

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

VINICIUS GUERRA BATISTA

**Composição e estrutura de comunidades de anuros nos Campos Gerais
do sul do Brasil: efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais**

Maringá
2014

VINICIUS GUERRA BATISTA

Composição e estrutura de comunidades de anuros nos Campos Gerais do sul do Brasil: efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientais 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

Orientador Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos

Maringá
2014

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

B333c Batista, Vinicius Guerra, 1988-
Composição e estrutura de comunidades de anuros nos Campos Gerais do sul do Brasil : efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais / Vinicius Guerra Batista. -- Maringá, 2014.
86 f. : il. (algumas color.).
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2014.
Orientador: Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos.
1. Anuros - Comunidades, Ecologia de - Cerrado e Mata Atlântica - Campos Gerais - Paraná (Estado). 2. Anuros - Metacomunidades - Cerrado e Mata Atlântica - Campos Gerais - Paraná (Estado). 3. Anfíbios - Metacomunidades - Cerrado e Mata Atlântica - Campos Gerais - Paraná (Estado). I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -597.81782098162
NBR/CIP - 12899 AACR/2

VINICIUS GUERRA BATISTA

Composição e estrutura de comunidades de anuros nos Campos Gerais do sul do Brasil: efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais

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. Dr. Rogério Pereira Bastos
Universidade Federal de Goiás (Presidente)

Prof. Dr. Fausto Nomura
Universidade Federal de Goiás (UFG)

Prof. Dr. Luiz Carlos Gomes
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovado em: 26 de março de 2014.

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

Dedico este trabalho a meu pai Wlamir Batista de Deus e minha mãe Zelma Guerra Batista pelo amor incondicional e apoio, sempre que precisei.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador Rogério Pereira Bastos, que me deu a oportunidade de realizar este trabalho, me ensinando desde a graduação sobre os comportamentos e bioacústica das diferentes espécies de anfíbios, pela paciência e compreensão diante minhas limitações e dificuldades. Obrigado pelo ensejo de aprender sobre a responsabilidade e o profissionalismo exigidos pela carreira acadêmica, assim como pelo convívio e a chance de poder realizar mais um sonho.

Agradeço aos colegas que fazem parte ou que já passaram em algum momento pelo laboratório de Herpetologia e Comportamento Animal, em especial a Alessandro, Geiziane, Jade, Luciana, Priscilla Lemes, Priscilla Gambale e Raísa, pelo companheirismo e discussões durante todos esses anos, assim como pela amizade e momentos de descontração. Foi muito importante o incentivo e a presença de cada um, em algum momento da minha vida acadêmica, para a realização desta dissertação. Espero que nossa amizade, assim como nosso trabalho, perdure por muito tempo e que possamos realmente contribuir de alguma forma para que o conhecimento sobre os anfíbios se torne mais difundido e apreciando por todos que gostam de história natural, ecologia e conservação da fauna.

À Camila Barbosa, Danielle Petch, Nathalia Dias, Priscilla Gambale, Renata Campos e ao senhor Celso pela ajuda e convivência durante as viagens de campo. Espero que as serpentes (não é Camila?), sanguessugas (não é Dani? – Vida Loka!), sons estranhos (não é Nathi?), fazendeiros armados (não é Rê?), os “quadrados infinitos!” (não é Pri?) e as boas conversas (Sr. Celso), que encontramos nos brejos tenham sido uma experiência inesquecível, assim como foi para mim. Obrigado por tornarem o campo mais divertido e cheio de aventuras!

À Danielle Petch, Denis Nogueira, Fabrício Oda, Fausto Nomura, Luciana Signoreli, Paulo de Marco e Priscila Gambale, que contribuíram de alguma forma durante a realização das análises estatísticas ou discussões pertinentes ao manuscrito.

Aos amigos sapologos Fabricio Oda, Igor Affonso, Priscila Gambale, Renata Campos e Ricardo Moraes pela amizade, companheirismo e discussões herpetológicas durante todo o período que estive em Maringá. Especialmente ao Fabrício e a Priscilla pelos ensinamentos, paciência e companhia. Espero que possamos continuar trabalhando em parceria por muito tempo.

A todos os professores que ministraram as disciplinas (Alice Takeda, Andréa Bialezki, Ângelo Agostinho, Carolina Minte Vera, Claudia Bonecker, Erivelto Goulart, Evanilde Benedito, Fábio Lansac Tôha, Horácio Julio Junior, Luiz Gomes, Norma Segatti Hahn, Sidney Tomaz e Sueli Train), obrigado pelos ensinamentos. Antes de vocês não sabia quase nada sobre ecologia água doce e nem da real importância dos organismos aquáticos, especialmente aqueles que não podemos ver a olho nu.

A todos os funcionários do PEA, pelo aprendizado, amizade e disponibilidade sempre que precisei. Obrigado à Salete e João, que sempre estiveram à disposição para encontrar aqueles artigos de 1800 (ou que as revistas se “recusavam” a disponibilizar, ehehehe) e fizeram as idas à biblioteca sempre cheias de conhecimentos, palavras gentis e amigas. À Aldenir e Jocemara, que sempre estiveram à disposição para resolver os problemas e

pendências acadêmicas. À Dú (Laboratório de Liminologia) que mostrou como as variáveis abióticas devem ser corretamente medidas, assim como pelo apoio e empréstimo de material durante o mestrado. Ao Jaime pela confecção dos mapas. À Érica e Harumi pelo empréstimo do material de laboratório e de campo. Em especial, Celsão e Seu Ní, que não são só motoristas, mas grandes companheiros que me conduziam em busca dos brejos a procura dos girinos.

À Andréa Bialezki e Norma Segatti Hahn pelo “empréstimo” dos laboratórios de Ictioplâncton (é tudo larva Andréia! heheheh) e de Alimentação de Peixes. Obrigado pelo empréstimo dos equipamentos, materiais e por fazer com que eu sentisse parte da equipe do NUPELIA.

Ao Fausto Nomura e Natacha Y. Nagatani que ajudaram na identificação dos girinos.

Aos colegas do PEA, especialmente a minha turma de mestrado (ME/DO PEA 2012) pelo companheirismo, união e força. Obrigado por terem se tornado mais que colegas de sala de aula, mas grandes parceiros: Aline, Bárbara, Bia, Bianca, Camila, Carol, Danielle, Gabriel, Herick, Jean, Júliana, Leticia1, Letícia2, Louizi, Mariana, Marília, Mirtha, Nathália, Thaísa, Thamís, Robertson e Rogério.

Aos meus colegas de apê, Herick e Gabriel, pela amizade, ensinamentos e paciência despendida nesses dois anos de convívio.

Aos grandes amigos (as) que fiz em Maringá, Camila, Nathália, Bia, Robertson, Mara, Victor, Betinho, pela presença e amizade, se tornando uma família pra mim durante todo esse período e fazendo minha estadia em Maringá mais agradável. Obrigado por me ouvir reclamar da vida (o que quase não faço, não é?) e tornado os finais de semana menos tediosos (Agito!!!).

Ao meu irmão e irmãs de coração, Alvamir, Marcela, Fernanda e Camila e aos demais amigos (as), Bruno, Diogo, Vinicius, Werther, Carla, Dani, Rhuana e Tarcila que sempre estiveram ao meu lado durante esta caminhada, ouvindo e fazendo histórias juntos.

Aos meus pais, Zelma e Wlamir, e toda minha família, por entender minha ausência em momentos importantes e por me apoiar sempre que precisei, oferecendo palavras de força e incentivo para realizar meus sonhos e dando suporte nos períodos mais difíceis.

Agradeço a CAPES pelo fornecimento da bolsa, ao PROEX e SISBIOTA pelo apoio logístico, ao ICMBio e ao IAP pela licença de coleta e transporte.

A todas as demais pessoas, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, em especial a todos os fazendeiros que permitiram as coletas em suas propriedades. Também devo agradecer aos sapos, rãs e pererecas, que sempre me inspiraram com suas formas, cores, comportamentos e vocalizações.

"Aquele que ama a prática sem teoria é como o marinheiro que embarca em um navio sem leme e bussola e nunca sabe onde pode chegar"
Leonardo Da Vinci

Composição e estrutura de comunidades de anuros nos Campos Gerais do sul do Brasil: efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais

RESUMO

A ecologia de comunidades procura compreender os fatores que estruturam as comunidades e permitem a coexistência das espécies. O conhecimento de tais mecanismos ainda é incipiente para os anfíbios anuros, especialmente em relação aos efeitos da dispersão, seleção de habitat, respostas às características ambientais, biológicas e espaciais. As comunidades de anfíbios apresentam padrões distintos em uma faixa de escalas espacial, temporal e funcional. A compreensão dos fatores responsáveis por estruturar a dinâmica dessas comunidades e a distribuição das espécies são ferramentas úteis para entender os efeitos dos declínios populacionais, especialmente considerando que os anuros estão entre os grupos de vertebrados mais ameaçados, principalmente em decorrência das atividades humanas. Pressões antrópicas e atividades agropecuárias têm tornado os Campos Gerais um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil, tornando urgente o desenvolvimento de estudos sobre a fauna dessa região. Registraram-se as espécies de anfíbios anuros em remanescentes disjuntos de Cerrado e ecótono (Mata Atlântica) nos Campos Gerais do Paraná. Os resultados obtidos são apresentados em duas partes, sendo a primeira (i) “Composição e estrutura de assembleias de anuros em ecótono Cerrado-Mata Atlântica nos Campos Gerais do sul do Brasil”, e a segunda (ii) “Efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais sobre a estruturação da metacomunidade de larvas de anuros no sul do Brasil”. Foi possível verificar diferenças na composição de espécies entre diferentes ambientes, assim como compreender os padrões de formação de uma metacomunidade de anuros.

Palavras-chave: Ecologia de comunidades. Metacomunidades. Diversidade de espécies. Características ambientais. Ecótono.

Composition and community structure of anurans in Campos Gerais in southern Brazil: effects of biological, environmental and spatial factors

ABSTRACT

The community ecology seeks to understand the factors that are structuring communities and allowing species coexistence. The knowledge of these mechanisms is still incipient for anuran amphibians, especially in relation to the effects of dispersion, habitat selection and responses to environmental, biological and spatial characteristics. Amphibian communities present distinct patterns in a range of spatial, temporal and functional scale. The knowledge of the factors responsible to structure the dynamics of these communities and species distribution are useful tools, allowing the understand of the effects of populations declines, especially considering that the anurans are among the most threatened group of vertebrates, mainly by human activities. Anthropogenic pressures and agricultural activities have become Campos Gerais one of the most threatened ecosystems in Brazil, making it urgent to develop studies on the fauna of this region. We recorded species of amphibians into disjoint remnants of Cerrado and ecotone (Atlantic Forest) in Campos Gerais of Paraná. The results are presented in two parts, the first (i) "Composition and structure of anuran assemblies in the Cerrado-Atlantic Forest ecotone in Campos Gerais in southern Brazil", and the second chapter (ii) "Effects of biological, environmental and spatial factors structuring the tadpoles metacommunity in southern Brazil". It was possible to verify differences in species composition between different environments as well as understand patterns of shaping an anuran metacommunity.

Keywords: Community ecology. Metacommunities. Species diversity. Environmental characteristics. Ecotone.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
	REFERÊNCIAS	14
2	COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE ANUROS EM ECÓTONO CERRADO-MATA ATLÂNTICA NOS CAMPOS GERAIS DO SUL DO BRASIL	18
	ABSTRACT	18
	RESUMO	18
2.1	INTRODUÇÃO	20
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	21
2.2.1	Área de estudo.....	21
2.2.2	Delineamento amostral.....	23
2.2.3	Análises estatísticas.....	24
2.3	RESULTADOS	25
2.4	DISCUSSÃO	27
	REFERÊNCIAS	31
	Tabela 1 - Caracterização dos habitats amostrados em remanescentes de Cerrado e ecótono dos Campos Gerais do Paraná	40
	Tabela 2 - Lista de espécies de anuros coletados nos remanescentes disjuntos de Cerrado e Ecótono nos Campos Gerais do Paraná, Brasil	44
	Figura 1 - Mapa mostrando os municípios que foram amostrados com ocorrência de remanescentes de cerrado nos Campos Gerais	47
	Figura 2 - Espécies registradas na área de estudo	48
	Figura 3 - Espécies registradas na área de estudo	50
	Figura 4 - Curva de acumulação de espécies (riqueza observada e estimada - Jackknife 1) de espécies de anfíbios anuros (em fase adulta), Campos Gerais do Paraná, Brasil..	51
	Figura 5 - Diagrama de ordenação resultante da análise de coordenadas principais (PCoA)... ..	52
3	EFEITOS DOS FATORES BIOLÓGICOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS SOBRE A ESTRUTURAÇÃO DE METACOMUNIDADES DE LARVAS DE ANUROS NO SUL DO BRASIL	53
	ABSTRACT	53
	RESUMO	54
3.1	INTRODUÇÃO	55
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3.2.1	Área de estudo	58
3.2.2	Delineamento amostral	58
3.2.3	Análises estatísticas	60
3.2.3.1	Variáveis espaciais	60
3.2.3.2	Partição da diversidade beta	61
3.2.3.3	Partição da variância	61
3.3	RESULTADOS	62
3.4	DISCUSSÃO	63
	REFERÊNCIAS	68
	Tabela 1 - Caracterização dos habitats amostrados em remanescentes de Cerrado e ecótono dos Campos Gerais do Paraná	76
	Tabela 2 - Valores de I Moran indicando a autocorrelação espacial entre as variáveis biológicas, ambientais e espaciais medidas	80

Tabela 3 - Larvas de anuros amostradas nos Campos Gerais do Estado do Paraná	81
Tabela 4 - Partição da variância da composição de espécies de larvas de Anuros analisada em função de fatores biológicos, ambientais e espaciais no norte do estado do Paraná	83
Figura 1 - Mapa mostrando os municípios com ocorrência de remanescentes de cerrado nos Campos Gerais	84
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85

1 INTRODUÇÃO

A ecologia de comunidades busca entender os padrões de riqueza e abundância das espécies, assim como diferenças na composição, uso de recursos e influência de fatores bióticos e abióticos sobre os processos de estruturação e organização das comunidades (Leibold et al., 2004; Azeria & Kolasa, 2008; Pandit et al., 2009; Vellend, 2010). Assim, diferentes elementos estão atuando para determinar a estruturação das assembleias, como a adaptação a características abióticas (seleção de habitat e clima) (Parris, 2004; Werner et al., 2007), bióticas (interações entre espécies) (Kopp & Eterovick, 2006; Kopp et al., 2006; Gonzalez et al., 2011), além de processos históricos e evolutivos (Piha et al., 2007).

O entendimento dos fatores que estruturam as comunidades e permitem a coexistência das espécies constituem uma questão fundamental dentro do estudo da ecologia. O conhecimento básico de uma comunidade pode se tornar mais robusto e ter uma melhor aplicabilidade quando está aliado às causas que levam ao padrão observado, ou seja, a relação das espécies com as condições físicas e, também, as interações ecológicas intra e interespecíficas (Kopp & Eterovick, 2006; Silva et al., 2011). Para os anfíbios, o conhecimento de tais mecanismos é fundamental, especialmente com o intuito de entender os efeitos da limitação de dispersão, dos papéis das espécies e dos declínios populacionais para as comunidades (Didham et al., 2007).

Abordagens relacionadas às características ambientais, seleção de nicho e processos espaciais, baseados principalmente na importância da dispersão dos organismos vem sendo invocados como os principais mecanismos determinantes da riqueza e composições de espécies de anfíbios nas comunidades (Parris, 2004; Bastazini et al., 2007; Vasconcelos, et al., 2009; Silva et al., 2011). O ambiente físico por si só é espacialmente heterogêneo e essa estrutura espacial pode estar relacionada á distribuição das espécies. Assim, o ambiente tanto em uma escala local quanto regional também tem sido reconhecido como um dos responsáveis pela variabilidade na diversidade de espécies de anfíbios (Parris, 2004; Bastazini et al., 2007; Vasconcelos et al., 2009).

Além disso, modelos de metacomunidades também têm avançado a compreensão de como a dispersão, processos relacionados ao nicho e a heterogeneidade das manchas influencia a abundância e distribuição das espécies em um conjunto de comunidades (Leibold et al., 2004; Pandit et al., 2009; De Bie et al., 2012). A dinâmica de metacomunidades de vertebrados com baixa capacidade de dispersão, como dos anfíbios, ainda não foi muito bem explorada, o que limita a aplicação de generalizações da teoria

para todos os grupos de organismos (Logue et al., 2011). Considerando que a escala espacial pode influenciar na importância relativa dos processos espaciais e ambientais (Ng et al., 2009), e que os anfíbios não possuem grande dispersão em busca de recursos (Rothermel & Semlitsch, 2002), o estudo de metacomunidades de anuros é importante para entender os fatores que afetam as comunidades neste grupo e fortalecer o desenvolvimento deste recente paradigma ecológico.

Comunidades de anuros são particularmente adequadas para o teste de teorias ecológicas porque apresentam padrões distintos em uma faixa de escalas espacial, temporal e funcional (Parris, 2004; Ernst & Rödel, 2008). Neste sentido, a compreensão de fatores que regem a dinâmica das comunidades e a distribuição das espécies são ferramentas extremamente úteis para entender os efeitos dos declínios populacionais nas comunidades (Didham et al., 2007; Ernst & Rödel, 2008), sendo muito eficazes na tomada de decisões conservacionistas (Becker et al., 2010).

Embora o Brasil abrigue a maior diversidade de anfíbios do mundo, com 946 espécies conhecidas (SBH, 2013), e considerando a extensa e heterogênea paisagem brasileira, a maioria dos estudos com estrutura das comunidades de anuros ainda são apenas descritivos (e.g., Conte & Rossa-Feres, 2006; Conte & Rossa-Feres, 2007; Brassaloti et al., 2010). Os Campos Gerais situam-se na porção centro-leste do Paraná, com 11.761,41 km² de extensão (Melo et al. 2003). Apesar deste Estado estar sobre influência direta da Mata Atlântica, na região dos Campos Gerais está o limite austral do domínio Cerrado. Assim, existem algumas áreas de savana que estão distribuídas principalmente em manchas espalhadas, que são constituídas por um conjunto de espécies características do Planalto Central (Ritter et al., 2010). Devido à sua originalidade ecológica, especialmente no que se refere ao mosaico formado quando floresta e campo se interpenetram, juntamente com a baixa representatividade de áreas protegidas, pressões antrópicas impostas pela colonização e atividades agropecuárias, os Campos Gerais são um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil (Rocha et al., 2006). Assim, a importância e urgência no desenvolvimento de estudos sobre a fauna dessa fisionomia vegetal são evidenciadas quando se considera que a anurofauna do Estado do Paraná ainda é pouco conhecida (Conte & Rossa-Feres, 2006; Conte & Rossa-Feres, 2007; Conte et al., 2010), especialmente para a região.

Neste sentido, este trabalho visa contribuir para o conhecimento dos anfíbios anuros em remanescentes disjuntos de Cerrado e ecótono (Mata Atlântica) nos Campos Gerais,

assim como compreender os padrões de formações das comunidades de anuros neste peculiar ecossistema. Os resultados obtidos são apresentados em duas partes, sendo a primeira (i) “Composição e estrutura de assembleias de anuros em ecótono Cerrado-Mata Atlântica nos Campos Gerais do sul do Brasil”, cujos objetivos foram: conhecer os anfíbios anuros que ocorrem nos Campos Gerais, apresentando um inventariamento das espécies de anfíbios anuros, tanto na fase adulta quanto larval, verificando se há diferença na composição de espécies entre ambientes de área aberta e bordas de fragmentos florestais, se existe relação entre o componente espacial e a distribuição das espécies, e se existe um padrão de coocorrência entre as assembleias de anuros na região; e a segunda (ii) “Efeitos dos fatores biológicos, ambientais e espaciais sobre a estruturação de metacomunidades de larvas de anuros no sul do Brasil”, cujos objetivos foram: determinar qual componente (*turnover* ou aninhamento) é mais importante para explicar a mudança na composição de espécies, identificar a estrutura da metacomunidade que melhor se ajuste para as comunidades, e determinar a influência relativa dos fatores biológicos e ambientais locais e espaciais nos padrões da metacomunidade de larvas anuros em corpos d’água situados nos Campos Gerais.

REFERÊNCIAS

- Azeria, E. T. & Kolasa, J. 2008. Nestedness, niche metrics and temporal dynamics of a metacommunity in a dynamic natural model system. *Oikos* 117: 1006–1019.
- Bastazini, C. V., Munduruca, J. F. V., Rocha, P. L. & Napoli, M. F. 2007. Which environmental variables better explain changes in anuran community composition? A case study in the restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. *Herpetologica* 63: 459–471.
- Becker, C. G., Loyola, R. D., Haddad, C. F. B. & Zamudio K. R. 2010. Integrating species life-history traits and patterns of deforestation in amphibian conservation planning. *Diversity and Distributions* 16: 10–19.
- Brassaloti, R. A., Rossa-Feres D. C. & Bertoluci J. 2010. Anurofauna da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 10(1): 275–292.

