



## UMA NOTA SOBRE OS LIMITES TERRITORIAIS DA MATA ATLÂNTICA

*Renata Lara Muylaert<sup>1\*</sup>, Maurício Humberto Vancine<sup>1</sup>, Rodrigo Bernardo<sup>1,2</sup>,  
Júlia Emi Faria Oshima<sup>1</sup>, Thadeu Sobral-Souza<sup>1,3</sup>, Vinicius Rodrigues Tonetti<sup>1</sup>,  
Bernardo Brandão Niebuhr<sup>1</sup> & Milton Cezar Ribeiro<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Casa da Floresta Assessoria Ambiental, Av. Joaquina Morganti, 289, Monte Alegre, CEP 13415-030, Piracicaba, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Metropolitana de Santos, Curso de Ciência Biológicas, CEP 11045-002, Santos, SP, Brasil.

E-mails: renatamuy@gmail.com (\*autor correspondente); mauricio.vancine@gmail.com; bernardo.rb@hotmail.com; juemioshima@gmail.com; thadeusobral@gmail.com; vrtonetti@gmail.com; bernardo\_brandaum@yahoo.com.br; miltinho.astronauta@gmail.com

---

**Resumo:** A delimitação geográfica de um bioma engloba questões que envolvem fatores ambientais, como clima e características da vegetação, além de aspectos políticos. Consequentemente, variações na delimitação de um bioma são recorrentes. A Mata Atlântica é um dos mais importantes *hotspots* de biodiversidade do mundo e historicamente diversas delimitações territoriais foram propostas para esse bioma. Aqui tivemos como objetivo 1) discutir as quatro principais delimitações e 2) com base nos limites existentes, discutir sua união (Limite Integrativo) e intersecção (Limite Consensual). Os principais limites apresentam áreas consensuais e integrativas de 1,01 e 1,62 milhão km<sup>2</sup>, respectivamente. Cinco regiões de divergência devem ser cuidadosamente avaliadas. Finalmente, sugerimos um debate sobre o uso de limites em estudos ecológicos e sua aplicação em estudos sobre conservação da biodiversidade.

**Palavras-chave:** biogeografia histórica; bioma; distribuição geográfica; floresta tropical; *hotspot* de biodiversidade.

**A NOTE ON THE TERRITORIAL LIMITS OF THE ATLANTIC FOREST.** The geographic delimitation of a biome encompasses questions that involve environmental factors such as climate and vegetation characteristics as well as political aspects. Consequently, variation on biome delimitation is recurrent. The Atlantic Forest is one of the most important biodiversity hotspots in the world, and historically several territorial delimitations have been proposed for this biome. Here we aim to 1) discuss the four main delimitations and 2) based on the existing limits, discuss their union (Integrative limit) and intersection (Consensual limit). The main limits present consensual and integrative areas of 1.01 and 1.62 million km<sup>2</sup>, respectively. Five regions of divergence must be carefully evaluated. Finally, we suggest a debate about the use of limits in ecological studies and their application in biodiversity conservation studies.

**Keywords:** biodiversity hotspot; biome; geographic distribution; historical biogeography; tropical forest.

---

Após as primeiras menções feitas por Whittaker (1962), o conceito de bioma foi amplamente debatido sob a perspectiva ecológica e biogeográfica. O termo surgiu como uma busca por uma unidade espacial que fosse utilizada em estudos de bioecologia, mas que também fosse apropriada para entender a distribuição da flora e fauna (Clements & Shelford 1939). Desde então o termo tem sido utilizado sob diferentes perspectivas, seja se referindo a flora, fauna, relevo, fitofisionomia ou a combinações desses elementos (Coutinho 2006). Os biomas podem apresentar diversas delimitações espaciais, as quais variam de acordo com interesses ambientais, ecológicos, políticos ou de gestão de seus proponentes. Este é o caso do bioma Mata Atlântica, um *hotspot* de biodiversidade que apresenta mais de 90% de sua distribuição original no Brasil, ocorrendo também em partes da Argentina e Paraguai (Mittermeier *et al.* 2004).

