

Planejamento sistemático da conservação na Serra da Jiboia, extremo norte do Corredor Central da Mata Atlântica

¹Guilherme de Oliveira, ³Elinsmar Vitória Adorno (*In memoriam*), ¹Alessandra Nasser Caiafa, ²Rafael Rodrigues Freire, ¹Marcos Gonçalves Lhano, ³Alan Daniel Cerqueira Moura, ³Téo Veiga de Oliveira, ¹Sérgio Schwarz da Rocha, ²Rômulo Rafael dos Santos, ¹Carolina Saldanha Scherer, ²Maria Luíza Pereira Silva

¹ Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44380-000, Cruz das Almas, BA. E-mails: guilhermeoliveira@ufrb.edu.br, adornos@ufrb.edu.br, ancaiafa@ufrb.edu.br, entomology@gmail.com, ssrocha@ufrb.edu.br, carolina.ss@ufrb.edu.br

² Empresa Estrutural Estudos e Projetos, Rua Cantídio Sampaio 1870, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: respostasambientais@gmail.com

³ Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, Avenida Transnordestina, S/N, Novo Horizonte, 44036-900, Feira de Santana, BA. E-mails: moura.adc@gmail.com, teovoli@yahoo.com.br

† *In memoriam*

Resumo: A Mata Atlântica possui elevada riqueza de espécies endêmicas e está ameaçada pelos efeitos de atividades antrópicas, restando 12,4% de remanescentes de vegetação natural. Os fragmentos desse bioma possuem papel crucial como refúgio para a conservação da biodiversidade. Um desses fragmentos é a Serra da Jiboia localizada no extremo norte do Corredor Central da Mata Atlântica possuindo características peculiares de uma região de transição entre dois biomas, Mata Atlântica e Caatinga. O objetivo desse trabalho foi estabelecer regiões prioritárias para a conservação na Serra da Jiboia, baseado no princípio da complementaridade, utilizando cinco categorias como alvos de conservação: i) mamíferos; ii) aves; iii) invertebrados terrestres; iv) invertebrados aquáticos; e v) plantas. Uma camada vetorial que resume o uso e a ocupação do solo por agricultura, pecuária e urbanização foi utilizada como restrição na indicação de áreas prioritárias. Para cada táxon foi estabelecido um modelo ecológico de nicho, BIOCLIM, para prever a potencial distribuição espacial. O algoritmo *Simulated Annealing* foi utilizado para estabelecer redes mínimas de áreas prioritárias para conservação e padrões espaciais de insubstituibilidade na Serra da Jiboia. A potencial distribuição espacial de cada táxon foi utilizada como alvo de conservação, com o objetivo de ao menos uma unidade amostral para cada táxon, e o modelo de uso e ocupação do solo como restrição. Todas as categorias, em conjunto, indicaram que a região centro-sul da Serra da Jiboia é a mais importante para a conservação, evidenciando que essa região deve ser conservada em níveis mais altos de restrição de uso.

Palavras chave: Complementaridade, Modelos ecológicos de nicho, Priorização espacial.

Systematic conservation planning in the Serra da Jiboia, northern of the Central Atlantic Forest Corridor

Abstract: Atlantic Forest has highlighted endemic species richness and is threatened by the effects of anthropic activities, remaining only 12,4% of natural vegetation remnants. The fragments of the biome have a crucial role, as a refuge, to the biodiversity conservation. One of these fragments is the Serra da Jiboia, placed at the northern of the Central Rain Forest Corridor and it has peculiar characteristics due to its location, being placed at a transition region between two biomes, Atlantic Forest and Caatinga. The aim of this study was to establish priority regions for conservation in the Serra da Jiboia, based on complementarity principle, using five categories as conservation goals: i) mammals; ii) birds; iii) terrestrial invertebrates; iv) aquatic invertebrates; and v) plants. A vector that summarize the activities of agriculture, cattle ranching, and urbanization was used as a constraint in the design of priorities areas. For each taxon an ecological niche model was established, BIOCLIM, to predict the potential spatial distribution. The *Simulated Annealing* algorithm was used to establish minimum conservation networks and irreplaceability spatial patterns in the Serra da Jiboia. The potential spatial distribution was used as conservation goal and the land use and occupation model as a constraint. All categories together indicated that center-south region of Serra d

Jiboia is the most important to conservation, highlighting that this region should be conserved in highest levels of use restriction.

Key words: Complementarity, Ecological niche models, Spatial prioritization.

Introdução

A Mata Atlântica é uma das maiores florestas tropicais das Américas, cobrindo, originalmente, cerca de 150 milhões de hectares (Ribeiro et al., 2009). Este bioma apresenta extrema heterogeneidade na composição de habitats, se estendendo de latitudes que variam de 4°S a 32°S, abrangendo uma ampla região, com diferentes zonas climáticas e formações vegetacionais, que vão desde zonas tropicais a zonas subtropicais (Tabarelli et al., 2005).

