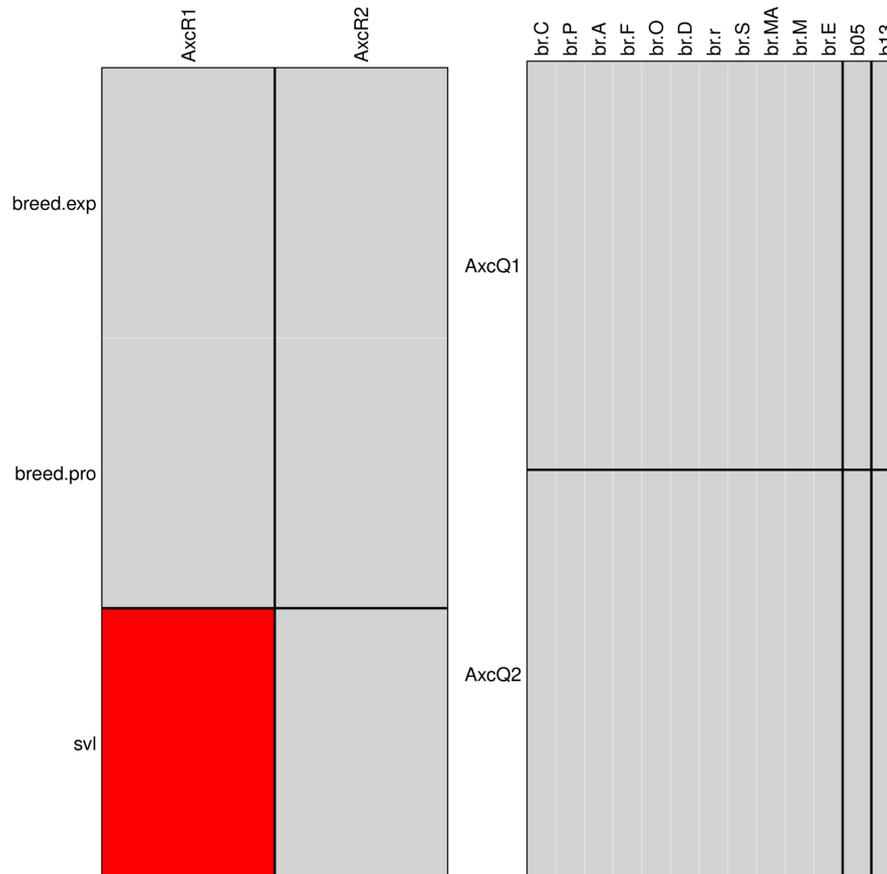
Ainda que o índice da inércia projetada indique que o eixo 1 da RLQ explique 84,84% do total da variância entre traços e ambiente, e o modelo simulado 2 ser significativo (modelo 2  $p = 0,001$ ), o modelo 4 não apresentou significância, indicando que não houve correlação entre variáveis ambientais e traços funcionais (modelo 4 com  $p = 0,321$ ).

Na Figura 10, podemos ver os resumos gráficos das saídas RLQ: no canto superior direito temos as variáveis ambientais por locais, sem um padrão explícito de distribuição de valores; na esquerda temos a distribuição das espécies de acordo com os atributos, e aqui vemos um padrão mais claro, com duas ordenações distintas aparentes, provavelmente por conta dos dois padrões reprodutivos utilizados na análise. Abaixo, do canto inferior direito temos: a posição dos eixos

irrestritos de R; a ordenação das formações florestais da Mata Atlântica ao lado, nos carregamentos de R, onde também não há um padrão explícito; na figura ao lado temos a distribuição dos traços funcionais, mostrando os padrões em quadrantes opostos, complementando os carregamentos de Q acima; após, os eixos irrestritos de Q.

Os valores de *Correlation L* ou de correlação entre os traços e os descritores ambientais foram baixos, tanto para o eixo 1 (0,120), quanto para o 2 (0,058), o que confirma a falta de relação entre a distribuição dos padrões reprodutivos dos anuros com as condições climáticas. Nos valores de inércia e coinércia (1,278 para o primeiro eixo) de Q que representa a matriz de traços e R, matriz de variáveis ambientais (1,094), apesar de para ambas matrizes encontrarmos um valor baixo, ainda podemos perceber que os valores mais altos são referentes a R: isso indica que há uma correlação, ainda que muito baixa, entre a distribuição dos animais e as variáveis ambientais.

Após obtermos as análises RLQ, combinamos com a abordagem de Quatro Cantos. A análise retornou a tabela de possíveis correlações entre as variáveis e os eixos da RLQ. Os quadrados vermelhos indicam correlação positiva, os azuis a correlação negativa e em cinza temos a ausência de correlação. Apesar de grande parte das variáveis não se relacionarem com os eixos, podemos notar uma correlação positiva entre o eixo 1 e as medidas de CRC. Podemos ver essa única correlação presente na Figura



**Figura 11.** Tabela gerada pela análise de Quatro Cantos. Podemos ver a correlação positiva entre CRC e o eixo 1 da RLQ que se refere a temperatura, e a falta de correlação com o eixo 2 que representa a pluviosidade. Notamos também a falta de significância dos eixos resumo dos traços funcionais com as variáveis ambientais.

## Discussão

Inicialmente como objetivo tínhamos o interesse em realizar as análises RLQ e Quatro Cantos para entender como a distribuição dos traços funcionais dos padrões reprodutivos dos anfíbios anuros da Mata Atlântica poderiam estar relacionados com as condições climáticas. Para a formulação da hipótese, nos baseamos em dados já presentes na literatura (AICHINGER, 1987; BERTOLUCI, 1998; SANTOS *et al.*, 2007), acreditando que haveria uma relação entre os padrões reprodutivos e os fatores ambientais.