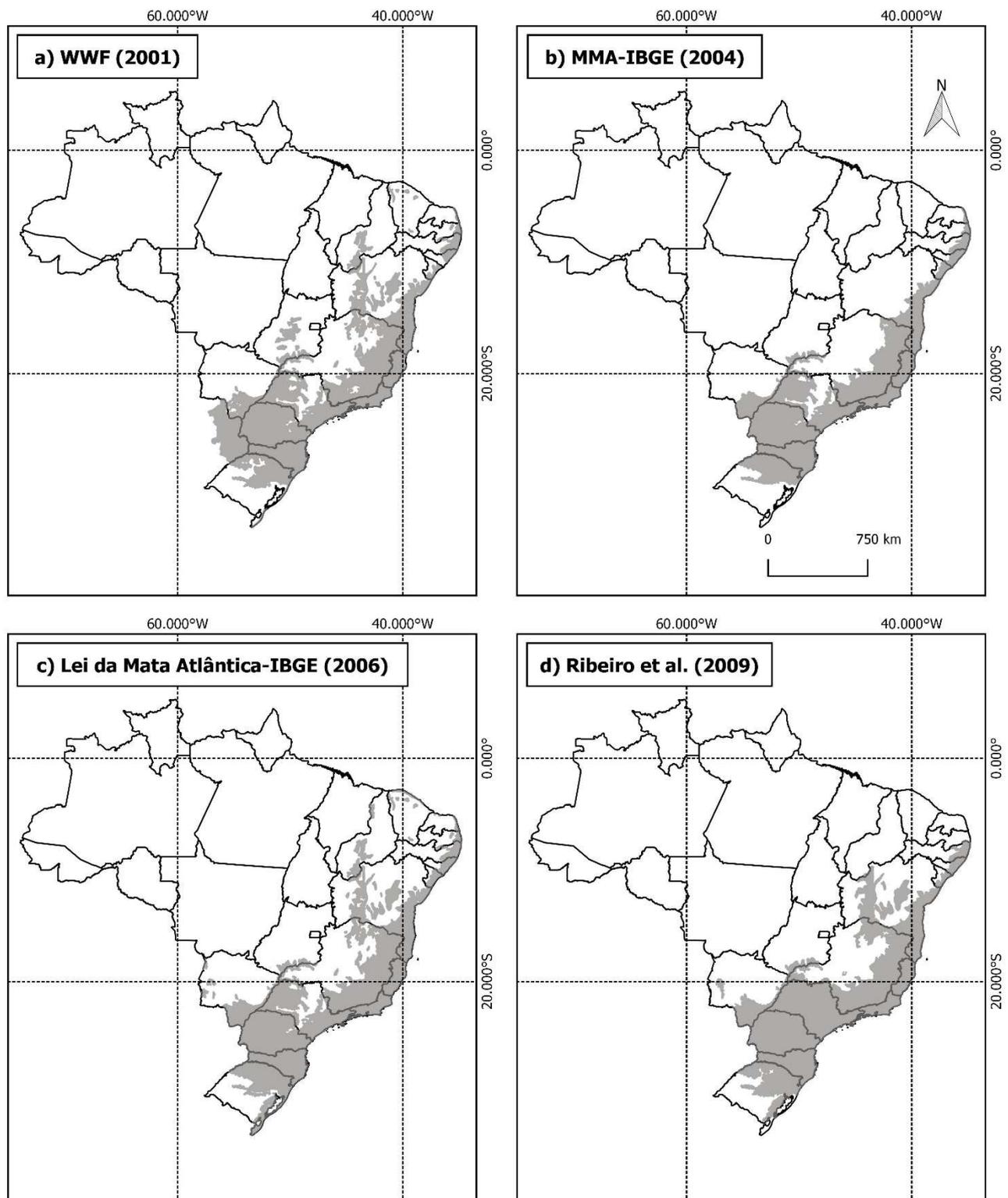
Ainda que diferentes limites territoriais de um mesmo bioma possam atender a diferentes objetivos, a falta de uma delimitação única pode gerar confusão. Além das questões ecológicas e ambientais, a delimitação de um bioma também tem apoio político, pois pode incorrer sobre a determinação ou limitação dos possíveis usos territoriais por diferentes atores sociais, o que é objeto de frequentes conflitos de interesses (Steinberger & Rodrigues 2010).

Neste artigo nós tratamos bioma como uma área geográfica extensa, que apresenta uma comunidade de plantas e animais específica, com uma fitofisionomia particular e que é influenciada diretamente pelo clima (Whittaker 1970). Embora a Mata Atlântica apresente diferentes fitofisionomias – como a floresta ombrófila densa, floresta ombrófila mista, florestas estacionais, restingas, formações campestres, formações litorâneas e ecótonos, a mesma é tratada como bioma por diversos autores (Morellato & Haddad 2000, Olson *et al.* 2001, IBGE 2016, Tabarelli *et al.* 2010). Essa variedade de fitofisionomias deve-se, sobretudo, ao amplo gradiente latitudinal (8°–28°S), longitudinal (32°–58°W) e altitudinal (0 – ~3.000 m), combinados a grandes variações climáticas, formações geomorfológicas e de tipos de solos (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015). Tais variações, junto a

expansões e retrações geográficas sofridas como resultado das mudanças climáticas do passado, propiciaram a evolução e especialização de diversas formações vegetacionais na Mata Atlântica (Carnaval *et al.* 2009, Joly *et al.* 2014, Sobral-Souza *et al.* 2015, Sobral-Souza & Lima-Ribeiro 2017).

Diferentes delimitações geográficas para a Mata Atlântica decorrentes de mudanças climáticas ocorridas ao longo dos últimos 21 mil anos foram propostas (veja Sobral-Souza *et al.* 2015). A Mata Atlântica atual se estende por boa parte do litoral brasileiro, atingindo o interior austral do continente, onde abrange regiões do Paraguai e Argentina (Morellato & Haddad 2000, Ribeiro *et al.* 2009; Figura 1). Grandes compilados sobre abundância e distribuição de espécies têm sido feitos (ver a crescente série ATLANTIC de data papers em [https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1939-9170.AtlanticPapers](https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1939-9170.AtlanticPapers)), o que nos leva a constatar que a Mata Atlântica é um dos *hotspots* de biodiversidade mais bem conhecidos do planeta. Por apresentar elevada riqueza de espécies, nível de endemismo e impacto antrópico (restam atualmente menos de 16% de cobertura de vegetação nativa, Ribeiro *et al.* 2009), a Mata Atlântica é considerada uma região prioritária para conservação da biodiversidade (Myers *et al.* 2000).