Devido a essa variedade de habitats naturais e a seu contexto biogeográfico, a região possui uma elevada riqueza de espécies, sendo que parte dessa biodiversidade é endêmica ao bioma (Silva et al., 2004). Concomitantemente, o bioma possui atualmente apenas cerca de 12,4% de remanescentes de vegetação natural (Fundação SOS Mata Atlântica, 2017) e essa elevada perda de habitat é resultante da intensa ocupação humana, advinda de frentes de expansão humana de agropecuária e urbanização (Tabarelli et al., 2005). Tal sobreposição espacial de altos valores de biodiversidade, em termos de endemismo de espécies, e altos valores socioeconômicos, de importância para a ocupação humana, faz desse bioma uma das 25 áreas biogeográficas prioritárias (*hotspots*) para a conservação (Myers et al., 2000).

Os 12,4% de remanescentes da Mata Atlântica se apresentam em fragmentos florestais de diferentes tamanhos em toda a extensão geográfica da Mata Atlântica (Fundação SOS Mata Atlântica, 2017). Esses fragmentos possuem uma importância crucial como refúgio da biodiversidade, garantindo a conservação de espécies nativas (Tabarelli et al., 2005). Um desses fragmentos é a Serra da Jiboia, tendo 65,4% de sua extensão do Recôncavo da Bahia, representando um dos últimos maciços florestais de Mata Atlântica em bom estado de conservação desta região. Os demais 34,6% se encontram nas regiões do Piemonte da Chapada e Vale do Jiquiriçá, porém em estágios iniciais e médios de regeneração (Caiafa, 2015). A Serra também representa o extremo norte de distribuição do Corredor Central da Mata Atlântica (Campanili &

Schaffer, 2010). Ela possui características, tanto do meio biótico, quanto do meio abiótico, peculiares, por estar em uma região de transição entre dois biomas, Mata Atlântica e Caatinga (Carvalho-Sobrinho & Queiroz, 2005). Dessa forma, identificar o papel que esse fragmento possui na conservação da biodiversidade, na escala do bioma, é de extrema importância, seguindo critérios objetivos visando um planejamento sistemático para a conservação (Margules & Pressey, 2000).

A execução de práticas de conservação com critérios científicos advém de um roteiro de conservação (Margules & Pressey, 2000). Dentro desse roteiro, um dos conceitos mais relevantes é o princípio da complementaridade (Margules & Nicholls, 1988). Trata-se de um critério de seleção de áreas destinadas à conservação baseado na composição de espécies destas áreas. No caso, o conjunto de áreas necessárias para assegurar a preservação de um determinado grupo de espécies deve conter todas as espécies, de maneira que, as unidades não sejam redundantes, ou seja, possuam uma quantidade mínima de área capaz de preservar o conjunto de espécies em questão.

O princípio da complementaridade é de fundamental importância para reduzir custos na seleção de unidades de conservação (Margules & Pressey, 2000, Cabeza & Moilanen, 2001, Faith et al., 2003), visto que, a partir do momento que uma área é destinada à conservação, ela não poderá (parcial ou totalmente) ser utilizada para fins industriais, de agricultura, de pecuária e de urbanização (Main et al., 1999). Portanto, quanto menor a extensão de áreas destinada à conservação, menores serão os custos e os conflitos socioeconômicos causados pelas unidades (Williams et al., 2006 & Dobrovolski et al., 2013). Áreas complementares asseguram que a manutenção da diversidade biológica seja eficiente e minimizam a quantidade, tanto em tamanho, quanto em número, de unidades necessárias para esse fim (Margules & Pressey, 2000).

A partir do conceito de complementaridade, a escolha de áreas necessita de ferramentas para sua execução e os algoritmos matemáticos,

aplicados a dados espaciais, desempenham uma função satisfatória nesse aspecto. Neste contexto, algoritmos de seleção de áreas prioritárias para conservação são ferramentas que auxiliam no planejamento de áreas para conservação. Eles necessitam de uma razoável qualidade dos dados utilizados e servem de direção para futuras ações de tomadas de decisões (Pressey & Cowling, 2001). O algoritmo *Simulated Annealing* objetiva otimizar os custos na escolha de áreas (Andelmann et al., 1999). Trata-se de um método de redução de custos inspirado em um processo de temperamento de metais e vidros (Possingham et al., 2000) e consiste em uma minimização heurística baseada em uma aleatorização iterativa, ou seja, por tentativa e erro. Basicamente, o algoritmo inicia uma seleção de áreas com um conjunto aleatório de áreas e, por tentativa e erro (iterações), reduz a quantidade de unidades de planejamento necessárias para atingir um determinado objetivo (e.g., conservar todas as espécies de um determinado grupo biológico, atingindo os objetivos de conservação dos alvos selecionados). Apesar de não ser um algoritmo linear de otimização (Moore et al., 2003), o *Simulated Annealing* consegue atingir soluções ótimas ou próximas a ótimas (sub-ótimas) em um curto período de tempo, para grandes amostras e com um elevado nível de complexidade de variáveis (Pressey et al., 1996, 1997 & Moore et al., 2003).

Depois dos procedimentos de seleção e indicação de um conjunto de áreas que formem uma rede de conservação, o manuseio e as alterações dessas áreas, caso necessário, também demandam critérios objetivos. A insubstituibilidade das unidades é um índice que desempenha essa função e pode ser definida como: i) a contribuição potencial de uma determinada área para uma reserva e ii) as opções de áreas destinadas à conservação que uma rede possui, ou seja, caso uma unidade seja perdida, se existe a possibilidade dessa região ser substituída (Pressey et al., 1994).