- Conte, C. E. & Rossa-Feres, D. C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (1): 162–175.
- Conte, C. E. & Rossa-Feres, D. C. 2007 Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(4): 1025–1037.
- Conte C. E., Nomura, F., Machado, R. A., kwet, A., Lingnau, R. & Rossa-Feres, D. C. 2010. Novos registros na distribuição geográfica de anuros na Floresta com Araucária e a importância da vocalização no reconhecimento de espécies crípticas. *Biota Neotropica* 10(2): 000-000.
- De Bie, T., De Meester, L., Brendonck, L., Martens, K., Goddeeris, B., Ercken, D., Hampel, H., Denys, L., Vanhecke, L., Van der Gucht, K., Van Wichelen, J., Vyverman, W. & Declerck, S. A. J. 2012. Body size and dispersal mode as key traits determining metacommunity structure of aquatic organisms. *Ecology Letters* 15: 740–747.
- Didham, R. K., Tylianakis, J. M., Gemmill, N. J., Rand, T. A. & Ewers, R. M. 2007. Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in ecology & evolution* 22: 489–96.
- Ernst, R. & Rödel, M. O. 2008. Patterns of community composition in two tropical tree frog assemblages: separating spatial structure and environmental effects in disturbed and undisturbed forests. *Journal Tropical Ecology* 24: 111–120.
- Gonzalez, S. C., Touchon, J. C. & Vonesh, J. R. 2011. Interactions between competition and predation shape early growth and survival of two neotropical hylid tadpoles. *Biotropica* 43: 633–639.
- Kopp, K. & Eterovick, P. C. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History* 40: 1813–1830.
- Kopp K., Wachlevski M. & Eterovick P. C. 2006. Environmental complexity reduces tadpole predation by water bugs. *Canadian Journal of Zoology* 84: 136–140.
- Leibold, M. A., Holyoak, M., Mouquet, N., Amarasekare, P., Chase J. M. & Hoopes M. F. 2004. The metacommunity concept: a framework for multiscale community ecology. *Ecology Letters* 7: 601–613.

- Logue, J. B., Mouquet, N., Hannes, P. H. & Hillebrand H. 2011. Empirical approaches to metacommunities: a review and comparison with theory. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 482–491.
- Melo, M. S., 2003. Caracterização do Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. UEPG, Ponta Grossa. Projeto financiado pela Fundação Araucária e CNPq. www.uepg.br/natural.htm. (último acesso em 23/12/2013).
- Ng, I. S. Y., Carr, C. M. & Cottenie K. 2008. Hierarchical zooplankton metacommunities: distinguishing between high and limiting dispersal mechanisms. *Hydrobiologia* 619: 133–143.
- Pandit, S. N., Kolasa, J. & Cottenie K. 2009. Contrasts between habitat generalists and specialists: an empirical extension to the basic metacommunity framework. *Ecology* 90: 2253–2262.
- Parris, K. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. *Ecography* 27: 392–400.
- Piha, H., Miska, L. & Merila, J. 2007. Amphibian Occurrence is influenced by current and historic landscape characteristics. *Ecological Applications* 17(8): 2298–2309.
- Ritter, L. M. O., Ribeiro, M. C. & Moro, R. S. 2010. Composição florística e fitofisionomia de remanescentes disjuntos de Cerrado nos Campos Gerais, PR, Brasil - limite austral do bioma. *Biota Neotropica* 10(3): 379–414.
- Rocha, C. H. 2006. Seleção de áreas prioritárias para a conservação em paisagens fragmentadas: estudo de caso nos Campos Gerais, do Paraná. *Natureza & Conservação* 4(2): 77–99.
- SBH, 2013. Lista de espécie de anfíbios do Brasil. Sociedade Brasileira de Herpetologia (SBH). Disponível em [http:// www.sbherpetologia.org.br](http://www.sbherpetologia.org.br)
- Silva, F. R., Gibbs, J. P. & Rossa-Feres, D. C. 2011. Breeding Habitat and Landscape Correlates of Frog Diversity and Abundance in a Tropical Agricultural Landscape. *Wetlands* 31(6): 1079–1087.
- Rothermel, B. B. & Semlitsch, R. D. 2002. An experimental investigation of landscape resistance of forest versus old-field habitats to emigrating juvenile amphibians. *Conservation Biology* 16: 1324–1332.
- Vasconcelos, T. S., Santos, T. G., Rossa-Feres, D. C. & Haddad, C. F. B. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 87: 699–707.

- Vellend, M., 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *Quarterly Review of Biology* 85: 183–206.
- Werner, E. E., Skelly, D. K., Relyea R. A. & Yurewicz, K. L. 2007. Amphibian species richness across environmental gradients. *Oikos* 116: 1697–1712.

2 COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DE ASSEMBLEIAS DE ANUROS EM ECÓTONO CERRADO-MATA ATLÂNTICA NOS CAMPOS GERAIS DO SUL DO BRASIL

ABSTRACT

Studies in ecotones are important because these areas can present a greater diversity of species than a single biome alone. The knowledge about the biology, ecology and distribution of many species of anurans are still incipient, moreover, they are among the most threatened taxonomic groups. Thus, this work aims to contribute to the knowledge of amphibians into disjoint Cerrado remnants and ecotone (Atlantic Forest) in Campos Gerais, Paraná, Brazil. We presented an inventory of species, also verifying if there are differences in community composition between open areas and edges of fragments forest, if there is a relationship between the spatial component and species distribution and if there is a pattern of co-occurrence between assemblies of anurans. Sampling was conducted from October 2012 to March 2013. Were sampled 66 water bodies, being recorded 45 amphibian species, nine were recorded only in the larval stage and seven only as adults. The anurofauna accounted to 21.05% of the recorded species for the Cerrado and 9.58% of the species found in the Atlantic Forest. Areas of forest edges may harbor species with different ecological requirements due to greater environmental heterogeneity, which may have contributed to the higher number of species found in these environments. In general, communities of anurans presented a structured pattern of use of the breeding sites, with a tendency towards spatial segregation between the species. Strategies for conserving diversity require studies with emphasis on quantification of biodiversity and how it is distributed. This study increases the knowledge about the species that occur in the Campos Gerais and provides important information about the composition of communities, which may differ between open areas and forest edges, and that local factors may be more important than spatial factors to formation of assemblies.

Keywords: hotspots, Paraná, diversity, distribution, endemism.

RESUMO

Estudos em ecótonos são importantes porque essas áreas podem apresentar uma diversidade de espécies maior que de um único bioma sozinho. O conhecimento sobre a biologia, ecologia e distribuição de muitas espécies de anuros ainda é incipiente, além

disso, eles estão entre os grupos taxonômicos mais ameaçados. Neste sentido, visa contribuir para o conhecimento dos anfíbios em remanescentes disjuntos de Cerrado e ecótono (Mata Atlântica) nos Campos Gerais, Paraná, Brasil. É apresentado um inventário das espécies, verificando também se há diferença na composição das comunidades entre ambientes de área aberta e bordas de fragmentos florestais, se existe relação entre o componente espacial e a distribuição das espécies e se existe um padrão de coocorrência entre as assembleias de anuros. As coletas foram realizadas nos meses de outubro de 2012 a março de 2013. Foram amostrados 66 corpos d'água, sendo registradas 45 espécies de anfíbios, sendo nove registradas apenas na fase larval e sete apenas como adultos. A anurofauna amostrada correspondeu a 21,05% das espécies registradas para o Cerrado e a 9,58% das espécies encontradas para a Mata Atlântica. Ambientes de borda da mata podem favorecer a ocorrência de espécies com diferentes requerimentos ecológicos, devido a maior heterogeneidade ambiental, o que pode ter contribuído para o maior número de espécies encontradas nestes ambientes. Em geral, as comunidades de anuros apresentaram um padrão estruturado no uso dos sítios reprodutivos, com uma tendência à segregação espacial entre as espécies. Estratégias para conservar a diversidade necessitam de estudos com ênfase em quantificação da diversidade biológica e como ela está distribuída. Este estudo aumenta o conhecimento sobre as espécies que ocorrem nos Campos Gerais e oferece informações importantes a cerca da composição das comunidades, que podem apresentar diferenças entre áreas abertas e de borda de mata, e que os fatores locais podem ser mais importantes que fatores espaciais na formação das assembleias.

Palavras-chave: *hotspots*, Paraná, diversidade, distribuição, endemismo.

2.1 INTRODUÇÃO

Estudos em ecótonos são importantes porque são áreas únicas, exibindo características físicas e biológicas das regiões adjacentes (Willians, 1996). Assim, apresentam uma composição de espécies derivadas de ambos, podendo ter uma diversidade maior que de um único bioma sozinho (Remanamanjato *et al.*, 2002). Neste sentido, remanescentes disjuntos de diferentes domínios fitogeográficos, como de Cerrado e de Mata Atlântica podem ser importantes para manter espécies animais ou vegetais características destes biomas.

O domínio do Cerrado e da Mata Atlântica estão incluídos na lista dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, pois possuem uma baixa representatividade de suas áreas originais como vegetação primária, com altas taxas de endemismo e alto grau de ameaça (Myers *et al.* 2000; Mittermeier *et al.*, 2004). Os anuros ocupam quase todos os tipos de habitats terrestres e de água doce, e sua distribuição é fortemente influenciada pela presença de água (Duellman & Trueb, 1986). A dependência de corpos d'água ou de ambientes úmidos para a reprodução explica a grande diversidade de espécies na região Neotropical (Duellman & Trueb, 1986; Wells, 2007).

Atualmente, o conhecimento sobre a biologia, ecologia e distribuição de muitas espécies de anuros ainda é incipiente (Conte *et al.*, 2010), principalmente em regiões subamostradas, como remanescentes de Cerrado (Diniz-Filho *et al.*, 2005; Rossa Feres *et al.*, 2011). Sabe-se que a distribuição e abundâncias das espécies podem ser influenciadas por condições ambientais como umidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes e estrutura física do habitat (Eterovick & Sazima, 2000), bem como por processos bióticos como competição, predação, dispersão e distúrbios (Parris, 2004). Além disso, habitats mais próximos possuem uma comunidade mais similar, simplesmente por esses habitats estarem mais próximos uns dos outros (Bell, 2001), ou mesmo por apresentar fitofisionomias ou características ambientais semelhantes.

Muitos pesquisadores buscam por padrões na distribuição e ocorrência das espécies, e uma das principais questões a ser respondida é se os padrões de coocorrência das espécies são ou não aleatórios (Gotelli, 2000; Oda *et al.*, 2009; Nomura *et al.*, 2012). Padrões de coocorrência entre diferentes populações de espécies dentro de uma comunidade são utilizados como parâmetros para a compreensão de como e porque as

espécies estão distribuídas em habitats naturais. A coexistência entre diferentes espécies de anuros em um mesmo ambiente é facilitada por divergência ecológica, especialmente na partilha espacial, temporal e acústica (Wells, 1977). As taxocenoses de anfíbios anuros são excelentes modelos para estudos de diversidade biológica, por formarem agregados conspícuos durante eventos reprodutivos (Duellman & Trueb, 1986).

Fatores antrópicos, como perda e fragmentação de habitats (Cushman, 2006; Silva *et al.*, 2011) são as principais ameaças aos anfíbios, especialmente no Brasil (Silvano & Segalla, 2005). Estudos recentes têm demonstrado que a descontinuidade entre habitats para reprodução entre fragmentos florestais forçam muitas espécies com larvas aquáticas a realizarem migrações arriscadas através de matrizes de ambientes alterados (Becker *et al.*, 2010; Silva & Rossa-Feres, 2011; Silva *et al.*, 2012). Assim, muitas espécies de habitats florestais podem utilizar de corpos d'água em áreas abertas para a reprodução.

Neste sentido, estratégias para conservar a diversidade biológica necessitam de estudos com ênfase em levantamentos, quantificação das espécies e como elas estão distribuídas tanto em pequena quanto em grande escala, devendo ser reconhecidos como ferramentas importantes para subsidiar posteriores pesquisas nas áreas de sistemática, ecologia, biogeografia e conservação (Heyer *et al.*, 1994, Diniz-filho *et al.*, 2009). Estudos sobre os anfíbios dos Campos Gerais são recentes e muito pouco se conhece sobre a diversidade e ecologia deste grupo neste peculiar ecossistema. Este estudo apresenta um inventário dos anfíbios anuros em remanescentes disjuntos de Cerrado e ecótono (Mata Atlântica) nos Campos Gerais, tanto na fase adulta quanto larval e discute o status de conservação das espécies. Além disso, também testou-se: (a) se há diferença na composição de espécies entre ambientes de área aberta e bordas de fragmentos florestais, (b) se existe relação entre o componente espacial e a distribuição das espécies, e (c) se existe um padrão de coocorrência entre as assembleias de anuros na região amostrada.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

Os Campos Gerais do Paraná compõem uma região fitogeográfica situada no sul do Brasil, caracterizada por campos permeados de matas de galeria e capões esparsos de

floresta, situados sobre o Segundo Planalto Paranaense (Maack, 1981). Na região dos Campos Gerais há o encontro do limite Sul do Cerrado e do limite Norte dos Campos Sulinos, além da Mata Atlântica, com formações florestais do tipo Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual, gerando mosaicos de distintas fisionomias vegetais (Carmo *et al.*, 2012; Moro, 2012).

O Cerrado no Brasil é distribuído em seis províncias florísticas: sulina, centro-oeste, central e sudeste, extremo-oeste, nordeste e disjunções amazônicas (Ratter *et al.*, 2003). Os Campos Gerais conservam grande diversidade de espécies florísticas e elevado grau de endemismo do Cerrado (Carmo *et al.*, 2012), apresentando manchas expressivas em algumas áreas do Paraná (Ritter *et al.*, 2010), mas a medida que se expande de sua área central de domínio para áreas periféricas, o componente fitofisionômico característico do Cerrado vai se tornando mais esparsa, até ficar ausente (Passos, 2003), fazendo transição com outros domínios fitogeográficos (Pampa e Mata Atlântica).

A Floresta Atlântica (Mata Atlântica *stricto sensu*, Oliveira-Filho & Fontes, 2000) no sul do Brasil, ocupa as encostas leste e os vales do Planalto Sul Brasileiro, desde a planície costeira e as encostas do planalto do Paraná e Santa Catarina, até o nordeste do Rio Grande do Sul. A Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Semidecidual fazem parte do domínio da Mata Atlântica (Di Bitetti *et al.*, 2003). A primeira, também conhecida como Floresta de Araucária, forma mosaicos com os campos naturais, situando-se geralmente em altitudes elevadas, e contém espécies de angiospermas e coníferas, apresentando dominância fisionômica de *Araucaria angustifolia* em seu estrato superior. A Floresta Estacional Semidecidual é típica do Brasil Central, possui grande abundância de espécies arbóreas de alto valor econômico, sendo constituída por fanerófitas com folhas adultas esclerófilas ou membranáceas decíduais, protegidas da seca (Valladares-Pádua & Faria, 2003).

A área de estudo está sob influência de dois tipos climáticos segundo a classificação de Köppen: Cfa, clima subtropical mesotérmico, com verões quentes e chuvosos; e Cfb, clima subtropical mesotérmico, úmido, sem estação seca definida e verões frescos (Peel *et al.*, 2007). A região exibe um relevo suave ondulado, e a altitude varia de 800 m a 1.200 m. O solo é do tipo latossolos vermelho-amarelos e neossolos litólicos, mas também podem ocorrer em cambissolos e argissolos (Melo *et al.*, 2003).

2.2.2 Delineamento amostral

As coletas foram realizadas nos meses de outubro de 2012 a março de 2013, durante a estação reprodutiva dos anfíbios. Neste período foram realizadas seis visitas a campo, com duração de seis dias de amostragem cada uma, somando um total de 36 dias. Foram amostrados 66 corpos d'água localizados em fragmentos de Cerrado e regiões de ecótono com Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual, nos Campos Gerais, estado do Paraná, Brasil. Os corpos d'água estão localizados nos municípios de Sengés, Jaguariaíva, Piraí do Sul, Tibagi, Carambeí e Ponta Grossa (Figura 1, Tabela 1).

Os girinos foram amostrados no período diurno com puçá de rede de aço com 40 cm de diâmetro e malha de 3 mm², passado principalmente na borda (até 2 m) de cada corpo d'água, com o esforço amostral de uma hora de coleta por pessoa (Heyer *et al.*, 1994). Os girinos foram coletados, anestesiados em solução de 5% de benzocaína e fixados em formalina 10% (Heyer *et al.*, 1994). Todos os indivíduos coletados durante a amostragem foram identificados segundo bibliografia especializada (Rossa-Feres & Nomura, 2006; Machado & Maltchik, 2007, Conte *et al.*, 2007) e por comparação com indivíduos depositados em outras coleções, com a utilização de estereomicroscópio Zeiss.

Os anuros em fase adulta foram amostrados no período noturno. Cada corpo d'água foi percorrido em toda sua extensão logo após o ocaso (17:30h – 18:00h), quando os machos começam a vocalizar, utilizando os métodos de procuras visuais e auditivas (Heyer *et al.*, 1994). Para padronização do esforço amostral, cada corpo d'água foi percorrido pelo mesmo coletor durante uma hora. Todos os machos vocalizando foram contados, estimando a abundância para cada ponto de coleta. Durante os deslocamentos de um sítio reprodutivo para outro, também foi efetuado o registro de anuros encontrados ocasionalmente. Para auxiliar na identificação das espécies, as vocalizações foram gravadas e fotografias foram tiradas e depositadas no Laboratório de Comportamento Animal da Universidade Federal de Goiás. Indivíduos testemunho foram coletados, anestesiados com xilocaína a 5%, fixados em solução de formalina a 10% e, posteriormente, conservados em álcool a 70%. A nomenclatura das espécies está de acordo com Frost (2013). Indivíduos testemunho foram depositados na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Goiás (ZUFG) (7293 – 7333; 7506 - 7588).

2.2.3 Análises estatísticas

Para avaliar a riqueza de anfíbios anuros obtida foram confeccionadas curvas de riqueza acumulada e estimada de espécies (Gotelli & Colwell, 2001) a partir de 1000 aleatorizações, sendo os pontos de coleta as unidades amostrais. A curva de riqueza rarefeita foi gerada pelo método de rarefação por interpolação baseada na amostra (Mao Tau, Gotelli & Colwell, 2001). Uma vantagem deste método é a estimativa de intervalos de confiança ao longo de todos os pontos da curva, o que proporciona um critério mais rigoroso quando se compara curvas de riqueza (Colwell *et al.*, 2004; Melo *et al.*, 2013). A riqueza estimada de anfíbios foi gerada a partir do estimador de riqueza Jackknife de primeira ordem (Jackknife 1), por ser um método não paramétrico que oferece uma estimativa de riqueza mais acurada da comunidade e produz intervalos de confiança com base nas espécies raras (Krebs, 1999). Tal estimador foi construído a fim de reduzir os vieses de tamanho das amostras e projetar o número real de espécies em um dado habitat amostrado (Rosenzweig *et al.*, 2003). Foram construídas duas curvas para cada um dos estimadores (Mao Tau e Jackknife 1), uma com base na abundância de adultos, obtida pelo método de levantamento em sítios de reprodução, e outra, com a abundância de girinos.

Para verificar se existe diferença na composição de espécies de anfíbios anuros nas comunidades amostradas em áreas abertas em comparação com aquelas amostradas em borda de mata foi realizada uma Análise de coordenadas principais (PCoA) (Anderson *et al.*, 2006). Esta análise avalia a diversidade beta de um grupo de unidades amostrais de uma determinada área, através da dissimilaridade das amostras para seus grupos centróides e das distâncias entre as unidades amostrais e seus respectivos centróides, sendo que as maiores distâncias dos centróides indicam maior variabilidade (Anderson *et al.*, 2006). A PCoA foi baseada nos dados de presença e ausência (qualitativo) de espécies (girinos e adultos) e a matriz de associação utilizada foi construída usando a distância de Sorensen. Um teste de permutação não paramétrico (“Multi-Response Permutation Procedure”, MRPP) foi usado para testar a diferença na composição de espécies de anuros entre as duas categorias (área aberta e borda de mata), usando os escores de dois eixos da ordenação que capturaram a variação dos dados.

Para verificar se o componente espacial (distância entre os corpos d’água) influenciou a composição de espécies (se corpos d’água mais próximos apresentavam maior similaridade na composição de espécies em comparação com os corpos d’água mais

distantes), foi aplicado o teste de correlação de Mantel (Manly, 2008) entre as matrizes de distância geográfica (construída pelo índice de distância euclidiana) e de dissimilaridade na composição de espécies (construída pelo índice de Jaccard). O teste de Mantel é uma análise de correlação de matrizes de distâncias ou similaridades, derivadas de dois conjuntos de dados multidimensionais (neste caso: x = riqueza de espécies; y = coordenadas geográficas), cujo resultado da estatística (r_M) varia de -1 a +1. Quanto maior a correlação entre as matrizes de distância, maior é o valor de (r_M). A significância do teste de Mantel foi calculada através do teste de permutação de Monte Carlo (Manly, 2008). O Mantel foi baseado em dados de presença e ausência (qualitativo) de espécies (girinos e adultos) por ponto amostral.

