



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PAULO SÉRGIO MONTEIRO FERREIRA**

**HERANÇA BIOGEOGRÁFICA E PRIORIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO EM UM  
*HOTSPOT* DE BIODIVERSIDADE DE FLORESTA TROPICAL**

**FORTALEZA**

**2021**

PAULO SÉRGIO MONTEIRO FERREIRA

HERANÇA BIOGEOGRÁFICA E PRIORIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO EM UM  
*HOTSPOT* DE BIODIVERSIDADE DE FLORESTA TROPICAL

Tese apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ecologia. Área de concentração: Ecologia Terrestre.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Gonçalves Souza

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- F443h Ferreira, Paulo Sérgio Monteiro.  
Herança biogeográfica e priorização de conservação em um hotspot de biodiversidade de floresta tropical / Paulo Sérgio Monteiro Ferreira. – 2021.  
145 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Profa. Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal.  
Coorientação: Prof. Dr. Thiago Gonçalves Souza.
1. Árvore da Vida. 2. Dispersão filogenética. 3. Endemismos. 4. Floresta Atlântica. 5. Priorização de conservação. I. Título.

CDD 577

---

PAULO SÉRGIO MONTEIRO FERREIRA

HERANÇA BIOGEOGRÁFICA E PRIORIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO EM UM  
*HOTSPOT* DE BIODIVERSIDADE DE FLORESTA TROPICAL

Tese apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ecologia. Área de concentração: Ecologia Terrestre.

Aprovada em: 05 /05 / 2021 .

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Jesus Nogueira Rodal (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Waldir Mantovani  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maíra de Campos Gorgulho Padgurschi  
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Thiesen Brum  
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Fernando Rodrigues da Silva  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

A todos os meus professores, dos do primário até os de hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) - Código de Financiamento: 'BMD-0008-01005.01.11/16'.

À minha família, que sempre me apoiou e deu suporte, apesar de eu ir atrás de objetivos que não pareciam ser alcançáveis para alguém de nossa realidade. Eles são minha base.

Às minhas amigas e amigos, dentro ou fora do meio acadêmico. Sempre tive suporte nas horas boas e ruins para continuar segunido em frente e nunca desistir do que conquistei.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Jesus Nogueira Rodal, por ter me aceitado e permitido que eu tivesse liberdade de propor e buscar os caminhos que achei mais certos para direcionar minha pesquisa.

Ao meu coorientador Pro<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Thiago Gonçalves Souza, que acreditou e me fez perceber que eu tinha capacidade de aprender tudo aquilo que eu considerava incapaz.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de cursar meu doutorado e expandir meus horizontes como pessoa e pesquisador.

...Não sei se cada um tem um destino ou se só flutuamos sem rumo, como numa brisa... mas acho que talvez sejam ambas as coisas. Talvez as duas coisas aconteçam ao mesmo tempo. (Forrest Gump).

## RESUMO

As causas dos padrões de diversidade atuais e como conservá-los de forma efetiva são grandes questões, clássicas e atuais, preocupam biogeógrafos e ecólogos. Um sistema megadiverso com herança biogeográfica híbrida e expressiva variação ambiental, como a Floresta Atlântica nos fornece pistas valiosas para preencher a lacuna de entendimento das importâncias relativas entre fatores ecológicos e históricos na montagem de comunidades. Adicionalmente, o alto grau de degradação sofrido por esse *hotspot* de biodiversidade desde a chegada dos europeus, impele o diagnóstico e planejamento do quanto de sua biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos podem ser protegidos para sua persistência. Nesse estudo, propomos que a (i) Os setores Norte e Sul, com históricos biogeográficos distintos, apresentam dinâmicas de diversidades diferentes. Em relação aos gradientes ambientais atuais, sugerimos que (ii) a heterogeneidade ambiental promove maior diversidade taxonômica e filogenética, por permitir a realização de maior número de nichos de diferentes espécies. Já em relação aos gradientes históricos, sugerimos que (iii) as áreas-refúgio da Floresta Atlântica (estabilidade climática no Quaternário Tardio) apresentam maior diversidade filogenética da assembleia arbórea. Usamos dados de ocorrência de mais de três mil espécies arbóreas de toda a floresta para investigar como se dá a relação entre as facetas de biodiversidade taxonômica e filogenética com valores de estabilidade climática e gradientes climáticos e topográficos atuais através de *Geographically Weighted Regression* (GWR) (Cap I); a eficiência do sistema de reservas atual em proteger as facetas de biodiversidade e o estoque de carbono foi testada e melhorias foram propostas por meio de priorização espacial usando *Systematic Conservation Planning* (SCP), com o programa Zonation (Cap II). Nossos resultados mostram que as relações entre gradientes e biodiversidade na Floresta Atlântica são dependentes de escala filogenética e biogeográfica. Os setores Norte e Sul da Floresta Atlântica apresentam padrões de diversidade distintos e respostas diferentes aos gradientes atuais e históricos, com a diversidade taxonômica e filogenética de árvores do setor Norte sendo mais dependente de estabilidade do clima atual e heterogeneidade topográfica; enquanto o Sul, revela a importância mais consistente da manutenção de condições pretéritas. Os gradientes de topografia e estabilidade climática, tiveram efeitos positivos independentes de escala. As atuais áreas de preservação da Floresta Atlântica se mostraram bastante eficientes em conservar riqueza taxonômica e os endemismos taxonômico e filogenético. No



entanto, as áreas com os maiores valores de diversidade filogenética estão fora das áreas de proteção. Apesar de não terem sido criadas com esse propósito inicial, o serviço ecossistêmico da manutenção do estoque de carbono abaixo e acima do solo também estão bem representados nas áreas de conservação atual. Uma expansão das atuais 9,3 por cento de áreas protegidas (segundo nosso recorte) para 17% duplicaria a performance média da proteção de biodiversidade de árvores e do estoque de carbono. Independentemente da baixa correlação entre biodiversidades e dos serviços ecossistêmicos, as soluções de priorizações que propomos permitem a escolha de diferentes arranjos espaciais de expansão das áreas de preservação, inclusive com várias soluções *win-win*.

**Palavras-chave:** Árvore da vida. Dispersão filogenética. Endemismos. Facetas da biodiversidade. Floresta Atlântica. Priorização da conservação. Serviços Ecossistêmicos. Win-win.

## ABSTRACT

The causes of current diversity patterns and how to effectively conserve them are big questions, classic and current, of concern to biogeographers and ecologists. A megadiverse system with hybrid biogeographic heritage and significant environmental variation, such as the Atlantic Forest provides us with valuable clues to fill the gap in the understanding of the relative importance between ecological and historical factors in the assembly of communities. Besides, the high degree of degradation suffered by this biodiversity hotspot since the arrival of Europeans impels the diagnosis and planning of how much of its biodiversity and ecosystem services can be protected for its persistence. In this study, we propose that (i) the North and South sectors, with different biogeographical histories, present dynamics of different diversities. About current environmental gradients, we suggest that (ii) environmental heterogeneity promotes greater taxonomic and phylogenetic diversity, as it allows the realization of a greater number of niches of different species. Regarding the historical gradients, we suggest that (iii) the refuge areas of the Atlantic Forest (climatic stability in the Late Quaternary) present greater phylogenetic diversity of the tree assembly. We use data from the occurrence of more than three thousand tree species from the entire forest to investigate how the relationship between the facets of taxonomic and phylogenetic biodiversity occurs with values of climatic stability and current climatic and topographic gradients through Geographically Weighted Regression (GWR) (Cap I); the efficiency of the current reserve system in protecting the facets of biodiversity and the carbon stock was tested and improvements were proposed through spatial prioritization using Systematic Conservation Planning (SCP), with the Zonation program (Cap II). Our results show that the relationship between gradients and biodiversity in the Atlantic Forest is dependent on a phylogenetic and biogeographic scale. The North and South sectors of the Atlantic Forest have different patterns of diversity and different responses to current and historical gradients, with the taxonomic and phylogenetic diversity of trees in the North sector being more dependent on current climate stability and topographic heterogeneity; while the South, it reveals the more consistent importance of maintaining past conditions. The gradients of topography and climate stability had positive effects independent of scale. The current preservation areas of the Atlantic Forest have proved to be quite efficient in conserving taxonomic wealth and taxonomic and phylogenetic endemisms. However, the areas with the highest phylogenetic diversity values are outside the protected areas. Although they were not

created for that initial purpose, the ecosystem service of maintaining the carbon stock below and above ground is also well represented in current conservation areas. An expansion of 9.3 percent of protected areas (according to our cut) to 17% would double the average performance of protecting tree biodiversity and carbon stocks. Regardless of the low correlation between biodiversity and ecosystem services, the prioritization solutions we propose to allow the choice of different spatial arrangements for the expansion of preservation areas, including several win-win solutions.