Apesar de diversos estudos terem sido realizados com o intuito de descrever a delimitação geográfica da Mata Atlântica (Morellato & Haddad 2000, Oliveira-Filho & Fontes 2000, Silva & Casteleti 2005), estabelecer os limites da Mata Atlântica não é uma tarefa trivial. Os ecótonos com os outros biomas (*e.g.*, Cerrado, Caatinga e Pampa) podem ser graduais e de complexa classificação em determinadas regiões. Por exemplo, a transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado pode se estender por centenas de quilômetros e ser composta por diferentes vegetações savânicas, campestres e florestais, com prevalência de espécies representativas de ambos os biomas (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Löbner *et al.* 2015). Dessa forma, apesar de sua implicação prática para fins de conservação e desenvolvimento de políticas públicas, o estabelecimento de limites bem definidos para a Mata Atlântica pode apresentar inconsistências com o mundo



**Figura 1.** Quatro limites da Mata Atlântica segundo diferentes mapas amplamente utilizados e disponíveis online: a) “World Wildlife Fund-WWF (2001)” (Olson *et al.* 2001); b) “Ministério do Meio Ambiente (MMA) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2004)” (IBGE 2016); c) “Lei da Mata Atlântica” (IBGE 2018, Silva *et al.* 2016); d) Ribeiro *et al.* (2009).

**Figure 1.** Four Atlantic Forest boundaries according to different maps widely used and available online: a) “World Wildlife Fund - WWF (2001)” (Olson *et al.* 2001); b) “Ministry of Environment (MMA) - Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) (2004)” (IBGE 2016); c) “Law of the Atlantic Forest” (IBGE 2018, Silva *et al.* 2016); d) Ribeiro *et al.* (2009).

real, principalmente quando se considera a complexidade de formações vegetais, clima e fauna associada aos ecótonos (Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015).

Devido à complexidade inerente à delimitação de biomas, neste estudo nós discutimos as quatro principais delimitações geográficas da Mata Atlântica. Nossos objetivos foram: 1) disponibilizar, descrever e apresentar os critérios usados em cada uma das delimitações, quantificando suas similaridades e diferenças; e 2) discutir a forma mais extensa dos limites avaliados como um “Limite integrador” e sua intersecção como um “Limite consensual”. Dessa forma, nós propomos aqui uma reflexão sobre as diferentes extensões e os conceitos utilizados para se definir a Mata Atlântica, e sobre quais as implicações para seu uso em estudos ecológicos, biogeográficos e de conservação.

Ainda que existam delimitações exclusivas às regiões da Argentina, Brasil e Paraguai (*e.g.*, Huang *et al.* 2007), nós discutimos aqui tanto as delimitações que abrangem a Mata Atlântica nos três países nos quais ela ocorre (Olson *et al.* 2001;

Figura 1) quanto apenas a Mata Atlântica brasileira (IBGE 2016, 2018, Ribeiro *et al.* 2009, Silva *et al.* 2016; Tabela 1). Para quantificar as diferenças entre os limites, nós transformamos os mapas de formato vetor para grade (*raster*) com resolução espacial de 1 km e extensão abrangendo todos os limites (latitudes e longitudes máximas e mínimas dentre os vetores). Para cada um dos limites, nós atribuímos códigos para as células dos seus respectivos arquivos *raster* separadamente. Após essa etapa, nós somamos os mapas e criamos um novo *raster* para distinguir as semelhanças e diferenças entre os limites em três diferentes níveis: (1) células com valores únicos, (2) células com valores combinados para cada dois mapas e (3) células com valores para três e/ou quatro mapas. O cálculo da área total dos limites foi baseado nos arquivos *shapefiles* com o auxílio do software R (R Core Team 2015; Tabela 1) utilizando a projeção cônica equivalente de Albers e o *datum* horizontal SAD69. Os limites, bem como informações complementares estão disponíveis em <https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles>.

**Tabela 1.** Limites da Mata Atlântica que foram utilizados e suas respectivas áreas, referências e fonte dos dados.

**Table 1.** Limits of the Atlantic Forest used and their respective areas, references and data source.

| Limite                            | Área total (km <sup>2</sup> ) | Referência   | Fonte  |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|--|
| MMA-IBGE (2004)                   | 1.117.862                     | IBGE (2016)  | <a href="http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm">http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm</a> ;<br><a href="http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm">http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm</a>                           |
| Lei da Mata Atlântica-IBGE (2006) | 1.291.000                     | Decreto Federal nº 6660/2008, Lei nº. 11.428/2006, IBGE (2018), Silva <i>et al.</i> (2016) | <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm</a> ;<br><a href="http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica_emdesenvolvimento">http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica_emdesenvolvimento</a> |
| World Wildlife Fund-WWF (2001)    | 1.335.416                     | Olson <i>et al.</i> (2001)   | <a href="http://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world">http://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world</a>  |
| Ribeiro <i>et al.</i> (2009)      | 1.366.000                     | Ribeiro <i>et al.</i> (2009)   | <a href="https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles">https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles</a>  |
| “Limite integrador” (União)       | 1.620.000                     | presente artigo  | <a href="https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles">https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles</a>  |
| “Limite consensual” (Intersecção) | 1.018.241                     | presente artigo  | <a href="https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles">https://github.com/LEEClab/ATLANTIC-limits-shapefiles</a>  |