Observando os resultados preliminares, era de se esperar que as análises de RLQ e Quatro cantos não tivessem resultados confirmando nossas hipóteses, uma vez que nem os padrões reprodutivos ou o CRC tiveram uma relação com as condições climáticas. Porém, as análises exploratórias sobre os dados complementam o estudo, de maneira a entendermos melhor os dados gerados a partir da curadoria desses. Tivemos um número significativo de comunidades, sendo que a maior parte dos indivíduos pode ser classificada no padrão reprodutivo prolongado (79%) e não há uma relação explícita na distribuição dos indivíduos nas biorregiões destacadas. Além disso, a possível relação entre tamanho corporal e variáveis ambientais reaparece quando analisamos os dados de maneira isolada, da mesma maneira, não encontramos correlação entre o padrão reprodutivo, variáveis ambientais e biorregiões.

Além da possível correlação entre o tamanho e descritores ambientais, ao analisarmos os tamanhos dos indivíduos machos e padrão reprodutivo, encontramos uma média de tamanho maior ligada ao padrão reprodutivo explosivo, explicitando a necessidade de mais estudos sobre a probabilidade de um padrão ligado a essas variáveis.

Dessa forma, analisando os valores da análise RLQ e Quatro cantos, confirmamos que não há um padrão claro no gradiente dos padrões reprodutivos com as variáveis climáticas selecionadas no bioma da Mata Atlântica, concluindo assim que outros fatores além dos analisados aqui podem explicar a distribuição dos padrões reprodutivos, como a história natural do grupo e outros fatores ambientais. Quanto à relação positiva notada acima entre o eixo 1 da RLQ e as medidas de CRC, deve ser melhor investigada para que haja um entendimento melhor de como essa relação pode ocorrer.

Ainda carecem estudos que relacionem o tamanho dos animais e as variáveis ambientais. Rahman *et al.* (2016) aponta como a temperatura afeta o desenvolvimento e crescimento de órgãos internos, o que afetaria diretamente o tamanho dos anuros, neste estudo observamos que a temperatura também teria uma correlação positiva, porém não é citado qual seria o impacto de índices pluviométricos. No mesmo sentido, Dastansara *et al.* (2017) demonstra que os anfíbios são fortemente influenciados pelo

clima, e que baixas temperaturas impactam em uma baixa no metabolismo e diretamente no crescimento, mas explicita que deve ser investido individualmente para cada espécie. Em regiões mais emperadas da América Latina, também foram encontrados resultados relacionando temperatura e tamanho corporal, porém por se tratar de uma região mais fria os animais maiores teriam metabolismo mais baixo sendo diretamente proporcional a baixa da temperatura, o que garantiria a hibernação desses indivíduos, entretanto o estudo explicita a especificidade da região e indica que esse pode ser um fator intrínseco a localidade temperada (VALENZUELA-SÁNCHEZ *et al.*, 2015).

Na Região Neotropical foram encontrados padrões que vão ao encontro dos resultados aqui obtidos. Boaratti *et al.* (2015) buscou relacionar as variáveis de temperatura e pluviosidade com o tamanho corporal de anfíbios, encontrando um aumento no tamanho corporal e aumento da temperatura, enquanto para a pluviosidade esse padrão ocorre de maneira inversa. O mesmo foi observado em Pupin *et al.* (2020), reafirmando a temperatura como uma variável importante para o tamanho dos animais. Dessa maneira, podemos observar que há um provável padrão que deve ser melhor investigado, já que se trata de animais ectotérmicos variações de temperatura impactam diretamente em seu modo de vida. Porém, este fenômeno deve ser melhor estudado, pois como citado em Boaratti *et al.* (2015), pode ser que haja um padrão intra específico ou pertencentes a regiões específicas, o que fica claro com os resultados para áreas temperadas (VALENZUELA-SÁNCHEZ, 2015), já que os resultados são inversos ao que pode ser observado em regiões neotropicais.

Com a organização dos dados e realização dos métodos, foi possível chegar a conclusão de que não há fortes correlações entre os traços funcionais, de fatores bioclimáticos e distribuição pelo bioma, ou seja, a hipótese não foi corroborada. Esse fato pode ter se sucedido por alguns principais motivos: de que realmente não há correlação entre as variáveis, os dados ainda possuem ruídos que podem prejudicar a análise, ou as variáveis selecionadas não capturam a variação planejada no começo do estudo.

A falta de dados tornou-se um problema durante a estruturação das matrizes. Os dados ambientais (de biorregiões e variáveis climáticas) são

mais concretos e completos. As informações mais escassas são as de traços funcionais de anfíbios, o que pode ter feito com que traços tão relevantes quanto os aqui utilizados não fossem incluídos por possuir poucas espécies para qual aquela informação era disponível.

Assim podemos refletir sobre as variáveis escolhidas. Pode ser que não tenhamos respostas tão conclusivas, pois as variáveis que escolhemos não são capazes de capturar a possível variação. Para que estudos como esses possam avançar, é importante ressaltar a importância do trabalho de campo e organização de dados, tanto para esse grupo taxonômico como para os demais.

Outra possível explicação para a falta de um padrão explícito de distribuição é a alta diversidade de espécies que compõem as comunidades. Quando isso ocorre, a diversidade funcional aumenta, acompanhando os demais índices de diversidade. Com uma grande diversidade funcional, pode ser que não haja tanta variação de um ponto de amostragem do outro, o que tornaria mais homogênea a distribuição e assim não poderíamos perceber um gradiente por não haver variação mais aparente.

Mesmo assim, a coleta de dados realizada é de grande importância, tanto para entender como os dados são escassos quanto para iniciar o processo de preenchimento de lacunas de conhecimentos (HORTAL *et al.*, 2015). As lacunas de conhecimento podem ser vistas como as dificuldades encontradas ao tentar sistematizar informações sobre indivíduos, e como esse processo pode ser mais complexo do que parece: reunir informações de diferentes indivíduos requer uma grande quantidade de conhecimento, e dependendo do grupo taxonômico pode ser que determinadas informações nunca tenham sido investigadas ou sistematizadas. As lacunas são significantes para refletirmos sobre o limite do conhecimento humano sobre a natureza.