Considerando os efeitos negativos que a ocupação humana possui na conservação da biodiversidade e a atual situação de risco de supressão dos fragmentos de Mata Atlântica por essas atividades (Lemes et al., 2016), o nosso objetivo foi indicar, em um contexto espacialmente explícito, áreas prioritárias para a conservação na região da Serra da Jiboia. Para isso, nós construímos modelos ecológicos de

nicho (MEN) para táxons (neste caso, espécies ou famílias) de cinco diferentes categorias biológicas: i) mamíferos; ii) aves; iii) invertebrados terrestres; iv) invertebrados aquáticos; e v) plantas, e os utilizamos como alvos de conservação. Nós utilizamos o princípio da complementaridade para indicar regiões prioritárias para conservação através de níveis de insubstituibilidade e estabelecendo redes mínimas sub-ótimas de conservação para cada categoria. Um modelo de uso e ocupação da terra por atividades antrópicas foi utilizado como restrição na seleção dessas áreas. Para detalhes do protocolo analítico, ver de Oliveira et al. (2015) e de Oliveira (2017).

Material e métodos

Dados de espécies e variáveis ambientais

As ocorrências das espécies de diferentes localidades da Serra da Jiboia (Tabela 1.), resultantes da caracterização através de expedições a campo para diagnóstico do meio biótico (cobertura vegetal, florística/fitossociologia e fauna) para a proposta de criação de um mosaico de unidades de conservação na Serra, pode ser consultada para detalhamento de coleta de cada grupo taxonômico (Blengini et al. 2015). Essas ocorrências foram sobrepostas a uma malha quadriculada na região, dividida em 364 células regulares com resolução espacial de 0,005 ° (aproximadamente 550 m de aresta) (Figura 1.). Detalhes sobre os pontos de levantamento e de protocolo amostral de cada categoria biológica estão na Proposta de Unidade de Conservação da Serra da Jiboia (<http://www.gamba.org.br>). Sobre essa malha regular também foram sobrepostas seis superfícies de variáveis ambientais: a) Altitude; b) Temperatura média anual; c) Amplitude diurna da temperatura; d) Isotermalidade; e) Precipitação do trimestre mais úmido; e f) Precipitação do trimestre mais seco, compiladas do WorldClim (Hijmans et al., 2005) (www.worldclim.org). Note que as variáveis originais do WorldClim tinham 30 segundos de resolução espacial e foram interpoladas para a resolução da nossa malha quadriculada. Essas variáveis foram escolhidas através de análises prévias de Terribile et al. (2012) para a região biogeográfica Neotropical. Para essa escolha foi realizada uma análise fatorial com a rotação Varimax com todas as 19 variáveis bioclimáticas disponibilizadas no

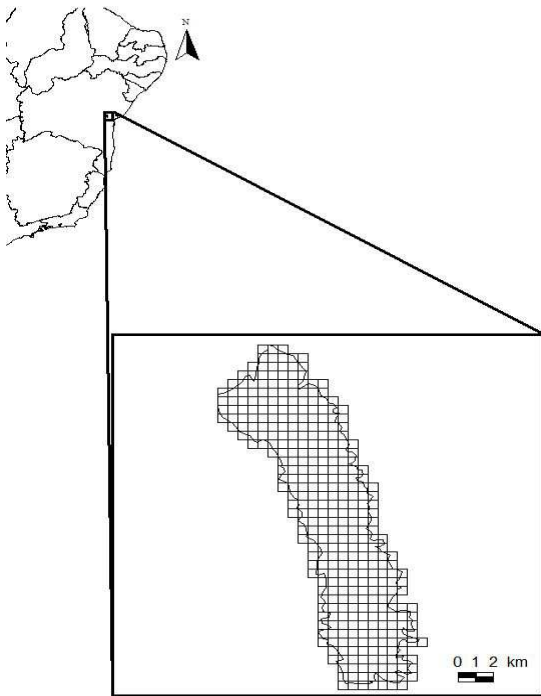
WorldClim para minimizar os problemas de colinearidade entre elas (para detalhes ver

Terribile et al., 2012).

Tabela 1 - Número de espécies e de famílias das categorias levantadas pela caracterização do meio biótico da Serra da Jiboia com os respectivos critérios de prioridade para as análises de complementaridade/insubstituibilidade. * Indica somente alvos de conservação para família. (IUCN - *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*; BMWP – *Biological Monitoring Working Party*)

Categorias	Número de espécies/famílias*	Critério de prioridade
Mamíferos	77	IUCN
Aves	194	IUCN
Invertebrados terrestres	48*	–
Invertebrados aquáticos	50*	BMWP
Plantas	261	IUCN

Figura 1 - Região geográfica da Serra da Jiboia sobreposta com a malha quadriculada de 364 células regulares de 0,005° de resolução espacial.