### **1. Limite do “World Wildlife Fund - WWF (2001)” (Olson *et al.* 2001)**

A organização não-governamental World Wildlife Fund (WWF) estabeleceu limites unificados para os ecossistemas terrestres ao redor do mundo. O produto divide o planeta em 867 ecorregiões definidas como “*uma extensa parte de terra ou água que compartilha espécies e condições ambientais comuns*” (Olson *et al.* 2001) e 14 biomas. Biomas e ecorregiões têm como objetivo refletir melhor a distribuição de espécies e comunidades animais e vegetais do que as unidades baseadas em modelos derivados de características bioclimáticas (como temperatura e pluviosidade, estrutura de vegetação, ou derivados de assinaturas espectrais de sensoriamento remoto), pois esses métodos não enfatizam os gêneros endêmicos. De acordo com essa definição a Mata Atlântica é classificada como parte dos biomas Floresta tropical e subtropical úmida e Floresta tropical e subtropical seca, e consideramos como Mata Atlântica as classes *Atlantic Forests* e *Atlantic dry Forests* (coluna G200\_REGIO) do arquivo *shapefile* de ecossistemas terrestres (“*Terrestrial Ecoregions of the World*”, Olson *et al.* 2001). No Brasil, o limite avança para transições com o Cerrado, como nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia, e Caatinga no nordeste brasileiro, além de adentrar vegetações florestais do Paraguai e da Argentina (Figura 1). A construção dessa divisão foi feita com base no conhecimento e cooperação de mais de 100 pesquisadores.

### **2. Limite do “MMA-IBGE (2004)” (IBGE 2016)**

Este é o limite da Mata Atlântica formalizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizado junto ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), e definido com participação governamental, da comunidade científica e de organizações da sociedade civil atuantes no campo socioambiental. A Mata Atlântica foi delimitada em um mapa de biomas brasileiros com os limites da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Pampa e Pantanal. O objetivo desse limite é servir como referência para o estabelecimento de políticas públicas diferenciadas e para acompanhamento das ações implementadas em cada um deles pela sociedade. Dessa forma, muitos remanescentes da fitofisionomia de Mata

Atlântica que estão distribuídos em ecótonos com demais biomas não são considerados. Esse limite é comumente utilizado por trabalhos que comparam ou abordam diferentes biomas brasileiros. Nele, a Mata Atlântica ocupa a faixa continental atlântica que margeia a costa leste e se estende para o interior no Sudeste e Sul do Brasil, e a principal diferença em relação aos demais limites é sua abrangência mais restrita na região Nordeste (Figura 1). Dentre os critérios utilizados neste limite, destacam-se a “vegetação dominante (florestal)” e o “relevo extremamente diverso” (IBGE 2016). Trata-se do limite de menor extensão espacial dentre os quatro.

### **3. Limite da “Lei da Mata Atlântica - IBGE (2006)” (IBGE 2018, Silva *et al.* 2016)**

Este limite é regulado pelo Decreto Federal nº. 6660/2008 e pela Lei da Mata Atlântica (nº. 11.428/2006; IBGE 2018, Silva *et al.* 2016). Além do limite do bioma, a lei divide a Mata Atlântica em biorregiões. Os principais artigos referentes ao Decreto são claros na descrição do limite, seguindo critérios do IBGE para o ano de 2006. Assim, a Mata Atlântica abrange a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Campos de Altitude, Brejos Interioranos e Encraves Florestais, Refúgios Vegetacionais, Áreas de Tensão Ecológica (zonas de transições entre ambientes ou fisionomias), Áreas das Formações Pioneiras (manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais), Estepes, Savanas, Savanas-Estépicas, e Vegetação Nativa de Ilhas. O Decreto nº 6.660 de 21 de novembro de 2008 estabeleceu o “Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006”, bem como regulamentou dispositivos para a determinação da utilização e proteção da vegetação da Mata Atlântica. A aplicação da lei se daria em “remanescentes de vegetação nativa no estágio primário e nos estágios secundário inicial, médio e avançado de regeneração na área de abrangência definida no caput deste artigo” (artigo 2º, parágrafo único da Lei). O limite foi gerado após longo debate entre pesquisadores, membros de órgãos governamentais e ativistas da sociedade civil com diferentes posicionamentos (Steinberger & Rodrigues 2010), e é inclusivo no que se refere ao interior da região

Nordeste do Brasil, além de incluir regiões que estão no domínio do Pantanal e do Pampa de acordo com outros limites de biomas (Figura 1).