**Keywords:** Atlantic Forest. Biodiversity Facets. Conservation Prioritization. Ecosystem Services. Endemisms. Phylogenetic Dispersion. Tree of life. Win-win.

## LISTA DE FIGURAS

- Figure 1 - Changes in the phylogenetic and taxonomic composition of trees across the Atlantic Forest sectors. a = changes in phylogenetic composition considering all tree species; b = changes in phylogenetic composition considering only angiosperms; c = changes in taxonomic composition considering all tree species; d = changes in taxonomic composition considering only angiosperms. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square..... 59
- Figure 2 - Drivers of species richness of all trees of Atlantic Forest. a = predictive ability of model for species richness; b = model coefficients for precipitation seasonality; c = model coefficients for temperature seasonality; d = model coefficients for mean annual precipitation; e = model coefficients for mean precipitation in the wettest quarter; f = model coefficients for terrain roughness index. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square..... 60
- Figure 3 - Drivers of species richness of angiosperm trees of Atlantic Forest. a = predictive ability of model for species richness; b = model coefficients for precipitation seasonality; c = model coefficients for temperature seasonality; d = model coefficients for mean annual precipitation; e = model coefficients for mean annual temperature; f = model coefficients for mean precipitation in the wettest quarter. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square..... 61
- Figure 4 - Drivers of phylogenetic diversity of all trees of Atlantic Forest. a = predictive ability of model for phylogenetic diversity; b = model coefficients for precipitation seasonality; c = model coefficients for temperature seasonality; d = model coefficients for mean annual precipitation; e = model coefficients for mean annual temperature; f = model coefficients for climate stability over the least 120,000 years according to the Random Forest. We omitted precipitation in the wettest quarter from the figure due to space limitations and

	low explanatory power. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.....	62
Figure 5	- Drivers of phylogenetic diversity of angiosperm trees of Atlantic Forest. a = predictive ability of model for phylogenetic diversity; b = model coefficients for temperature seasonality; c = model coefficients for mean annual precipitation; d = model coefficients for mean annual temperature. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.....	63
Figure 6	- Scope of the study in Atlantic Forest. a = in yellow, delimitation of the <i>sensu lato</i> Atlantic Forest according to the Integrative Limit of Muylaert et al. (2018); b = original grids, from <i>NeoTropTree</i> database (NTT, Oliveira-filho, 2017), plotted in blue (713) and; c = grids after clipping the <i>sensu lato</i> limit in red (451). BR = Brazil; PY = Paraguay; AR = Argentina.....	66
Figure 7	- Phylogenetic tree (only the most representative orders are named) containig all tree groups in Atlantic Forest plants, based on the magatree ALLMB (Smith and Brown, 2018) and <i>PhytoPhylo</i> (Qian and Jin, 2016). The angiosperm tree is similar, excluding only the orders Cyatheales and Araucariales.....	67
Figure 8	- Historical and macroecological diversity patterns of Atlantic Forest plants. a = climate stability over the last 120,000 years according to the Random Forest; b = species richness; c = Net Relatedness Index. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.....	68
Figure 9	- Correlations between environmental variables in Atlantic Forest. AT = Annual mean Temperature; TS = Temperature Seasonality; TWQ = Temperature in the Warmest Quarters; TCQ = Temperature in the Coldest Quarters, AP = Annual mean Precipitation; PS = Precipitation Seasonality; PWQ = Precipitation in the Wetter Quarters; PDQ = Precipitation in the Driest Quarters; stab = climate stability over the last 120 kyrs; tri = terrain roughness index; eleva = Elevation. In blue, positive correlations,	

	in red, negative. The size of the square indicates the strength of the correlation.....	69
Figure 10	- Taxonomic and phylogenetic rarefactions the Northern and Southern sectors of Atlantic Forest. Considering: a = ferns, gymnosperms and angiosperms; b = considering only angiosperms.....	70
Figure 11	- NRI significant difference from random patterns in Atlantic Forest trees. a = considering pteridophytes, gymnosperms and angiosperms; b = considering only angiosperms. Red colored grids represents $p < 0.05$ . Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.....	71
Figure 12	- Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Atlantic Forest. a = species richness and topographic heterogeneity; b = NRI and topographic heterogeneity; c = species richness and temperature seasonality; d = species richness and precipitation seasonality. When both variables increase the values together, we have purple grids; when an increase in the value of the predictor variable is accompanied by a decrease in the value of the response variable, we have light blue grids and the opposite relationship is represented by red grids.....	78
Figure 13	- Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Northern sector of the Atlantic Forest. a = NRI and topographic heterogeneity; b = species richness and topographic heterogeneity; c = species richness and precipitation seasonality. When both variables increase the values together, we have purple grids; when an increase in the value of the predictor variable is /accompanied by a decrease in the value of the response variable, we have light blue grids and the opposite relationship is represented by red grids.....	79
Figure 14	- Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Southern Atlantic Forest sector. a = species richness and topographic heterogeneity; b = NRI and climate stability; c = species richness and precipitation in the wettest quarter. When both variables	

	increase the values together, we have purple grids; when an increase in the value of the predictor variable is accompanied by a decrease in the value of the response variable, we have light blue grids and the opposite relationship is represented by red grids.....	80
Figura 15	- Área de estudo e localização das áreas de proteção da Floresta Atlântica. a – extensão da Floresta Atlântica; b – áreas protegidas da Floresta Atlântica.....	87
Figura 16	- Distribuição das biodiversidades de árvores e do estoque de carbono abaixo e acima do solo pela extensão da Floresta Atlântica. a – riqueza taxonômica; b – endemismo taxonômico; c – diversidade filogenética; d – endemismo filogenético; e – estoque de carbono abaixo do solo, em toneladas por hectare (tC/ha); f – estoque de carbono acima do solo, em toneladas por hectare (tC/ha).....	94
Figura 17	- Eficiência do sistema de reservas atual da Floresta Atlântica em resguardar biodiversidade (diversidade taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e estoque de carbono abaixo e acima do solo. a – proteção da biodiversidade; b – proteção do estoque de carbono. A linha preta horizontal representa a proporção de extensão territorial da Floresta Atlântica contemplada por áreas de proteção, 9,3% (só foram considerados protegidos os grids com $\geq$ 33% de sua área compostos por áreas de proteção). RT – Riqueza Taxonômica, ET – Endemismo Taxonômico, DF – Diversidade Filogenética, EF – Endemismo Filogenético, CB – Carbono abaixo do solo, CA – Carbono acima do solo.....	96
Figura 18	- O top 17% das priorizações selecionadas pelo Zonation para a conservação de biodiversidade (riqueza taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e de estoque de carbono acima e abaixo do solo da Floresta Atlântica. a – biodiversidade; b – estoque de carbono; c – sobreposição entre as priorizações. Na figura c, os grids verdes	

	representam áreas de maior interesse para a conservação de biodiversidade, os lilases, áreas de conservação de estoque de carbono abaixo e acima do solo e os pretos representam áreas que são, ao mesmo tempo, de maior importância para a preservação de biodiversidade e do estoque de carbono.....	97
Figura 19	- Curvas de performance das prioridades para a conservação de biodiversidade (riqueza de espécies, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e de estoque de carbono abaixo e acima do solo da Floresta Atlântica. a – biodiversidade; b – estoque de carbono acima e abaixo do solo. A linha preta contínua vertical marca a proporção atual de proteção da floresta de 9.3% do ecossistema. A linha pontilhada marca o incremento sugerido da proteção para 17%..	98
Figura 20	- Árvore filogenética (apenas as ordens mais representativas estão nomeadas) contendo todos os grupos de plantas arbóreas da Floresta Atlântica, com base nas <i>magatrees</i> ALLMB (Smith e Brown, 2018) e <i>PhytoPhylo</i> (Qian e Jin, 2016).....	110
Figura 21	- O <i>top</i> 17% das prioridades selecionadas pelo Zonation para a conservação de biodiversidade (riqueza de espécies, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e de estoque de carbono da Floresta Atlântica, desconsiderando o <i>Human footprint</i> . a – biodiversidade; b – estoque de carbono; c – sobreposição entre as prioridades. Na figura c, os grids verdes representam áreas de maior interesse para a conservação de biodiversidade, os lilases, áreas de conservação de estoque de carbono abaixo e acima do solo e os pretos representam áreas que são, ao mesmo tempo, de maior importância para a preservação de biodiversidade e do estoque de carbono.....	111