Uma análise de modelos nulos foi utilizada para obter um padrão de coocorrência das espécies de anfíbios e testar se a distribuição encontrada é aleatória ou se mecanismos de interação interespecíficos atuam na partilha dos ambientes (Nomura *et al.*, 2012). Caso os pares de espécies coocorram mais frequentemente do que o esperado ao acaso (valores de *C-score* significativamente menores do que os gerados pelo modelo nulo) interpreta-se que estas espécies possuem características de história de vida que favorecem a ocupação dos ambientes onde coocorrem. Se os valores de *C-score* forem significativamente maiores, pode-se interpretar que mecanismos de interação interespecíficos atuam na partilha dos novos ambientes. Para isso, foram utilizadas matrizes binárias de presença/ausência, nas quais as colunas correspondiam às espécies e as linhas aos pontos. Um modelo nulo (equiprovável-equiprovável) foi construído aleatorizando a ocorrência das espécies e assumindo que os ambientes são equiprováveis, ou seja, a probabilidade de cada espécie ocorrer dentro dos trechos daquele ambiente é a mesma (Gotelli, 2000; Nomura *et al.*, 2012). Para realizar esta comparação, as matrizes originais de presença/ausência foram submetidas a 1000 simulações. Todas as análises foram realizadas através dos pacotes *ade4*, *BiodiversityR* e *vegan* do programa “R for Windows” (R Project For Statistical Computing, 2012).

2.3 RESULTADOS

Foram registradas 45 espécies de anfíbios anuros, distribuídas em cinco famílias e 13 gêneros (Tabela 2). A família com maior riqueza de espécies foi Hylidae (26 espécies;

57,78% do total), seguida de Leptodactylidae (11 espécies; 24,45% do total), Bufonidae (cinco espécies; 11,11% do total), Odontophrynidae (duas espécies; 4,44% do total) e por último Microhylidae (uma espécie; 2,22% do total). A coleta de girinos possibilitou o registro de 16.712 indivíduos, distribuídos em 37 espécies, sendo nove delas registradas apenas por este método [*Eupemphix nattereri*, *Leptodactylus mystacinus*, *Physalaemus marmoratus*, *Rhinella* sp.1, *Rhinella* sp.2, *Scinax* cf. *similis*, *Scinax* cf. *granulatus*, *Scinax aromothyella* e *Scinax* sp. (gr. *catharinae*)]. Já as amostragens para a fase adulta registraram um total de 1.782 espécimes, distribuídos em 36 espécies, sendo sete espécies observadas apenas nesta fase (*Rhinella icterica*, *Rhinella abei*, *Dendropsophus nanus*, *Aplastodiscus perviridis*, *Scinax rizibilis*, *Leptodactylus labyrinthicus* e *Leptodactylus podicipinus*).

As espécies mais abundantes na fase de girinos foram *Leptodactylus latrans*, *Physalaemus cuvieri*, *Rhinella* sp.1 e *D. minutus*, que representaram, juntas, 52,60% do total de indivíduos coletados. Já as espécies mais abundantes na fase adulta foram *Dendropsophus minutus*, *Dendropsophus sanborni*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Scinax* sp. (gr. *ruber*) e *Physalaemus cuvieri*, que representaram, juntas, 59,26% do total de indivíduos observados. As espécies das famílias Bufonidae e Odontophrynidae foram registradas apenas ocasionalmente durante uma noite de observação e em um único ponto, além de encontros ocasionais. A ordenação baseada nos dados qualitativos capturaram 20,67% da variação na dissimilaridade entre os grupos (área aberta e borda de mata) nos dois primeiros eixos (Figura 5). A composição de espécies de anuros diferiu significativamente ($A=0,01$, $p<0.05$) entre os corpos d'água das áreas abertas e das bordas de mata. *Rhinella abei*, *Proceratophrys boiei*, *Aplastodiscus perviridis*, *A. albosignatus*, *Scinax rizibilis*, *Scinax* cf. *catharinae* e *Physalaemus lateristriga* foram encontrados apenas em corpos d'água próximos a ambientes florestais, enquanto que as demais espécies foram encontradas geralmente em áreas abertas.

Para girinos, a curva de acumulação de espécies mostrou um rápido aumento, com um período de estabilização a partir da 43 unidade amostral (UA), e a partir da 55 UA parece haver uma queda da curva, havendo aumento na sobreposição dos intervalos de confiança da riqueza estimada e observada, o que indica uma boa representação da riqueza de espécies para esta fase ($Jackk1= 40,9 \pm 1,92$). Já para os adultos, a curva de acumulação de espécies mostrou um rápido aumento na riqueza, mas não houve tendência à

estabilização com o decorrer das amostragens, com a riqueza observada representando 78,12% do esperado para a região ($44,8 \pm 3,71$ espécies) pelo estimador Jackknife de primeira ordem (Figura 2).

As comunidades não estão distribuídas no espaço de acordo com o modelo de isolamento por distância ($r=-0,0574$; $p=0,064$, com 1000 permutações). Os resultados da análise de coocorrência sugere que a distribuição encontrada não é ao acaso, uma vez que o índice *c-score* obtido foi significativamente maior do que o esperado ao acaso pelo modelo nulo ($C\text{-score}_{\text{observado}} = 64.76$; $C\text{-score}_{\text{simulado}} = 31.84$; $p < 0,01$). Neste sentido, as comunidades de anuros mostraram um padrão estruturado no uso dos sítios reprodutivos, com uma tendência à segregação espacial entre as espécies. Espécies generalistas podem coocorrer em sítios de áreas abertas, enquanto aquelas mais especialistas ocorrem em habitats mais próximos a fragmentos florestais ou mesmo naqueles com maior heterogeneidade de habitat, que apresentam mais diversidade de microhabitats.

Duas espécies não foram formalmente avaliadas quanto ao estado de conservação da IUCN (*Hypsiboas jaguariaivensis* e *Physalaemus lateristriga*). Nenhuma das outras espécies registradas é considerada ameaçada. Quatro espécies encontradas são consideradas endêmicas do Cerrado (*Dendropsophus elianae*, *Hypsiboas jaguariaivensis*, *Physalaemus marmoratus* e *Eupemphix nattereri*) de acordo com Valdujo *et al.* (2012), e oito espécies são consideradas endêmicas da Mata Atlântica (*Hypsiboas bischoffi*, *Aplastodiscus albosignatus*, *Sphaenorhynchus surdus*, *Scinax perereca*, *Scinax aromothyella*, *Scinax rizibilis*, *Scinax cf. catharinae*, *Physalaemus lateristriga*) (Haddad *et al.* 2013).

2.4 DISCUSSÃO

A riqueza de espécies encontradas é alta em comparação com outras áreas do Cerrado (e.g. Ribeiro-Júnior & Bertoluci, 2009; Morais *et al.*, 2012; Nomura *et al.*, 2012; Melo *et al.*, 2013) e de Mata Atlântica (e.g. Serafim *et al.*, 2008; Cunha *et al.*, 2010; Armstrong & Conte, 2010), além de outras áreas em transição de biomas (e.g. Araujo *et al.*, 2009; Bertoluci *et al.*, 2009; Vasconcelos *et al.*, 2011), embora este estudo abrange uma área de amostragem superior as outras. A anurofauna amostrada correspondeu a 21,05% das espécies registradas para o Cerrado (Valdujo *et al.*, 2012) e a 9,58% das

espécies encontradas para a Mata Atlântica (Haddad *et al.*, 2013). Esta riqueza também representa 30,98% da riqueza registrada para o estado do Paraná (Conte *et al.*, 2010), sendo superior a registrada em outras localidades do estado (Conte & Rossa Feres, 2006 - 34 spp.; Armstrong & Conte, 2009 - 32 spp.; Cunha *et al.*, 2010; 32 spp.). Além disso, acrescenta oito espécies não conhecidas para a região (*Dendropsophus elianeae*, *Eupemphix nattereri*, *Hypsiboas caingua*, *Physalaemus marmoratus*, *Scinax aromothyella*, *Scinax fuscomarginatus*, *Scinax uruguayus*, *Scinax* cf. *similis* e *Sxinax* cf. *granulatus*) e com ampliação de distribuição no estado do Paraná.

Grande parte das espécies registradas se reproduz em áreas abertas, colonizando com sucesso áreas antrópicas (e.g. *Hypsiboas albopunctatus*, *Leptodactylus fuscus*, *Physalaemus cuvieri*, *Rhinella schneideri* e *Scinax fuscovarius*). Essas espécies não possuem grande especificidade de sítios reprodutivos, podendo ser consideradas habitat-generalistas (Brasileiro *et al.*, 2005). Porém, espécies como *A. albosignatus*, *Scinax rizibilis*, *Scinax* cf. *catharinae* e *Physalaemus lateristriga* podem demonstrar especificidade de habitat, ocorrendo somente em ambientes próximos a florestas (borda de mata), como já registrados em outros estudos (Bernarde & Machado, 2001; Conte & Rossa-Feres, 2007; Moraes *et al.*, 2007). A ocorrência de espécies de áreas abertas e de mata na borda florestal reforça a idéia de que a borda constitui uma área de transição, onde espécies generalistas ou especialistas no uso do habitat podem ser eventualmente encontradas (Silva & Rossa Feres, 2007).

A grande riqueza de espécies das famílias Hylidae e Leptodactylidae segue o padrão de outros estudos nos neotrópicos (Duellman, 1999; Ribeiro-Júnior & Bertoluci, 2009). Em geral, as espécies encontradas neste estudo ocorrem em mais de um bioma brasileiro (e.g., Cerrado, Floresta Atlântica *latu sensu* e Pampa) ou até em países vizinhos (Frost, 2013). Das espécies registradas, 59% (n = 26) são consideradas marginais, ocorrendo em ambientes de transição entre o Cerrado em outros biomas e 18% são consideradas típicas do bioma Cerrado (Valdujo *et al.*, 2012).

Nove espécies (20,45%) apresentam dificuldades taxonômicas. A problemática taxonômica se deve principalmente a dificuldade durante a identificação dos girinos, pois muitas espécies ainda não possuem seus estágios larvais descritos (Provete *et al.*, 2012). Além disso, as larvas têm grande variação morfológica, e suas formas corporais podem mudar de acordo com o ambiente que ocupam (Michel, 2011).

Quanto à curva de acumulação de espécies, somente para a fase larval foi verificada uma tendência à estabilização. No entanto, quando contamos as espécies registradas na fase larval e adulta, a riqueza é superior ao estimado pelos dois estimadores de espécies (larvas e adultos), fazendo com que a riqueza total encontrada reflita uma técnica e esforços de coleta utilizados adequados para amostrar as espécies da área. Girinos permanecem na poça por um período de tempo maior que os adultos e, assim, é esperado que o número de espécies de anuros amostrados na fase larval seja superior ao de adultos (Rossa-Feres & Nomura, 2006), como registrado no presente estudo. Sabe-se que ambientes de borda da mata podem favorecer a ocorrência de espécies com diferentes requerimentos ecológicos, podendo apresentar espécies que ocupam tanto ambientes de áreas abertas quanto de interior de floresta (Pombal Jr., 1997; Oda *et al.*, 2009), o que pode ter contribuído para o maior número de espécies encontradas para a área.

Bordas de mata podem ter uma maior heterogeneidade do que ambientes de áreas abertas. Esses ambientes possuem um microclima mais estável, com maior sombreamento e umidade, e maior possibilidade de refúgios contra predadores, pois estão em contato com habitats florestais, favorecendo a ocorrência de espécies de anuros com modos reprodutivos mais especializados e adaptadas a microambientes específicos para a reprodução (e.g. *Aplastodiscus albosignatus* e *Physalaemus lateristriga*). A segregação espacial, evidenciada para os anuros entre os sítios reprodutivos e os dois tipos de ambiente, corrobora os resultados encontrados em trabalhos de distribuição local da anurofauna no Cerrado (Brasileiro *et al.*, 2005; Nogueira *et al.*, 2009), podendo haver diferença entre a composição de espécies entre áreas abertas e ambientes relacionados a florestas.

A composição de espécies não foi correlacionada com a distância entre os pontos amostrados. Fatores locais relacionados ao corpo d'água, como a estrutura da vegetação, presença de predadores e disponibilidade de alimento podem ser mais importantes que os fatores espaciais para determinar a composição da comunidade na escala estudada, assim como encontrado por Both *et al.* (2011). Assim, as espécies podem estar presentes em uma determinada área em decorrência das características do habitat, ou mesmo pela existência de modos reprodutivos que necessitam de características ambientais, bióticas ou abióticas, específicas (Gascon, 1991).

Há um padrão de coocorrência, demonstrando a existência de segregação espacial na distribuição dos anuros de acordo com os diferentes sítios reprodutivos amostrados. Portanto, mecanismos de interação interespecíficos podem estar atuando na partilha dos ambientes e as espécies podem ter a se segregar devido a vários processos, como por exemplo, por predação ou exclusão competitiva (Nomura *et al.*, 2012). A exclusão competitiva pode estar associada ao aumento da partilha de microambientes disponíveis nos sítios de reprodução (fidelidade de sítio), interferência acústica entre espécies filogeneticamente relacionadas, predação, ou mesmo competição por recursos alimentares (Chek *et al.*, 2003; Piatti & Souza, 2011; Nomura *et al.*, 2012).

A alta diversidade de anuros encontrada pode ser explicada pela elevada heterogeneidade ambiental (e.g. Silva & Rossa-Feres, 2011; Silva *et al.*, 2012; Melo *et al.*, 2013), decorrente do mosaico de ambientes da região, que é formado por diferentes fitofisionomias de Cerrado, Campos Sulinos, Floresta de Araucária e Floresta Ombrófila Mista (Carmo *et al.*, 2012; Moro, 2012), o que proporciona uma alta substituição de espécies ao longo de gradientes físicos, que pode variar de acordo com a habilidade das diferentes espécies durante a obtenção e uso de recursos.

O padrão de composição da comunidade encontrado indica que a anurofauna da região é composta por espécies generalistas e habitat-especialistas, que podem ocupar diferentes ambientes, resultantes da heterogeneidade espacial encontrada em regiões de ecótono. Em geral, o padrão de composição de assembleias de anuros é determinado por multifatores, que podem agir em diferentes escalas, como características dos corpos d'água, que afetam fortemente a estrutura das assembleias (Silva *et al.*, 2011a, b). Além disso, a associação dos corpos d'água com diferentes tipos de formação vegetal resulta em uma maior heterogeneidade ambiental dos sítios reprodutivos, com a formação de ambientes propícios à reprodução em áreas abertas ou na borda de florestas (Melo *et al.*, 2013). A dificuldade em se identificar padrões gerais na composição das comunidades de anuros pode ser explicada através da formação de diferentes cenários evolutivos gerados pela interação entre o ambiente físico e a história natural das espécies (Gotelli & McCabe, 2002).

Por fim, considerando a grande quantidade de espécies ameaçadas entre os anfíbios, é urgente a criação de estratégias e mecanismos que maximizem os esforços para a conservação, principalmente em regiões onde poucos dados sobre diversidade, abundância

e distribuição estão disponíveis (Young *et al.*, 2001; Diniz-Filho *et al.*, 2009). Existem ainda muitas regiões sub-amostradas, principalmente no Cerrado, o que sugere que o número de espécies de anuros registrados até o momento seja subestimado (Diniz-Filho *et al.*, 2005). É importante ressaltar que estudos em diferentes tipos de ambientes favorecem a ampliação de distribuição de alguns táxons e descoberta de novas espécies (e.g. Pombal *et al.*, 2011; Caramaschi, 2010), bem como a compreensão dos padrões regionais de riqueza das espécies (Valdujo *et al.*, 2011). Este estudo aumenta o conhecimento sobre as espécies de anuros em regiões marginais e remanescentes de Cerrado e região de ecótono com Mata Atlântica nos Campos Gerais, fornecendo informações importantes a cerca da composição das comunidades, que demonstram diferenças entre áreas abertas e de borda de mata, e que os fatores locais podem ser mais importantes que fatores espaciais na formação das assembléias.

REFERÊNCIAS

- Anderson, M. J.; Ellingsen K. E. & McArdle B. H. 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology Letters** 9:683-693.
- Araujo, C. O.; Condez, T. H. & Sawaya, R. J. 2009. Anfíbios Anuros do Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus, sudeste do Brasil, e suas relações com outras taxocenoses no Brasil. **Biota Neotropica** 9(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article+bn01109022009> (último acesso em 10/11/2009).
- Armstrong, C. G. & Conte, C. E. 2010. Taxocenose de anuros (Amphibia: Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no sul do Brasil. **Biota Neotropica** 10(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn00610012010> (último acesso em 22/12/2013).
- Becker, C. G.; Loyola, R. D; Haddad, C. F. B. & Zamudio K. R. 2010. Integrating species life-history traits and patterns of deforestation in amphibian conservation planning. **Diversity and Distributions** 16: 10-19.
- Bell, G. 2001. Neutral macroecology. – **Science** 293: 2413.

- Bernarde, P.S. & Machado, R.A. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). **Cuadernos de Herpetología**, Vol.14, pp. 93-104, ISSN 0326-551X
- Bertoluci, J., Canelas, M. A. S., Eisemberg, C. C., Palmuti, C. F. S. & Montingelli, G. G. 2009. Herpetofauna of Estação Ambiental de Peti, an Atlantic Rainforest fragment of Minas Gerais State, southeastern Brazil. **Biota Neotropica** 9(1): http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/a_bstract?inventory+BN01409012009 (último acesso em 22/04/2010).
- Both, C., Cechin, S., Melo, A. S. & Hartz, S. M. 2011. What control tadpole richness and guild composition in ponds in subtropical grasslands? **Austral Ecology**, 36: 530-536. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2010.02183> .
- Brasileiro, C. A., Sawaya, R. J., Kiefer, M. C. & Martins, M. 2005. Amphibians of an open cerrado fragment in southeastern Brazil. **Biota Neotropica** 5: <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN00405022005>.
- Caramaschi, U., Cruz, C. A. G., Segalla, M.V. 2010. A new species of *Hypsiboas* of the *H. polytaenius* clade from the State of Paraná, Southern Brazil (Anura, Hylidae). **South American Journal of Herpetology** (Impresso), v. 5, p. 169-174.
- Carmo, M. R. B., Andrade, A. L. P., Santos, G. A. S. D. & Assis, M. A. 2012. Análise estrutural em relictos de Cerrado no Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 505-517.
- Chek, A. A., Bogart, J. P. & Lougheed S. C. 2003. Mating signal partitioning in multi-species assemblages: a null model test using frogs. **Ecology Letters**. 6:235–247.
- Conte, C. E. & Rossa-Feres, D. C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 23 (1): 162-175.
- Conte, C. E. & Rossa-Feres, D. C. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24(4), 1025–1037.

- Conte, C. E., Nomura, F., Rossa-Feres, D. C., D'Heursel, A. & Haddad C. F. B. 2007. The tadpole of *Scinax catharinae* (Anura: Hylidae) with description of the internal oral morphology, and a review of the tadpoles from the *Scinax catharinae* group. **Amphibia-Reptilia** 28: 177–192.
- Conte C. E., Nomura, F., Machado, R. A., kwet, A., Lingnau, R., Rossa-Feres, D. C. 2010. Novos registros na distribuição geográfica de anuros na Floresta com Araucária e a importância da vocalização no reconhecimento de espécies crípticas. **Biota Neotropica**, 10(2): 000-000.
- Colwell, R. K., Mao, C. X., Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence based species accumulation curves. **Ecology**, Tempe, v. 85, n. 10, p. 2717-2727.
- Cunha, A. K., Oliveira, I. S. & Hartmann, M. T. 2010. Anurofauna da Colônia Castelhanos, na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, Serra do Mar paranaense, Brasil. **Biotemas** 23:123-134.
- Cushman, S.A., 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. **Biological Conservation** 128, 231–240.
- Di Bitetti M. S., Placci G. & Dietz L. A. 2003. Uma visão de Biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná – Bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação. Washington, D.C.: World Wildlife Fund.
- Diniz Filho, J. A. F., Bastos, R. P., Rangel, T. F. L. V. B., Bini, L. M., Carvalho, P., Silva, R. J. 2005. Macroecological correlates and spatial patterns of anuran description dates in the Brazilian Cerrado. **Global Ecology and Biogeography Letters JCR**, Oxford, v. 14, n.4, p. 469-477.
- Diniz-Filho, J. A. F., Bini, L. M., Oliveira, G., Barreto, B. S., Silva, M. M. F. P., Terribile, L., Rangel, T. F. L. V., Pinto, M. P., Sousa, N. P. R., Vieira, L. C. G., Melo, A. S., De Marco Jr., P., Blamires, D., Bastos, R.P., Carvalho, P., Ferreira, L. G., Telles, M. P. C., Rodrigues, F. M., Silva, D. M. Silva Junior, N. J. & Soares, T. N. 2009. Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para conservação no Cerrado. **Oecologia Brasileira**. 13:470-497.

- Duellman, W. E. & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. New York: McGraw-Hill, 670p.
- Duellman, W. E. 1999. *Patterns of distribution of amphibians: a global perspective*. The John Hopkins University Press, Baltimore. 648 pp.
- Eterovick, P. C. & Sazima, I. 2000. Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. ***Amphibia-Reptilia*** 21(4):439-461.
- Frost, Darrel R. 2013. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 5.6 (9 January 2013). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gascon, C. 1991. Population- and community-level analyses of species occurrences of central Amazonian rainforest tadpoles. ***Ecology*** 72, 1731-1746.
- Gotelli, N. J. 2000. Null model analysis of species co-occurrence patterns. ***Ecology*** 81:2606–2621.
- Gotelli N. J. & Colwell R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. ***Ecology Letters*** 4: 379-391.
- Gotelli N. J. & McCabe D. J. 2002. Species co-occurrence: a meta-analysis of J. M. Diamond's assembly rules model. ***Ecology*** 83, 2091–6.
- 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: Editora Anolis Books. 544 p.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. & Foster, M. S. 1994. *Measuring and monitoring biological diversity - Standard methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park.