Modelos ecológicos de nicho (MEN)

Foi utilizado o MEN BIOCLIM (Booth et al., 2014) para associar as ocorrências das espécies na Serra da Jiboia com as variáveis ambientais para calcular a distribuição potencial das espécies na região. O modelo delimita um envelope de restrição no espectro entre os valores máximos e mínimos de cada variável ambiental onde existe a ocorrência real de cada espécie, determinando o espaço ambiental onde as espécies podem

ocorrer (dentro desse espectro) e onde as espécies não podem ocorrer (fora desse espectro). Essa potencialidade foi utilizada como alvo de conservação na priorização espacial da conservação (ver na próxima seção), na escala das células da malha quadriculada. Além disso, a sobreposição de todas as potencialidades de ocorrências de todos os táxons foi utilizada para gerar o padrão espacial de riquezas de espécies (ou famílias) para cada categoria.

Priorização espacial

O princípio da complementaridade foi utilizado a fim de minimizar as áreas a serem priorizadas (Cabeza & Moilanen, 2001), com base no procedimento do algoritmo *Simulated Annealing*, implementado no programa SITES (Andelman et al., 1999). O custo total da rede para priorização de áreas foi determinado pela soma dos custos de todas as áreas selecionadas mais a soma do custo inerente à perda de um determinado táxon, dado por:

$$\text{Custo Total} = \sum_i \text{custo da área } i + \sum_j \text{peso inerente à espécie } j \quad (\text{ver Andelman et al., 1999}).$$

O algoritmo *Simulated Annealing* tenta minimizar essa função de custo total. Além disso, foram utilizados pesos diferentes para cada táxon de acordo com o risco de extinção deles (ver Tabela 1.). Táxons mais vulneráveis, segundo o critério da IUCN, e mais importantes, segundo o critério da BMWP, tiveram peso três vezes maior nos resultados do que táxons menos vulneráveis.

Com o objetivo de otimizar uma rede de conservação e ainda levar em consideração o grau de ocupação humana na priorização espacial (Gaston, 2004), foi criado um vetor de custos, como arquivo de entrada para o algoritmo. Esse vetor de custo foi construído com base na caracterização do uso e ocupação do solo e do grau de urbanização na área da Serra da Jiboia e seu entorno, derivado dos levantamentos socioeconômicos na região, disponibilizado na Proposta de Unidade de Conservação da Serra da Jiboia (<http://www.gamba.org.br>), visando resumir a densidade da população humana e combiná-la ao uso da terra para o plantio e pecuária. Os valores foram normalizados entre zero e um, sendo que valores mais próximos a zero significam menor ocupação humana (seja por baixo adensamento populacional, plantio, ou pecuária) e mais próximos de um, uma maior ocupação humana. Esse vetor de custo foi interpolado para a malha quadriculada através da técnica geoestatística de krigagem (*kriging*).

Para determinar a rede mínima de conservação e a insubstituibilidade das áreas, o algoritmo *Simulated Annealing* executou 50 rodagens, com 2×10^7 iterações, assegurando a presença de todos os táxons de todas as categorias em um menor nível de ocupação humana possível. A rede mínima de conservação foi a que apresentou a meta de todos os táxons conservados, com o menor número de áreas,

mas que, ao mesmo tempo, atingiu o menor custo socioeconômico total (i.e., soma dos valores de custo nas áreas selecionadas). A insubstituibilidade foi calculada como a frequência das áreas nos 50 resultados. Uma área com frequência igual a zero indica que a área não foi selecionada em nenhuma das 2×10^7 iterações nas 50 rodagens, não possuindo valor para a conservação; uma área com frequência igual um (i.e., 100%) indica que a área foi selecionada em todas as 2×10^7 iterações nas 50 rodagens, possuindo valor total de conservação. Os valores de insubstituibilidade são contínuos, ou seja, podem variar entre zero e um. Essa frequência proporciona uma medida de importância de uma área, no sentido de satisfazer as metas de conservação.