## LISTA DE TABELAS

Table 1 - Geographically Weighted Regression models (GWR) showing the effects of environmental, topographic, and historical variables on taxonomic and phylogenetic diversity at different phylogenetic scales (angiosperms and all trees).....	57
Table 2 - Importance of each variable used in climate modeling through the Random Forest classification algorithm to reconstruct the climatic stability of the Atlantic Forest in the last 120,000 years.....	72
Table 3 - Relationship between the facets of diversity and the environmental, topographic and historical gradients in the Atlantic Forest pools and tree groups selected by the Conditional Autoregressive models - CAR.....	76
Tabela 4 - Correlação produto-momento de Pearson ( $\rho$ ) entre as facetas de biodiversidade de árvores e do estoque de carbono acima e abaixo do solo da Floresta Atlântica.....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Annual mean Precipitation
AR	Argentina
AT	Annual mean Temperature
BP	Before Present
BR	Brazil
CA	Carbono acima do solo
CAR	Conditional Autorregressive model
CB	Carbono abaixo do solo
EF	Endemismo Filogenético
ET	Endemismo Taxonômico
GWR	Geographically Weighted Regression
LDG	Latitudinal Diversity Gradient
MPD	Mean Phylogenetic Distance
NRI	Net Relatedness Index
NTI	Nearest Taxon Index
NTT	NeoTropTree
PCA	Principal Component Analysis
PD	Faith's Phylogenetic Diversity
PDQ	Precipitation in the Driest Quarters
PS	Precipitation Seasonality
PWQ	Precipitation in the Wetter Quarters
PY	Paraguay
RT	Riqueza Taxonômica
SCP	Systematic Conservation Planning
tC/ha	Toneladas de Carbono por hectare
TCH	Tropical Conservatism Hypothesis
TCQ	Temperature in the Coldest Quarters
TD	Taxonomic Diversity
tri	terrain roughness index
TS	Temperature Seazonality
TWQ	Temperature in the Warmest Quarters

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1	Pools e filtros: a montagem da diversidade.....	24
	Diversidades filogenética e taxonômica e o conservadorismo	
2.2	tropical.....	26
2.3	Diversidades filogenéticas e estratégias de conservação.....	30
	Sinergias e conflitos na conservação de biodiversidade e	
2.4	serviços ecossistêmicos.....	33
3	OBJETIVOS.....	34
3.1	Geral.....	34
3.2	Específicos: .....	35
4	PERGUNTAS.....	35
5	HIPÓTESES.....	35
6	PREVISÕES.....	36
7	CAPÍTULO I.....	37
7.1	Introduction.....	39
7.2	Methodology.....	41
7.2.1	<i>Database.....</i>	41
7.2.2	<i>Delimitation of the climate spaces within Atlantic Forest.....</i>	42
7.2.3	<i>Phylogenetic trees.....</i>	43
7.2.4	<i>Climatic and topographic variables.....</i>	43
7.2.5	<i>Climate modelling.....</i>	44
	<i>Taxonomic and phylogenetic composition and diversity</i>	
7.2.6	<i>indices.....</i>	45
7.2.7	<i>Statistical analyses.....</i>	46
7.3	Results.....	47
7.4	Discussion.....	50
7.5	Conclusions.....	52
7.6	Supplementary Material I.....	65
7.7	Supplementary Material II.....	73
8	CAPÍTULO II.....	81
8.1	Introdução.....	84

<b>8.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>86</b>
<b>8.3</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>92</b>
<b>8.4</b>	<b>Discussão.....</b>	<b>99</b>
<b>8.5</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>103</b>
<b>8.6</b>	<b>Material Suplementar.....</b>	<b>110</b>
<b>9</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>112</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE A - ÁRVORE FILOGENÉTICA NO FORMATO NEWICK.....</b>	<b>124</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da diversidade filogenética nos dá ferramentas para entender como as comunidades ecológicas são estruturadas e montadas (Cadotte e Davies, 2016), o que nos permite testar questões importantes da ecologia e conservação, como: 1. Quais são os processos que determinam os padrões de biodiversidade atuais? Essa tem sido uma questão de debate científico desde os primórdios do estudo da história natural (Cody e Diamond, 1975; Ricklefs, 2005; Swenson *et al.*, 2007). Outra questão importante, mais recente, é: 2. Qual seria a forma mais eficiente de conservar tal diversidade, frente ao cenário atual de perda de ecossistemas naturais e mudanças climáticas (Aukema *et al.*, 2017; Devictor *et al.*, 2010; González-Orozco *et al.*, 2016)? Para ambas as questões, é essencial o mapeamento acurado dos padrões de biodiversidade (Hortal *et al.*, 2015; Hortal, Lobo e Jiménez-Valverde, 2007). Todos esses temas estão interligados e são pertinentes para se usar como objeto de estudo as florestas tropicais como, por exemplo, a Floresta Atlântica.

A Floresta Atlântica é considerada um dos 25 *hotspots* de diversidade (Mittermeier *et al.*, 2004; Myers *et al.*, 2000), pois sua diversidade expressiva e endemismo taxonômico somam-se ao grau de degradação que a mesma vem sofrendo desde a chegada dos europeus à América do Sul (S.O.S. Mata Atlântica, <https://www.sosma.org.br/>). Junta-se a essa complexidade, o fato dessa diversidade não se distribuir de forma igualitária através dos remanescentes espalhados pela extensão desse domínio (Carnaval *et al.*, 2014; Fiaschi e Pirani, 2009; Rizzini, 1997).

É bem aceita a afirmação de que os padrões de diversidade em larga escala são frutos de processos históricos que agiriam sobre as linhagens (Mouquet *et al.*, 2012). Os diferentes históricos paleoclimáticos da Floresta Atlântica poderiam explicar a variação dessa diversidade (Carnaval *et al.*, 2014; Carnaval e Moritz, 2008), especialmente a filogenética, em larga escala. Sabe-se que os processos históricos, além de influenciarem a diversidade regional, também deixam suas marcas na montagem de comunidades locais (Ricklefs, 2004, 2005, 2007). Dessa forma, poderíamos, através do estudo dos padrões de diversidade filogenética, também precisar a importância dos gradientes ambientais passados e presentes nas escalas mais finas das comunidades locais (Emerson e Gillespie, 2008; Leibold, Economo e Peres-Neto, 2010; Mouquet *et al.*, 2012).

Um ecólogo tentaria encontrar a explicação para as causas da variação da biodiversidade através da comparação de alguma faceta dessa diversidade (taxonômica, filogenética, funcional, etc.) com gradientes ambientais atuais; já um biogeógrafo, compararia tal diversidade com padrões históricos em larga escala de tempo e espaço. As novas ferramentas de análise da diversidade filogenética em estudos macro ecológicos podem nos permitir unir esses campos do conhecimento artificialmente separados (Cadotte e Davies, 2016; Donoghue, 2008; Wiens e Donoghue, 2004), entender a interação entre essas forças na montagem das assembleias (Graham e Fine, 2008; Leibold, Economo e Peres-Neto, 2010; Pillar e Duarte, 2010) e chegar à modelos preditivos tão necessários ao campo de conhecimento da ecologia (Houlahan *et al.*, 2017; Mouquet *et al.*, 2012).

Estudos variados, que investigaram escalas de tempo e espaço distintas, encontraram relações interessantes entre o padrão filogenético de divergência em plantas e as previsões de hipóteses biogeográficas como a “hipótese do conservadorismo tropical” (*Tropical Conservatism Hypothesis* - TCH) (Pavoine e Bonsall, 2011; Qian, Jin e Ricklefs, 2017; Wiens e Donoghue, 2004) e a “hipótese do pool de espécies” (Taylor, Aarssen e Loehle, 1990; Valdujo, Carnaval e Graham, 2013; Zobel, 2016). A literatura relata que, no nível continental, quanto mais antigo geologicamente o tipo de habitat, mais as comunidades tendem a ser dispersas filogeneticamente e agregadas em caso contrário (Lososová *et al.*, 2015); já em escalas menores (assembleias locais e estratos vegetacionais dentro da mesma floresta), a reprodução atual das condições climáticas de habitats historicamente mais ou menos constantes no tempo, também causou dispersão e agregação filogenética, respectivamente (Chave, Chust e Thébaud, 2012; Qian, Jin e Ricklefs, 2017).

O fato dos cladogramas basais apresentarem restrições aos nichos climáticos que podem ocupar (Donoghue, 2008; Duarte, 2011) levanta questões importantes sobre o futuro da biodiversidade, frente às rápidas mudanças climáticas antropogênicas (Donoghue, 2008). A manutenção da diversidade taxonômica, funcional e filogenética são os objetivos chave da conservação (Tucker *et al.*, 2012), mas será que as áreas de proteção atual contemplam a maior proporção de outras diversidades, além da taxonômica (Devictor *et al.*, 2010; Tucker *et al.*, 2017)? Será que são representativas e eficientes (Watson *et al.*, 2011)?

Há ainda a necessidade de testar se o aspecto dos serviços ecossistêmicos está sendo contemplado pelas intervenções conservacionistas (Naidoo *et al.*, 2008; Turner, Oppenheimer e Wilcove, 2009; Xu *et al.*, 2017). Eles podem ser definidos como condições ou processos, promovidos pelos ecossistemas naturais e espécies que neles vivem, que permitem a sobrevivência humana nos mais variados aspectos (Daily *et al.*, 1997). Adicionalmente, conservação dos mesmos também consta na definição original de áreas de proteção da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (Dudley, 2008). No entanto, como mencionado anteriormente, o foco principal das iniciativas de conservação historicamente tem sido no componente da biodiversidade, especialmente a taxonômica (Durán *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2017).