- Maack, R. 1981. Geografia física do estado do Paraná. Rio de Janeiro. Livraria José Olympio, 442.
- Machado I. F., Maltchik L. 2007. Check-list da diversidade de anuros no Rio Grande do Sul (Brasil) e proposta de classificação para as formas larvais. **Neotropical Biology and Conservation** 2: 101–116.
- Manly, B. J. F. 2008. Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução. Bookman, ISBN 9788577801855, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Melo, M.S. 2003. Caracterização do Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. UEPG, Ponta Grossa. Projeto financiado pela Fundação Araucária e CNPq. www.uepg.br/natural.htm. (último acesso em 23/12/2013).
- Melo, M., Fava, F., Pinto, H. A., Bastos, R. P., Nomura, F. 2013. Diversidade de Anuros (Amphibia) na reserva extrativista Lago do Cedro e seu entorno, Aruanã, Goiás. **Biota Neotropica** (Edição em Português. Online), v. 13, p. 205-217.
- Moraes, R. A., Sawaya, R. J. & Barreia, 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(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn00307022007> (último acesso em 21/04/2008).
- Morais, A. R., Bastos, R. P., Vieira, R. & Signorelli, L. 2012. Herpetofauna da Floresta Nacional de Silvânia, um remanescente de Cerrado no Brasil Central. **Neotropical Biology and Conservation** 7(2):114-121.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca G.A.B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, 853-858.
- Michel MJ. 2011. Spatial dependence of phenotype-environment associations for tadpoles in natural ponds. **Evolutionary Ecology** 25:915-932.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., & Fonseca G.A.B. 2004. Hotspots revisited. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Sierra Madre: Cemex. 392 p.

- Moro, R.S. 2012. Padrões biogeográficos dos relictos de Cerrado nos Campos Gerais – p.53-67. Biogeografia do cerrado nos Campos Gerais. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 207p.
- Nogueira, C., Colli, G.R. & Martins, M. 2009. Local richness and distribution of the lizard fauna in natural habitat mosaics of the Brazilian Cerrado. **Austral Ecology** 34(1): 83-96.
- Nomura, F., Maciel, N. M., Pereira, E. B. & Bastos, R. P. 2012. Diversidade de anuros (Amphibia) em áreas recuperadas de atividade mineradora e de plantio de *Eucalyptus urophylla*, no Brasil Central. **Bioscience Journal** 28(2): 312-324.
- Oda, F. H., Bastos, R. P. & Sá Lima, M. A. C. 2009. Taxocenose de anfíbios anuros no Cerrado do Alto Tocantins, Niquelândia, Estado de Goiás: diversidade, distribuição local e sazonalidade. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 219-232.
- Oliveira-Filho, A. T. & Fontes M. A. L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica** 32(4b): 793-810.
- Parris, K. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. **Ecography**, 27:392-400.
- Passos, M. M. 2003. Biogeografia e Paisagem. Maringá, 264p.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L. & McMahon, T. A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences** 11: 1633-1644.
- Piatti L. & Souza F. 2011. Diet and resource partitioning among anurans in irrigated rice fields in Pantanal, Brazil, **Brazilian Journal of Biology** 71 (3): 1-9.
- Pombal, Jr. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Biology** 57(4): 583-594.

- Pombal Jr., J. P., Bilate, M., Gambale, P. G., Signorelli, L. & Bastos, R. P. 2011. A new miniature treefrog of the *Scinax ruber* clade from Cerrado of Central Brazil (Anura: Hylidae). **Herpetologica** (Austin, TX), v. 67, p. 288-299, 2011.
- Provete D. B., Garey, M. V., Silva, F. R. & Jordani M. X. 2012. Knowledge gaps and bibliographical revision about free-swimming anuran larvae from Brazil. **North Western Journal of Zoology** 8(2): 283-286.
- Ratter, J. A., Bridgewater, S. & Ribeiro, J. F. 2003. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany** 60(1): 57-109.
- Remanamanjato, J., McIntyre, P.B. & Nussbaum, R.A. 2002. Reptile, amphibian, and lemur diversity of the Malahelo Forest, a biogeographical transition zone in southeastern Madagascar. **Biodiversity Conservation** 11: 1791–1807.
- Ribeiro Junior, J.W. & Bertoluci, J. 2009. Anuros do cerrado da Estação Ecológica e da Floresta Estadual de Assis, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** 9(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/pt/abstract?inventory+bn02709012009> (último acesso em 31/08/2009).
- Ritter, L. M. O., Ribeiro, M. C. & Moro, R. S. 2010. Composição florística e fitofisionomia de remanescentes disjuntos de Cerrado nos Campos Gerais, PR, Brasil - limite austral do bioma. **Biota Neotropica** 10(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/en/abstract?article+bn04010032010>
ISSN 1676-0603
- Rosenzweig, M. L., Turner, W. R., Cox, J. G. & Ricketts, T. H. 2003. Estimating diversity in unsampled habitats of a biogeographical province. **Conservation Biology** 17: 864–874.
- Rossa-Feres, D. C. & Nomura, F. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, 6: 1-26.
- Rossa-Feres, D. C., Sawaya, R. J., Faivovich, J., Giovanelli, J. G. R., Brasileiro, C. A., Schiesari, L., Alexandrino, J. & Haddad, C. F. B. 2011. Anfíbios do Estado de

São Paulo, Brasil: Conhecimento Atual e Perspectivas. **Biota Neotropica** vol. 11 no. 1a: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0041101a2011>

- Serafim, H., Ienne, S., Cicchi, P. J. P. & Jim, J. 2008. Anurofauna de remanescentes de floresta Atlântica do município de São José do Barreiro, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 8: <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?article+bn01008022008>.
- Silva F. R., Rossa-Feres D. C. 2007. The use of forest fragments by open-area anurans (Amphibia) in northwestern São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica** 7:141–148.
- Silva, F. R. & Rossa-Feres, D. C. 2011a. Influence of terrestrial habitat isolation on the diversity and temporal distribution of anurans in an agricultural landscape. **Journal of Tropical Ecology** (Print), v. 27, p. 327-331.
- Silva F. R., Gibbs, J. P., Rossa-Feres, D. C. 2011b. Breeding Habitat and Landscape Correlates of Frog Diversity and Abundance in a Tropical Agricultural Landscape. **Wetlands**, Vol. 31(6), pp. 1079-1087.
- Silva, F. R., Oliveira, T. A. L., Gibbs, J. P. & Rossa-Feres, D. C. 2012. An experimental assessment of landscape configuration effects on frog and toad abundance and diversity in tropical agro-savannah landscapes of southeastern Brazil. **Landscape Ecology**, v. 27, p. 87-96.
- Silvano, D. L. & Segalla, M. V. 2005. Conservação de anfíbios no Brasil. **Megadiversidade** 1(1): 79-86.
- Stuart, S., Chanson, J., Cox, N., Young, B., Rodrigues, A., Fischman, D. & Waller, R. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science** 306, 1783-1786.
- Valdujo, P. H., Recoder, R. S., Vasconcelos, M. M., Portella, A. S. 2009. Amphibia, Anura, São Desidério, western Bahia uplands, northeastern Brazil. **Check List** 5(4): 903-911.

- Valdujo, P. H., Camacho, A., Recoder, R. S., Teixeira Junior, M., Ghellere, J. M. B., Mott, T., Nunes, P. M. S., Nogueira, C. & Rodrigues, M. T. 2011. Anfíbios da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, região do Jalapão, Estados do Tocantins e Bahia. **Biota Neotropica**. Vol.11 (1): 251-261. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032011000100025&lng=en&nrm=iso ISSN 1676-0603.
- Valdujo, P. H., Silvano, D. L., Colli, G. & Martins, M. 2012. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a Neotropical Hotspot. **South American Journal of Herpetology** 7(2): 63-78.
- Valladares-Pádua, C. & Faria, H. H. 2003. Plano de Manejo do Parque Estadual do Morro do Diabo. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, São Paulo.
- Vallejo, L. R., Fonseca, C. L. & Gonçalves, D. R. P. 1987. Estudo comparativo da mesofauna do solo entre áreas de *Eucalyptus citriodora* e mata secundária heterogênea. **Brazilian Journal of Biology** 47(3): 363-370.
- Vasconcelos, T.S.; Santos, T.G.; Rossa-Feres, D.C. & Haddad, C.F.B. 2011. Spatial and temporal distribution of tadpole assemblages (Amphibia, Anura) in a seasonal dry tropical forest of southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, Vol. 673, pp. 93-104.
- 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.
- Willians, P. H. 1996. Mapping variations in strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover. *P. R. Soc. London* 263(1370): 579–588.

Tabela 1 - Caracterização dos habitats amostrados em remanescentes de Cerrado e ecótono dos Campos Gerais do Paraná. Tipos de vegetação: (Vhe) herbácea, (Var) arbustiva, (Vg) gramínea, (Vab) arbórea, (Vaq) aquática e (Vta) taboa. Tamanho do corpo d'água: Pequeno < 500 m²; Médio: entre 500 m² e 2000 m²; Grande > 2000 m². Na – dados ausentes.

Ambiente	Município	Coordenadas		Altitude	Tamanho	Profundidade	Tipo de vegetação	
		Latitude	Longitude				Interior	Margem
1	Sengés	24° 7'5.80"S	49°29'5.32"W	742	Médio	0.71	Vhe, Vta	Vhe, Var, Vab
2	Sengés	24° 7'27.60"S	49°31'30.84"W	756	Pequeno	0.49	Vhe, Vaq	Vhe
3	Sengés	24° 6'59.99"S	49°30'15.77"W	736	Grande	1.7	Vhe, Vaq, Vta	Vhe, Var, Vab, Vta
4	Sengés	24° 5'20.93"S	49°32'18.75"W	850	Pequeno	0.45	Vhe	Vhe
5	Sengés	24°10'09.2"S	49°33'55.8"W	961	Pequeno	1.15	Vhe	Vhe
6	Sengés	24°10'33.19"S	49°33'31.11"W	876	Grande	0.77	Vhe, Var, Vaq	Vhe, Var, Vab
7	Sengés	24°10'41.02"S	49°34'3.10"W	863	Pequeno	0.3	Vhe	Vhe, Var, Vab
8	Sengés	24°07'21.9"S	49°31'30.8"W	761	Pequeno	0.29	Vhe	Vhe, Var
9	Sengés	24°17'54.2"S	49°31'55.4"W	1151	Médio	1.2	Vhe, Var	Vhe, Var
10	Sengés	24°16'46.43"S	49°31'31.25"W	1124	Grande	1.07	Vhe, Vaq	Vhe, Var, Vab
11**	Sengés	24°12'55.72"S	49°31'43.18"W	893	Grande	0.64	Vhe, Vaq	Vhe, Var, Vab
12	Sengés	24° 9'23.24"S	49°30'59.24"W	690	Grande	0.38	Vhe, Var, Vta	Vhe, Var, Vab
13	Sengés	24°13'12.94"S	49°29'22.20"W	864	Médio	1.09	Vhe	Vhe, Var, Vab
14	Sengés	24° 6'53.23"S	49°25'2.23"W	634	Médio	1.02	Vhe, Vaq	Vhe
15	Jaguariaíva	24°10'59.8"S	49°39'36.1"W	822	Pequeno	0.96	Var, Vaq	Vhe, Var, Vab

Ambiente	Município	Coordenadas		Altitude	Tamanho	Profundidade	Tipo de vegetação	
		Latitude	Longitude				Interior	Margem
16	Jaguariaíva	24° 9'56.99"S	49°40'0.41"W	764	Médio	0.23	Vaq	Na
17**	Jaguariaíva	24° 9'51.91"S	49°39'58.81"W	747	Pequeno	0.42	Na	Na
18**	Jaguariaíva	24° 9'50.25"S	49°39'59.32"W	719	Pequeno	0.64	Var	Vhe, Var, Vab
19	Jaguariaíva	24°10'50.30"S	49°41'36.27"W	853	Grande	1.5	Vhe, Vab, Vaq, Vta	Vhe, Var, Vab, Vta
20	Jaguariaíva	24°10'56.9"S	49°41'31.4"W	850	Grande	2	Vhe, Var, Vaq	Vhe, Var
21	Jaguariaíva	24°12'3.80"S	49°40'58.59"W	870	Pequeno	0.46	Vhe, Vaq	Vhe
22**	Jaguariaíva	24°11'24.10"S	49°41'48.55"W	885	Médio	0.6	Vhe	Vhe
23**	Jaguariaíva	24° 8'30.31"S	49°41'1.44"W	811	Médio	0.8	Vhe, Vaq	Vhe
24**	Jaguariaíva	24° 7'46.17"S	49°40'38.99"W	731	Médio	1	Vhe, Vaq, Vta	Vhe, Var, Vab, Vta
25**	Jaguariaíva	24°13'44.06"S	49°41'50.33"W	847	Médio	0.65	Vhe, Vaq	Vhe, Vta
26**	Jaguariaíva	24° 8'49.65"S	49°46'28.35"W	843	Médio	0.95	Vhe	Vhe
27	Piraí do Sul	24°30'8.13"S	49°59'57.75"W	1055	Médio	0.29	Vhe, Vaq	Vhe, Var, Vab
28	Piraí do Sul	24°31'52.51"S	49°57'51.38"W	1034	Pequeno	0.24	Vhe, Vaq	Vhe
29	Piraí do Sul	24°31'50.45"S	49°57'52.21"W	1010	Pequeno	0.74	Vaq	Vhe
30	Piraí do Sul	24°34'52.97"S	49°59'32.77"W	1025	Grande	1.5	Vhe, Vab, Vaq	Vhe, Var, Vab
31	Piraí do Sul	24°36'54.3"S	50°01'42.5"W	1094	Médio	0.5	Vhe, Var, Vaq	Vhe, Var, Vab
32	Piraí do Sul	24°32'16.24"S	49°54'40.97"W	1101	Pequeno	0.68	Vhe, Vaq	Vhe, Var, Vab
33	Piraí do Sul	24°32'14.95"S	49°54'17.50"W	1084	Grande	0.58	Vhe, Var, Vaq, Vta	Vhe, Var, Vab, Vta
34	Piraí do Sul	24°31'34.86"S	49°54'55.14"W	1054	Médio	1.5	Vhe, Var, Vab, Aaq	Vhe, Var, Vab

Ambiente	Município	Coordenadas		Altitude	Tamanho	Profundidade	Tipo de vegetação	
		Latitude	Longitude				Interior	Margem
35	Piraí do Sul	24°27'47.6"S	50°00'30.4"W	1244	Pequeno	0.6	Vhe	Vhe
36	Piraí do Sul	24°28'45.53"S	50° 1'2.63"W	1219	Médio	0.28	Vhe, Var, Vaq	Vhe, Var, Vab
37	Tibagí	24°33'53.26"S	50°15'34.56"W	975	Médio	1.26	Vhe, Var	Vhe, Var, Vab
38	Tibagí	24°34'1.64"S	50°15'54.78"W	1063	Médio	0.22	Vhe	Vhe
39	Tibagí	24°33'53.9"S	50°16'21.6"W	1044	Grande	0.68	Vhe, Var, Vaq, Vta	Vhe, Var, Vab, Vta
40*	Tibagí	24°33'38.97"S	50°16'57.86"W	1025	Médio	0.35	Na	Vhe
41	Tibagí	24°41'14.92"S	50°12'37.14"W	1216	Pequeno	0.45	Vhe, Vaq	Vhe, Var
42	Tibagí	24°39'49.54"S	50°13'10.85"W	1231	Médio	0.6	Vhe	Vhe, Var
43	Tibagí	24°36'4.25"S	50°15'22.13"W	1145	Pequeno	0.35	Vhe, Vaq	Vhe, Var
44	Tibagí	24°40'1.10"S	50°13'0.83"W	1242	Grande	0.49	Vhe, Vaq	Vhe, Var
45	Tibagí	24°42'30.77"S	50°14'45.28"W	1150	Pequeno	0.19	Na	Vhe
46	Tibagí	24°42'34.86"S	50°14'40.37"W	1161	Pequeno	0.34	Vhe, Vaq	Vhe, Var
47	Tibagí	24°45'59.2"S	50°09'49.2"W	1183	Pequeno	0.94	Na	Vhe, Var
48	Tibagí	24°36'0.74"S	50°14'18.65"W	1165	Médio	0.32	Vhe, Var	Vhe, Var
49	Tibagí	24°38'21.71"S	50°13'50.54"W	1200	Grande	0.56	Vhe, Vaq	Vhe
50	Carambeí	24°57'54.24"S	50° 3'11.70"W	1027	Grande	1.2	Vhe, Var, Vaq	Vhe, Var
51**	Carambeí	24°57'49.04"S	50° 3'13.55"W	1022	Pequeno	0.42	Vhe	Vhe, Var, Vab
52	Carambeí	24°58'46.34"S	50° 0'14.13"W	981	Grande	0.57	Vhe, Var	Vhe, Var, Vab
53*	Ponta Grossa	25°13'41"S	50°02'07.1"W	817	Pequeno	0.14	Vhe	Vhe

Ambiente	Município	Coordenadas		Altitude	Tamanho	Profundidade	Tipo de vegetação	
		Latitude	Longitude				Interior	Margem
54	Ponta Grossa	25°13'12.48"S	50° 0'44.96"W	828	Grande	0.45	Vhe, Vaq	Vhe
55	Ponta Grossa	25°14'43.36"S	50° 2'25.65"W	798	Pequeno	0.26	Vhe, Vaq	Vhe
56	Ponta Grossa	25°13'9.62"S	49°53'2.81"W	1099	Grande	0.62	Vhe, Vaq	Vhe, Var
57**	Ponta Grossa	25°11'5.71"S	49°55'46.82"W	1067	Médio	0.35	Vhe, Var	Vhe
58**	Ponta Grossa	25° 9'35.61"S	49°55'29.73"W	1051	Grande	0.19	Vhe	Vhe
59	Ponta Grossa	25° 9'41.42"S	49°54'17.55"W	968	Pequeno	0.85	Vaq	Vhe
60**	Ponta Grossa	25°12'32.01"S	49°56'13.93"W	1001	Grande	0.37	Vhe, Var, Vaq	Vhe
61**	Ponta Grossa	25°15'44.85"S	49°56'47.24"W	874	Médio	0.6	Vhe, Var, Vaq	Vhe, Var
62**	Ponta Grossa	25°10'36.64"S	49°58'44.35"W	924	Pequeno	0.44	Na	Vhe
63**	Ponta Grossa	25° 9'0.37"S	49°57'24.40"W	1035	Pequeno	0.6	Na	Vhe
64**	Ponta Grossa	25°06'13.1"S	49°54'25.1"W	831	Grande	0.5	Vhe, Vaq, Vta	Vhe, Var, Vab
65	Ponta Grossa	25°09'46.4"S	49°54'44.3"W	961	Médio	0.35	Vhe, Vaq	Vhe, Var, Vta
66**	Ponta Grossa	25°10'29.14"S	49°53'56.62"W	1091	Médio	0.44	Vhe	Vhe

*Ambientes amostrados apenas para a fase adulta. **Ambientes amostrados apenas para a fase larval.

Tabela 2 - Lista de espécies de anuros coletados nos remanescentes disjuntos de Cerrado e Ecótono nos Campos Gerais do Paraná, Brasil. Abreviaturas: Associação = grau de associação com o Cerrado, Distribuição = padrão de distribuição, T = espécies típicas, M = espécies marginais, E = Endêmica do Cerrado endêmica, W = amplamente distribuídas, S = espécies com distribuição meridional ocorrendo no Cerrado, AT = espécies que ocorrem na Mata Atlântica e no Cerrado. Os asteriscos indicam espécies endêmicas da Mata Atlântica.