A partir dos resultados, podemos concluir que a tolerância das espécies para quais os dados estavam mais completos não está relacionada com as tolerâncias abióticas. O tamanho (medida CRC) foi a variável que mais se destacou, por ter correlação positiva com o eixo 1 das condições ambientais, indicando que talvez essa possa ser uma variável relevante, que de qualquer maneira devemos nos debruçar sobre e explorar

mais buscando entender como e qual essa correlação. Estudos futuros devem se debruçar em dois pontos principais a partir dos resultados aqui obtidos: busca por preencher as lacunas de conhecimento referente ao grupo e entender a relação de tamanho com a distribuição e reprodução de anuros.

Alguns importantes comportamentos também não podem ser incluídos na análise RLQ, como a vocalização, que é um importante traço para os anuros: desde a demarcação de territórios até a reprodução em si (POUGH, 2008). De maneira geral, podemos concluir que não houve grandes correlações de padrão reprodutivo, variáveis ambientais e a distribuição de anfíbios anuros no bioma da Mata Atlântica. Estudos futuros são necessários para entendermos se há alguma outra possível correlação entre traços funcionais, ambiente e espécies. Para isso, talvez se faça necessária uma maior curadoria de dados, busca por outros e mais traços funcionais e talvez o uso de outra análise que possa capturar melhor um possível gradiente de correlação entre os fatores.

## Referências

ANDRADE, Denis Vieira de *et al.* **Amphibian and Reptile Adaptations to the Environment**: interplay between physiology and behavior. [S.L.]: Crc Press, 2016. 226 p. <https://doi.org/10.1201/9781315373638>.

AICHINGER, M.. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia*, [S.L.], v. 71, n. 4, p. 583-592, mar. 1987. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00379302>.

ASSIS, Ananda Brito de *et al.* Microbiota, secreções cutâneas e microclima: consequências para os anfíbios. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 45-48, 26 jun. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF, 2006. Disponível em: Acesso em: Mar. 2014.

BERGER, Lee *et al.* Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. **Pnas**, Oxford, v. 15, n. 85, p. 9031-9036, 9 mar. 1998.

BOARATTI, André Zuffo *et al.* Relationships between environmental gradients and geographic variation in the intraspecific body size of three species of frogs (Anura). *Austral Ecology*, [S.L.], v. 40, n. 8, p. 869-876, 1 maio 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/aec.12267>.

BOOTH, Trevor H. *et al.* Why understanding the pioneering and continuing contributions of BIOCLIM to species distribution modelling is important. **Austral Ecology**, [S.L.], v. 43, n. 8, p. 852-860, 9 jun. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/aec.12628>.

BOVO, Rafael P. *et al.* Physiological responses of Brazilian amphibians to an enzootic infection of the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Diseases Of Aquatic Organisms**, [S. L.], v. 117, n. 3, p. 245-252, jan. 2016.

CONSERVATION INTERNATIONAL/CENTER FOR APPLIED BIODIVERSITY SCIENCE.

The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook. [S.L.]:

**Island Press**, 2003. 408 p.

DASTANSARA, Nemat *et al.* Impacts of temperature on growth, development and survival of larval *Bufo* (Pseudepidalea) *viridis* (Amphibia: anura). *Zoology And Ecology*, [S.L.], v. 27, n. 3-4, p. 228-234, 8 ago. 2017. Nature Research Centre -NRC. <http://dx.doi.org/10.1080/21658005.2017.1360037>.

DASZAK, Peter *et al.* Emerging Infectious Diseases and Amphibian Population Declines. *Emerging Infectious Diseases*, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 735-748, dez. 1999. **Centers for Disease Control and Prevention** (CDC). <http://dx.doi.org/10.3201/eid0506.990601>.

DEAN, Warren. A ferro e fogo. [S.L.]: **Companhia das Letras**, 1996. 484 p.

DEBLAUWE, V. *et al.* Remotely sensed temperature and precipitation data improve species distribution modelling in the tropics. **Global Ecology And Biogeography**, [S.L.], v. 25, n. 4, p. 443-454, 26 jan. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/geb.12426>.

DINIZ-FILHO, José Alexandre Felizola *et al.* Agriculture, habitat loss and spatial patterns of human occupation in a biodiversity hotspot. **Scientia Agricola**, [S.L.], v. 66, n. 6, p. 764-771, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90162009000600007>.

DOLÉDEC, Sylvain *et al.* Species traits for future biomonitoring across ecoregions: patterns along a human-impacted river. **Freshwater Biology**, [s. /], v. 42, p. 597-761, dez. 1999.

DRAY, Stéphane; CHOLER, Philippe; DOLÉDEC, Sylvain; PERES-NETO, Pedro R.; THUILLER, Wilfried; PAVOINE, Sandrine; BRAAK, Cajo J. F. Ter. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. **Ecology**, [S.L.], v. 95, n. 1, p. 14-21, jan. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1890/13-0196.1>.

DRAY, S.; DUFOUR, A. (2007). "The ade4 Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists." *\_Journal of Statistical Software\_*, \*22\*(4), 1-20. doi: 10.18637/jss.v022.i04 (URL: <https://doi.org/10.18637/jss.v022.i04>).

DRAY, Stéphane; LEGENDRE, Pierre. Testing the species traits–environment relationships: the fourth-corner problem revisited. **Ecology**, [S.L.], v. 89, n. 12, p. 3400-3412, dez. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1890/08-0349.1>.

FICK, Stephen E.; HIJMANS, Robert J.. WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal Of Climatology**, [S.L.], v. 37, n. 12, p. 4302-4315, out. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.5086>.