Resultados e discussão

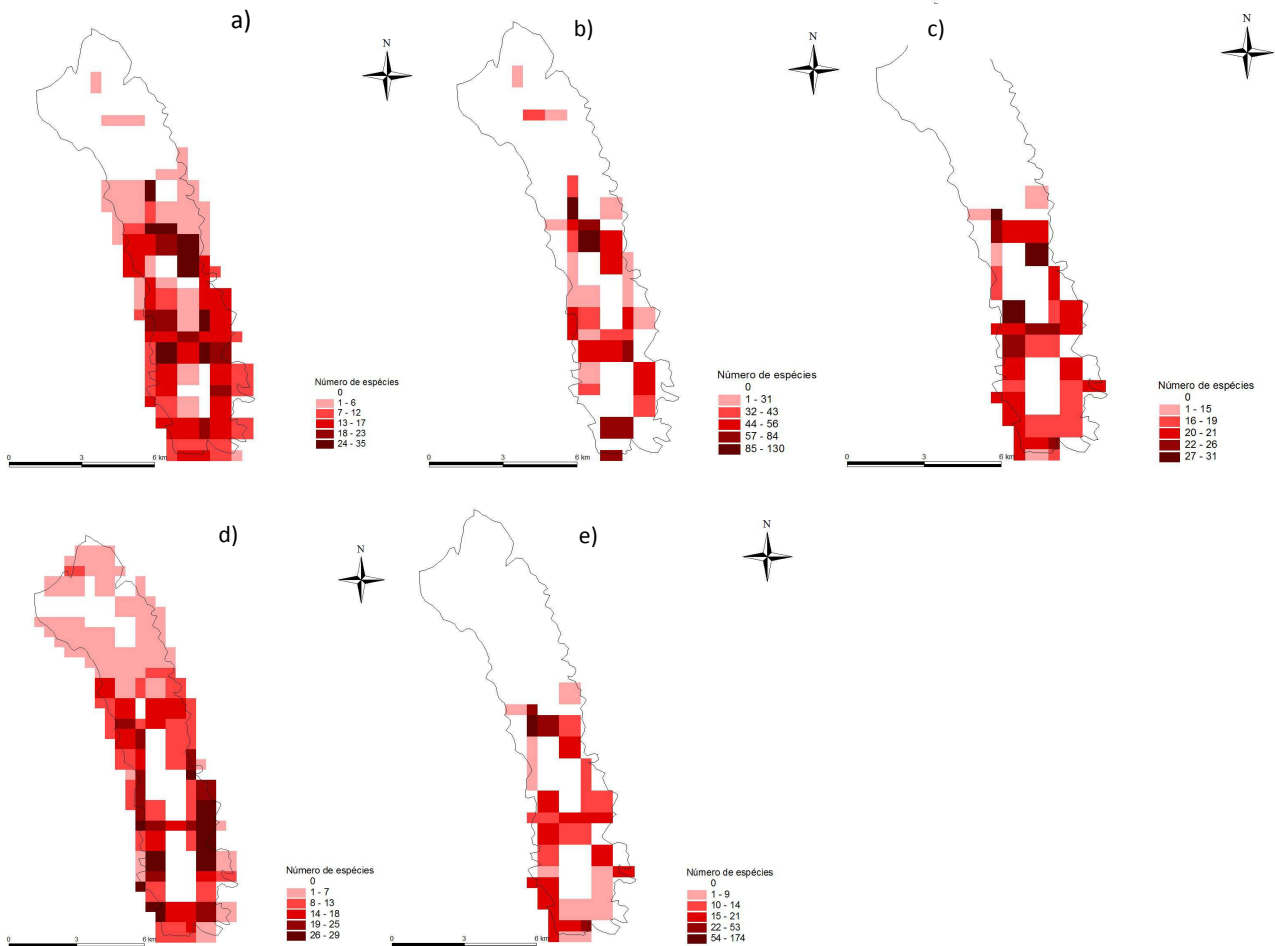
Os padrões de riqueza de espécies foram semelhantes para mamíferos e aves (Figura 2a, b.), onde a porção central da Serra da Jiboia teve registrada a maior quantidade de espécies. A semelhança entre o padrão espacial de riqueza entre essas duas categorias provavelmente se deveu às suas semelhanças fisiológicas, pois as espécies de ambas as categorias são endotérmicas, portanto, possuem requerimentos ambientais semelhantes (Grenyer et al., 2006, Oliveira & Diniz-Filho, 2010). Apesar de existirem possíveis vieses amostrais que influenciariam nos resultados de riqueza de espécies, nós utilizamos os MNEs como potencial presença da espécie, e não somente as ocorrências, portanto, o padrão espacial de riqueza de espécies é entendido como riqueza de nichos das espécies (Oliveira et al., 2015 & Lemes et al., 2016).

O grupo de invertebrados terrestres apresentou uma maior riqueza na porção centro-oeste da área (Figura 2c.), enquanto que os invertebrados aquáticos foram mais ricos na região sudeste (Figura 2d.). Portanto, as duas diferentes categorias de invertebrados não possuíram uma congruência espacial. Esse fato provavelmente ocorreu devido à dependência dos invertebrados aquáticos com os corpos de água da região da Serra da Jiboia, o que não ocorre, na sua totalidade, para os invertebrados terrestres. Dessa forma, a presença de corpos de água atua como uma co-variável, não utilizada nas nossas análises, mas que é determinante para esses organismos.

Para a vegetação, a região central da Serra da Jiboia foi a mais rica em espécies (Figura 2e.). Provavelmente, essas áreas mais ricas indicam

estágios de regeneração mais avançados, devido à complexidade da estrutura da comunidade vegetal (Bharathi & Prasad, 2017).

Figura 2 - Padrão espacial de riqueza de espécies para a) mamíferos; b) aves; c) invertebrados terrestres*; d) invertebrados aquáticos*; e e) plantas. *Somente para famílias



Apesar de o padrão espacial de riqueza de espécies ser importante para a conservação, ele não pode ser considerado um indicador de áreas prioritárias para a conservação por si só (Oliveira et al., 2007, 2009). Esse padrão apenas indica regiões de maior adequabilidade ambiental para as espécies que ocorrem na Serra da Jiboia. Dessa forma, o padrão espacial de insubstituibilidade, advindo dos resultados das 50 rodagens do *Simulated Annealing* indicou as prioridades de conservação; no caso deste trabalho as regiões mais insubstituíveis foram as

porções central e sul da Serra da Jiboia, para todas as categorias (Figura 3.). As redes mínimas (i.e., sub-ótimas) de reserva também foram congruentes entre as categorias evidenciando a importância da região centro-sul da área (Figura 4.). Essas regiões são importantes para assegurar a presença das espécies dentro da Serra da Jiboia, pois além de conterem a presença das espécies, elas asseguram a conservação do nicho ecológico dessa biodiversidade (Terribile et al., 2012, Oliveira et al., 2015 & Lemes et al., 2016).