#### 4. Limite de “Ribeiro *et al.* (2009)”

Em Ribeiro *et al.* (2009) foram analisados 94% da região de Mata Atlântica brasileira definida pela Lei da Mata Atlântica (nº. 11.428/2006; IBGE 2018, Silva *et al.* 2016), porém, para algumas regiões o estudo expandiu esses limites previstos na lei, contemplando a delimitação de regiões biogeográficas propostas por Silva & Casteleti (2005). Desta forma, o limite define as seguintes sub-regiões biogeográficas (BSRs): Araucárias, Bahia, Brejos Nordestinos, Diamantina, Interior, Pernambuco, Serra do Mar, e São Francisco (veja Figura 1 de Ribeiro *et al.* 2009). A delimitação proposta por Ribeiro *et al.* (2009) difere das demais principalmente por incluir áreas do interior do estado de São Paulo e partes do norte do estado do Paraná, que são consideradas como áreas pertencentes ao domínio do Cerrado pelos outros três limites (Figura 1). Os autores incorporaram essas regiões pois, além de elas apresentarem áreas de savana do domínio do Cerrado (como, por exemplo, a Estação Ecológica de Itirapina), parte de suas formações vegetais correspondem a florestas estacionais semidecíduais da Mata Atlântica, ou áreas de transição entre os dois biomas (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Ribeiro *et al.* 2009). Na região Nordeste, o limite abrange áreas de Floresta Semidecidual da Serra do Espinhaço e Brejos Nordestinos. Na região Sul, áreas da planície costeira do Rio Grande do Sul não fazem parte da delimitação. E por fim, o mapeamento não inclui manchas pequenas de Mata Atlântica na costa brasileira até o norte de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará (Figura 1).

#### ~ Comparação entre os limites

A partir dos quatro limites detalhados acima, nós propomos dois novos limites: o primeiro refere-se à união dos quatro limites – o “Limite integrador” – e o segundo consiste na interseção dos limites – o “Limite consensual” da Mata Atlântica (Figura 2a). No resultado da sobreposição dos quatro limites é possível observar as regiões exclusivas, bem como as áreas que coincidem para dois ou três limites (Tabela 2 e Figura 2b). Enquanto a união dos limites existentes compreende uma área de mais

de 1,6 milhão km<sup>2</sup>, a intersecção entre os limites apresenta uma cobertura de cerca de 1,08 milhão km<sup>2</sup> (Tabela 1 e Figura 2a). Chamamos de “Limite consensual” da Mata Atlântica a interseção dos limites, pois é onde os quatro limites apontam como sendo área de Mata Atlântica.

A união dos quatro limites aqui apresentados – o “Limite integrador” da Mata Atlântica – pode ser considerada abrangente e inclusiva e abarca alguns padrões de biogeografia histórica. Isto significa que a inclusão de remanescentes florestais em regiões de ecótonos com outros biomas brasileiros pode ser importante para evidenciar a diversidade de plantas e animais que fizeram parte da Mata Atlântica e atualmente estão distribuídos em outros biomas. Diferentes espécies podem ter permanecido isoladas em fragmentos em regiões de ecótonos com outros biomas devido às mudanças climáticas ocorridas ao longo do tempo geológico e que levaram à expansão e ou retração das florestas Neotropicais em diferentes períodos temporais (Werneck *et al.* 2012, Sobral-Souza *et al.* 2015). Além disso, perdas recentes de biodiversidade são associadas à ação humana modificando intensamente as paisagens. Tais alterações nas paisagens devido à perda e fragmentação de habitat sofridas nos últimos séculos estão dentre os principais fatores causadores de extinções e que definem o período conhecido como Antropoceno (Dirzo *et al.* 2014). Para compreender melhor como as alterações na paisagem influenciam na distribuição e na persistência de espécies, principalmente em ecótonos da Mata Atlântica onde o processo de fragmentação está bastante avançado, é importante olhar para os remanescentes do bioma como áreas de potenciais refúgios de espécies nativas onde é importante focar esforços de monitoramento e conservação.

A partir da região norte em direção ao sul do Brasil, nota-se a existência de cinco regiões que adentram outros biomas e que não são contempladas no “Limite consensual” da Mata Atlântica, mas onde ocorrem áreas exclusivas ou de consenso entre dois ou três limites: (1) uma região ao norte do limite e que inclui áreas de Caatinga, reconhecidas como brejos de altitude, como em Ibiapaba e Baturité no estado Ceará; (2) a região do Rio São Francisco, que compreende parte do interior de Minas Gerais e Bahia; (3) a região que

**Tabela 2.** Valores referentes à área territorial (km<sup>2</sup>) que incorpora similaridades e diferenças entre limites da Mata Atlântica. \* O primeiro valor se refere à área total dos *rasters*, incluindo a Mata Atlântica internacional; \*\* O segundo valor foi feito após um corte de cada porção pela delimitação política atual do Brasil, com base na malha municipal brasileira de 2016, disponível em <https://downloads.ibge.gov.br>. Limites e suas fontes: a) “World Wildlife Fund-WWF (2001)” (Olson *et al.* 2001); b) “Ministério do Meio Ambiente (MMA) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2004)” (IBGE 2016); c) “Lei da Mata Atlântica” (IBGE 2018, Silva *et al.* 2016); d) Ribeiro *et al.* (2009).