FIGUEIREDO, L. Sinal vermelho na Mata Atlântica. Terra da Gente, Biodiversidade, p. 60-67, 2007.

FLECKER, Alexander S. *et al.* Ecosystem engineering by a tropical tadpole: density-dependent effects on habitat structure and larval growth rates. **Copeia**, [S.L.], v. 1999, n. 2, p. 495, 7 maio 1999. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/1447498>.

FONSECA, Gustavo A.B. da. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 17-34, 1985. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207\(85\)90055-2](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207(85)90055-2).

GERHARDT, H. Carl *et al.* Temperature effects on frequency preferences and mating call frequencies in the Green Treefrog, *Hyla cinerea* (Anura: Hylidae). **Journal Of Comparative Physiology**, Missouri, v. 137, p. 1-6, 5 dez. 1979.

GIOVANELLI, João G. R. *et al.* Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. **Biological Invasions**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 585-590, 8 ago. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-007-9154-5>.

HADDAD, Célio F. B. *et al.* **Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica - Diversidade e Biologia**. São Paulo: Anolis Books Editora, 2013. 544 p.

HADDAD, Célio F. B. *et al.* Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *Bioscience*, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 207, 2005. Oxford University Press (OUP). [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0207:rmifat\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0207:rmifat]2.0.co;2).

HIJMANS, Robert J. (2020). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.1-5. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>

HORTAL, Joaquín *et al.* Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics**, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 523-549, 4 dez. 2015. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400>.

HOULAHAN, Jeff. E. *et al.* Quantitative evidence for global amphibian population declines. **Nature**, [S.L.], v. 404, n. 6779, p. 752-755, abr. 2000. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/35008052>.

IBGE, R. "Manual técnico da vegetação brasileira." (2012): 275.

IUCN SPECIES SURVIVAL COMMISSION (org.). IUCN Red List categories and criteria. 2. ed. [S.L.]: **Gland And Cambridge**, 2012. 32 p.

KAPOS, Valerie *et al.* Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal Of Tropical Ecology*, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 173-185, maio 1989. **Cambridge University Press** (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0266467400003448>.

KIFFNEY, Peter M. et al. Interactions among nutrients, periphyton, and invertebrate and vertebrate (*Ascaphus truei*) grazers in experimental channels. *Copeia*, [S.L.], v. 2001, n. 2, p. 422-429, maio 2001. American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH). [http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511\(2001\)001\[0422:ianpai\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511(2001)001[0422:ianpai]2.0.co;2).

KRIGER, Kerry M. et al. Large-scale seasonal variation in the prevalence and severity of chytridiomycosis. **Journal Of Zoology**, Australia, v. 271, n. 3, p. 352-359, mar. 2007.

KUZMANOVIC, Maja; DOLÉDEC, Sylvain; CASTRO-CATALA, Nuria de; GINEBREDA, Antoni; SABATER, Sergi; MUÑOZ, Isabel; BARCELÓ, Damià. Environmental stressors as a driver of the trait composition of benthic macroinvertebrate assemblages in polluted Iberian rivers. **Environmental Research**, [S.L.], v. 156, p. 485-493, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.054>.

LEGENDRE, Pierre et al. Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. **Ecology**, [S.L.], v. 78, n. 2, p. 547, mar. 1997. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2307/2266029>.

LINGNAU, Rodrigo et al. Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: hylodidae). **Journal of Natural History**, [S.L.], v. 41, n. 17-20, p. 1227-1235, 1 jul. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930701395626>.

LOPES, Ariadna Valentina et al. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 142, n. 6, p. 1154-1165, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.007>.

MÔNICO, Alexander Tamanini et al. Malformation in three anuran species from a preserved remnant of Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 213-220, 22 jul. 2019. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.3897/neotropical.14.e37919>.

MURCIA, Carolina et al. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends In Ecology & Evolution*, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 58-62, fev. 1995. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0169-5347\(00\)88977-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0169-5347(00)88977-6).

NALI, Renato C. et al. Size-dependent selective mechanisms on males and females and the evolution of sexual size dimorphism in frogs. **The American Naturalist**, [S.L.], v. 184, n. 6, p. 727-740, dez. 2014. University of Chicago Press. <http://dx.doi.org/10.1086/678455>.

OLIVEIRA, Brunno Freire; SÃO-PEDRO, Vinícius Avelar; SANTOS-BARRERA, Georgina; PENONE, Caterina; COSTA, Gabriel C.. AmphibiO, a global database for amphibian ecological traits. **Scientific Data**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-7, 5 set. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2017.123>.

OLIVEIRA-FILHO, Ary T. et al. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of Climate1. *Biotropica*, [S.L.], v.

32, n. 4, p. 793-810, dez. 2000. Wiley.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>.

PEBESMA, E., 2018. Simple features for R: standardized support for spatial vector data. *The R Journal* 10 (1), 439-446, <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-00>

PETCHEY, Owen L.; GASTON, Kevin J. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, [S.L.], v. 9, n. 6, p. 741-758, jun. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>.

PETCHEY, Owen L.; GASTON, Kevin J. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 402-411, maio 2002. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x>.

PINTO-COELHO, Ricardo Motta. Fundamentos em ecologia. Artmed Editora, 2009.

POMBAL JR, José P.; HADDAD, Célio FB. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 45, n. 15, p. 215-229, 2005.

POUGH, F. Harvey; HEISER, John B.; MCFARLAND, William N. A vida dos vertebrados. São Paulo: Atheneu, 2008.

PUPIN, N. C. et al. Seasonality drives body size variation in a widely distributed Neotropical treefrog. *Journal Of Zoology*, [S.L.], v. 312, n. 2, p. 85-93, 23 maio 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jzo.12787>.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAHMAN, Mm. Impact of temperature fluctuations on gut histology of the cricket frog, *Fejervarya alimnocharis* (Anura: dicoglossidae). *Journal of Bio-Science*, [S.L.], v. 22, p. 15-20, 21 out. 2016. Bangladesh Journals Online (JOL). <http://dx.doi.org/10.3329/jbs.v22i0.30004>.