A proposição das áreas-chave de biodiversidade (*Key Biodiversity Areas – KBAs*) (Eken *et al.*, 2006) têm o objetivo de buscar o estabelecimento de áreas de conservação de sucesso a longo prazo (Brooks *et al.*, 2015), que mantenham processos em larga escala inclusive evolutivos (Eken *et al.*, 2006) além de preservar a história evolucionária (Faith, 2015; Winter, Devictor e Schweiger, 2013a). Fica evidente que proposições de áreas de conservação, baseadas apenas em critérios taxonômicos, podem não corresponder às áreas de maior valor de conservação da diversidade (Cadotte e Davies, 2016; Forest *et al.*, 2015; Pardo *et al.*, 2017).

O presente estudo, visa (i) distinguir quais são os principais drivers, entre uma série de gradientes históricos e ecológicos, das diversidades filogenética e taxonômica atuais no *hotspot* de biodiversidade da Floresta Atlântica; (ii) testar a eficiência das atuais áreas de conservação; (iii) e projetar quais são as áreas de maior valor de conservação da diversidade baseadas em critérios de taxonômicos, de filodiversidade e de serviços ecossistêmicos. Levantamos a hipótese de que a estabilidade no tempo promove maior diversidade filogenética e dadas as peculiaridades do sistema, prevemos que (i) os setores Norte e Sul da Floresta Atlântica com históricos biogeográficos distintos apresentem dinâmicas de diversidades diferentes. Em relação aos gradientes ambientais atuais, esperamos que (ii) a heterogeneidade ambiental promova maior diversidade taxonômica e filogenética, por permitir maior número de nichos de diferentes espécies. Já em relação aos gradientes históricos, acreditamos que (iii) a estabilidade climática nos últimos 120 mil anos em áreas refúgio promova/mantenha maior diversidade filogenética por favorecer a coocorrência de clados mais distantes filogeneticamente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Pools e filtros: a montagem da diversidade

Por muito tempo os ecólogos têm sido desafiados a desvendar os mecanismos que governam os processos (Götzenberger *et al.*, 2012; Pavoine, Baguette e Bonsall, 2010; Webb, 2000) e geram os padrões (Keddy, 1992; Zobel, 2016) de estruturação e manutenção da biodiversidade das comunidades naturais, especialmente em ecossistemas tropicais megadiversos (González-Caro *et al.*, 2014). Essa importância ainda é reforçada devido ao cenário atual de mudanças ambientais (Cavender-Bares *et al.*, 2009; Keddy, 1992; Swenson, 2013).

A compreensão dos processos relacionados à montagem de comunidades, além de ajudar a desvendar os principais fatores relacionados à estruturação das comunidades biológicas (Götzenberger *et al.*, 2012; Zobel, 2016), também pode fornecer perspectivas de como as comunidades poderiam se comportar frente a cenários futuros (Götzenberger *et al.*, 2012; Ricklefs, 1987).

Entender como as espécies pertencentes ao *pool* se combinam para formar uma comunidade é questão central que guia o pensamento clássico da montagem de comunidades (originalmente nomeada *Assembly rules*; (Götzenberger *et al.*, 2012; Kraft e Ackerly, 2013; Weiher *et al.*, 2011) na busca de padrões gerais (Keddy, 1992; Kraft e Ackerly, 2013) que podem levar aos tão desejados modelos preditivos (Houlahan *et al.*, 2017; Keddy, 1992; Mouquet *et al.*, 2012). A ideia de “combinações proibitivas de espécies” foi proposta inicialmente por Diamond (1975) ao sugerir as regras de montagem baseadas no pressuposto de que interações bióticas (competição) seriam preponderantes no processo de montagem (Götzenberger *et al.*, 2012; Menezes, Martins e Araújo, 2016; Weiher *et al.*, 2011). Posteriormente esse conceito foi englobando filtros (abióticos e bióticos) hierárquicos que agiriam em escalas crescentemente finas (Götzenberger *et al.*, 2012; Keddy, 1992; Kraft e Ackerly, 2013) e apresentou um avanço substancial ao ir além da investigação da composição de espécies, passando a considerar as diferenças entre as mesmas (filogenéticas e funcionais) (Cadotte, Albert e Walker, 2013).

O termo biodiversidade, mesmo com todas as suas confusões semânticas (Pavoine e Bonsall, 2011), em essência, refere-se à variação da vida existente que



vai desde a escala genética até a escala dos ecossistemas (Faith, 2015). Variadas formas de mensurar essa biodiversidade e procurar relações de causa e efeito têm sido propostas (Pavoine, Baguette e Bonsall, 2010). Tradicionalmente, muitos dos estudos que tentam encontrar algum grau de determinismo baseiam-se em abordagens taxonômicas, onde é investigado o arranjo das espécies em relação às interações bióticas ou algum gradiente ambiental (Götzenberger *et al.*, 2012; Keddy, 1992; Swenson, Anglada-Cordero e Barone, 2011). Esta abordagem, a despeito de sua importância teórica, não conta toda a história, pois não apresenta dados relativos à integração entre características funcionais e estruturais em relação às mudanças abióticas (Guariguata e Ostertag, 2001; Keddy, 1992; Swenson, 2013), não faz ligação com processos biogeográficos e evolutivos (Ricklefs, 2007) e seus resultados não têm poder preditivo para serem extrapolados para o estudo de outros sistemas (Lawton, 1999; Simberloff, 2004; Weiher *et al.*, 2011), podendo, portanto, não ser a abordagem mais adequada (Zobel, 2016).

Há muito tempo se discute a importância da questão da escala (espacial, taxonômica, ontogenética, etc.) na influência do padrão de diversidade encontrado na comunidade (Cavender-Bares *et al.*, 2009; Swenson *et al.*, 2006, 2007). Já que diferentes processos teriam preponderância em diferentes escalas (Divíšek *et al.*, 2016; HilleRisLambers *et al.*, 2012; Ricklefs, 1987), os mecanismos subjacentes à montagem das comunidades podem emergir ao se comparar escalas variadas (Pavoine, Baguette e Bonsall, 2010; Swenson, 2013; Zobel, 2016).

Quando se investiga a montagem de assembleias em plantas, é necessário considerar vários problemas relacionados à escala espacial e as respostas que esta pode dar (Webb *et al.*, 2002; Weiher *et al.*, 2011) pois, por exemplo, testar interações bióticas em escalas amplas pode contribuir para interpretações errôneas, já que a montagem abiótica é predominante nessa escala (Götzenberger *et al.*, 2012). Dado a suposição da preponderância de processos distintos em diferentes escalas, existe a necessidade do ajuste correto do processo que está sendo investigado e da forma que se deseja acessá-lo (Ricklefs, 1987), para que as influências possam ser distinguidas (Lessard *et al.*, 2012; Weiher *et al.*, 2011).

É provável que ocorra a montagem histórica para as espécies/linhagens (Götzenberger *et al.*, 2012; Weiher *et al.*, 2011). As diversidades taxonômica e filogenética em assembleias de plantas seriam o resultado de processos

biogeográficos históricos de conservação do pool de espécies em grandes escalas de tempo e espaço (Lososová *et al.*, 2015; Taylor, Aarssen e Loehle, 1990; Zobel, 2016). No entanto, também é importante lembrar que “local” e “regional” são divisões arbitrárias de um contínuo e que os padrões de diversidade entre esses extremos são conectados (Ricklefs, 2004, 2005, 2008) para levar em conta a interação de processos em variadas escalas na produção dos padrões de diversidade observados (Graham e Fine, 2008). O tempo em si não seria o filtro, mas as condições climáticas que podem ou não variar com o mesmo.

## **2.2. Diversidades filogenética e taxonômica e o conservadorismo tropical**

Nos últimos anos, os ecólogos têm visto o florescimento de uma subdisciplina que trouxe novas formas de pensar sobre a montagem de comunidades e carrega a promessa de reconciliar os campos de domínio da ecologia e da evolução, a ecofilogenética (Cadotte e Davies, 2016; Gerhold *et al.*, 2015; Pavoine e Bonsall, 2011).