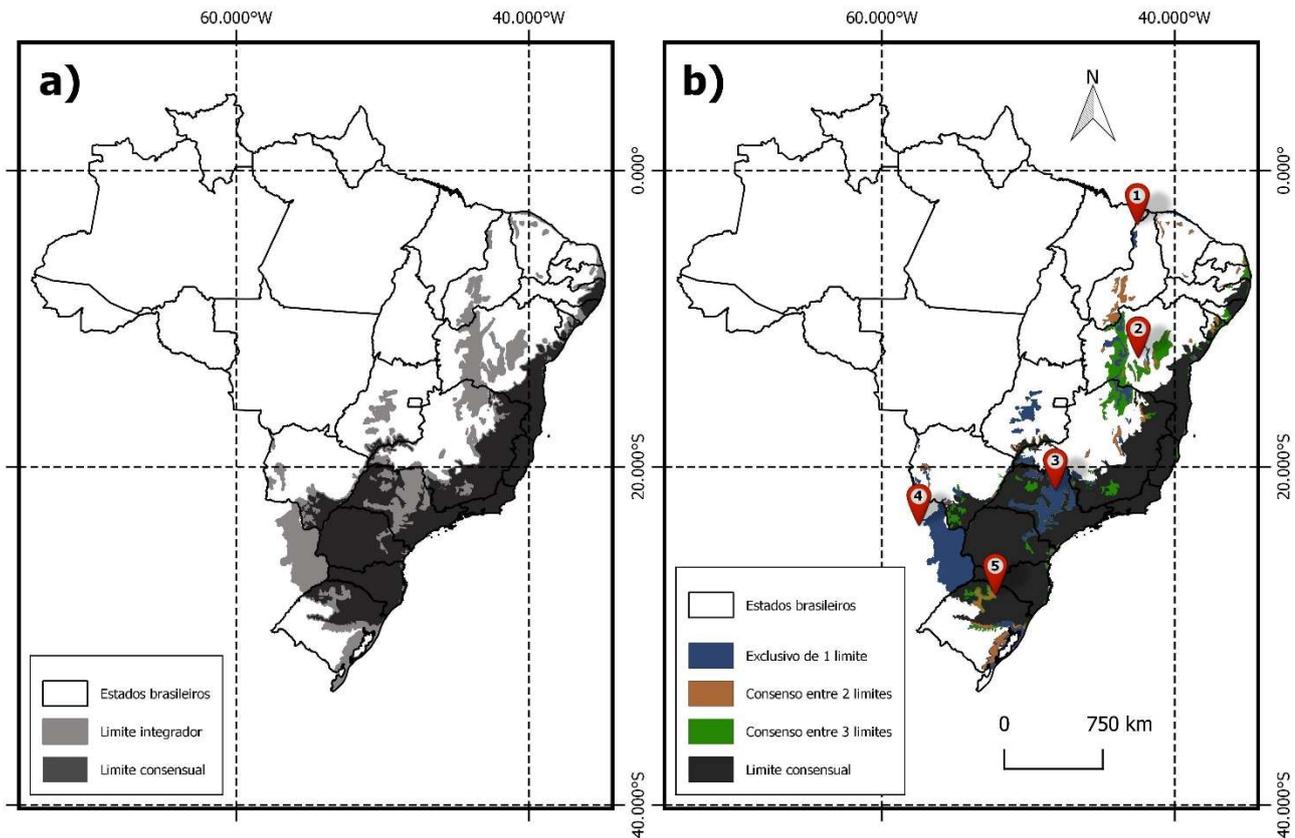
**Table 2.** Values referring to the territorial area (km<sup>2</sup>) that incorporates similarities and differences between Atlantic Forest boundaries. \* The first value refers to the total area of the rasters, including the international Atlantic Forest; \*\* The second value was made after a cut of each portion by the current political delimitation of Brazil, based on the Brazilian municipal grid of 2016, available at <https://downloads.ibge.gov.br>. Limits and their sources: a) "World Wildlife Fund - WWF (2001)" (Olson *et al.*, 2001); b) "Ministry of Environment (MMA) - Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) (2004)" (IBGE 2016); c) "Law of the Atlantic Forest" (IBGE 2018, Silva *et al.* 2016); d) Ribeiro *et al.* (2009).

| Descrição  | Limites utilizados   | Área (km <sup>2</sup> ) total* | Área (km <sup>2</sup> ) dentro do limite político atual do Brasil** |
|--|--|--------------------------------|---|
| Área Exclusiva de um limite                      | Exclusivo do WWF   | 148.472                        | 35.992  |
|  | Exclusivo do MMA-IBGE  | 1.788                          | 1.766   |
|  | Exclusivo da Lei da Mata Atlântica-IBGE                                  | 25.197                         | 22.912  |
|  | Exclusivo de Ribeiro <i>et al.</i> (2009)                                | 148.268                        | 146.977   |
| Convergência de dois limites                     | WWF e MMA-IBGE   | 1.331                          | 1.311   |
|  | WWF e Lei da Mata Atlântica-IBGE   | 35.839                         | 34.642  |
|  | MMA-IBGE e Lei da Mata Atlântica   | 21.758                         | 21.752  |
|  | WWF e Ribeiro <i>et al.</i> (2009)                                       | 16.318                         | 16.093  |
|  | MMA-IBGE e Ribeiro <i>et al.</i> (2009)                                  | 3.177                          | 3.156   |
| Convergência de três limites                     | Lei da Mata Atlântica-IBGE e Ribeiro <i>et al.</i> (2009)                | 27.147                         | 26.856  |
|  | WWF, MMA-IBGE e Lei da Mata Atlântica-IBGE                               | 11.994                         | 11.980  |
|  | WWF, MMA-IBGE e Ribeiro <i>et al.</i> (2009)                             | 8.250                          | 8.217   |
|  | WWF, Lei da Mata Atlântica-IBGE e Ribeiro <i>et al.</i> (2009)           | 93.663                         | 93.616  |
| Limite consensual/Intersecção dos quatro limites | MMA-IBGE, Lei da Mata Atlântica-IBGE e Ribeiro <i>et al.</i> (2009)      | 51.258                         | 51.253  |
|  | WWF, MMA-IBGE, Lei da Mata Atlântica-IBGE e Ribeiro <i>et al.</i> (2009) | 1.018.241                      | 1.018.222   |