RANVESTEL, Anthony W. et al. Neotropical tadpoles influence stream benthos: evidence for the ecological consequences of decline in amphibian populations. *Freshwater Biology*, [S.L.], v. 49, n. 3, p. 274-285, mar. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01184.x>.

RIBEIRO, Milton Cezar; METZGER, Jean Paul; MARTENSEN, Alexandre Camargo; PONZONI, Flávio Jorge; HIROTA, Márcia Makiko. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 142, n. 6, p. 1141-1153, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>.

RIZZINI, Carlos Toledo. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. 2. ed. Rio de Janeiro: **Âmbito Cultural**, 1997. 747 p.

SANTOS, Tiago Gomes dos et al. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, [S.L.],

v. 97, n. 1, p. 37-49, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0073-47212007000100007>.

SAENZ, Daniel et al. Abiotic correlates of anuran calling phenology: the importance of rain, temperature, and season. *Herpetological Monographs*, v. 20, n. 1, p. 64-82, 2006.

SILVA, Emanuel Teixeira da; REIS, Evelyze Pinheiro dos; FEIO, Renato Neves; RIBEIRO FILHO, Oswaldo Pinto. Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: ranidae) in Viçosa, Minas Gerais state, Brazil. **South American Journal Of Herpetology**, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 286-294, dez. 2009. Brazilian Herpetological Society. <http://dx.doi.org/10.2994/057.004.0312>.

SOUTHWOOD, T. R. E. *et al.* The relationships of plant and insect diversities in succession. **Biological Journal of the Linnean Society**, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 327-348, dez. 1979. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.1979.tb00063.x>.

STUART, Simon N et al. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide.

**Science**, [S.L.], v. 306, n. 5702, p. 783-1786, 03 dez. 2004.

THIOULOUSE, Jean et al. **Multivariate Analysis of Ecological Data with ade4**. [S.L.]: Springer, 2018. 344 p.

TILMAN, David. Functional Diversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, [S.L.], p. 109-120, 2001. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b0-12-226865-2/00132-2>.

VALENZUELA-SÁNCHEZ, Andrés et al. Geographic body size variation in ectotherms: effects of seasonality on an anuran from the southern temperate forest. *Frontiers in Zoology*, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-10, dez. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12983-015-0132-y>.

VANCINE, Maurício Humberto et al. ATLANTIC AMPHIBIANS: a data set of amphibian communities from the Atlantic forests of South America. *Ecology*, [S.L.], v. 99, n. 7, p. 1692-1692, 28 jun. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ecy.2392>.

VITT, Laurie J.; CALDWEL, Janalee P. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 4. ed. [S.L.]: Academic Press, 2013. 757 p.

WHILES, Matt R.; LIPS, Karen R.; PRINGLE, Cathy M.; KILHAM, Susan S.; BIXBY, Rebecca J.; BRENES, Roberto; CONNELLY, Scott; COLON-GAUD, Jose Checo; HUNTE-BROWN, Meshagae; HURYIN, Alexander D. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 27-34, fev. 2006. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0027:teoapd\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0027:teoapd]2.0.co;2).

WELDON, Ché et al. Origin of the Amphibian Chytrid Fungus. *Emerging Infectious Diseases*, [S.L.], v. 10, n. 12, p. 2100-2105, dez. 2004. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC)**. <http://dx.doi.org/10.3201/eid1012.030804>.

WELLS, Kentwood David. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. [S.L.]: **University Of Chicago Press**, 2007. 1148 p.

WICKHAM et al., (2019). Welcome to the tidyverse. Journal of Open Source Software, 4(43), 1686, <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

WYMAN, Richard L.. What's Happening to the Amphibians? **Conservation Biology**, Virginia, v. 4, n. 4, p. 350-352, 4 dez. 1999.

ZIMMERMANN, Niklaus E. *et al.* New trends in species distribution modelling. **Ecography**, [S.L.], v. 33, n. 6, p. 985-989, dez. 2010. Wiley.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06953.x>.

## Apêndice 1

**Tabela 1.** Espécies e seus padrões reprodutivos e comprimento rostro-cloacal em milímetros.

Espécies	Padrão reprodutivo	CRC (mm)
<i>Adelophryne baturitensis</i>	Prolongado	13,8
<i>Adelophryne mucronata</i>	Prolongado	12
<i>Adelophryne pachydactyla</i>	Prolongado	11,1
<i>Adenomera ajurauna</i>	Prolongado	18,8
<i>Adenomera araucaria</i>	Prolongado	18
<i>Adenomera bokermanni</i>	Prolongado	23,6
<i>Adenomera marmorata</i>	Prolongado	19,3
<i>Adenomera nana</i>	Prolongado	18,3
<i>Adenomera thomei</i>	Prolongado	23,1
<i>Aplastodiscus albofrenatus</i>	Prolongado	39,3