Figura 3 - Padrão espacial de insubstituibilidade das áreas para: a) mamíferos; b) aves; c) invertebrados terrestres; d) invertebrados aquáticos; e e) plantas

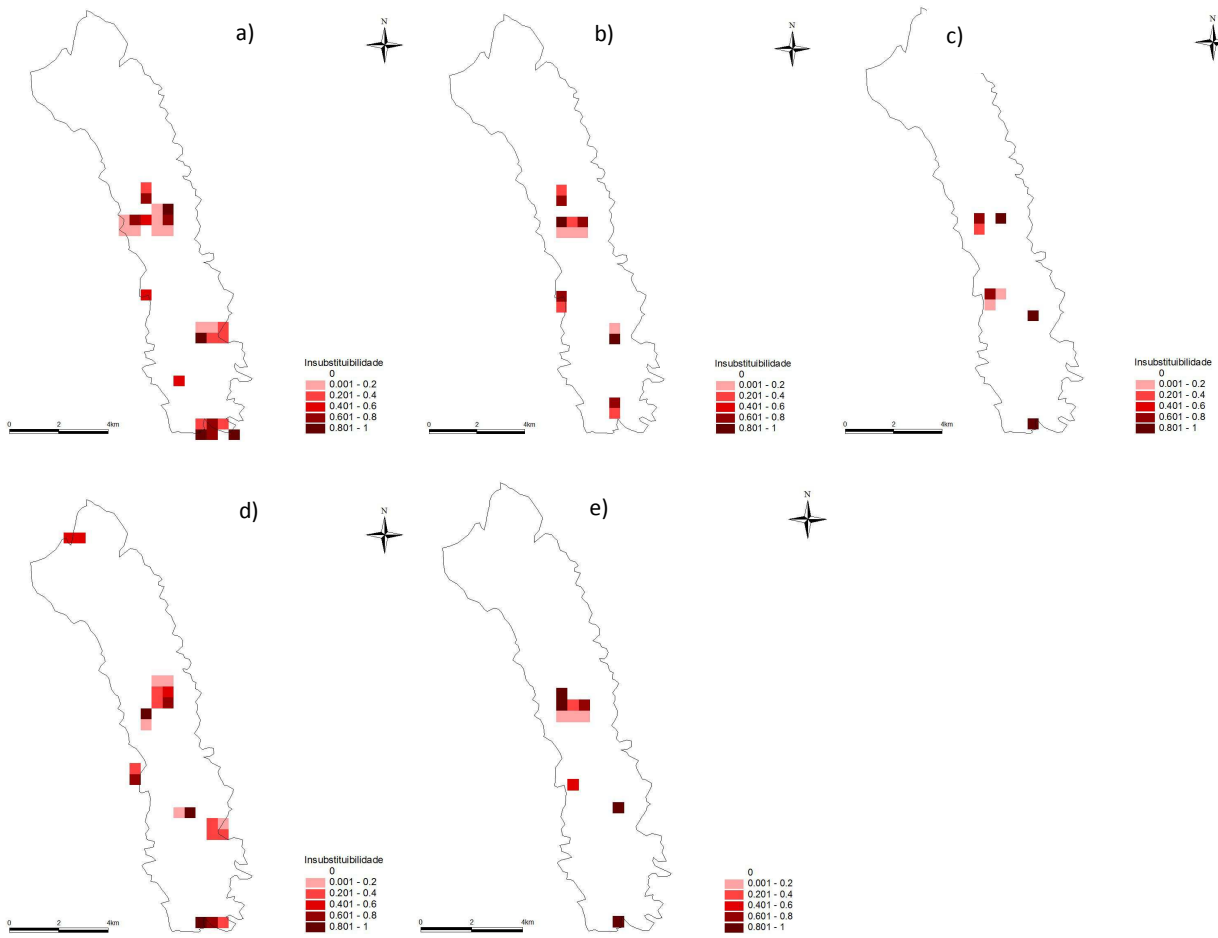
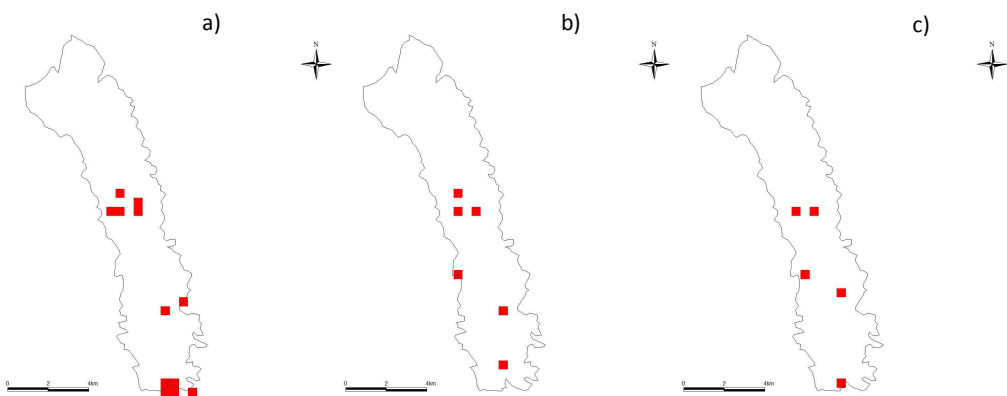