engloba um grande enclave considerado como domínio de Cerrado no estado de São Paulo; (4) outra região ao sudoeste que adentra partes do Pantanal e Chaco; e, por último, (5) uma região ao sul, que permeia os Pampas (Figura 2b). As regiões 1, 2 e 4 foram descritas como rotas de ligação entre a Mata Atlântica e a Amazônia durante o processo de expansão e retração das florestas úmidas ao longo dos ciclos glaciais e interglaciais do Pleistoceno (Sobral-Souza *et al.* 2015). A revisão de Sobral-Souza & Lima-Ribeiro (2017) reforça a ideia da persistência de manchas de Mata Atlântica nessas regiões no passado ao debater a similaridade genética e de composição de espécies entre o

sul da Mata Atlântica e o oeste da Amazônia, a maior similaridade taxonômica entre matas de galeria do Cerrado e a Mata Atlântica (na porção central) e a similaridade de espécies dos brejos de altitude da Caatinga com espécies do norte da Mata Atlântica.

Em relação às ressalvas de cada limite, retomamos ressalvas levantadas por Olson *et al.* (2001), apropriadas para qualquer mapeamento biogeográfico: 1) nenhuma delimitação biogeográfica atende a todas as espécies; 2) limites raramente são abruptos, e na verdade há ecótonos e mosaicos entre eles; 3) a maior parte das “ecorreções” (subconjuntos de biomas de acordo



**Figura 2.** Similaridades e diferenças dentre os limites: a) “Limite integrador” (união) e “Limite consensual” (interseção) da Mata Atlântica. b) Similaridades e diferenças entre os limites da Mata Atlântica internacional – WWF (2001), MMA-IBGE (2004), Lei da Mata Atlântica-IBGE (2006), e Ribeiro *et al.* (2009). Marcadores em vermelho indicam as principais divergências entre os limites.

**Figure 2.** Similarities and differences between the limits: a) “Integrative limit” (union) and “Consensual limit” (intersection) of the Atlantic Forest. b) Similarities and differences between the boundaries of the international Atlantic Forest – WWF (2001), MMA-IBGE (2004), Atlantic Forest Law-IBGE (2006), and Ribeiro *et al.* (2009). Markers in red indicate the main divergences between boundaries.

com a WWF ou outras delimitações baseadas em biomas, ou a própria delimitação de bioma), contém habitats que são diferentes do habitat que define o bioma. No caso do “Limite consensual”, que é o mais restritivo da Mata Atlântica, áreas do interior de São Paulo, interior da Bahia e Goiás, além de áreas do norte do Ceará e costa sul do Rio Grande do Sul não são consideradas áreas do Bioma da Mata Atlântica, bem como a parte da Mata Atlântica no Paraguai e na Argentina. Fica além do escopo desta nota propor uma delimitação única ou mais adequada, mas ressaltamos que o “Limite consensual” não parece contemplar sua real extensão, sendo que reduz sua área em mais de 600.000 km<sup>2</sup>. Seria interessante avaliar, por exemplo, a variação entre os diferentes limites em relação à proporção de áreas florestais protegidas, como já foi feito para

as ecorregiões da WWF (Olson *et al.* 2001) em Dinerstein *et al.* (2017). Neste estudo, os autores demonstram que em média apenas 12% de área está protegida quando consideram-se as florestas tropicais globalmente (Olson *et al.* 2001).

Buscamos motivar uma reflexão sobre as diferenças entre os limites já propostos, para que os mesmos sejam utilizados com critérios adequados ao estudo proposto, ainda que seja para simplesmente representar uma região de estudo em um mapa ilustrativo. Após comparar os quatro principais limites disponíveis da Mata Atlântica, concluímos que não existe uma solução trivial para a escolha do limite a ser utilizado para trabalhos em diferentes escalas, seja em estudos biogeográficos, macroecológicos, ou para a investigação de processos em extensões geográficas mais restritas. A comparação dos limites realizada

aqui permite que estudos ecológicos na Mata Atlântica e outros biomas tenham uma decisão da delimitação espacial em questão mais consciente por parte dos pesquisadores. O “Limite integrador” e o “Limite consensual” podem ser utilizados para investigar questões relacionadas à proposição de políticas públicas e gestão de territórios e recursos naturais, ainda que tais aplicações possam estar sujeitas a limites já implementados para aplicação de leis e tomadas de decisão, como o Limite da Lei da Mata Atlântica, pois os mesmos envolvem questões de soberania e jurisdição. Não cabe a esta nota questionar a validade dos limites existentes, mas sim gerar discussões para que estudos ecológicos e de aplicação de políticas públicas levem em consideração a complexidade da extensão da Mata Atlântica.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESP (2017/21816-0, 2017/09676-8, 2015/17739-4, 2013/50421-2, 2014/23132-2, 2016/09957-4), CNPQ (161089/2014-3, 150319/2017-7, 312045/2013-1, 312292/2016-3), CAPES e ao time de desenvolvimento das bases de dados ATLANTIC pelas reflexões sobre a Mata Atlântica. MCR foi financiado pelo Procad/CAPES #88881.068425/2014-01.