TAXON	Adultos	Girinos	Associação	Distribuição
Ordem Anura				
Família Bufonidae				
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)	X	X	T	W
<i>Rhinella icterica</i> (Spix, 1824)		X	M	AT
<i>Rhinella abei</i> (Baldissera, Caramaschi, and Haddad, 2004)*		X	M	S
<i>Rhinella</i> sp.	X		M	S
<i>Rhinella</i> sp.2	X		M	S
Família Odontophrynidae				
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied, 1824)	X	X	M	AT
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril and Bibron, 1841)	X	X	M	S
Família Hylidae				
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)		X	T	W
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt, 1944)	X	X	M	S
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)	X	X	T	W
<i>Dendropsophus elianeae</i> (Napoli and Caramaschi, 2000)		X	T	E
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	X	X	M	AT
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix, 1824)	X	X	T	W
<i>Hypsiboas bischoffi</i> (Boulenger, 1887)*	X	X	M	S
<i>Hypsiboas prasinus</i> (Burmeister, 1856)	X	X	M	AT
<i>Hypsiboas caingua</i> (Carrizo, 1991)	X	X	M	AT

TAXON	Adultos	Girinos	Associação	Distribuição
<i>Hypsiboas jaguariaivensis</i> Caramaschi, Cruz, and Segalla, 2010	X	X	T	E
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal and Haddad, 1992	X	X	M	S
<i>Aplastodiscus perviridis</i> Lutz, 1950		X	T	AT
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (Lutz and Lutz, 1938)*	X	X	M	S
<i>Sphaenorhynchus surdus</i> (Cochran, 1953)*	X	X	M	S
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)	X	X	T	W
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad, and Kasahara, 1995*	X	X	M	S
<i>Scinax cf. similis</i> (Cochran, 1952)	X		M	S
<i>Sxinax cf. granulatus</i> (Peters, 1871)	X		M	S
<i>Scinax uruguayus</i> (Schmidt, 1944)	X	X	M	S
<i>Scinax squalirostris</i> (Lutz, 1925)	X	X	T	S
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (Lutz, 1925)	X	X	T	W
<i>Scinax aromothyella</i> Faivovich, 2005*	X		M	S
<i>Scinax rizibilis</i> (Bokermann, 1964)*		X	M	S
<i>Scinax cf. catharinae</i> *	X	X	M	S
<i>Scinax</i> sp. (gr. ruber)	X	X	M	S
<i>Scinax</i> sp. (gr. catharinae)	X		M	S
Família Leptodactylidae				
<i>Physalaemus aff. gracilis</i> (Boulenger, 1883)	X	X	M	S
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	X	X	T	W
<i>Physalaemus lateristriga</i> (Steindachner, 1864)*	X	X	M	S
<i>Physalaemus marmoratus</i> (Reinhardt and Lütken, 1862)	X		T	E
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner, 1863	X		T	E
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)		X	T	W
<i>Leptodactylus aff. latrans</i> (Steffen, 1815)	X	X	T	W
<i>Leptodactylus gracilis</i> (Duméril and Bibron,	X	X	M	S

TAXON	Adultos	Girinos	Associação	Distribuição
1840)				
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	X	X	T	W
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister, 1861)		X	T	AT
<i>Leptodactylus podicipinus</i> (Cope, 1862)	X		T	W
Família Microhylidae				
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin-Méneville, 1838)	X	X	T	S

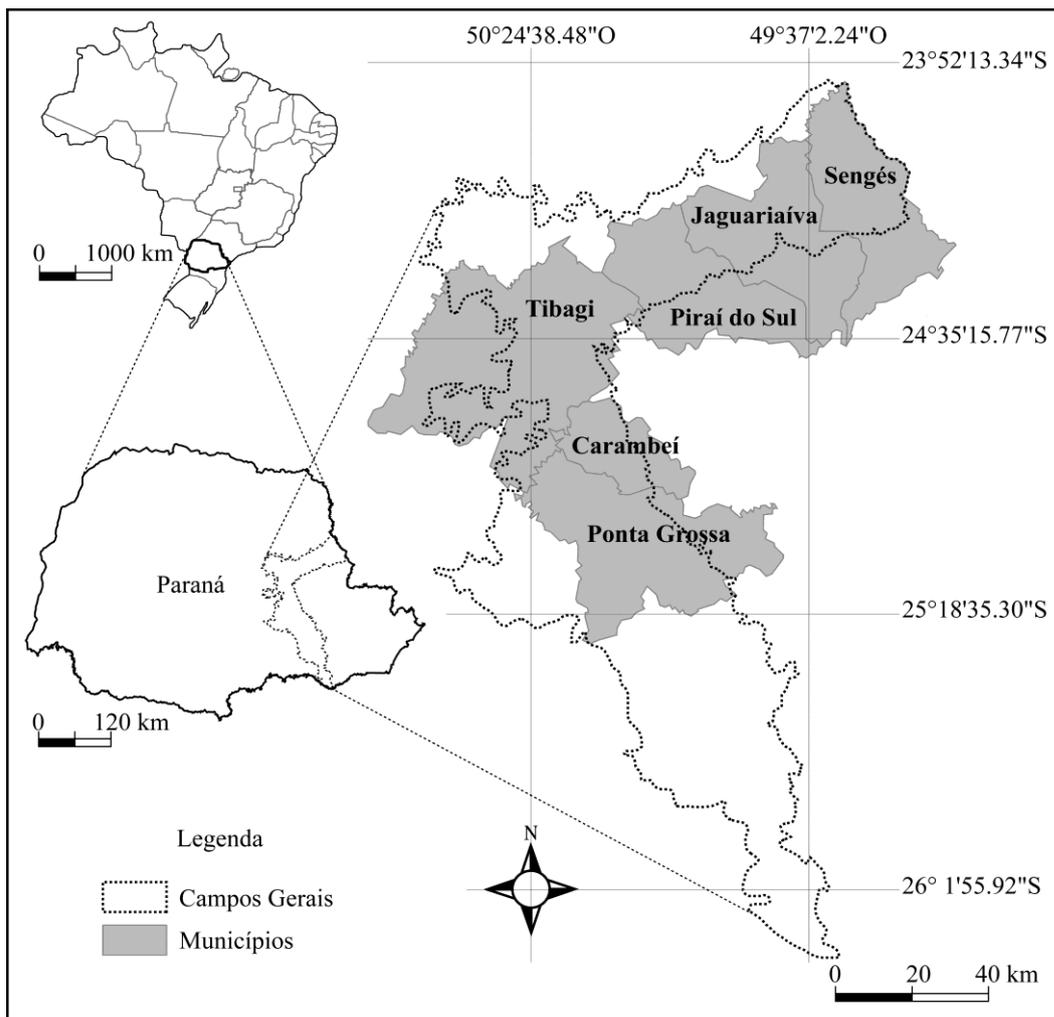


Figura 1 - Mapa mostrando os municípios que foram amostrados com ocorrência de remanescentes de cerrado nos Campos Gerais.



Figura 2 - Espécies registradas na área de estudo: 1- *Rhinella schneideri*, 2- *R. abei*, 3- *R. ictérica*, 4- *Proceratophrys boiei*, 5- *Odontophrynus americanos*, 6- *Dendropsophus nanus*, 7- *D. sanborni*, 8- *D. minutus*, 9- *Hypsiboas faber*, 10- *H. albopunctatus*, 11- *H. bischoffi*, 12- *H. prasinus*, 13- *H. caingua*, 14- *H. jaguariaivensis*, 15- *Phyllomedusa*

tetraploidea, 16- *Aplastodiscus perviridis*, 17- *A. albosignatus*, 18- *Sphaenorhynchus surdus*.



Figura 3 - Espécies registradas na área de estudo: 19- *Scinax fuscovarius*, 20- *S. perereca*, 21- *S. uruguayus*, 22- *S. squalirostris*, 23- *S. fuscomarginatus*, 24- *S. rizibilis*, 25- *S. cf. catharinae*, 26- *Scinax* sp. (gr. *ruber*), 27- *Physalaemus gracilis*, 28- *P. cuvieri*, 29- *P. lateristriga*, 30- *Leptodactylus labyrinthicus*, 31- *L. latrans*, 32- *L. mystacinus*, 33- *Elachistocleis bicolor*.

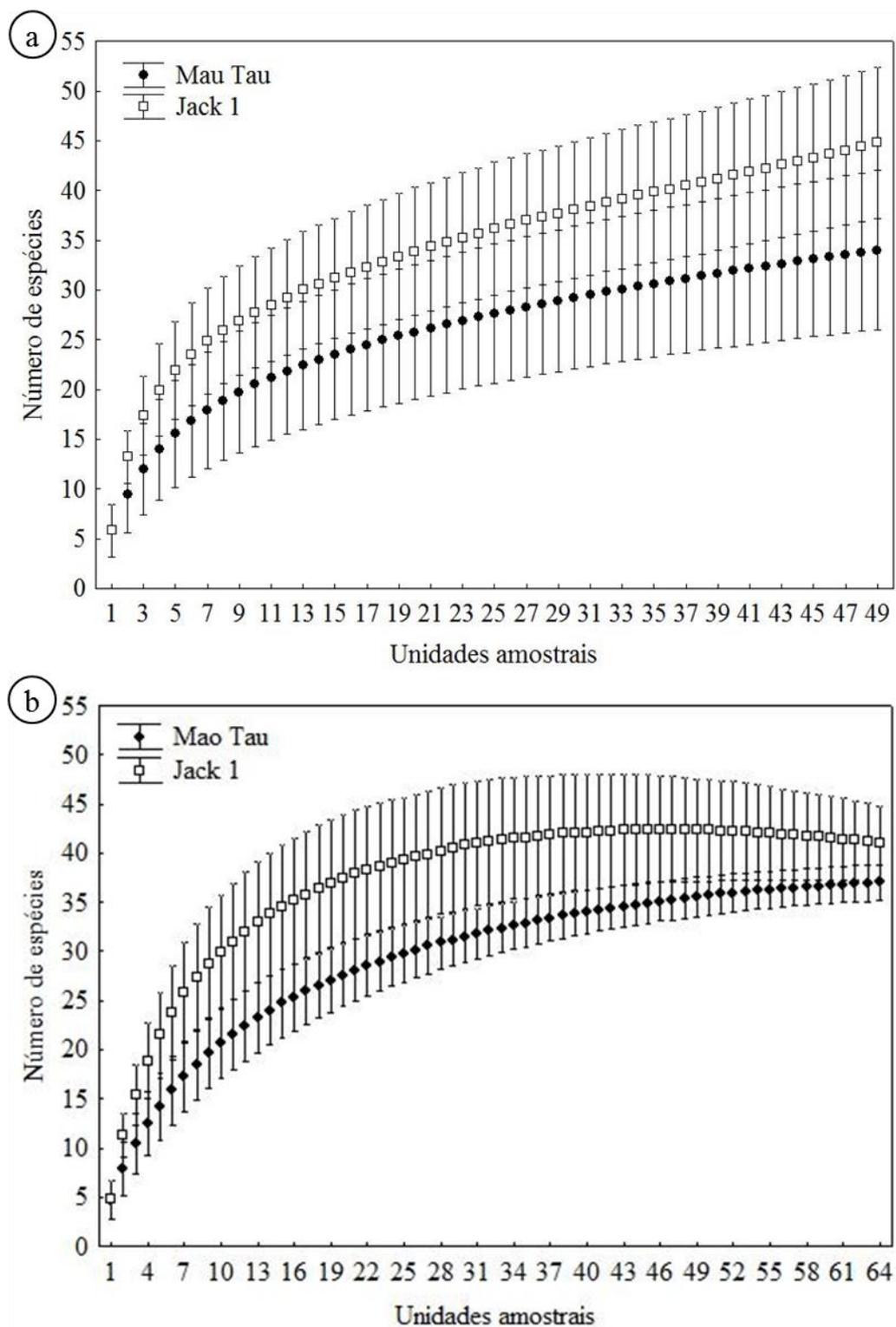


Figura 4 - a) Curva de acumulação de espécies (riqueza observada e estimada - Jackknife 1) de espécies de anfíbios anuros (em fase adulta), Campos Gerais do Paraná, Brasil; b) Curva de acumulação de espécies (riqueza observada e estimada - Jackknife 1) de espécies de anfíbios anuros (em fase larval), Campos Gerais do Paraná, Brasil.

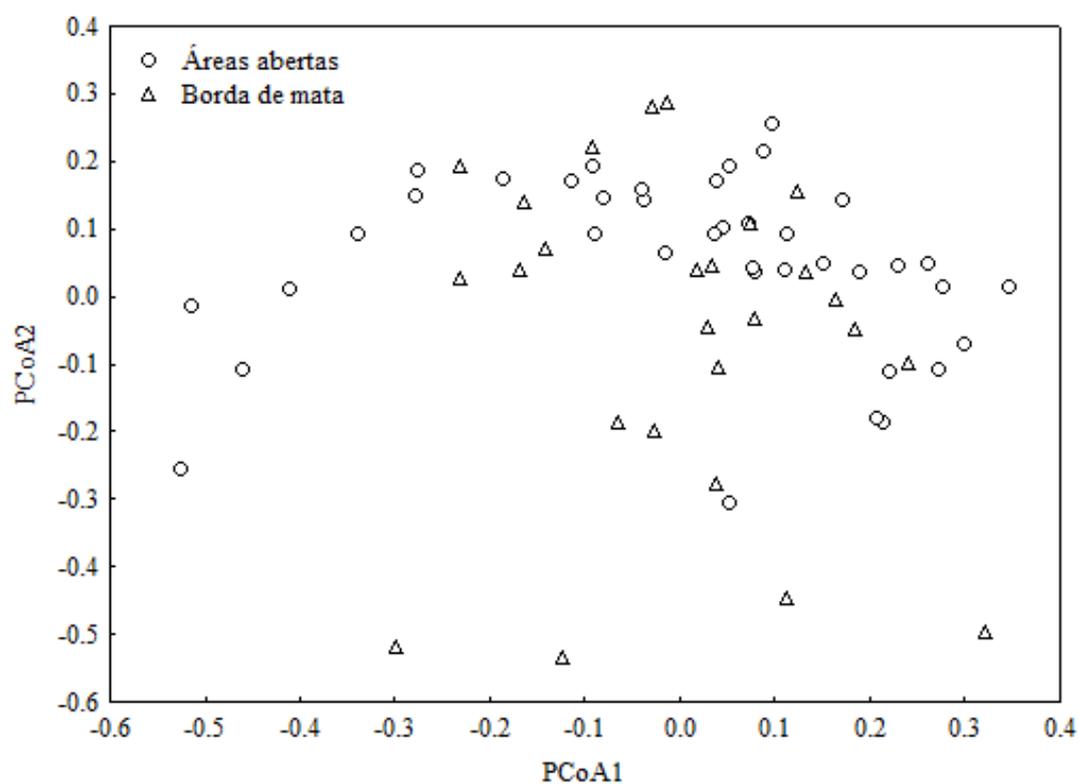


Figura 5 - Diagrama de ordenação resultante da análise de coordenadas principais (PCoA) pelo coeficiente de similaridade de Sorensen, para a composição de espécies de anuros entre corpos d'água amostrados em área aberta (n=39) e em área de borda de mata (n=27). Siglas: \circ = áreas abertas, Δ = borda de mata.

3 EFEITOS DOS FATORES BIOLÓGICOS, AMBIENTAIS E ESPACIAIS SOBRE A ESTRUTURAÇÃO DE METACOMUNIDADES DE LARVAS DE ANUROS NO SUL DO BRASIL

ABSTRACT

The study and comparing of different communities permit to improve the understanding of how metacommunities respond to biological, environmental and spatial factors. In this context, the dynamics of vertebrate with low dispersal ability and complex life cycle, such as amphibians, are little explored. The aims of this study were to determine which component (turnover or nesting) is most important to explain the change in species composition, identify which models of metacommunities explain the communities and to determine the relative influence of biological, environmental and spatial factors in the patterns of anurans metacommunity in water bodies of a subtropical region. Sampling was conducted from October 2012 to March 2013. Data of tadpole, predators, chlorophyll-a and habitat descriptors were taken from 64 water bodies located in an ecotone (Cerrado-Atlantic Forest) on Campos Gerais, Paraná, Brazil. The beta diversity partition showed that the assemblies are shaped essentially by replacement (turnover) and not by the loss of species (nesting). Therefore, the change in composition is determined by a balance between environmental effects in large scales or by dispersion processes in finer scales, as expected under neutral dynamics. The partial redundancy analysis showed that the pure biological, pure environmental and pure spatial components were significant, indicating a combination of different processes on the tadpoles metacommunity, being the species-sorting and mass effects the best models of metacommunities to determine differences in the structuration of communities. The tadpoles metacommunity are being governed by both related processes to niche (environmental or local) as well as to the neutral theory (regional or spatial), indicating that the selection and specialization of habitat and dispersal limitation are very important to understand the formation patterns of the anurans assemblies.

Keywords: Diversity partitioning, habitat selection, niche, dispersal limitation, neutral dynamics.

RESUMO

O estudo e a comparação de diferentes comunidades permite melhorar a compreensão de como as metacomunidades respondem a fatores biológicos, ambientais e espaciais. Neste contexto, a dinâmica de vertebrados com baixa capacidade de dispersão e com ciclo de vida complexo, como dos anfíbios, é pouco explorada. Os objetivos foram determinar qual componente (*turnover* ou aninhamento) é mais importante para explicar a mudança na composição de espécies de girinos, verificar como as comunidades se ajustam aos modelos de metacomunidades, e determinar a influência relativa dos fatores biológicos, ambientais e espaciais nos padrões da metacomunidade de larvas de anuros em corpos d'água de uma região subtropical. As coletas foram realizadas nos meses de outubro de 2012 a março de 2013. Dados de girinos, predadores, clorofila e descritores do habitat foram tomados para 64 corpos d'água localizados em um ecótono (Cerrado-Mata Atlântica) nos Campos Gerais, Paraná, Brasil. A partição da diversidade beta demonstrou que as assembleias são moldadas basicamente pela substituição (*turnover*) de espécies e não pela perda de espécies (aninhamento). Portanto, a variação na composição é determinada por um balanço entre efeitos ambientais em grandes escalas ou por processos de dispersão em escalas mais finas, como esperado sob uma dinâmica neutra. A análise de redundância parcial demonstrou que os componentes puro biológico, puro ambiental e puro espacial foram significativos, indicando uma combinação de diferentes processos atuando sobre a metacomunidade de girinos: sendo o *species-sorting* e o *mass effects* os melhores modelos de metacomunidades para determinar diferenças na estruturação das comunidades. A metacomunidade de girinos está sendo regida tanto por processos relacionados ao nicho (ambientais ou locais) como também relacionados à teoria neutral (regionais ou espaciais), indicando que a seleção e especialização de habitat e a limitação da dispersão são muito importantes para entender os padrões de formação das assembleias de anuros.

Palavras-chave: Partição da diversidade, seleção de habitat, nicho, limitação de dispersão, dinâmica neutra.

3.1 INTRODUÇÃO

Ecólogos têm buscado elucidar os padrões de distribuição e abundância relativa das espécies, assim como os mecanismos envolvidos na dinâmica espacial e temporal das comunidades (Azeria & Kolasa, 2008; Vellend, 2010). Tradicionalmente, os gradientes ambientais têm sido considerados como os principais determinantes da distribuição das espécies (Provete et al., 2013). No entanto, gradientes espaciais também podem influenciar a estruturação de comunidades ecológicas como reguladores da capacidade de dispersão (McIntire & Fajardo, 2009; Landeiro et al., 2011). Surge então o conceito de metacomunidade, que pode ser definido como um conjunto de comunidades locais ligadas pela dispersão de espécies e que potencialmente interagem entre si (Cottenie et al., 2005; Leibold et al., 2004). Neste contexto, a metacomunidade busca entender como a dispersão, os fatores ambientais e as interações biológicas determinam a coexistência regional de espécies dentro de diferentes paisagens (Holyoak et al., 2005).

A formação das metacomunidades é avaliada em relação a um contínuo multidimensional de estruturas possíveis, e várias conformações idealizadas têm sido identificadas pelos ecologistas (Presley et al., 2010; Siqueira et al., 2012; Algarte et al., 2014). Assim, tanto os fatores ambientais quanto espaciais podem atuar como filtros na determinação da composição das metacomunidades locais. Estes fatores estão associados principalmente a perspectivas relacionadas a variáveis espaciais que refletem processos baseados na importância da capacidade de dispersão dos organismos (Diniz et al., 2012; Provete et al., 2013), a interações biológicas (Azevedo-Ramos, 1999) e variáveis ambientais, que refletem processos de nicho (e.g. Cavender-Bares et al., 2009), e, mais recentemente, processos baseados em modelos neutros que excluem o papel do nicho, assumindo que todas as espécies são similares em sua habilidade de competição, capacidade de dispersão e aptidão (Hubbell, 2001). Na essência da abordagem mecanicista de metacomunidades quatro modelos conceituais explicam a importância relativa dos fatores locais e regionais: modelo neutro (NM), *patch dynamics* (PD), *mass effects* (ME) e *species sorting* (SS) (senso Leibold et al., 2004). Esses modelos diferem quanto à importância relativa dos fatores locais e regionais sobre a estrutura das metacomunidades.

Embora fatores ambientais e espaciais sejam mais comumente usados para avaliar a estrutura das comunidades (Presley et al., 2010; Siqueira et al., 2012; Algarte et al., 2014), fatores biológicos, como a presença de predadores e a disponibilidade de alimentos

também podem afetar a estrutura e dinâmica de comunidades e metacomunidades. Padrões clássicos de segregação de espécies entre predadores e a alta vulnerabilidade das presas resultam em diferentes mecanismos, que se alteram de acordo com os processos subjacentes de colonização e dispersão (Resetais et al., 2005). A distribuição de peixes predadores, por exemplo, é um determinante crítico da distribuição a nível de paisagem e da abundância de muitas taxa aquáticas (Wellbom et al., 1996). A seleção de habitat também é particularmente pertinente para a dinâmica de metacomunidades porque eleva a probabilidade e intensidade de conjuntos totalmente diferentes de interações locais entre espécies obrigadas a coocorrer espacialmente devido a preferência de habitats compartilhados. Duas perspectivas diferentes sobre essa questão, a dispersão e o nicho das assembleias têm sido recentemente combinadas em modelos de metacomunidades para prever as composições das comunidades locais (Leibold et al., 2004; Holyoak et al., 2005).