Figura 4 - Padrão espacial das redes mínimas de conservação para: a) mamíferos; b) aves; c) invertebrados terrestres; d) invertebrados aquáticos; e e) plantas



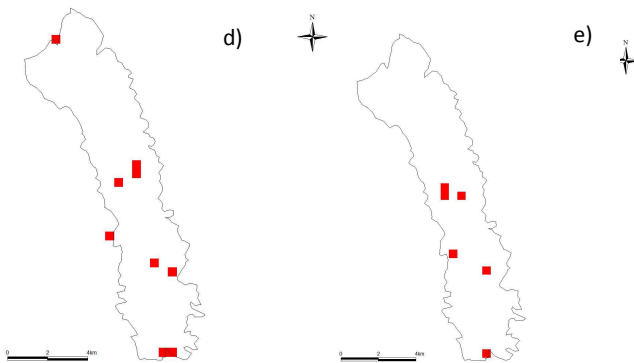
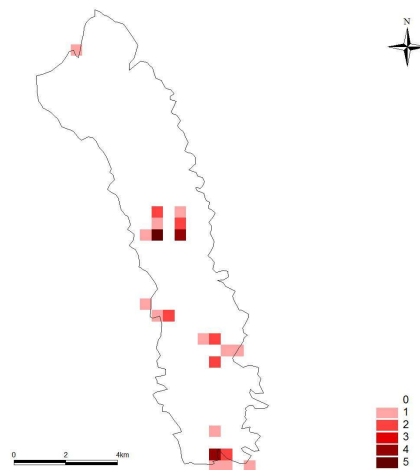


Figura 5 - Padrão espacial da sobreposição das redes mínimas de conservação



Conclusão

Apesar das diferenças dos requerimentos ambientais entre as categorias utilizadas para estabelecer as prioridades de conservação na Serra da Jiboia, o padrão espacial de prioridade foi congruente entre elas. A região centro-sul da área foi importante para todas as categorias. Dessa forma, é evidenciada a importância dessa porção da Serra da Jiboia para a conservação de sua biodiversidade e essa deve estar protegida em níveis mais altos de restrição de uso. Para evidenciar essa importância, como síntese desse trabalho, nós sobrepusemos os padrões de redes mínimas (Figura 5.) das cinco categorias biológicas (Figura 4.), indicando o grau de importância das áreas dentro da Serra da Jiboia para todas as categorias em conjunto.

Agradecimentos

Ao *Tropical Forest Conservation Act* [TFCA], através do Fundo Brasileiro para

Biodiversidade [Funbio], pelo financiamento dos estudos da Proposta de Unidade de Conservação da Serra da Jiboia e ao Grupo Ambientalista da Bahia [Gambá], pela gestão dos recursos e apoio logístico. Os autores agradecem aos comentários e sugestões de três avaliadores anônimos.

Referências

- Andelman, S., Ball, I., Davis, F. & Stoms, D. (1999). *Sites v. 1.0, an analytical toolbox for designing ecoregional conservation portfolios*. Santa Barbara: University of California. <http://www.biogeog.ucsb.edu/biblio?page=7>.
- Bharathi, S. & Prasad, A. G. D. (2017). Diversity, population structure and regeneration status of arboreal species in the four sacred groves of Kushalnagar, Karnataka. *Journal of Forestry Research*, (28), 357-370.
- Blengini, I. A. D., Cintra, M. A. M. U., Cunha, R. P. P. & Caiafa, A. N. (2015). *Proposta de unidade de*