### REFERÊNCIAS

- Carnaval, A. C., Hickerson, M. J., Haddad, C. F. B., Rodrigues, M. T., & Moritz, C. 2009. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest hotspot. *Science*, 323(5915), 785–789. DOI: 10.1126/science.1166955
- Clements, F. E., & Shelford, V. E. 1939. *Bioecology*. F. E. Clements & V. E. Shelford (Eds.), 1 ed. New York: John Wiley & Sons: p. 425.
- Coutinho, L. M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica*, 20(1), 13–23. DOI: 10.1590/S0102-33062006000100002
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N. D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., Noss, R., Hansen, M., Locke, H., Ellis, E. C., Jones, B., Barber, C. V., Hayes, R., Kormos, C., Martin, V., Crist, E., Sechrest, W., Price, L., Baillie, J. E. M., Weeden, D., Suckling, K., Davis, C., Sizer, N., Moore, R., Thau, D., Birch, T., Potapov, P., Turubanova, S., Tyukavina, A., De Souza, N., Pintea, L., Brito, J. C., Llewellyn, O. A., Miller, A. G., Patzelt, A., Ghazanfar, S. A., Timberlake, J., Klöser, H., Shennan-Farpón, Y., Kindt, R., Lillesø, J. P. B., Van Breugel, P., Graudal, L., Voges, M., Al-Shammari, K. F., & Saleem, M. 2017. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience*, 67(6), 534–545. DOI: 10.1093/biosci/bix014
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. B., & Collen, B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406. DOI: 10.1126/science.1251817
- Eisenlohr, P. V., & Oliveira-Filho, A. T. 2015. Revisiting patterns of tree species composition and their driving forces in the Atlantic Forests of southeastern Brazil. *Biotropica*, 47(6), 689–701. DOI: 10.1111/btp.12254
- Huang, C., Kim, S., Altstatt, A., Townshend, J. R. G., Davis, P., Song, K., Tucker, C. J., Rodas, O., Yanosky, A., Clay, R., & Musinsky, J. 2007. Rapid loss of Paraguay’s Atlantic forest and the status of protected areas—A Landsat assessment. *Remote Sensing of Environment*, 106, 460–466. DOI: 10.1016/j.rse.2006.09.016
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Mapa de biomas e de vegetação. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (Acessado em 12 de janeiro de 2016, em <http://mapas.ibge.gov.br/>).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Mapa da área de aplicação da Lei nº 11.428, de 2006. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Acessado em 28 de maio de 2018, em [https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/mapas\\_doc6.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/mapas_doc6.shtm).
- Joly, C. A., Metzger, J. P., & Tabarelli, M. 2014. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, 204, 459–473. DOI: 10.1111/nph.12989
- Löbner, C. A., Scoti, A. A. V., & Werlang, M. K. 2015. Contribution to the delineation of Pampa and Atlantic Forest biomes in Santa Maria, RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(2), 1250–1257. DOI: 105902/2236117016038

- 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 Ecoregions. 1 ed. Mexico City: CEMEX, Conservation International, e Agrupacion Sierra Madre: p. 390. DOI: 10.2744/ccab-14-01-2-10.1
- Morellato, L. P. C., & Haddad, C. F. B. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 32(4), 786–792. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- Oliveira-Filho, A., & Fontes, M. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*, 32(2), 793–810. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933–938. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2
- R Core team. 2015. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-Project.org/>, 55, 275–286.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6), 1141–1153. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.02.021
- Silva, A. P. M., Marques, H. R., & Sambuichi, R. H. R. 2016. Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Ipea/IPC-IG; p. 359.
- Silva, J. M. C., & Casteleti, C. H. M. 2005. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. In: C. Galindo-Leal & I. de G. Câmara (Eds.), *Mata Atlântica, biodiversidade, ameaças e perspectivas*. p. 472. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica e Conservation International.
- Sobral-souza, T., & Lima-Ribeiro, M. S. 2017. De volta ao passado: revisitando a história biogeográfica das florestas neotropicais úmidas. *Oecologia Australis*, 21(2), 93–107. DOI: 10.4257/oeco.2017.2102.01
- Sobral-Souza, T., Lima-Ribeiro, M. S., & Solferini, V. N. 2015. Biogeography of Neotropical Rainforests: past connections between Amazon and Atlantic Forest detected by ecological niche modeling. *Evolutionary Ecology*, 29(5), 643–655. DOI: 10.1007/s10682-015-9780-9
- Steinberger, M., & Rodrigues, R. J. 2010. Conflitos na delimitação territorial do Bioma Mata Atlântica. *Revista GEOgrafias*, 6(2), 37–48.
- Tabarelli, M., Aguiar, A. V., Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., & Peres, C. A. 2010. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, 143(10), 2328–2340. DOI: 10.1016/j.biocon.2010.02.005
- Werneck, F. P., Nogueira, C., Colli, G. R., Sites, J. W., & Costa, G. C. 2012. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: Implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. *Journal of Biogeography*, 39(9), 1695–1706. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2012.02715.x
- Whittaker, R. H. 1962. Classification of natural communities. *Botanical Review*, 28(1), 1–239.
- Whittaker, R. H. 1970. *Communities and ecosystems*. New York: Macmillan: p. 385.

*Submetido em: 10/12/2017*

*Aceito em: 29/05/2018*

*Editora Associada: Camila S. Barros*