Desde os trabalhos pioneiros de Webb (2000) e Webb *et al.* (2002) nessa subdisciplina, a mensuração da distância filogenética das espécies tem sido usada como uma ferramenta que visa substituir a mensuração direta da similaridade ecológica entre estas, dado o fato que quantificar diferenças ecológicas não é uma tarefa fácil (Cadotte e Davies, 2016; Webb, 2000; Webb *et al.*, 2002). No entanto, essa abordagem da estrutura filogenética como proxy dos padrões de atributos funcionais tem recebido críticas incisivas (Cahill *et al.*, 2008; Gerhold *et al.*, 2015; Pavoine e Bonsall, 2011; entre outros). Dentre estas, pode-se destacar o fato de que essas diversidades não necessariamente tenham respostas lineares (HilleRisLambers *et al.*, 2012; Mayfield e Levine, 2010; Steudel *et al.*, 2016); ou primazia nos processos de montagem na mesma escala (Gerhold *et al.*, 2015; HilleRisLambers *et al.*, 2012; Pavoine e Bonsall, 2011); ou mesmo se é útil misturar informação filogenética e funcional para responder questões ecológicas em todos os casos (de Bello, *et al.*, 2015).

A diversidade filogenética de uma comunidade pode ser informativa por si só, pois tem a capacidade de responder questões evolutivas (Gerhold *et al.*, 2015; Pavoine e Bonsall, 2011; Weiher *et al.*, 2011). Assim, a ecofilogenética carrega a

responsabilidade de reconectar os processos ecológicos com os evolutivos (Cavender-Bares *et al.*, 2009; Nuismer e Harmon, 2015; Ricklefs, 2007), trazer novos insights relativos a antigas questões sobre a distribuição da diversidade e montagem de comunidades (Cavender-Bares *et al.*, 2009; Graham e Fine, 2008; Vamosi *et al.*, 2009), favorecer um entendimento mais profundo dos padrões ecológicos (Cadotte e Davies, 2016) e expandir nossas preocupações a respeito da perda de diversidade global para além da perda de espécies (Faith, 2015; Mouquet *et al.*, 2012).

A proposição de que a diversidade da comunidade local atual carrega a marca permanente da história biogeográfica/evolucionária é defendida pela “hipótese do conservadorismo tropical” (*Tropical Conservatism Hypothesis* - TCH) (Donoghue, 2008; Qian, Jin e Ricklefs, 2017; Wiens e Donoghue, 2004), que foi proposta para tentar explicar o padrão latitudinal de riqueza de espécies (*Latitudinal Diversity Gradient* - LDG) e assume que os trópicos detêm maior número de espécies por serem mais constantes no tempo que as demais regiões (Pie, 2016; Qian, Jin e Ricklefs, 2017; Wiens e Donoghue, 2004). Juntamente com a “hipótese do pool de espécies” (Taylor, Aarssen e Loehle, 1990; Valdujo, Carnaval e Graham, 2013; Zobel, 2016) e a “hipótese do tempo e espaço” (Zobel *et al.*, 2011), assume que quanto mais constante no tempo e frequente no espaço for um tipo de habitat, maior será sua diversidade biológica associada (Zobel, 2016; Zobel *et al.*, 2011). Em suma: a constância no espaço e no tempo favoreceria maior diversidade.

Há muito tempo, inclusive, é reconhecido que os padrões de riqueza e endemismo das espécies são positivamente relacionados a quanto tempo determinado grupo habita uma região (Graham, Moritz e Williams, 2006; Stephens e Wiens, 2003; Stevens, 2006). É necessário se investigar em escalas de tempo evolutivas como os nichos climáticos podem nos trazer respostas a respeito da distribuição das linhagens (Pie, 2016).

Stephens e Wiens (2003), ao investigarem a distribuição de tartarugas da família Emydidae, observando que os padrões de riqueza em larga escala eram bastante condizentes com a hipótese do tempo para a especiação, propuseram que a história filogenética seria mais importante que processos ecológicos locais para determinar o padrão latitudinal de riqueza de espécies. Nesse contexto, Pie (2016) ao testar a TCH usando a diversidade de formigas através do planeta, também corroborou a ideia de que os ramos mais próximos da base da árvore da linhagem

das formigas seriam associados aos climas tropicais, mais constantes na história. Com relação às angiospermas lenhosas, esse padrão também se confirma nas assembleias do Novo Mundo, somando-se ao aninhamento dos clados temperados dentro de ramos ancestrais tropicais (Kerkhoff, Moriarty e Weiser, 2014).

Estudos empíricos têm demonstrado uma relação positiva entre o tempo de existência de um habitat e o grau de dispersão filogenética em cronossequências (Kembel e Hubbell, 2006; Letcher, 2010; Letcher *et al.*, 2012), padrões comumente interpretados como a alteração das forças de filtragem abiótica para biótica durante a sucessão ecológica. No entanto, Lososová *et al.* (2015) sugerem que essa influência no padrão filogenético não seria fruto do tempo sucessional do habitat, mas da reprodução climática nos estágios sucessionais iniciais dos habitats historicamente jovens e vice-versa (ver também: Prinzing, 2016). Os mesmos autores encontraram evidências confirmando uma forte correspondência entre a idade do habitat em escala geológica e a estrutura filogenética do pool de espécies em diferentes tipos de assembleias de plantas na República Tcheca. Relação também encontrada em assembleias de insetos aquáticos no sudeste do Brasil (Saito *et al.*, 2016).

Os processos históricos pregominam em escalas amplas de tempo e espaço (Lessard *et al.*, 2012) e através do *pool* de espécies, moldado pela história geológica dos habitats, são refletidos na estrutura filogenética das assembleias locais (Lososová *et al.*, 2015; Pavoine e Bonsall, 2011; Zobel, 2016). A filogenia, portanto, pode ajudar a superar a relutância histórica dos ecólogos em creditar importância aos processos em grande escala nos padrões de diversidade de assembleias locais (Graham, Moritz e Williams, 2006; Mouquet *et al.*, 2012; Ricklefs, 2005). Como levantado por Gerhold *et al.* (2015), a diversidade filogenética pode ser vista como consequência ou como causa, uma via de mão dupla, que pode ser a chave para desvendar os processos macro evolucionários dos habitats (ex.: Lososová *et al.*, 2015) ou processos de montagem locais (ex.: Qian, Jin e Ricklefs, 2017).

Os padrões de diversidade investigados e interpretados como fruto de processos ecológicos locais atuais podem, na verdade, ser mais relacionados a origens históricas (Graham, Moritz e Williams, 2006; Leibold, Economo e Peres-Neto, 2010), dadas as opções disponíveis no pool (Ricklefs, 2005). Assim, torna-se necessária a construção de um quadro unificado que ligue as dinâmicas ecológicas dos processos locais com os processos macro evolucionários para que a interação

entre esses processos possa ser investigada (Leibold, Economo e Peres-Neto, 2010; Mouquet *et al.*, 2012). Os padrões de diversidade  $\beta$  filogenética podem nos trazer respostas sobre as variáveis ambientais, atuais e históricas, que determinam a montagem de comunidades combinando informações de variadas escalas (Graham e Fine, 2008; Liu *et al.*, 2016; Tucker *et al.*, 2017).

Em um ecossistema de grande extensão geográfica como a Floresta Atlântica, com sua variação climática associada (Joly, Metzger e Tabarelli, 2014; Tabarelli *et al.*, 2005; Thomas, 2008) e com porções que passaram por diferentes históricos paleoclimáticos (Carnaval *et al.*, 2009, 2014; Carnaval e Moritz, 2008), pode-se esperar que assembleias arbóreas que compõe essa formação vegetal difiram em sua diversidade filogenética na estrutura interna e entre si.

Em escalas biogeográficas, pode-se esperar que regiões que mantêm pools com históricos diversos também difiram em sua diversidade filogenética. Áreas-refúgio, mantidas constantes por cerca de 21 e 120 mil anos, como as localizadas em Pernambuco e na Bahia, respectivamente (Carnaval *et al.*, 2009, 2014; Carnaval e Moritz, 2008), devem apresentar tendência à dispersão, enquanto as que sofreram alterações durante os períodos de resfriamento e seca do Pleistoceno devem tender à agregação filogenética. Já que a conservação do nicho climático impede que os clados mais antigos transponham seus envelopes ambientais (Carnaval *et al.*, 2014; Lososová *et al.*, 2015; Pie, 2016). Donoghue (2008) argumenta que a manutenção de traços ancestrais ou o surgimento de novidades evolutivas limitam os tipos de habitats que podem ser ocupados pelos clados, o que caracteriza um filtro filogenético de habitat (Duarte, 2011).