- conservação da Serra da Jiboia (227p). Recuperado de <http://www.gamba.org.br/wp-content/uploads/2016/03/Proposta-Final.pdf>.
- Booth, T., Henry, A. N., John, R. B., & Hutchinson, M. (2014). Bioclim: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. *Diversity and Distributions*, (20), 1-9.
- Cabeza, M., & Moilanen A. (2001). Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, (16), 242-248.
- Caiafa, A. N. (2015). A vegetação da Serra da Jiboia. In: *Proposta de unidade de conservação da Serra da Jiboia* (pp.72-83). Recuperado de <http://www.gamba.org.br/wp-content/uploads/2016/03/Proposta-Final.pdf>.
- Campanili, M., & Schaffer, W. B. (Orgs.) (2010). *Mata Atlântica, Patrimônio Nacional dos Brasileiros*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidades e Florestas, Núcleo Mata Atlântica e Pampa.
- Carvalho-Sobrinho, J. G., & Queiroz, L. P. (2005). Composição florística de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Jiboia, Santa Terezinha, Bahia. *Sitientibus: Série Ciências Biológicas*, (5), 20-28.
- Dobrovolski, R., Loyola, R. D., Guilhaumon, F., Gouveia, S. F., & Diniz-Filho, J. A. F. (2013). Global agricultural expansion and carnivore conservation biogeography. *Biological Conservation*, 165, 162-170.
- Faith, D. P., Carter, G., Cassis, G., Ferrier, S., & Wilkie, L. (2003). Complementarity, biodiversity viability analysis, and policy-based algorithms for conservation. *Environmental Science & Policy*, 6, 311-328.
- Gaston, K. J. (2004). Macroecology and people. *Basic and Applied Ecology*, 5 (4), 303-307. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/journal/basic-and-applied-ecology/vol/5/issue/4>.
- Grenyer, R., et al., (2006). Global distribution of rare and threatened vertebrates. *Nature*, (444), 93-96. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/nature05237>.
- Hijmans, R. J., et. al., (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25 (15), 1965-1978. doi: 10.1002/joc.1276
- Lemes, P., Melo, A. S., & Loyola, R. D. (2016). Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation*, 23 (2), 357-368. doi: 10.1007/s10531-013-0605-2.
- Main, M. B., Roka, F. M., & Noss, R. S. (1999). Evaluating costs of conservation. *Conservation Biology*, (13), 1262-1272. doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.98006.x
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, (405), 243-253. doi:10.1038/35012251.
- Margules, C. R., & Nicholls, A. O. (1988). Selecting Networks of Reserves to Maximise Biological Diversity. *Biological Conservation*, 43 (1), 63-76. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/journal/00063207/43/1>.
- Moore, J. L., et. al., (2003). Heuristic and optimal solutions for set-covering problems in conservation biology. *Ecography*, 26 (5), 595-601. doi: 10.1034/j.1600-0587.2003.03467.x.
- Myers, N., et. al., (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853-858. doi: 10.1038/35002501.
- Oliveira, G., Barreto, B. S., Pinto, M. P., Diniz-Filho, J. A. F., & Blamires, D. (2007). Padrões espaciais de diversidade da Família Emberizidae (Aves: Passeriformes) e seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado. *Lundiana*, 8 (2), 97-106.
- Oliveira, G., Diniz-Filho J. A. F., Bini, L. M., & Rangel, T. F. L. V. B. (2009). Conservation biogeography of mammals in the Cerrado biome under the unified theory of macroecology. *Acta Oecologica*, (35), 630-638.
- Oliveira, G., & Diniz-Filho J. A. F. (2010). Spatial patterns of terrestrial vertebrates richness in Brazilian semiarid, Northeastern Brazil: Selecting

- hypotheses and revealing constraints. *Journal of Arid Environments*, 74 (11), 1418-1426.
- Oliveira, G., Lima-Ribeiro, M. S., Terribile, L. C., Dobrovolski, R., Telles, M. P. C., & Diniz-Filho, J. A. F. (2015). Conservation biogeography of the Cerrado's wild edible plants under climate change: Linking biotic stability with agricultural expansion. *American Journal of Botany*, 102 (6), 870-877. doi: 10.3732/ajb.1400352
- Oliveira, G. (2017). Human occupation explains species invasion better than biotic stability: evaluating *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae; jackfruit) invasion in the Neotropics. *Journal of Plant Ecology*. Recuperado de <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx017>.
- Possingham, H., Ball, I., & Andelman, S. (2000). Mathematical Methods for Identifying Representative Reserve Networks. In: Ferson, S., & Burgman, M. (Eds.). *Quantitative methods for conservation biology* (pp 291-305). New York: Springer-Verlag.
- Pressey, R. L. & Cowling, R. M. (2001). Reserve selection algorithms and the real world. *Conservation Biology*, 15 (1), 275-277. doi: 10.1111/j.1523-1739.2001.99541.x
- Pressey, R. L., Johnson, I. R., & Wilson, P. D. (1994). Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reserve goal. *Biodiversity Conservation*, 3 (3), 242-262. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00055941>.
- Pressey, R. L., Possingham, H. P., & Margules, C. R. (1996) Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? *Biological Conservation*, 76 (3), 259-267. doi 10.1016/0006-3207(95)00120-4.
- Pressey, R. L., Possingham, H. P., & Day, J. R. (1997). Effectiveness of alternative heuristic algorithms for identifying indicative minimum requirements for conservation reserves. *Biological Conservation*, 80 (2), 207-219. doi:10.1016/S0006-3207(96)00045-6.
- Ribeiro, M. C., et al., (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, (142), 1141-1153. doi:10.1016/j.biocon.2009.02.021.
- Silva, J. M. C., Sousa, M. C., & Castelletti, C. H. M. (2004). Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic Forest. *Global Ecology and Biogeography*, 13, 85-92.
- Fundação SOS Mata Atlântica (2017). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica – Período 2015-2016* (Relatório técnico). São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, INPE.
- Tabarelli, M., et al., (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1 (1), 132-138.
- Terribile, L.C., et al., (2012). Areas of climate stability in the Brazilian Cerrado: disentangling uncertainties through time. *Natureza & Conservação*, 10 (2), 152-159. doi: 10.4322/natcon.2012.025.
- Williams, P., Faith, D., Manne, L., Sechrest, W. & Preston, C. (2006). Complementarity analysis: Mapping the performance of surrogates for biodiversity. *Biological Conservation*, (128), 253-264. doi:10.1016/j.biocon.2005.09.047.

Recebido em:16/05/2017

Aceito em:30/01/2018