Outro conceito fundamental na compreensão da estruturação das comunidades biológicas é a diversidade beta, que pode ser definida como a variação na composição da comunidade entre locais ou entre períodos de tempo (Tuomisto, 2010; Anderson et al., 2010; Melo et al., 2011). Essas mudanças de composição estão relacionadas principalmente a dois fenômenos: aninhamento (perda de espécies) e *turnover* (substituição de espécies) (Baselga 2010, 2012). O *turnover* está relacionado com a forma como as composições de espécies mudam entre as comunidades. O aninhamento ocorre em metacomunidades com baixas taxas de *turnover*, em que a composição de locais pobres em espécies representam subconjuntos de locais mais ricos (Ulrich et al., 2009). A partição da diversidade nesses componentes bem como a importância relativa de fatores ambientais e espaciais pode ser uma importante ferramenta para compreendermos melhor a dinâmica espacial das comunidades biológicas.

História de vida, aspectos demográficos e resposta a variações ambientais são características dos vertebrados que estão mais relacionadas ao enquadramento das comunidades nos modelos de metacomunidades (Pandit et al., 2009; De Bie et al., 2012). A dinâmica de metacomunidades de vertebrados com baixa capacidade de dispersão, como dos anfíbios, ainda é pouco explorada, o que limita a aplicação de generalizações da teoria para todos os grupos de organismos (Logue et al., 2011). Sabendo que os anuros não possuem grande dispersão em busca de recursos (Rothermel & Semlitsch, 2002) e que a escala espacial pode influenciar na importância relativa dos processos ambientais e

biológicos (Ng et al., 2009), o estudo de metacomunidades torna-se importante para entender os fatores que afetam a estrutura das comunidades neste grupo.

A maioria dos anfíbios são organismos limitados pela dispersão que necessitam de ambientes úmidos para sobreviver e se reproduzir (Smith & Green, 2005; Wells, 2007). Além disso, alguns anfíbios anuros exibem um comportamento de filopatria, se reproduzindo na mesma lagoa em que emergiu como juvenil (Semlisch, 2008), o que reforça os efeitos potenciais de ambos os processos ambientais e espaciais na estrutura das metacomunidades de anuros. Este complexo comportamento de seleção de habitat com requerimentos ambientais específicos podem agir como um processo ecológico endógeno (Legendre & Legendre, 2012), criando autocorrelação espacial na composição de espécies. Como resultado, tanto o arranjo dos corpos d'água e seu entorno podem desempenhar um papel na distribuição dos sítios reprodutivos dos anuros. Ademais, organismos de lagos com ciclos de vida complexos, tais como os anfíbios anuros são um sistema modelo útil para testar a teoria da metacomunidade, uma vez que são submetidos a diferentes processos ambientais e espaciais tanto na fase adulta quanto na fase larval (Provete et al., 2013).

Explorando e comparando esses padrões através no contexto da metacomunidade é possível ter o potencial para melhorar nossa compreensão de como as comunidades biológicas respondem a variação ambiental e geográfica (Presley et al., 2012). Com base no exposto acima, nossa primeira hipótese é de que para as comunidades de larvas de anfíbios anuros em uma paisagem heterogênea, formada por mosaico entre formações campestres e florestais, os processos de aninhamento serão mais importantes que de *turnover*, já que a substituição de espécies é baixa em anfíbios anuros, devido a baixa dispersão. E nossa segunda hipótese é que os papéis específicos dos fatores biológicos e ambientais vão exercer maior influência sobre a composição de espécies do que o fator espacial. Acredita-se que aqueles fatores relacionados ao nicho, ou seja, interações biológicas e características ambientais do habitat, serão determinantes para estruturar a metacomunidade de anuros, já que as espécies só podem permanecer em um ambiente se este oferecer condições e recursos necessários para a sua sobrevivência, especialmente em girinos, que são muito sensíveis as variações ambientais.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

Foram amostrados 64 corpos d'água localizados em fragmentos de Cerrado e regiões de ecótono com a Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual), nos Campos Gerais, estado do Paraná, Brasil. Os corpos d'água estavam localizados nos municípios de Sengés, Jaguariaíva, Piraí do Sul, Tibagi, Carambeí e Ponta Grossa (Figura 1). A área de estudo está sob influência de dois tipos climáticos segundo a classificação de Köppen: Cfa, clima subtropical mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e com média do mês mais quente superior a 22 °C; e Cfb, clima subtropical mesotérmico, úmido, sem estação seca definida e verões frescos e com média do mês mais quente inferior a 22 °C (Peel et al., 2007). A região exibe um relevo suave ondulado, e a altitude varia de 800 m a 1.200 m. O solo é do tipo latossolos vermelho-amarelos e neossolos litólicos, mas também podem ocorrer em cambissolos e argissolos (Melo et al., 2003).

3.2.2 Delineamento amostral

As coletas foram realizadas nos meses de outubro de 2012 a março de 2013, durante a estação reprodutiva dos anfíbios. Neste período foram realizadas seis visitas a campo, com duração de seis dias de amostragem cada uma, somando um total de 36 dias. Os corpos d'água selecionados foram lagoas, represas ou poças permanentes e temporárias que serviam como sítio reprodutivo de anfíbios anuros.

Os girinos foram amostrados no período diurno, utilizando-se um puçá com rede de aço com malha de 3 mm², de 40 cm de diâmetro e um cabo longo. O puçá foi passado através de toda extensão de cada corpo d'água, com o esforço de uma hora de coleta por pessoa em cada ponto amostral (Heyer et al., 1994). Posteriormente os girinos foram anestesiados em solução de 5% de benzocaína e fixados em formalina 5%. Todos os indivíduos coletados durante a amostragem foram identificados segundo bibliografia especializada (Rossa-Feres & Nomura, 2006; Machado & Maltchik, 2007) e por comparação com indivíduos depositados em outras coleções, com a utilização de estereomicroscópio. A nomenclatura das espécies está de acordo com Frost (2013). Todos

os indivíduos foram depositados na Coleção Zoológica da Universidade Federal de Goiás (ZUFG).

Os insetos aquáticos predadores foram coletados durante a amostragem de girinos, com o auxílio do puçá. Todos os indivíduos coletados foram fixados e preservados em álcool 98% e identificados seguindo Cummins et al. (2008) e Mugnai et al. (2010). A presença de peixes foi determinada através de observação direta e por entrevista: direta, quando peixes eram avistados se movimentando na água ou quando eram capturados no puçá, durante a amostragem de girinos; entrevista, quando as pessoas que moravam nas proximidades dos corpos d'água relatavam a existência de peixes nos locais amostrados. Amostras de água de cada ponto amostral foram coletadas e armazenadas em uma caixa com gelo e levadas para o acampamento, onde foram filtradas através de membranas GF 52-C e imediatamente congeladas. As membranas foram usadas para quantificar a clorofila (extração por acetona e leitura através de um espectrofotômetro, de acordo com Golterman et al. (1978).

A heterogeneidade estrutural dos habitats e da paisagem foi avaliada pela determinação de dez descritores ambientais, sendo alguns já utilizados em outros estudos (Vasconcelos et al., 2009; Silva et.al, 2011) (Tabela 1): i) Área: medida em campo utilizando uma fita de 100 metros para medir os maiores valores de largura e comprimento dos corpos d'água, e aplicados na fórmula da elipse ($a = \text{comprimento}$ e $b = \text{largura}$, sendo $\text{área} = a \times b \times \pi$); ii) Profundidade do corpo d'água: profundidade máxima do corpo d'água; iii) Número de tipos de perfil de margem (até 2 metros da margem): plana (margens com ângulo inferior a 30° em relação à lâmina d'água); inclinada (margens com ângulo superior a 30° e inferior a 70°); barranco (margem com ângulo superior a 70° em relação à lâmina d'água), e escavada (margem construída com máquina, com ângulo igual ou superior a 90° em relação a lamina d'água), sendo 1 = apenas um tipo de margem, 2 = dois tipos de margens, 3 = três tipos de margens e 4 = quatro tipos de margem; iv) Tipos de solo nas margens: solo rochoso; solo pedregoso; solo cascalhado; solo arenoso, solo argiloso, solo lamacento, sendo 1 = apenas um tipo de solo, 2 = dois tipos de solo, 3 = três tipos de solo e 4 = quatro tipos de solo; v) Número de tipos de vegetação no interior do corpo d'água: submersa, flutuante, arbustivo, herbácea rasteira, herbácea ereta [e.g. *Typha* sp.], arbórea, e taboa, sendo 1 = apenas um tipo de vegetação, 2 = dois tipos de vegetação, 3 = três tipos de vegetação, 4 = quatro tipos de vegetação, e 5 = cinco tipos de vegetação; vi) Porcentagem

total de vegetação presente no interior do corpo d'água, (valores de porcentagem aproximada, sendo de 0 a 100%); vii) Número de tipos de vegetação nas margens dos corpos d'água: herbácea rasteira, herbácea ereta, arbustiva, arbórea, e taboa, sendo 1 = apenas um tipo de vegetação, 2 = dois tipos de vegetação, 3 = três tipos de vegetação, 4 = quatro tipos de vegetação, e 5 = cinco tipos; viii) Porcentagem de vegetação na margem do corpo d'água (valores de porcentagem aproximada, sendo de 0 a 100%); iv) Turbidez; e v) Temperatura da água.

Os descritores estruturais foram estimados visualmente. Os dados de turbidez (NTU) foram tomados utilizando um turbidímetro portátil (modelo LaMotte), e a temperatura da água foi tomada com o auxílio de um termômetro digital com sensor interno Digital-Thermo.

3.2.3 Análises estatísticas

3.2.3.1 Variáveis espaciais

Como preditores espaciais, as coordenadas geográficas foram usadas para produzir uma matriz de distância baseada nos Autovetores dos Mapas de Moran (dbMEM; Dray et al., 2012; Legendre & Legendre, 2012) derivados da decomposição espectral das relações espaciais entre as comunidades (Dray et al., 2012). Este procedimento produz variáveis espaciais linearmente independentes convergindo em uma ampla escala espacial e permite modelar qualquer tipo de estrutura espacial (Borcard & Legendre, 2002). Os autovetores da dbMEM foram computados através de uma matriz de distância geodésica obtida através do pacote *fields* do software R (Furrer et al., 2011). Este procedimento produziu 21 dbMEMs que podem ser usados como preditores espaciais. A análise foi conduzida utilizando o pacote PCNM do software R (Legendre et al., 2010). Por concentrar maior parte da variação, os primeiros autovetores descrevem estruturas espaciais em escalas mais amplas enquanto os últimos autovetores representam estruturas espaciais finas (Dray et al., 2012; Legendre & Legendre, 2012). Assim, foi realizada uma seleção de modelos através do critério *forward selection* com o critério de dupla parada (Legendre & Legendre, 2012) no pacote *packfor* do software R (Dray, 2009) para selecionar apenas os dbMEMs que foram significativamente explicados pela variância da matriz de composição de espécies. Este procedimento selecionou apenas dois dbMEMs (dbMEM1 e dbMEM21) que foram

utilizados como variáveis preditoras e que estavam associadas a variação na composição das comunidades.

3.2.3.2 Partição da diversidade beta

A diversidade beta pode fornecer medidas de dissimilaridade entre os pontos amostrados, mas de acordo com Baselga (2012), para avaliar quais as causas que estão atuando sobre os resultados encontrados, a dissimilaridade total encontrada foi particionada (Dissimilaridade de Jaccard) nos seguintes componentes: dissimilaridade devido a substituição de espécies (*turnover*) e dissimilaridade devido ao aninhamento (aninhamento resultante da dissimilaridade). Dessa maneira, podemos avaliar se a dissimilaridade total encontrada esteve mais relacionada à perda (componente aninhamento) ou substituição (componente *turnover*) de espécies. Para verificar qual dos componentes (aninhamento ou *turnover*) é o mais importante para definir os padrões da comunidade de larvas de anuros, utilizamos uma medida de dissimilaridade de múltiplos sítios com o pacote *betapart* do software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012) (Baselga 2012, 2013; Baselga & Orme, 2012).

3.2.3.3 Partição da variância

Para descrever a estrutura das metacomunidades de larvas de anuros foi decomposta a variação da diversidade beta nas frações explicadas pelos preditores biológicos (insetos predadores, presença ou ausência de peixes, e clorofila), ambientais (descritores ambientais dos corpos d'água) e espaciais (dbMEM's) usando uma abordagem de partição da variância baseada na análise de redundância parcial (pRDA). A pRDA pode ser entendida como uma extensão da análise de regressão múltipla, possuindo uma matriz dependente (incidência espécies) e diferentes matrizes explanatórias (variáveis bióticas, ambientais e espaciais). Apesar de algumas recentes críticas (Gilbert & Bennett, 2010; Smith & Lundholm, 2010), esta técnica permanece útil para separar a variação da composição de espécies gerada por gradientes ambientais, autocorrelação espacial, e gradientes ambientais espacialmente estruturados (variância compartilhada) (Diniz-Filho et al., 2012). Utilizamos randomizações de Monte Carlo para verificar a significância. Em casos em que todo o modelo foi estatisticamente significativo (como indicado por 999 permutações de Monte Carlo), usamos o procedimento de deleção *forward selection* (Blanchet et al., 2008) para

reter somente as variáveis ambientais mais relacionadas às composições de espécies das larvas de anuros.

A análise de partição da variância foi conduzida com a matriz de abundância de espécies (não transformada) com estandardização de Hellinger. A transformação de Hellinger (Legendre & Legendre, 2012) homogeneiza a variação entre as espécies e proporciona uma estimativa não tendenciosa da partição da variância (Peres-Neto et al., 2006). Para fazer com que os resultados sejam comparáveis foram reportados os resultados da partição da variância dos dados das espécies com estandardização de Hellinger através dos valores relativos da variação explicada utilizando o R^2 ajustado (R^2_{adj} , Peres-Neto et al., 2006) e o valor absoluto da diversidade beta atribuído por componentes individuais. A partir dessas análises, foi possível inferir quais processos foram mais importantes para a comunidade de anuros, se processos relacionados às interações biológicas ou ambientais, ou seja, relacionados ao nicho (locais ou ambientais) e/ou processos neutros (espaciais ou regionais). Tais análises foram realizadas no software estatístico livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), com a utilização do pacote *vegan*.

Antes de realizar as análises verificamos se alguma das variáveis ambientais apresentaram autocorrelação espacial. Para isso, foram utilizados correlogramas de Mantel e reportados os valores de I Moran. Essas análises foram realizadas no programa SAM. Nenhuma das variáveis ambientais teve alta autocorrelação espacial (Tabela 2), e apenas a temperatura da água apresentou correlação com valor maior que 0,2 (IMoran = 0,28), assim a temperatura da água foi retirada da análise. Verificamos a existência de colinearidade entre as variáveis ambientais e espaciais por meio de análise de fator de inflação da variância (VIF), sendo que as variáveis com valores de VIF > 10,0 foram consideradas colineares. Nenhuma das variáveis ambientais teve um VIF maior que dois.

3.3 RESULTADOS

Foram registrados 16.712 indivíduos, distribuídos em 37 espécies de anfíbios anuros, pertencentes a 13 gêneros e cinco famílias (Tabela 3). A família com maior riqueza de espécies foi Hylidae (22 espécies, 59,45% do total), seguida de Leptodactylidae (nove espécies, 24,32% do total), Bufonidae (três espécies, 8,10% do total), Odontophrynidae (duas espécies, 5,40% do total) e por último, Microhylidae (uma espécie, 2,70% do total). As espécies mais abundantes foram *Leptodactylus latrans*, *Physalaemus cuvieri*, *Rhinella*

sp.1 e *D. minutus*, que representaram, juntas, 52,60% do total de indivíduos coletados. Foi possível identificar três principais ordens de insetos predadores, sendo elas: Odonata, Hemiptera e Coleoptera. Em geral, nos corpos d'água temporários não foram encontrados peixes que poderiam ser potenciais predadores para os girinos (e.g. *Hoplías sp.*).

Por meio da partição da diversidade beta, avaliada através da medida de dissimilaridade de múltiplos sítios (Baselga, 2012, 2013), verificamos que o componente *turnover* resultante da dissimilaridade explicou grande parte da modificação na composição das assembleias ($B_{sim}=0,8754$), enquanto o componente aninhamento apresentou um baixo valor de beta ($B_{sne}=0,0769$). Portanto, as assembleias são moldadas basicamente pela substituição (*turnover*) de espécies e não pela perda (aninhamento), rejeitando nossa hipótese inicial.

A seleção de modelos indicou que apenas as variáveis ambientais número de tipos de vegetação na margem, número de tipos de vegetação no interior e turbidez, foram as mais importantes para diferenciar a composição de espécies entre os corpos d'água, assim apenas essas variáveis foram selecionadas e utilizadas para realizar a pRDA. Os componentes puro biológico, puro ambiental e puro espacial foram significativos e importantes para explicar a estrutura da metacomunidade de larvas de anuros, apesar da baixa explicação (Tabela 4). O fator puro biológico influenciou 3,7% ($P<0.001$), enquanto o fator puro ambiental explicou 4,1% ($P<0.001$) e por último, o fator puro espacial, que influenciou aproximadamente 5% ($P<0.001$) da composição de espécies. Assim, os processos neutros (espacial) são tão importantes quanto os processos de nicho (biológico e ambiental; ~ 8%) para influenciar os padrões espaciais na composição de espécies. A variação residual representou 87%.

3.4 DISCUSSÃO

A região dos Campos Gerais do Paraná pode ser considerada um ecótono entre o Cerrado e a Mata Atlântica. A anurofauna da região amostrada correspondeu a 17,70% das espécies registradas para o Cerrado (Valdujo et al., 2012) e a 8,06% das espécies encontradas para a Mata Atlântica (Haddad et al., 2013). Além disso, muitas espécies encontradas neste estudo ocorrem em mais de um bioma brasileiro (e.g., Cerrado, Floresta Atlântica *latu sensu* e Pampa) (Frost, 2013).

Como evidenciado pela partição da diversidade beta, o aninhamento demonstrou uma baixa explicação, e a dissimilaridade encontrada não foi devido à perda das espécies,

mas sim a uma substituição dessas. Esses resultados refletiram em assembleias com composições e riquezas diferentes, sugerindo que os padrões na variação de composição são determinados por um balanço entre efeitos ambientais em grandes escalas ou por processos de dispersão espacialmente estruturados em escalas mais finas, como esperado sob uma dinâmica neutra (Tonial et al., 2013). Em escalas espaciais mais finas existe um forte gradiente ambiental que governa os padrões de riqueza de espécies, conseqüentemente, uma relação mais evidente do componente *turnover* é esperada (Tonial et al., 2012; Diniz et al., 2012; Balselga et al., 2013). Além disso, esse padrão também pode ter ocorrido em parte porque os pontos amostrados se encontram em uma região de ecótono, que possui uma grande diversidade de espécies. O grande mosaico de ambientes existentes em regiões de ecótono podem favorecer a ocorrência de espécies com diferentes requerimentos ecológicos, podendo assim existir uma ampla substituição.

Os resultados demonstraram ainda que os componentes puro biológico, puro ambiental e puro espacial foram significativamente importantes para explicar a variação na composição de larvas de anuros. Embora, independentemente, os componentes mais importantes tenham sido os fatores puro ambiental e o puro espacial, se somados, os fatores puro biológico e puro ambiental explicam mais a variação na composição das espécies. Isso indica que uma combinação de diferentes processos podem estar atuando sobre a metacomunidade de girinos, sendo o *species-sorting*, no qual as espécies dependem de aspectos das características locais, e o *mass effects*, modelo que considera a dispersão como fator determinante da dinâmica local, os mais importantes. Portanto, a metacomunidade de girinos está sendo regida tanto por processos relacionados ao nicho (ambientais ou locais) como também relacionados à teoria neutra (regionais ou espaciais), indicando que a seleção e especialização de habitat e a limitação da dispersão são necessários para entender os padrões de formação das assembleias de anuros. Esses processos não são mutuamente exclusivos, mais podem atuar em conjunto para determinar a diversidade e coexistência das espécies (Chase, 2005). Mais interessante, não houve estruturação espacial de nenhuma das variáveis biológicas, ambientais ou espaciais medidas, o que pode ter influenciado a ausência de contribuição da interação entre os fatores analisados. A independência espacial dos componentes biológicos e ambientais para a metacomunidade de girinos pode indicar que existe um forte papel do comportamento do adulto na determinação da ecologia larval (Provete et al., 2013).

As variáveis ambientais número de tipos de vegetação na margem, número de tipos de vegetação no interior e turbidez foram as mais importantes para diferenciar a composição de espécies entre os corpos d'água. Um maior número de tipos de vegetação nas margens dos corpos d'água e seus diferentes níveis de estratificação vertical proporcionam maior quantidade de microhabitats que podem proporcionar maior quantidade e variedade de sítios de vocalização para os adultos, permitindo a colonização de uma maior diversidade de girinos. Além disso, a vegetação na margem também possibilita sombreamento (microclima) e a entrada de mais matérias alóctones para o corpo d'água, contribuindo para a manutenção da quantidade de nutrientes disponíveis. A vegetação no interior proporciona maior heterogeneidade, conferido vantagem seletiva que permite a partição de espaço através do uso diferencial de microhabitats, dessa forma, podem promover a redução da interferência da competição entre as espécies (Burne & Griffin, 2005; Silva, 2011). A turbidez reduz a quantidade de luz que atinge a coluna d'água e assim, organismos fitoplanctônicos e macrófitas bentônicas podem morrer por falta de luz (Smith & Schindler, 2009). A perda dessas macrófitas pode reduzir a complexidade do habitat e impactar negativamente a dinâmica da cadeia alimentar e a ciclagem de nutrientes (Engelhardt & Ritchie, 2001), já que elas são a base para organismos perifíticos que também são alimento de girinos raspadores (Rossa-Feres et al., 2004).