Diminuindo a escala (de tempo e espaço), em assembleias locais com condições mais amenas e constantes, que reproduzem as condições climáticas tropicais de pools de habitats mais antigos, deve ser encontrada a maior proporção dos ramos antigos da Árvore da Vida (*Tree of Life* – ToL) (Lososová *et al.*, 2015; Qian, Jin e Ricklefs, 2017). Em contraste, em ambientes mais estressantes e variáveis, como nos marcados por grande variação de precipitação e temperatura, seres sucessionais iniciais (Liu *et al.*, 2016; Lososová *et al.*, 2015), ou o dossel da floresta (Qian, Jin e Ricklefs, 2017), as assembleias devem apresentar tendência à agregação, dado que apenas alguns dos ramos mais recentes teriam experimentado inovações em seus nichos para habitar essas condições (Kerkhoff, Moriarty e Weiser, 2014;

Wiens *et al.*, 2010; Wiens e Donoghue, 2004). Estudos fitogeográficos realizados no Sudeste do Brasil afirmavam que riqueza taxonômica atual da floresta semi-decídua (marcada por maior sazonalidade) seriam um subconjunto da floresta ombrófila (condições mais constantes) (Oliveira-Filho *et al.*, 2013; Oliveira-Filho e Fontes, 2000). No entanto, uma pesquisa mais recente, discorda dessa afirmação, propondo que se trata de uma unidade fitogeográfica distinta com alta diversidade própria (Eisenlohr e Oliveira-Filho, 2015). As raízes desse padrão merecem investigação através de bases filogenéticas, como o que foi feito e confirmado por Duarte *et al.* (2014). Nesse estudo, a filobetadiversidade distinguiu os três tipos florestais (mista, densa e sazonal) do complexo Floresta Atlântica ocorrentes no Sul do Brasil, confirmando a diferenciação fisionômica (Duarte *et al.*, 2014).

### **2.3. Diversidades filogenéticas e estratégias de conservação**

Conhecer as nuances da diversidade para traçar planos eficientes de conservação pode ser o caminho na direção mais acertado frente ao cenário atual de perda de ecossistemas naturais e mudanças climáticas. Já que, por vivermos em “tempos de triagem” (Rosauer e Mooers, 2013a), devido às perdas já ocorridas e ao período de extinção em massa que estamos entrando (Cadotte e Davies, 2016; Mittermeier *et al.*, 2004; Myers *et al.*, 2000), estratégias conservacionistas devem ser pautadas em bases sólidas (Winter, Devictor e Schweiger, 2013a; b) e, em conexão com as propostas mais atuais, visar principalmente a conservação de áreas (Eken *et al.*, 2006; Winter, Devictor e Schweiger, 2013a).

Priorizar a diversidade taxonômica em estratégias de conservação pode não ser a estratégia que permite a maximização da manutenção da biodiversidade *sensu lato* (Cadotte e Davies, 2016; Forest *et al.*, 2015; Sgrò, Lowe e Hoffmann, 2011). O cenário ideal seria aquele onde pudéssemos ter acesso aos atributos funcionais que respondem aos gradientes ambientais, já que o foco da ecologia funcional seria prever quais espécies responderiam melhor a mudanças nesses fatores (de Bello *et al.*, 2015). No entanto, dados sobre diversidade funcional nos ecossistemas tropicais são escassos (Jetz *et al.*, 2016; Swenson, 2014; Swenson *et al.*, 2017) e sua complementação exigiria grandes montantes de tempo, pessoal e financeiro (Cadotte e Davies, 2016).

A conservação da biodiversidade é, em última análise, a conservação da variedade, que seria como guardar “cartas na manga” ou “planos B” para mudanças futuras (Cadotte e Davies, 2016; Faith, 2015; Forest *et al.*, 2015). Neste panorama, a manutenção da diversidade filogenética (PD), pode encaixar-se perfeitamente (Faith, 2015; Mouquet *et al.*, 2012; Rosauer e Mooers, 2013b). O próprio estudo da diversidade filogenética surgiu num contexto conservacionista (Cadotte e Davies, 2016; Tucker *et al.*, 2017).

Mesmo que a ancestralidade compartilhada não preveja a expressão de todos os atributos funcionais (Faith, 2015), a história evolutiva pode ser uma ótima métrica de conservação por preservar também os serviços ecossistêmicos e atributos funcionais ainda desconhecidos (Cadotte *et al.*, 2009; Devictor *et al.*, 2010; Faith *et al.*, 2010). No entanto, também é importante ter em mente as ressalvas levantadas sobre as incertezas e promessas intrínsecas do uso da diversidade filogenética na tomada de decisões (Forest *et al.*, 2015; Winter, Devictor e Schweiger, 2013a; b).

Há sinal filogenético para boa parte das características funcionais (Blomberg, Garland e Ives, 2003; Jetz *et al.*, 2016; Swenson *et al.*, 2017), informação que pode ser utilizada, inclusive, para imputação filogenética de atributos funcionais em escala continental (Swenson *et al.*, 2017). As medidas de diversidade filogenética podem ser ferramentas eficientes para traçar planos de conservação priorizando espécies ou áreas (Faith, 2015; Tucker *et al.*, 2017), já que preservar maior diversidade filogenética por consequência também preservaria maior diversidade fenotípica e ecológica (Cadotte e Davies, 2016; Faith, 1994; Tucker *et al.*, 2017).

Ao se preservar a PD, preserva-se a ToL (Rosauer e Mooers, 2013a) e, portanto, a história evolucionária (Winter, Devictor e Schweiger, 2013a) e sua diversidade funcional associada (Cadotte e Davies, 2016; Faith, 2015). Adicionalmente, é possível formular cálculos baseados na PD esperada e identificar áreas chave de diversidade filogenética (Faith, 2015), que não necessariamente são as de maior diversidade taxonômica (Devictor *et al.*, 2010; Forest *et al.*, 2007; Mishler *et al.*, 2014).

As tomadas de decisão que guiam os projetos de conservação da biodiversidade são geralmente baseadas no método de classificação de hotspots de biodiversidade (Mittermeier *et al.*, 2004; Myers *et al.*, 2000; Tucker *et al.*, 2012). Esse método usa como variáveis o endemismo taxonômico e a grau de ameaça de perda

de determinado habitat (Cadotte e Davies, 2016; Mouquet *et al.*, 2012; Myers *et al.*, 2000). No entanto, esse critério taxonômico tem recebido críticas por partir do pressuposto de que todas as espécies são “igualmente diferentes” (Cadotte e Davies, 2016; Forest *et al.*, 2007; Tucker *et al.*, 2012) e o endemismo não existe apenas a nível de espécie (Mishler *et al.*, 2014). Deveríamos focar nossos esforços conservativos em *hotspots* de história evolucionária única (Sechrest *et al.*, 2002), como as áreas de refúgio da Floresta Atlântica brasileira (Carnaval *et al.*, 2014; Carnaval e Moritz, 2008; Faith *et al.*, 2010). Esses refúgios evolucionários poderiam ser usados como critérios de identificação de áreas-chave de biodiversidade (*Key Biodiversity Areas* – KBAs) (Brooks *et al.*, 2015; Sgrò, Lowe e Hoffmann, 2011), com alta prioridade de conservação (Graham, Moritz e Williams, 2006).

O estudo recente de González-Orozco *et al.* (2016) aponta que cerca de 90% dos *hotspots* de paleo-endemismo da Austrália podem sofrer mudanças de localização levando à extinção de espécies e aumento de homogeneização da PD devido às projeções de mudanças climáticas. É provável que os atuais centros de endemismo da Floresta Atlântica brasileira (Carnaval *et al.*, 2009, 2014; Carnaval e Moritz, 2008) também possam sofrer reduções ou mudanças de localização por causa destes mesmos motivos.

Estratégias conservacionistas em áreas de *hotspots* deveriam tentar evitar os “pontos de ruptura” filogenéticos, situações onde o último dos representantes de um ramo ancestral da árvore da vida é perdido (Faith, 2015; Faith *et al.*, 2010; Faith e Richards, 2012), mas também é importante preservar ramos com várias bifurcações curtas (González-Orozco *et al.*, 2016; Mouquet *et al.*, 2012). Perder espécies pertencentes ao mesmo ramo ou ramo jovem e rico, tem peso e consequências diferentes de perder espécies de ramos distintos ou um antigo e pobre (Faith *et al.*, 2010; González-Orozco *et al.*, 2016; Sechrest *et al.*, 2002). Dependendo a escolha, podemos perder “novidades” valiosas para resistência às mudanças climáticas ou uma herança exclusiva irreparável. A seleção de áreas prioritárias de conservação de ecossistemas megadiversos deveria obedecer a critérios de filodiversidade (Forest *et al.*, 2007) e ponderar entre as diferenças da ToL, para atingir o real alvo da ‘*silver bullet*’ (Myers *et al.*, 2000; Winter, Devictor e Schweiger, 2013a) e maximizar os retornos de conservação (Tucker *et al.*, 2012).



## 2.4. Sinergias e conflitos na conservação de biodiversidade e serviços ecossistêmicos

Os ecossistemas são os sistemas de suporte de todas as formas de vida da Terra, incluindo os humanos (MA, 2005). Chamamos de Serviços Ecossistêmicos (SE) os processos e condições que as espécies e os ecossistemas naturais provêm para sustentar a existência humana (Daily, 1997; Mace, Norris e Fitter, 2012). Podemos dividir os SE em quatro categorias: (i) provisionamento, que caracteriza os produtos supridos pelos ecossistemas (ex: água, comida, etc); (ii) regulação, que se refere aos benefícios obtidos pela auto-manutenção dos ecossistemas (ex: purificação da água, regulação climática, etc); (iii) suporte, relacionado à manutenção de outros serviços (ex: *nursery*, ciclagem de nutrientes, etc); e (iv) cultural, relativo à importância imaterial dos sistemas naturais (ex: recreacional, espiritual, etc) (MA, 2005; de Groot *et al.*, 2010).