<i>Aplastodiscus albosignatus</i>	Prolongado	43
<i>Aplastodiscus arildae</i>	Prolongado	37
<i>Aplastodiscus cavicola</i>	Prolongado	33,8
<i>Aplastodiscus cochranæ</i>	Prolongado	45,2
<i>Aplastodiscus ehrhardti</i>	Prolongado	31,4
<i>Aplastodiscus eugenioi</i>	Prolongado	32,3
<i>Aplastodiscus leucopygius</i>	Prolongado	43
<i>Aplastodiscus perviridis</i>	Prolongado	43
<i>Aplastodiscus weygoldti</i>	Prolongado	38,5
<i>Arcovomer passarellii</i>	Explosivo	19.8
<i>Boana albomarginata</i>	Prolongado	51,4
<i>Boana albopunctata</i>	Prolongado	63,3
<i>Boana atlantica</i>	Prolongado	40,2
<i>Boana bischoffi</i>	Prolongado	44,6
<i>Boana caipora</i>	Prolongado	34
<i>Boana crepitans</i>	Prolongado	62,1
<i>Boana curupi</i>	Prolongado	35
<i>Boana faber</i>	Prolongado	87,7
<i>Boana joaquini</i>	Prolongado	49,8
<i>Boana leptolineata</i>	Prolongado	31,9
<i>Boana lundii</i>	Prolongado	66,1
<i>Boana marginata</i>	Prolongado	48
<i>Boana pardalis</i>	Prolongado	63,8
<i>Boana poaju</i>	Prolongado	39,1
<i>Boana polytaenia</i>	Prolongado	38,5
<i>Boana prasina</i>	Prolongado	45
<i>Boana pulchella</i>	Prolongado	41,7
<i>Boana punctata</i>	Prolongado	30,4
<i>Boana raniceps</i>	Prolongado	70,8
<i>Boana semiguttata</i>	Prolongado	33

<i>Boana semilineata</i>	Prolongado	49,5
<i>Bokermannohyla ahenea</i>	Prolongado	50,6
<i>Bokermannohyla astartea</i>	Prolongado	40,4
<i>Bokermannohyla carvalhoi</i>	Prolongado	63,8
<i>Bokermannohyla circumdata</i>	Explosivo	53
<i>Bokermannohyla hylax</i>	Prolongado	62,5
<i>Bokermannohyla luctuosa</i>	Explosivo	66,9
<i>Bokermannohyla oxente</i>	Prolongado	48,9
<i>Brachycephalus alipioi</i>	Prolongado	12
<i>Brachycephalus didactylus</i>	Prolongado	8

<i>Brachycephalus ephippium</i>	Prolongado	14
<i>Brachycephalus hermogenesi</i>	Prolongado	9
<i>Brachycephalus nodoterga</i>	Prolongado	13
<i>Brachycephalus pernix</i>	Prolongado	13
<i>Brachycephalus pitanga</i>	Prolongado	13
<i>Brachycephalus tridactylus</i>	Prolongado	12
<i>Ceratophrys aurita</i>	Explosivo	101,1
<i>Chiasmocleis alagoana</i>	Explosivo	23
<i>Chiasmocleis atlantica</i>	Explosivo	25
<i>Chiasmocleis capixaba</i>	Explosivo	12,9
<i>Chiasmocleis carvalhoi</i>	Explosivo	17,2
<i>Chiasmocleis crucis</i>	Explosivo	19,9
<i>Chiasmocleis gnoma</i>	Explosivo	13,9
<i>Chiasmocleis leucosticta</i>	Explosivo	20,2
<i>Chiasmocleis mantiqueira</i>	Explosivo	16,6
<i>Chiasmocleis schubarti</i>	Explosivo	26,6
<i>Crossodactylodes bokermanni</i>	Prolongado	13,6
<i>Crossodactylodes izecksohni</i>	Prolongado	12,7
<i>Crossodactylus dispar</i>	Prolongado	28,2
<i>Crossodactylus gaudichaudii</i>	Prolongado	22,5
<i>Crossodactylus schmidtii</i>	Prolongado	22,4
<i>Crossodactylus trachystomus</i>	Prolongado	22,2
<i>Cycloramphus acangatan</i>	Prolongado	38,5
<i>Cycloramphus boraceiensis</i>	Prolongado	47
<i>Cycloramphus eleutherodactylus</i>	Prolongado	40
<i>Cycloramphus izecksohni</i>	Prolongado	34
<i>Cycloramphus juimirim</i>	Prolongado	28

<i>Dendrophryniscus berthallutzae</i>	Prolongado	20
<i>Dendrophryniscus brevipollicatus</i>	Prolongado	16,8
<i>Dendrophryniscus carvalhoi</i>	Prolongado	18
<i>Dendrophryniscus krausae</i>	Prolongado	20,1
<i>Dendrophryniscus leucomystax</i>	Prolongado	21
<i>Dendropsophus anceps</i>	Prolongado	40,7
<i>Dendropsophus berthallutzae</i>	Explosivo	19,9
<i>Dendropsophus bipunctatus</i>	Prolongado	23,4
<i>Dendropsophus decipiens</i>	Prolongado	14,3
<i>Dendropsophus elegans</i>	Prolongado	28,7
<i>Dendropsophus giesleri</i>	Prolongado	26,7
<i>Dendropsophus haddadi</i>	Prolongado	20,9
<i>Dendropsophus microps</i>	Prolongado	22,5
<i>Dendropsophus minutus</i>	Prolongado	23
<i>Dendropsophus nanus</i>	Prolongado	19,5
<i>Dendropsophus pseudomeridianus</i>	Prolongado	15,5
<i>Dendropsophus ruschii</i>	Prolongado	28,2
<i>Dendropsophus sanborni</i>	Prolongado	17,5
<i>Dendropsophus weneri</i>	Prolongado	17,4
<i>Elachistocleis bicolor</i>	Explosivo	27,5
<i>Elachistocleis cesarii</i>	Explosivo	29,1
<i>Elachistocleis erythrogaster</i>	Explosivo	30,7
<i>Euparkerella brasiliensis</i>	Prolongado	16,7
<i>Euparkerella cochrae</i>	Prolongado	15,9
<i>Euparkerella robusta</i>	Prolongado	17
<i>Euparkerella tridactyla</i>	Prolongado	15,1
<i>Fritziana fissilis</i>	Prolongado	22