Pouco se sabe sobre a influência do conjunto dos fatores biológicos sobre a comunidade de larvas de anuros porque eles são difíceis de medir na natureza. Embora alguns autores afirmem que girinos se alimentam do que está disponível no habitat onde estão inseridos (Johnson, 1991; Lajmanovich, 1997), dados sobre alimentação dos girinos demonstram que eles são principalmente herbívoros (Rossa-Feres et al., 2004). Assim, a diferença na quantidade de clorofila (algas) disponível pode influenciar na colonização por larvas de espécies de anuros em um habitat. Existem estudos que relatam como a diferença de alimentação pode influenciar a organização das comunidades (Diaz-Paniagua, 1985; Lajmanovich, 2000). Em adição à disponibilidade de recursos, os predadores também são muito importantes para estruturar as comunidades de girinos, especialmente os peixes e insetos aquáticos. Processos ecológicos como a predação podem exercer um significativo papel na estruturação e regulação de comunidades ecológicas (Eterovick & Barata, 2006). A compreensão sobre as interações interespecíficas, tais como a predação são importantes no entendimento dos fatores que regulam a estrutura das assembleias, funcionando como

um mecanismo de redução de presas e determinando a distribuição das espécies (Eterovick & Barata, 2006, Kopp et al., 2006). No entanto, a grande plasticidade adaptativa (fenotípica) dos girinos em resposta não somente aos predadores (Relyea & Werner, 2000), mas também às variáveis ambientais e disponibilidade de alimento, pode interferir na coexistência das espécies em comunidades ecológicas e nas suas respostas a variação ambiental (Miner et al., 2005), sendo um dos possíveis mecanismos responsáveis pela menor influência dos fatores biológicos sobre a composição de espécies.

A importância dos fatores ambientais e biológicos evidenciada pela partição da variância sugere uma forte influência dos processos relacionados à teoria do Nicho. O nicho de uma espécie pode ser definido como as condições ambientais que permitem a esta satisfazer seus requerimentos mínimos, incluindo não só os fatores abióticos, mas também os bióticos (Chase & Leibold, 2003). No entanto, a estrutura da metacomunidade de girinos deste estudo parece ser mais fortemente determinada por características que variam em escala ambiental da metacomunidade, em contraste com as variáveis biológicas (predadores e produtividade do ambiente – clorofila), que parecem exercer uma menor influência. A menor influência dos fatores bióticos sobre a comunidade pode estar ainda relacionada ao fato de que os adultos podem selecionar os sítios reprodutivos aleatoriamente, somente pela disponibilidade de água. Por outro lado, o padrão espacial das variáveis ambientais que influencia a dinâmica da metacomunidade de girinos também pode influenciar a seleção dos sítios de reprodução pelos anuros adultos (Resetarits et al., 2005; Provete et al., 2013).

A variação explicada pelo componente espacial puro pode ser atribuída tanto à processos espaciais puros ou mesmo às variáveis ambientais não medidas, tais como limitação de dispersão (Landeiro et al., 2011; Legendre & Legendre, 2012), demonstrando que a distância geográfica na escala estudada foi um fator limitante na similaridade da composição de espécies entre comunidades. Além disso, a significância do componente espacial puro pode estar indicando que ambientes mais próximos têm uma composição de espécies (comunidades) mais similar. Ou seja, que os filtros espaciais são responsáveis por limitar a dispersão das espécies e assim as comunidades podem estar sendo influenciadas pelos fatores locais. Em geral, é difícil atribuir um único mecanismo (por exemplo, limitação de dispersão ou filopatria) para a componente espacial puro. Vários estudos têm demonstrado que os anfíbios apresentam alta fidelidade local e baixa vagilidade (Smith & Green, 2005; Wells, 2007). Esses processos surgem provavelmente em decorrência da

extensão do habitat disponível e da matriz heterogênea influenciando a conectividade entre os habitats. Sabe-se que existem várias causas para a limitação da dispersão baseadas no nicho, principalmente quando estão associados a ambientes espacialmente heterogêneos, estocasticidade demográfica, ou forte competição (Chase et al., 2005).

Em uma metacomunidade, a capacidade de dispersão varia entre as espécies, e as populações de algumas espécies podem ser mais isoladas do que outras. Ademais, a dispersão em anfíbios adultos é normalmente restrita ao redor do sítio reprodutivo onde o indivíduo se metamorfoseou ou a um conjunto de corpos d'água nas proximidades (Semlitsch, 2008), além de ser influenciada pela qualidade da matriz e de seus habitats específicos (Richter-Boix et al., 2007; Van Buskirk, 2005). Assim, a heterogeneidade ambiental e as especificidades das espécies aos parâmetros físicos da paisagem estão diretamente relacionadas a composição das comunidades locais e são determinantes para a dinâmica espacial da metacomunidade. É importante ressaltar que o alto valor dos resíduos indica que muitos fatores podem estar agindo para determinar a composição de espécies de um local, e muitos desses fatores são difíceis de medir, como a competição inter e intra específica, a estocasticidade ambiental ou mesmo os fatores temporais.

Em geral, a estrutura de metacomunidades é determinada, em um extremo, pela limitação da dispersão e outros processos espaciais e, em outro, principalmente pelas respostas das espécies aos fatores ambientais (Provete et al. 2013). A paisagem dos Campos Gerais exibe um mosaico dinâmico de habitats, com mudanças abruptas nos gradientes ambientais (ecótono), isso pode ter influenciado uma resposta similar da composição de espécies em relação às variáveis ambientais e espaciais. Ademais, essas mudanças abruptas nos gradientes ambientais ficam evidentes através do baixo percentual de autocorrelação espacial entre as variáveis ambientais ou mesmo biológicas, indicando uma distribuição em manchas dos sítios reprodutivos e não em forma de gradientes contínuos.

Demonstrou-se que processos de *turnover* (substituição de espécies) são mais importantes que de aninhamento para determinar a diferença na estrutura das assembleias de anuros em uma paisagem subtropical no sul do Brasil, rejeitando nossa hipótese inicial, mas corroborando com Baselga et al. (2012) e Baselga (2013), que encontraram maior influência de *turnover* para a diferença na composição de espécies de anuros. Corroboramos com o encontrado por Provete et al. (2013) em relação aos modelos de metacomunidades (*species sorting* e *mass effect*) que melhor determinam as comunidades

de larvas de anuros, demonstrando a importância tanto dos fatores relacionados ao nicho (ambientais ou locais) quanto aqueles relacionados a neutralidade (regionais ou espaciais). Em geral, os processos que regulam as comunidades podem ser explicados por mais de um modelo atuando simultaneamente, dificultando conclusões gerais sobre as perspectivas das metacomunidades operando em sistemas ecológicos (Siqueira et al., 2012; Algarte et al., 2014). Assim, este estudo contém informações importantes sobre os processos que estão estruturando as assembleias de anfíbios anuros que se reproduzem em poças, especialmente avaliando o papel da influência do espaço, interações bióticas e outros processos de nicho impulsionados pelo meio ambiente na estruturação das comunidades e dinâmica de metacomunidades de anuros.

REFERÊNCIAS

- Algarte V.M., Rodrigues L., Landeiro V.L., Siqueira T. & Bini, L.M. (2014) Variance partitioning of deconstructed periphyton communities: does the use of biological traits matter? *Hydrobiologia* (The Hague. Print), 722, 279–290.
- Anderson M.J., Crist T.O., Chase J.M., Vellend M., Inouye B.D., Freestone A.L., Sanders N.J., Cornell H.Y., Comita L.S., Davies K.F., Harrison S.P., Kraft N.J.B., Stegen J.C. & Swenson N.G. (2010) Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14(2), 19–28.
- Azeria E.T. & Kolasa, J. (2008) Nestedness, niche metrics and temporal dynamics of a metacommunity in a dynamic natural model system. *Oikos* 117, 1006–1019.
- Azevedo-Ramos C., Magnusson W.E. & Bayliss, P. (1999) Predation as the key factor structuring tadpole assemblages in a savanna area in central Amazonia. *Copeia*, 1999(1), 22–33.
- Baselga A., (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134–143.
- Baselga A., (2012) The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography* 21: 1223–1232.
- Baselga A. & Orme C.D.L. (2012) betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 808–812.

- Baselga A., Gómez-Rodríguez C. & Lobo J.M. (2012) Historical legacies in world amphibian diversity revealed by the turnover and nestedness components of beta diversity. – *PLoS One* 7: e32341.
- Baselga, A. (2013) Multiple site dissimilarity quantifies compositional heterogeneity among several sites, while average pairwise dissimilarity may be misleading. *Ecography*, 36, 124–128.
- Blanchet F.G., Legendre P. & Borcard D. (2008) Modelling directional spatial processes in ecological data. *Ecological Modelling*, 215, 325–336.
- Borcard D., Legendre P., Avois-Jacquet C. & Tuomisto H. (2004) Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales. *Ecology*, 85, 1826–1832.
- Burne M.R. & Griffin C.R. (2005) Habitat associations of pool-breeding amphibians in eastern Massachusetts, USA. *Wetlands Ecology Management*, 13(3), 247–259.
- Cavender-Bares J., Kozak, K.H., Fine P.V.A., Kembel S.W. (2009) The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, 12 (7), 693–715.
- Chase J.M., Leibold M.A., (2003) *Ecological niches: interspecific interactions*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Chase J.M., Amarasekare P., Cottenie K., Gonzalez A., Holt R.D., Holyoak M., Hoopes M.F., Leibold M.A., Loreau M., Mouquet N., Shurin J.B. & Tilman D. (2005) Competing theories for competitive metacommunities. In: *Metacommunities: spatial dynamics and ecological communities* (Eds M. Holyoak, M. A. Leibold & R. D. Holt), Chicago university press, Chicago, 335–354.
- Cottenie K. (2005) Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters*, 8, 1175–1182.
- Cummins K.W., Merritt R.W. & Berg M.B. (2008) Ecology and distribution of aquatic insects. In: *An introduction to the aquatic insects of North America* (Eds R.W. Merritt, K.W. Cummins & M.B. Berg), Dordrecht, Kendall/Hunt Publishing Company, pp.105–122.
- De Bie T., De Meester L., Brendonck L., Martens K., Goddeeris B., Ercken D., Hampel H., Denys L., Vanhecke L., Van der Gucht K., Van Wichelen J., Vyverman W. & Declerck S.A.J. (2012) Body size and dispersal mode as key traits determining metacommunity structure of aquatic organisms. *Ecology Letters*, 15, 740–747.

- Díaz-Paniagua C. (1985) Larval diets related to morphological characters of five anuran species in the Biological Reserve of Doñana (Huelva, Spain). *Amphibia-Reptilia*, Leiden, 6, 307–322.
- Diniz-Filho, J.A.F., Siqueira T., Padiál A.A., Rangel T.F., Landeiro V.L. & Bini L.M. (2012) Spatial autocorrelation analysis allows disentangling the balance between neutral and niche processes in metacommunities. *Oikos*, 121, 201–210.
- Dray S. (2009) packfor: Forward Selection with permutation (Canoco p. 46). R package version 0.0-7/r58. <http://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/>
- Dray S., Péliissier R., Couteron P., Fortin M. J., Legendre P., Peres-Neto P.R., Bellier E., Bivand R., Blanchet F.G., De Cáceres M., Dufour A.B., Heegaard E., Jombart T., Munoz F., Oksanen J., Thioulouse J. & Wagner H.H. (2012) Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. *Ecological Monographs*, 82, 257–275.
- Eterovick, P.C. & Barata I.M. (2006): Distribution of tadpoles within and among Brazilian streams: the influence of predator, habitat size and heterogeneity. *Herpetologica*, 62, 365–377.
- Engelhardt K.A.M. & Ritchie M.E. (2001) Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. *Nature*, 411, 687–689.
- Frost Darrel R. 2013. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.6 (9 January 2013). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Furrer R., Nychka D. & Sain S. (2011) fields: Tools for spatial data. R package version 6.6.<http://CRAN.R-project.org/package=fields>
- Golterman H.L., Clymo R.S., Ohnstad M.A.M., (1978) Methods for physical and chemical analysis of freshwater. London: Blackwell Sci. Publ. 213p.
- Gilbert B. & Bennett J.R. (2010) Partitioning variation in ecological communities: do the numbers add up? *Journal of Applied Ecology*, 47, 1071–1082.
- 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: Editora Anolis Books. 544 p.

- Heyer W.R., Donnelly M.A., McDiarmid R.W., Hayek L.C. & Foster M.S. (1994) Measuring and monitoring biological diversity - Standard methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Holyoak M., Leibold M.A., Monquet N., Holt R.D. & Hoopes M.E. (2005) Metacommunities: A framework for large-scale community ecology, p. 1-31. In: *Metacommunities: spatial dynamics and ecological communities* (Eds M. Holyoak, M.A. Leibold & R.D. Holt). Chicago, University of Chicago Press. 520p.
- Hubbell S.P. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Monographs in Population Biology. Princeton University Press, ISBN 06910-21287, New Jersey, 2001.
- Johnson, L.M. (1991) Growth and development of larval northern cricket frogs (*Acris crepitans*) in relation to phytoplankton abundance. *Freshwater Biology*, Oxford, 25, 51–59.
- Keller A., Rödel M.O., Linsenmai K.E. & Grafe T.U. (2009) The importance of environmental heterogeneity and assemblage structure in Bornean stream frogs. *Journal Animal Ecology*, 78, 305–314.
- Kopp K., Wachlewski M. & Eterovick P.C. (2006) Environmental complexity reduces tadpole predation by water bugs. *Canadian Journal of Zoology*, 84, 136–140.
- Lajmanovich R.C. (1997) Alimentación de larvas de anuros em ambientes temporales del sistema del Río Paraná, Argentina. *Doñana Acta Vertebrata*, Sevilla, 24, 191–202.
- Lajmanovich, R.C. (2000) Interpretación ecológica de una comunidade larvaria de anfibios anuros. *Interciencia*, Caracas, 25, 71–79.
- Landeiro V.L., Magnusson W.E., Melo A.S., Espírito-Santo H.M.V. & Bini L.M. (2011) Spatial eigenfunction analyses in stream networks: do watercourse and overland distances produce different results? *Freshwater Biology* 56, 1184–1192.
- Legendre P., Borcard D., Blanchet G. & Dray S. (2010) PCNM: PCNM spatial eigenfunction and principal coordinate analyses. R package version 2.1/r82. <http://R-Forge.R412project.org/projects/sedar/>
- Legendre P. & Legendre L. (2012) Numerical Ecology, 3rd. edn. Elsevier Limited, Oxford.
- Leibold M.A., Holyoak M., Mouquet N., Amarasekare P., Chase J.M., Hoopes M.F., Holt R.D., Shurin J.B., Law R., Tilman D., Loreau M. & Gonzalez A. (2004) The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, 7, 601–613.

- Logue J.B., Mouquet N., Hannes P.H. & Hillebrand H. (2011) Empirical approaches to metacommunities: a review and comparison with theory. *Trends in Ecology and Evolution*, 26, 482–491.
- Machado I.F. & Maltchik L. (2007) Check-list da diversidade de anuros no Rio Grande do Sul (Brasil) e proposta de classificação para as formas larvais. *Neotropical Biology and Conservation*, 2, 101–116.
- Melo M.S. (2003) Caracterização do Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. UEPG, Ponta Grossa. Projeto financiado pela Fundação Araucária e CNPq. www.uepg.br/natural.htm. (último acesso em 23/12/2013).
- Melo A.S., Schneck F., Hepp L.U., Simões N.R., Siqueira T. & Bini L.M. (2011) Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 23(3), 318–331.
- McIntire E.J.B. & Fajardo A. (2009) Beyond description: the active and effective way to infer processes from spatial patterns. *Ecology*, 90, 46–56.
- Miner B.G., Sultan S.E., Morgan S.G., Padilla D.K. & Relyea R.A. (2005) Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 685–692.
- Morris D.W. (2003). Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecologia*, 136, 1–13.
- Mugnai R., Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. (2010) Manual de identificação de Macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Techinal Books Editora, Rio de Janeiro.
- Ng I.S.Y., Carr C.M. & Cottenie K. (2008) Hierarchical zooplankton metacommunities: distinguishing between high and limiting dispersal mechanisms. *Hydrobiologia*, 619, 133–143.
- Pandit S.N., Kolasa J. & Cottenie K. (2009) Contrasts between habitat generalists and specialists: an empirical extension to the basic metacommunity framework. *Ecology*, 90, 2253–2262.
- Parris K. (2004) Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. *Ecography*, 27, 392–400.
- Peel M.C., Finlayson B.L. & McMahon, T.A. (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633–1644.

- Peres-Neto P.R., Legendre L., Dray S. & Borcard D. (2006) Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, 87, 2614–2625.
- Piha H., Miska L. & Merila, J. (2007) Amphibian Occurrence is influenced by current and historic landscape characteristics. *Ecological Applications* 17(8), 2298–2309.
- Presley S.J., Higgins C.L. & Willig M.R. (2010) A comprehensive framework for the evaluation of metacommunity structure. *Oikos*, 119, 908–917.
- Presley S.J., Cisneros L.M., Patterson B.D. & Willig M.R. (2012) Vertebrate metacommunity structure along an extensive elevational gradient in the tropics: a comparison of bats, rodents, and birds. *Global Ecology and Biogeography* 21, 968–976.
- Provete D.B., Gonçalves-Souza T., Garey M.V., Martins I.A., Rossa-Feres, D.C. (2014) Broad-scale spatial patterns of canopy cover and pond morphology affect the structure of a Neotropical amphibian metacommunity. *Hydrobiologia*, (The Hague. Print).
- Relyea R.A. & Werner E.E. (2000) Morphological plasticity in four larval anurans distributed along an environmental gradient. *Copeia*, 2000, 178–190.
- Resetarits W., Binckley C.A. & Chalcraft D.R. (2005) Habitat selection, species interactions, and processes of community assembly in complex landscapes. In: *Metacommunities: spatial dynamics and ecological communities* (Eds M. Holyoak, M. A. Leibold & R. D. Holt) University of Chicago Press, Chicago. Chicago University press, USA, Chicago, 374–398.
- Richter-Boix A., Llorente G.A. & Montori A. (2007) Structure and dynamics of an amphibian metacommunity in two regions. *Journal of Animal Ecology*, 76, 607–618.
- Rothermel B.B., & Semlitsch R.D. (2002) An experimental investigation of landscape resistance of forest versus old-field habitats to emigrating juvenile amphibians. *Conservation Biology*, 16, 1324–1332.
- Rossa Feres D.C., Jim J. & Fonseca M.G. (2004) Diets of tadpoles from a temporary pond in southeastern Brazil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4), 745–754.

- Rossa-Feres D.C. & Nomura F. (2006) Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica*, 6, 1–26.
- Semlitsch R.D. (2008) Differentiating Migration and Dispersal Processes for Pond-Breeding Amphibians. *The Journal of Wildlife Management* 72, 260–267.
- Silva F.R. & Rossa-Feres D.C. (2011) Influence of terrestrial habitat isolation on the diversity and temporal distribution of anurans in an agricultural landscape. *Journal of Tropical Ecology*, 27, 327–331.
- Siqueira T., Bini L.M., Roque F.O., Marques Couceiro S.R., Trivinho-Strixino S., Cottenie K. (2012) Common and rare species respond to similar niche processes in macroinvertebrate metacommunities. *Ecography*, 35, 183–192.
- Smith M.A. & Green D.M. (2005) Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? *Ecography*, 28, 110–128.
- Smith T.W. & Lundholm J.T. (2010) Variation partitioning as a tool to distinguish between niche and neutral processes. *Ecography*, 33, 648–655.
- Smith V.H. & Schindler D.W. (2009) Eutrophication science: Where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 201–207.
- Tonial M.L.S., Silva H.L.R., Tonial I.J., Costa M.C., Silva Júnior N.J., Diniz-Filho J.A.E. (2012) Geographical patterns and partition of turnover and richness components of beta-diversity in faunas from Tocantins river valley. *Brazilian Journal of Biology* 72 (3), 497–504 .
- Tuomisto H. (2010) A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. *Ecography*, 33, 23–45.
- Ulrich W., Almeida-Neto M. & Gotelli N. J. (2009) A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos*, 118, 3–17.
- Valdujo P.H., Silvano D.L., Colli G. & Martins M. (2012) Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a Neotropical Hotspot. *South American Journal of Herpetology*, 7(2), 63–78.
- Van Buskirk J. (2005) Local and landscape influence on amphibian occurrence and abundance. *Ecology*, 86, 1936–1947.