Devido à imensa gama de possibilidade do pode ser considerado como SE, há muitas questões que precisam ser resolvidas quando pretendemos integrar a consideração dos mesmos no planejamento sistemático de conservação. Dentre essas, podemos destacar: Como devemos quantificar os serviços de interesse? Como valorar (monetário, ecológico, sociocultural)? Como inserir essa informação no planejamento? (ver uma revisão em de Groot *et al.*, 2010).

A conservação do estoque de carbono orgânico em ecossistemas naturais consiste em uma propriedade do ecossistema que gera o serviço de regulação climática de importância global (Turner, Oppenheimer e Wilcove, 2009). De tal forma que, a *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC, 2010) estabeleceu um mecanismo de financiamento internacional para o fomento da redução de emissões de gases do efeito estufa via desmatamento e degradação de florestas, mais conservação, aumento do estoque de carbono e manejo sustentável de florestas (REDDT+). Essa iniciativa conecta-se diretamente como a necessidade urgente de proteção das florestas tropicais, uma vez que por volta de 15% das emissões anuais de CO<sub>2</sub> são fruto da transformação das mesmas por interesses humanos (Chazdon *et al.*, 2016; van der Werf *et al.*, 2009). As florestas tropicais são, ao mesmo tempo, as maiores reservas mundiais de biodiversidade e de carbono orgânico (Lima *et al.*, 2020). Não há garantias de que o estoque de carbono de uma

floresta pristina possa ser reestabelecido após desmatamento, seja naturalmente ou por restauração ativa (Brancalion e Chazdon, 2017).

A biodiversidade em si, pode ser considerada por muitos um serviço ecossistêmico que reflete o valor inquantificável dos organismos (Mace, Norris e Fitter, 2012). No entanto, comumente encontramos na literatura o tratamento desses conceitos como entidade distintas, como forma de operacionalização de áreas de conhecimento.

Dependendo do componente (ou dos componentes) da biodiversidade e do serviço ecossistêmicos (ou dos serviços) que estivermos investigando, diferentes arranjos espaciais de relações são possíveis (Mace, Norris e Fitter, 2012), o que dificulta ainda mais a seleção de áreas a se preservar. Estudos mostram que, quando priorizações de conservação consideram a biodiversidade isolada dos SE, os resultados são pouco congruentes (Cimon-Morin, Darveau e Poulin, 2013; Girardello *et al.*, 2019; Larsen, Londoño-Murcia e Turner, 2011; Thomas *et al.*, 2013). Xu *et al.* (2017), inclusive sugerem uma categoria específica de área de proteção para a China, voltada aos SE, dada sua baixa representação no sistema de reserva atual do país.

Soluções eficientes para o problema de incongruência entre biodiversidade e SE, podem ser alcançadas quando ambos os objetivos são incorporados de forma explícita no procedimento de priorização (Girardello *et al.*, 2019; Larsen, Londoño-Murcia e Turner, 2011; Thomas *et al.*, 2013). Adicionalmente, o estoque de carbono tende a ser bastante correlacionado à maior diversidade em florestas tropicais (Girardello *et al.*, 2019), inclusive na Floresta Atlântica, onde mais biomassa e biodiversidade de árvores são resguardadas em áreas de proteção maiores (Lima *et al.*, 2020).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1. Geral:**

- Relacionar gradientes biogeográficos e ecológicos com diferentes facetas da diversidade, para investigar as causas dos padrões de

diversidade atuais e propor áreas de conservação efetivas para os remanescentes da Floresta Atlântica.

### **3.2. Específicos:**

- Avaliar a relação entre estabilidade climática através do Quaternário Tardio (últimos 120 mil anos) e gradientes atuais com as diversidades taxonômica e filogenética, como a causa dos padrões de diversidade encontrados na Floresta Atlântica;
- Precisar o tipo e a quantidade de diversidade que está protegida nas áreas de proteção da Floresta Atlântica, bem como propor melhorias através de procedimentos de priorização.

## **4. PERGUNTAS**

- Qual a importância relativa da estabilidade climática e dos gradientes ambientais atuais na determinação dos padrões de diversidade taxonômica e filogenética?
- As áreas atuais de proteção ambiental da Floresta Atlântica coincidem com áreas ótimas de conservação de biodiversidade e estoque de carbono? Como melhorar o atual sistema?

## **5. HIPÓTESES**

- A estabilidade no tempo mantém maior diversidade;
- Heterogeneidade ambiental permite maior diversidade;
- Maior diversidade gera maior quantidade de serviços ecossistêmicos.

## 6. PREVISÕES

- Menor sazonalidade climática promove diversidade taxonômica e filogenética de plantas arbóreas da Floresta Atlântica;
- A heterogeneidade ambiental promove maior diversidade taxonômica e filogenética de plantas arbóreas, por permitir a realização de maior número de nichos de diferentes espécies;
- As áreas-refúgio da Floresta Atlântica (estabilidade climática no Quaternário Tardio) apresentarão maior diversidade filogenética da assembleia arbórea;
- Locais da Floresta Atlântica com as maiores diversidades taxonômicas e filogenéticas de plantas apresentarão os maiores valores de serviços ecossistêmicos.

## 7. CAPÍTULO I

### BIOGEOGRAPHIC HISTORY AND ENVIRONMENTAL GRADIENTS MODULATE NON-STATIONARY PATTERNS OF TROPICAL TREE DIVERSITY

**Running title:** Non-stationary patterns of biodiversity

Paulo Sérgio Monteiro Ferreira<sup>1\*</sup>, Thiago Gonçalves-Souza<sup>2</sup>, Lillian Sayuri Ouchi-Melo<sup>3</sup>, Ary T. Oliveira-Filho<sup>4</sup>, Maria Jesus Nogueira Rodal<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia Funcional de Plantas, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Biologia, Laboratório de Síntese Ecológica e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil

<sup>3</sup> Laboratório de Ecologia de Metacomunidades, Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, Brasil

<sup>4</sup> Departamento de Botânica, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil

<sup>5</sup> Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia Funcional de Plantas, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil

\* Corresponding author: [sergio.monteirof@gmail.com](mailto:sergio.monteirof@gmail.com) (P.S.M. Ferreira)

**Acknowledgements:** This research was funded by pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) through the doctoral scholarship (BMD-0008-01005.01.11/16) granted to P.S.M.F. We thank Diogo B. Provete for providing feedbacks in the spatial statistical analysis.

**Abstract**

Here we studied the entire Atlantic Forest hotspot to investigate whether the effect of different environmental predictors depends on the phylogenetic extension and the biogeographical history of different Atlantic Forest sectors. We used occurrence data of 3,183 plant species with arboreal or arborescent habits considering two phylogenetic extensions: angiosperms, pteridophytes, and gymnosperms (broader extension) and angiosperms only (small extension). Additionally, we investigated the effect of biogeographical history on tree diversity by splitting the Atlantic Forest into Northern and Southern sectors. We reconstructed climatic stability across 120,000 years using the Random Forest method based on temperature and precipitation bioclimatic variables. Then, we compared the effect of biogeographical history, topographic, and climatic variables on species richness and phylogenetic diversity using Geographically Weighted Regression (GWR) models. We found that the strength and direction of environmental correlates with tree diversity depends on the biogeographical and phylogenetic extension considered. Low current climate seasonalities were the main drivers of species richness and phylogenetic diversity variation across the Atlantic Forest. Whereas in broader phylogenetic extension, topographic heterogeneity increased the number of tree species independent of the sector, deep-past climate stability favored phylogenetic diversity by increasing relict lineages of distant clades in all forests, but with anomalies in the Southern sector. The varying biogeographical history between Atlantic Forest sectors explained changes in the strength and direction of climatic, topographic, and historical variables affecting the number of species and lineages of trees. We argue that separating biogeographical histories and phylogenetic extensions should be a prerequisite to allowing a full comprehension of the non-stationarity in environment-diversity relationships in Biogeography and Macroecology. Different historical dynamics maintain distinct lineage arrangements in the Northern and Southern Atlantic Forest sectors, and these have different responses to current and historical environmental gradients.

**Keywords:** Atlantic Forest Domain, Climatic stability, Environmental heterogeneity, Hotspot, Phylogenetic diversity, Woody plants.