<i>Fritziana goeldii</i>	Prolongado	28
<i>Fritziana ohausi</i>	Prolongado	28
<i>Frostius pernambucensis</i>	Prolongado	21
<i>Gastrotheca fulvorufa</i>	Prolongado	61
<i>Gastrotheca microdiscus</i>	Prolongado	50
<i>Haddadus binotatus</i>	Prolongado	38,8
<i>Hylodes amnicola</i>	Prolongado	26,5
<i>Hylodes apuanus</i>	Prolongado	80,5
<i>Hylodes asper</i>	Prolongado	37,7
<i>Hylodes babax</i>	Prolongado	31,5
<i>Hylodes cardosoi</i>	Prolongado	35,2
<i>Hylodes charadranaetes</i>	Prolongado	39,4
<i>Hylodes goeldii</i>	Prolongado	86,7
<i>Hylodes heyeri</i>	Prolongado	39
<i>Hylodes lateristrigatus</i>	Prolongado	34,7
<i>Hylodes magalhaesi</i>	Prolongado	29,7
<i>Hylodes massarti</i>	Prolongado	108
<i>Hylodes meridionalis</i>	Prolongado	38,4
<i>Hylodes nasus</i>	Prolongado	38,2
<i>Hylodes ornatus</i>	Prolongado	22,7
<i>Hylodes perere</i>	Prolongado	25,3
<i>Hylodes phyllodes</i>	Prolongado	27
<i>Hylodes pipilans</i>	Prolongado	24,1
<i>Hylodes sazimai</i>	Prolongado	28,3
<i>Ischnocnema abdita</i>	Prolongado	15,7
<i>Ischnocnema bolbodactyla</i>	Prolongado	13,5
<i>Ischnocnema guentheri</i>	Prolongado	26,6

<i>Ischnocnema henselii</i>	Prolongado	23,1
<i>Ischnocnema holti</i>	Prolongado	17,4
<i>Ischnocnema izecksohni</i>	Prolongado	32
<i>Ischnocnema juipoca</i>	Prolongado	15,5
<i>Ischnocnema manezinho</i>	Prolongado	24,7
<i>Ischnocnema nasuta</i>	Prolongado	23,1
<i>Ischnocnema nigriventris</i>	Prolongado	19
<i>Ischnocnema octavioi</i>	Prolongado	27,3
<i>Ischnocnema oea</i>	Prolongado	18,7
<i>Ischnocnema parva</i>	Prolongado	14
<i>Ischnocnema randorum</i>	Prolongado	13,8
<i>Ischnocnema sambaqui</i>	Prolongado	36,9
<i>Ischnocnema verrucosa</i>	Prolongado	23,2
<i>Ischnocnema vizottoi</i>	Prolongado	19,1
<i>Itapotihyla langsdorffii</i>	Explosivo	84
<i>Leptodactylus flavopictus</i>	Prolongado	127,1
<i>Leptodactylus furnarius</i>	Prolongado	35,5
<i>Leptodactylus fuscus</i>	Prolongado	44,2
<i>Leptodactylus gracilis</i>	Prolongado	41
<i>Leptodactylus jolyi</i>	Prolongado	46,9
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	Prolongado	152,3
<i>Leptodactylus latrans</i>	Prolongado	96
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	Prolongado	90
<i>Leptodactylus mystaceus</i>	Prolongado	47,1
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	Prolongado	50
<i>Leptodactylus natalensis</i>	Prolongado	39
<i>Leptodactylus notoaktites</i>	Prolongado	41,3

<i>Leptodactylus podicipinus</i>	Prolongado	41,8
<i>Leptodactylus spixi</i>	Prolongado	41,2
<i>Limnomedusa macroglossa</i>	Prolongado	45
<i>Lithobates catesbeianus</i>	Prolongado	71,4
<i>Lithobates palmipes</i>	Prolongado	113
<i>Macrogenioglottus alipioi</i>	Explosivo	8
<i>Myersiella microps</i>	Explosivo	21,6
<i>Nyctimantis bokermanni</i>	Explosivo	46
<i>Nyctimantis brunoi</i>	Explosivo	75,1
<i>Odontophrynus americanus</i>	Explosivo	44,5
<i>Odontophrynus carvalhoi</i>	Explosivo	63,3
<i>Paratelmatoobius cardosoi</i>	Prolongado	17,4
<i>Paratelmatoobius gaigeae</i>	Prolongado	16,6
<i>Phasmahyla cochranee</i>	Prolongado	32,4
<i>Phasmahyla guttata</i>	Prolongado	33,3
<i>Phasmahyla jandaia</i>	Prolongado	31
<i>Phyllodytes kautskyi</i>	Prolongado	40,1
<i>Phyllodytes luteolus</i>	Prolongado	24,4
<i>Phyllomedusa burmeisteri</i>	Prolongado	55
<i>Phyllomedusa distincta</i>	Prolongado	56
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i>	Prolongado	60,7
<i>Physalaemus atlanticus</i>	Prolongado	18,8
<i>Physalaemus barrooi</i>	Prolongado	29,1
<i>Physalaemus bokermanni</i>	Prolongado	16
<i>Physalaemus crombiei</i>	Prolongado	20,7
<i>Physalaemus cuvieri</i>	Prolongado	28,3
<i>Physalaemus feioi</i>	Prolongado	25,5