- Vasconcelos T.S., Santos T.G., Rossa-Feres D.C. & Haddad C.F.B. (2009) Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 87, 699–707.
- Vasconcelos, T.S., Rodriguez, M.A. & Hawkins, B.A., 2011. Biogeographic distribution patterns of South American amphibians: a regionalization based on cluster analysis. *Natureza & Conservação*, vol. 9, p. 67-72.
- Vellend M. (2010) Conceptual synthesis in community ecology. *Quarterly Review of Biology*, 85, 183–206.
- Wellborn G.A., Werner E.E. & Skelly D.K. (1996). Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27, 337–363.
- Wells K.D. (2007) The ecology and behavior of amphibians. University of Chicago Press, Chicago.

Tabela 1 - Caracterização dos habitats amostrados em remanescentes de Cerrado e ecótono dos Campos Gerais do Paraná. Área = Área total; Prof = Profundidade máxima; PMG = heterogeneidade de perfil de margem; TSL = heterogeneidade dos tipos de solo nas margens; VIN = número de tipos de vegetação no interior; HVI= porcentagem de vegetação emergente no interior; VMAR = número de tipos de vegetação na margem; HMG = porcentagem de vegetação nas margens; Turb = Turbidez; TH2O = Temperatura da água.

Ponto	Latitude	Longitude	Área	Prof	PMG	TSL	VIN	HVI	VMAR	HMG	Turb	TH2O
Sengés 1	24° 7'5.80"S	49°29'5.32"W	821,90	0,71	2	2	2	20	3	30	255,00	31,4
Sengés 2	24° 7'27.60"S	49°31'30.84"W	281,80	0,49	4	3	3	70	2	40	16,46	29,0
Sengés 3	24° 6'59.99"S	49°30'15.77"W	10367,25	1,70	3	3	3	30	5	70	6,05	26,3
Sengés 4	24° 5'20.93"S	49°32'18.75"W	421,60	0,45	2	1	1	10	1	70	1526,8	25,1
Sengés 5	24°10'09.2"S	49°33'55.8"W	171,40	1,15	2	2	1	10	1	100	328,00	25,7
Sengés 6	24°10'33.19"S	49°33'31.11"W	8728,57	0,77	1	2	4	100	4	100	3,02	23,3
Sengés 7	24°10'41.02"S	49°34'3.10"W	165,59	0,30	3	3	2	20	4	100	49,78	20,2
Sengés 8	24°07'21.9"S	49°31'30.8"W	42,79	0,29	3	3	2	20	2	80	8,02	30,6
Sengés 9	24°17'54.2"S	49°31'55.4"W	631,64	1,20	3	2	2	20	2	60	0,73	28,0
Sengés 10	24°16'46.43"S	49°31'31.25"W	5746,20	1,07	3	1	2	40	4	100	97,58	24,2
Sengés 11	24°12'55.72"S	49°31'43.18"W	2206,96	0,64	4	1	3	30	3	70	15,90	29,6
Sengés 12	24° 9'23.24"S	49°30'59.24"W	2543,40	0,38	3	2	4	80	4	100	5,41	28,5
Sengés 13	24°13'12.94"S	49°29'22.20"W	720,94	1,09	2	4	1	30	4	100	48,44	24,9
Sengés 14	24° 6'53.23"S	49°25'2.23"W	522,62	1,02	2	2	2	40	2	80	14,24	25,7
Jaguariaíva 1	24°10'59.8"S	49°39'36.1"W	103,67	0,96	3	2	2	100	3	90	5,64	27,5
Jaguariaíva 2	24° 9'56.99"S	49°40'0.41"W	10,77	0,23	3	3	1	10	0	0	3,13	21,1

Ponto	Latitude	Longitude	Área	Prof	PMG	TSL	VIN	HVI	VMAR	HMG	Turb	TH2O
Jaguariaíva 3	24° 9'51.91"S	49°39'58.81"W	12,15	0,42	1	3	0	0	0	0	16,32	22,5
Jaguariaíva 4	24° 9'50.25"S	49°39'59.32"W	320,83	0,64	3	3	1	10	3	50	188,60	17,1
Jaguariaíva 5	24°10'50.30"S	49°41'36.27"W	5356,59	1,50	4	2	3	30	4	60	71,02	28,0
Jaguariaíva 6	24°10'56.9"S	49°41'31.4"W	10819,65	2,00	2	2	5	100	3	70	5,18	20,9
Jaguariaíva 7	24°12'3.80"S	49°40'58.59"W	350,60	0,46	3	2	4	40	2	100	15,56	27,2
Jaguariaíva 8	24°11'24.10"S	49°41'48.55"W	835,53	0,60	3	2	1	10	2	80	73,90	26,2
Jaguariaíva 9	24° 8'30.31"S	49°41'1.44"W	1420,78	0,80	3	1	3	100	1	90	29,60	22,9
Jaguariaíva 10	24° 7'46.17"S	49°40'38.99"W	713,76	1,00	3	2	3	100	4	100	7,88	19,1
Jaguariaíva 11	24°13'44.06"S	49°41'50.33"W	1437,59	0,65	4	2	2	40	3	50	112,00	27,9
Jaguariaíva 12	24° 8'49.65"S	49°46'28.35"W	3166,60	0,95	2	2	1	10	1	10	114,80	29,3
Piraí do Sul 1	24°30'8.13"S	49°59'57.75"W	1242,89	0,29	3	2	3	100	4	100	0,89	22,3
Piraí do Sul 1	24°31'52.51"S	49°57'51.38"W	351,87	0,24	2	2	2	40	2	80	3,60	23,5
Piraí do Sul 2	24°31'50.45"S	49°57'52.21"W	341,64	0,74	2	2	2	100	2	100	74,52	25,1
Piraí do Sul 3	24°34'52.97"S	49°59'32.77"W	10873,18	1,50	3	3	4	60	4	100	1,88	26,0
Piraí do Sul 4	24°36'54.3"S	50°01'42.5"W	1874,85	0,50	3	1	4	100	4	100	2,50	21,5
Piraí do Sul 5	24°32'16.24"S	49°54'40.97"W	378,40	0,68	1	4	2	100	4	100	62,82	30,1
Piraí do Sul 6	24°32'14.95"S	49°54'17.50"W	3493,38	0,58	2	3	4	100	4	100	2,49	30,6
Piraí do Sul 7	24°31'34.86"S	49°54'55.14"W	1704	1,50	2	3	5	90	4	100	7,41	25,5
Piraí do Sul 8	24°27'47.6"S	50°00'30.4"W	197,92	0,60	4	3	1	10	2	60	13,06	29,4
Piraí do Sul 9	24°28'45.53"S	50° 1'2.63"W	1060,09	0,28	2	2	4	100	4	80	6,04	25,7

Ponto	Latitude	Longitude	Área	Prof	PMG	TSL	VIN	HVI	VMAR	HMG	Turb	TH2O
Tibagí 1	24°33'53.26"S	50°15'34.56"W	1567,52	1,26	3	2	4	100	4	100	11,42	30,7
Tibagí 2	24°34'1.64"S	50°15'54.78"W	811,19	0,22	2	2	2	20	2	80	35,76	31,9
Tibagí 3	24°33'53.9"S	50°16'21.6"W	4169,52	0,68	3	3	5	100	4	60	0,52	25,0
Tibagí 4	24°41'14.92"S	50°12'37.14"W	423,26	0,45	3	3	2	40	3	90	1,93	23,1
Tibagí 5	24°39'49.54"S	50°13'10.85"W	1957,52	0,60	2	1	1	30	2	20	122,80	20,8
Tibagí 6	24°36'4.25"S	50°15'22.13"W	217,14	0,35	2	1	3	30	3	70	139,80	18,9
Tibagí 7	24°40'1.10"S	50°13'0.83"W	15477,37	0,49	1	1	3	100	3	100	6,11	19,7
Tibagí 8	24°42'30.77"S	50°14'45.28"W	304,10	0,19	2	1	0	0	2	80	35,80	23,1
Tibagí 9	24°42'34.86"S	50°14'40.37"W	349,18	0,34	2	2	2	100	3	100	6,30	23,8
Tibagí 10	24°45'59.2"S	50°09'49.2"W	466,43	0,94	1	2	0	0	2	40	19,44	21,9
Tibagí 11	24°36'0.74"S	50°14'18.65"W	653,45	0,32	2	1	3	90	2	100	2,02	21,6
Tibagí 12	24°38'21.71"S	50°13'50.54"W	15621,56	0,56	2	2	2	80	2	80	1,02	19,6
Carabeí 1	24°57'54.24"S	50° 3'11.70"W	7127,01	1,20	2	2	3	90	3	90	20,08	28,0
Carabeí 2	24°57'49.04"S	50° 3'13.55"W	422,73	0,42	3	1	1	10	3	100	10,81	22,2
Carabeí 3	24°58'46.34"S	50° 0'14.13"W	5293,52	0,57	3	2	3	100	4	100	22,52	28,3
Ponta Grossa 1	25°13'12.48"S	50° 0'44.96"W	2218,67	0,45	1	2	2	100	2	80	1,24	25,1
Ponta Grossa 2	25°14'43.36"S	50° 2'25.65"W	93,87	0,26	1	2	3	50	2	100	198,80	23,6
Ponta Grossa 3	25°13'9.62"S	49°53'2.81"W	2074,05	0,62	3	3	3	50	3	70	0,08	22,1
Ponta Grossa 4	25°11'5.71"S	49°55'46.82"W	1739,72	0,35	2	2	3	100	2	100	10,65	22,4
Ponta Grossa 5	25° 9'35.61"S	49°55'29.73"W	2724,90	0,19	2	1	1	30	1	70	131,20	14,1

Ponto	Latitude	Longitude	Área	Prof	PMG	TSL	VIN	HVI	VMAR	HMG	Turb	TH2O
Ponta Grossa 6	25° 9'41.42"S	49°54'17.55"W	472,29	0,85	1	2	2	40	1	90	0,73	17,1
Ponta Grossa 7	25°12'32.01"S	49°56'13.93"W	3675,66	0,37	2	1	4	60	2	100	22,96	21,4
Ponta Grossa 8	25°15'44.85"S	49°56'47.24"W	608,84	0,60	2	1	4	40	3	100	19,10	24,3
Ponta Grossa 9	25°10'36.64"S	49°58'44.35"W	469,54	0,44	2	1	1	10	2	100	12,28	20,6
Ponta Grossa 10	25° 9'0.37"S	49°57'24.40"W	289,97	0,60	2	2	0	0	1	10	16,50	15,6
Ponta Grossa 11	25°06'13.1"S	49°54'25.1"W	13234,27	0,50	2	3	4	100	4	100	0,64	24,7
Ponta Grossa 12	25°09'46.4"S	49°54'44.3"W	1984,85	0,35	3	2	4	40	4	100	0,05	23,9
Ponta Grossa 13	25°10'29.14"S	49°53'56.62"W	985,36	0,44	3	2	3	90	2	100	0,31	22,4

Tabela 2 - Valores de I Moran indicando a autocorrelação espacial entre as variáveis biológicas, ambientais e espaciais medidas.

	Variável	I Moran
Biológico	Odonata	0,096
	Hemiptera	-0,041
	Coleoptera	0,079
	Peixes	0,017
	Clorofila	0,154
Ambiental	Area	-0,096
	Prof	0,067
	PMG	0,093
	TSL	0,027
	VIN	-0,043
	HVI	-0,018
	VMAR	0,014
	HVM	0,043
	Turb	-0,001
	TH2O	0,288

Tabela 3 - Larvas de anuros amostradas nos Campos Gerais do Estado do Paraná.

TAXON
Ordem Anura
Família Bufonidae
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)
<i>Rhinella</i> sp.
<i>Rhinella</i> sp.2
Família Odontophrynidae
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied, 1824)
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril and Bibron, 1841)
Família Hylidae
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt, 1944)
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix, 1824)
<i>Hypsiboas bischoffi</i> (Boulenger, 1887)
<i>Hypsiboas prasinus</i> (Burmeister, 1856)
<i>Hypsiboas caingua</i> (Carrizo, 1991)
<i>Hypsiboas jaguariaivensis</i> Caramaschi, Cruz, and Segalla, 2010
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal and Haddad, 1992
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (Lutz and Lutz, 1938)
<i>Sphaenorhynchus surdus</i> (Cochran, 1953)
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad, and Kasahara, 1995
<i>Scinax</i> cf. <i>similis</i> (Cochran, 1952)
<i>Scinax</i> cf. <i>granulatus</i> (Peters, 1871)
<i>Scinax uruguayus</i> (Schmidt, 1944)
<i>Scinax squalirostris</i> (Lutz, 1925)
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (Lutz, 1925)
<i>Scinax aromothyella</i> Faivovich, 2005
<i>Scinax</i> cf. <i>catharinae</i>
<i>Scinax</i> sp. (gr. ruber)

Scinax sp. (gr. catharinae)

Família Leptodactylidae

Physalaemus aff. *gracilis* (Boulenger, 1883)

Physalaemus cuvieri Fitzinger, 1826

Physalaemus lateristriga (Steindachner, 1864)

Physalaemus marmoratus (Reinhardt and Lütken, 1862)

Eupemphix nattereri Steindachner, 1863

Leptodactylus aff. *latrans* (Steffen, 1815)

Leptodactylus gracilis (Duméril and Bibron, 1840)

Leptodactylus fuscus (Schneider, 1799)

Leptodactylus mystacinus (Burmeister, 1861)

Leptodactylus podicipinus (Cope, 1862)

Família Microhylidae

Elachistocleis bicolor (Guérin-Méneville, 1838)

Tabela 4 - Partição da variância da composição de espécies de larvas de Anuros analisada em função de fatores biológicos, ambientais e espaciais no norte do estado do Paraná. ($B \mid A \mid E$), componente puro biológico, ($A \mid B \mid E$), componente puro ambiental; ($E \mid B \mid A$) componente puro espacial; ($B \cap A$) variação compartilhada explicada pelas variáveis biológicas e ambientais; ($A \cap E$) variação compartilhada explicada pelas variáveis ambientais e espaciais, ($B \cap E$) variação compartilhada explicada pelas variáveis biológicas e espaciais, ($A \cap B \cap E$) variação compartilhada explicada pelas variáveis ambientais, biológicas e espaciais; $R^2_{Adj.}$, coeficiente de determinação ajustado; resíduo, variação não explicada; significância de $p < 0,05$.

	R²ajust.	P
Toda comunidade		
Puro biológico (B A E)	0.0373	0.001
Puro ambiental (A B E)	0.0413	0.001
Puro espacial (E B A)	0.0483	0.001
Compartilhada (B ∩ A)	-0.0001	>0.05
Compartilhada (A ∩ E)	0.0008	>0.05
Compartilhada (A ∩ B ∩ E)	0.0017	>0.05
Compartilhada (B ∩ E)	0.00029	>0.05
Resíduos	0.8710	

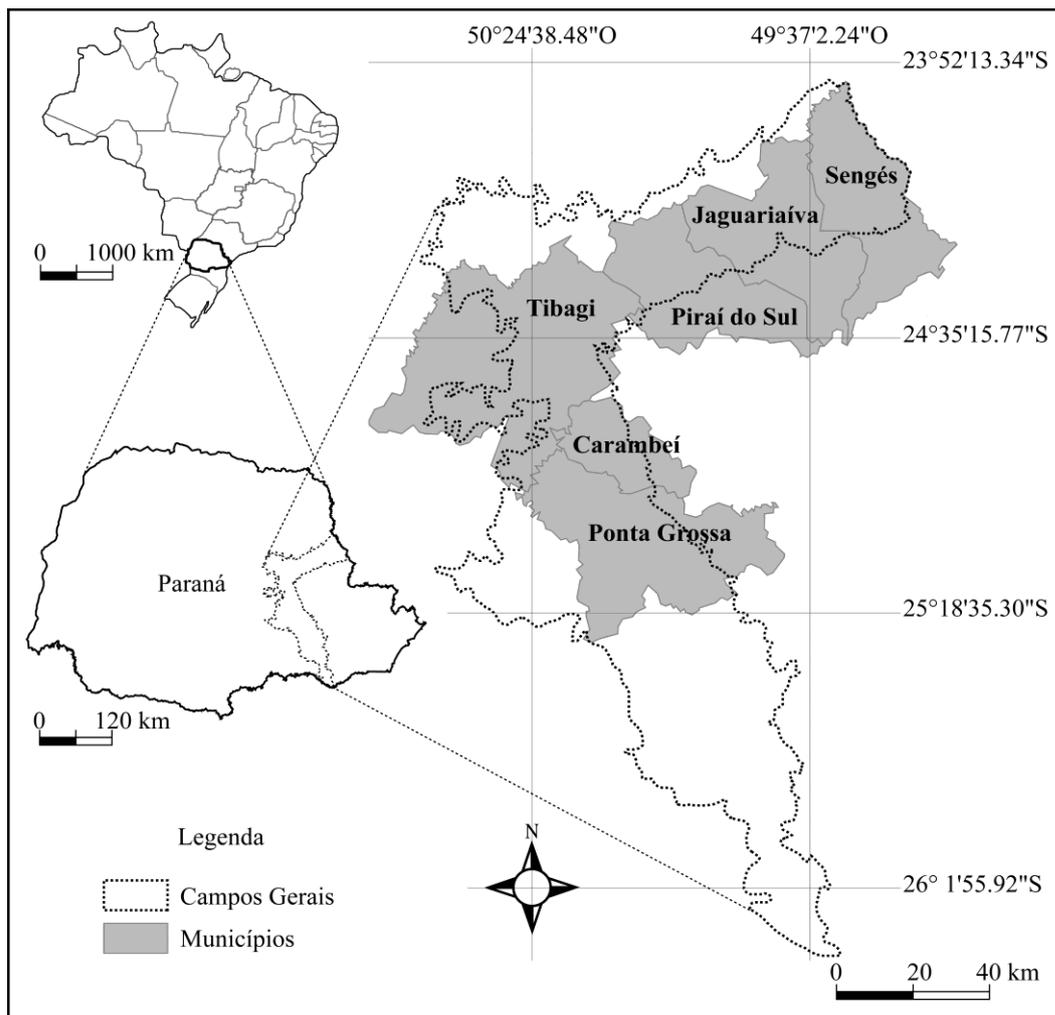


Figura 1 - Mapa mostrando os municípios com ocorrência de remanescentes de cerrado nos Campos Gerais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram encontradas 45 espécies de anfíbios anuros para a região dos Campos Gerais. Os Campos Gerais do Paraná são um dos um dos ecossistemas mais ameaçados do Brasil, sendo também considerados um ecótono entre o Cerrado e a Mata Atlântica, que são domínios fitogeográficos conhecidos como *hotspots* de biodiversidade. Portanto, é muito importante e urgente o desenvolvimento de pesquisas sobre a fauna dessa região, principalmente para os anuros, que são um dos grupos de vertebrados mais ameaçados pelas atividades antrópicas. Estudos com anfíbios nos Campos Gerais são recentes e muito pouco se conhece sobre a diversidade e ecologia deste grupo neste peculiar ecossistema.

Considerando que a maioria dos estudos sobre a composição e estrutura das comunidades de anuros ainda são apenas descritivos, este trabalho colabora para a compreensão acerca das diferenças na composição e influência de fatores bióticos, ambientais e espaciais sobre os processos de organização das comunidades. Foi encontrada diferença entre as comunidades de anuros que se reproduzem em áreas abertas para aqueles que utilizam corpos d'água de regiões próximas a ambientes florestais, indicando a importância de fragmentos de mata para a conservação de algumas espécies. Além disso, nossos resultados demonstraram que fatores locais relacionados ao habitat são muito importantes para determinar a composição das comunidades. Neste sentido, corpos d'água com diferentes características ambientais podem ter diferentes comunidades, devido a requerimentos de habitat específicos de algumas espécies.

Os resultados também demonstraram que as assembleias são moldadas basicamente pela substituição (*turnover*) e não pela perda de espécies (aninhamento). O mosaico de ambientes (manchas de diferentes formações vegetais) existentes na região dos Campos Gerais pode favorecer a ocorrência de espécies com diferentes requerimentos ecológicos, podendo assim existir uma ampla substituição de espécies. Os componentes biológico, ambiental e espacial foram importantes para determinar os padrões de formação na metacomunidade de anuros, indicando que tanto processos relacionados ao nicho (ambientais ou locais) como também relacionados à teoria neutral (regionais ou espaciais) são importantes na estruturação dessas metacomunidades.

A perda e fragmentação de habitats naturais são as principais responsáveis pelos declínios populacionais das espécies de anfíbios anuros. Isso é extremamente relevante quando levamos em consideração a modificação das paisagens naturais do Estado do Paraná e o baixo número de Unidades de Conservação nos Campos Gerais. Muitas

espécies de anuros são habitat-especialistas e necessitam de ambientes naturais de vegetação primária para a reprodução. Neste sentido, é urgente a criação de estratégias e mecanismos que maximizem os esforços para a conservação dos anfíbios nos Campos Gerais, principalmente porque é uma região onde existem poucos dados sobre diversidade, abundância e distribuição das espécies. Além disso, estudos em regiões pouco amostradas, como é o caso dos Campos Gerais, podem favorecer a ampliação de distribuição de alguns táxons e descoberta de novas espécies, bem como auxiliar na compreensão de padrões locais e regionais de riqueza das espécies, se tornando ferramentas importantes para subsidiar posteriores pesquisas nas áreas de sistemática, ecologia, biogeografia e conservação.