<i>Physalaemus jordanensis</i>	Prolongado	22,4
<i>Physalaemus lateristriga</i>	Prolongado	32,2
<i>Physalaemus maximus</i>	Prolongado	47,9
<i>Physalaemus moreirae</i>	Prolongado	26,1
<i>Physalaemus nanus</i>	Prolongado	20,7
<i>Physalaemus olfersii</i>	Prolongado	30,2
<i>Physalaemus soaresi</i>	Prolongado	19,5
<i>Physalaemus spiniger</i>	Explosivo	20,1
<i>Pipa carvalhoi</i>	Prolongado	44,5
<i>Pithecopus rohdei</i>	Prolongado	43,4
<i>Pristimantis paulodutraii</i>	Prolongado	27
<i>Pristimantis ramagii</i>	Prolongado	18,4
<i>Pristimantis vinhai</i>	Prolongado	19
<i>Proceratophrys appendiculata</i>	Explosivo	50,1
<i>Proceratophrys boiei</i>	Explosivo	50,8
<i>Proceratophrys laticeps</i>	Explosivo	67,3
<i>Proceratophrys melanopogon</i>	Explosivo	42,4
<i>Pseudis bolbodactyla</i>	Prolongado	38
<i>Pseudis cardosoi</i>	Prolongado	40,2
<i>Pseudis fusca</i>	Prolongado	38,5
<i>Pseudis minuta</i>	Prolongado	36,5
<i>Pseudis paradoxa</i>	Prolongado	52
<i>Rhinella crucifer</i>	Explosivo	81,6
<i>Rhinella diptycha</i>	Explosivo	133,2
<i>Rhinella dorbignyi</i>	Explosivo	48,2
<i>Rhinella granulosa</i>	Explosivo	48,1
<i>Rhinella hoogmoedi</i>	Explosivo	41,6

<i>Rhinella icterica</i>	Explosivo	125
<i>Rhinella ornata</i>	Explosivo	61
<i>Rhinella pygmaea</i>	Explosivo	32,1
<i>Scinax albicans</i>	Explosivo	30
<i>Scinax alter</i>	Prolongado	27,1
<i>Scinax argyreornatus</i>	Explosivo	19,3
<i>Scinax ariadne</i>	Prolongado	32,2
<i>Scinax belloni</i>	Prolongado	35,6
<i>Scinax brieni</i>	Prolongado	32
<i>Scinax caldarum</i>	Prolongado	29,4
<i>Scinax crospedospilus</i>	Explosivo	30,1
<i>Scinax cuspidatus</i>	Explosivo	30,9
<i>Scinax duartei</i>	Prolongado	30
<i>Scinax eurydice</i>	Explosivo	52,5
<i>Scinax flavoguttatus</i>	Explosivo	28,4
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	Explosivo	21,2
<i>Scinax fuscovarius</i>	Explosivo	42
<i>Scinax hayii</i>	Prolongado	51
<i>Scinax hiemalis</i>	Prolongado	25,3
<i>Scinax littoralis</i>	Prolongado	28,7
<i>Scinax longilineus</i>	Explosivo	30,4
<i>Scinax nebulosus</i>	Prolongado	26,8
<i>Scinax perereca</i>	Prolongado	38
<i>Scinax perpusillus</i>	Prolongado	17,4
<i>Scinax ranki</i>	Prolongado	23,3
<i>Scinax rizibilis</i>	Explosivo	24,4
<i>Scinax similis</i>	Explosivo	35,3

<i>Scinax squalirostris</i>	Prolongado	25
<i>Scinax x-signatus</i>	Explosivo	40
<i>Scythrophrys sawayae</i>	Explosivo	15,9
<i>Sphaenorhynchus palustris</i>	Prolongado	30,5
<i>Sphaenorhynchus planicola</i>	Prolongado	19,7
<i>Sphaenorhynchus platycephalus</i>	Prolongado	30,3
<i>Sphaenorhynchus prasinus</i>	Prolongado	28
<i>Sphaenorhynchus surdus</i>	Prolongado	25,3
<i>Stereocyclops histrio</i>	Explosivo	32,5
<i>Stereocyclops incrassatus</i>	Explosivo	45,8
<i>Stereocyclops parkeri</i>	Explosivo	41,9
<i>Thoropa lutzi</i>	Prolongado	25,9
<i>Thoropa miliaris</i>	Prolongado	57,5
<i>Thoropa saxatilis</i>	Prolongado	49,5
<i>Thoropa taophora</i>	Prolongado	63
<i>Trachycephalus atlas</i>	Explosivo	98
<i>Trachycephalus imitatrix</i>	Explosivo	53
<i>Trachycephalus lepidus</i>	Explosivo	49,1
<i>Trachycephalus mesophaeus</i>	Explosivo	65,5
<i>Trachycephalus nigromaculatus</i>	Explosivo	80
<i>Trachycephalus typhonius</i>	Explosivo	75
<i>Vitreorana eurygnatha</i>	Prolongado	23,6
<i>Vitreorana uranoscopa</i>	Prolongado	27,1

## Apêndice 2

**Tabela 2.** Saídas e Resultados da análise RLQ.

RLQ analysis					
--------------	--	--	--	--	--

	Total inertia: 0.02384				
Eigenvalues	Ax1	Ax2			
	0,020228	0,003 614			
Projected inertia (%):	Ax1	Ax2			
	84.84	15.16			
Cumulative projected inertia (%)	Ax1	Ax1:2			
	84.84	100.0 0			
Eigenvalues decomposition	eig	covar	sdR	sdQ	corr
1	0,02022769 7	0,142 22411	0,0601166 6	1,0460 04	0,1 202 406 8
2	0,00361401 2	0,060 11666	1,086844	0,9517 75	0,0 581 156 7
Inertia & coinertia R(R)	inertia	max	ratio		
1	1,278724	1,518 719	0,8419757		
12	2,459955	2,892 983	0,8503176		
Inertia & coinertia Q (Q)	inertia	max	ratio		
1	1,094124	1,260 099	0,8682847		
12	2,000000	2,000 000	1		
Correlation L (L)	corr	max	ratio		
1	0,12024068	0,749 4633	0,1604357 1		

2	0,05811567	0,727 3218	0,079903 65	
---	------------	---------------	----------------	--

Helena T. C. de Oliveira

**Aluno:** Helena Thereza Carvalho de Oliveira

Maurício Humberto Vancine

**Orientador:** Maurício Humberto Vancine

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Célio Fernando Baptista Haddad', written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat abstract.

**Coorientador:** Prof. Célio Fernando Baptista Haddad