## 7.1. Introduction

Biogeographical history drives regional species pools mediated by habitat area and geological age (Zobel, 2016). Moreover, climate, dispersal ability and species interactions boost speciation rates determining biodiversity patterns across scales (Schluter e Pennell, 2017, Nógues-Bravo *et al.*, 2018). Therefore, the larger the past opportunity for speciation, the higher the number of species in a particular habitat, which also determine the phylogenetic structure of regional communities (Gerhold, Carlucci, Procheş, e Prinzing, 2018; Lososová *et al.*, 2015). Consequently, by considering the influence of environmental gradients on species pools from regions with different biogeographic and evolutionary histories, it is possible to untangle the scale dependence of the processes driving biodiversity patterns (see, e.g., Lessard *et al.*, 2012). For instance, the imprint of the different biogeographical and evolutionary history of Asian and eastern North America generates diversity anomalies where the Asian flora is twice richer than the North American, even despite their similar environments (Qian e Ricklefs, 2000). The authors argued that past climate, geomorphology and allopatric speciation could explain this biogeographical difference in species diversity. Therefore, explicitly comparing regions with distinct biogeographical histories allows identifying processes that can be general from those that are contingent in driving biodiversity changes (Qian e Ricklefs, 2000). However, whether these large scale comparisons in temperate regions could be generalizable to the tropical forest is still an open question.

The Atlantic Forest is considered a hotspot of tropical diversity (Mittermeier *et al.*, 2004) that provides valuable clues to fill the gaps about the relative importance of biogeographical and ecological factors setting species and phylogenetic diversity because of three potential mechanisms. First, the Atlantic Forest carries a mixed heritage of a mixture of temperate floristic elements derived from the separation of Gondwana (e.g., Araucariaceae, Canellaceae, and Cunoniaceae), especially in the Southern sector, and tropical elements resulting from Laurasia migrations (e.g., Annonaceae, Araceae, and Burseraceae) both in the Southern and Northern sectors (Eisenlohr e Oliveira-Filho, 2015; Fiaschi e Pirani, 2009; Fiaschi *et al.*, 2016). Second, it has undergone different climatic stability dynamics during the glacial periods' oscillations (Carnaval *et al.*, 2014). Third, this Domain has a substantial climatic and

topographic heterogeneity associated with extensive latitudinal (8 – 28° S), longitudinal (32 – 58° W), and altitudinal gradients (0-3000 m above sea level) (Muylaert *et al.*, 2018). Here, we go a step ahead by including two regions with distinct biogeographical origins and a Domain with huge environmental gradients to separate the drivers of plant taxonomic and phylogenetic patterns in the Atlantic Forest.

Previous biogeography studies suggest that the Atlantic Forest might be divided by the Rio Doce river into two large sectors, each one presenting a distinct biogeographical species pool (Fiaschi e Pirani, 2009). However, there is no consensus on whether this river is ecologically effective for all taxonomic groups. Different studies argued that this river is not a barrier per se. Instead, it matches other ecological barriers that favour species turnover between the Northern and Southern sectors (Saiter, Brown, Thomas, Oliveira-Filho, e Carnaval, 2016). More specifically, (i) there is a historically stable area at the South border of Bahia state (Carnaval e Moritz, 2008; Carnaval *et al.*, 2014), (ii) plant physiological restrictions regarding the precipitation in the Northern sector, and (iii) temperature and energy seasonality in the Southern sector (Saiter *et al.*, 2016). Furthermore, it is essential to investigate whether the split between Gondwanan (historically older) and Laurasian blocks (historically more recent) is imprinted in the phylogeny of Atlantic Forest plants, which can be an additional factor driving species turnover.

Additionally, the theory predicts that the direction and strength of the environmental-diversity relationship would be context-specific. For instance, the effect of environmental variables on species diversity varies over space (Gouveia *et al.* 2013), which means local statistics constitute spatial disaggregation of global statistics (Fotheringham *et al.*, 2002). For example, the current instability in precipitation found in the Northern sector might negatively impact plant diversity (Neves *et al.*, 2017; Oliveira-Filho, Budke, Jarenkow, Eisenlohr, Neves, 2013; Saiter *et al.*, 2016), while the topographic heterogeneity could have a strong positive effect in regions with large climate seasonality, due to the buffering effect (Fjeldså, Bowie, e Rahbek, 2011; Stein *et al.*, 2014). Deep climate stability has positive effects on the diversity of regions that maintain species pools constantly through time and space (Gerhold *et al.*, 2018), as in the Southern sector. Another factor that generates context-specific responses is the phylogenetic extension. For example, the evolutionary history of groups of ancestral plants, such as pteridophytes and gymnosperms, is much older than angiosperms.



Therefore, these organisms' response to climate varies from the responses of recent groups, given their preference for more shade, mild and moist climates (Kooyman *et al.*, 2014).

In the present study, we investigate how average climate conditions and stability (from the deep past into current patterns) and topography heterogeneity affect tree species richness and phylogenetic diversity in the Atlantic Forest, considering its different biogeographical histories and phylogenetic extension. We used one of the most extensive plant databases available for Atlantic Forest, with more than 3,000 species from almost 1,700 localities (Oliveira-filho, 2017). We have the following predictions:

**Prediction 1:** higher annual temperature and precipitation and low seasonality increase species richness and phylogenetic diversity. We expect that harsh climate extremes and higher seasonality act as environmental filters limiting the number of species and lineages (Neves *et al.* 2017).

**Prediction 2:** the higher the topographic heterogeneity, the greater might be species richness and phylogenetic diversity. Once topographic heterogeneity provides suitable conditions for species' persistence with different environmental requirements, increase the number of species found in the species pool (Allouche, Pizarro, Moreno-Rueda, Kalyuzhny e Kadmon, 2012). Thus, enhancing the probability of coexistence and persistence (Stein, Gerstner, e Kreft, 2014);

**Prediction 3:** the climatic stability over the past 120 kyr increases species richness and phylogenetic diversity. Climatically stable environments can favour relict lineages' persistence (museum) (Gerhold *et al.*, 2018).

## 7.2. Methodology

### 7.2.1. Database

The occurrence data of the arboreal or arborescent plants of the Atlantic Forest (hereafter, called 'trees') derive from the NeoTropTree database (NTT, Oliveira-filho, 2017). This database was built on extensive surveying of tree species lists checked by specialist taxonomists. The researchers constructed plants' geographical occurrence based on a standardized cutoff method of trees with a height of at least 3m

(Oliveira-Filho, 2017). The database initially contained 4,431 species distributed in 1,755 sampled locations.

We checked each species' taxonomic status using the most updated classification system, based on the Brazilian Flora 2020 (Carvalho, 2017). Occurrence data were combined into 713 grids of  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  of latitude and longitude (~ 50 km at the equator). The Integrator Limit by Muylaert *et al.* (2018) (see Supplementary Material I, Fig. 6a) is the broadest delimitation available in the Atlantic Forest *lato sensu*, which is the predominant circumscription in this system (Neves *et al.*, 2017). Therefore, we have chosen to maintain only the grids within the outer edges. Rare species (less than three occurrences) and those not recognized in any taxonomic indexation tools were excluded to avoid misassignment errors.

After these procedures, 451 grids remained with 3,183 species used in the subsequent analyses (see Supplementary Material I, Fig. 6b,c).

We assigned the higher taxonomy hierarchies using the 'flora' package (Carvalho, 2017) from the R 3.5.1 program (R Development Core Team, 2019).

### **7.2.2. Delimitation of the climate spaces within Atlantic Forest**

We performed an ordination-based separation to evaluate the existence of two different species pools, as demonstrated in previous studies (Carnaval *et al.*, 2014; Fiaschi e Pirani, 2009; Saiter *et al.*, 2016). We performed the Principal Component Analysis (PCA) using the variables temperature, precipitation, and temperature seasonality extracted from Worldclim version 2.0 (Fick e Hijmans, 2017). Afterwards, we submitted the first PCA axis (79.04% of explicability) to a cluster analysis algorithm (selecting groups using *k-means*) to separate the two unique climate spaces that characterize the Atlantic Forest (Carnaval *et al.*, 2014). The two groups identified by the cluster analysis were separated around the latitude  $-19^\circ\text{S}$ , which agrees with the turnover position of the floristic composition indicated in the literature (e.g., Fiaschi e Pirani, 2009; Saiter *et al.*, 2016). After defining grid position and splitting the regions as Northern and South, the Northern portion of the Atlantic forest was represented by 156 grids and the Southern portion by 295 grids. We used this separation of sectors later in modelling climate stability over the past 120 kyr while maintaining their climate envelopes.

We performed PCA analyses and *k-means* using the ‘base’ package and conducted the extraction of climatic variables with the ‘raster’ package (Hijmans *et al.*, 2016) (R Development Core Team, 2019).

### **7.2.3. Phylogenetic trees**

We created four phylogenetic trees to investigate the variation of phylogenetic diversity across biogeographic regions. Two phylogenies contain only angiosperms (considered here as low phylogenetic extension) from Northern and Southern sectors, and the other two contain pteridophytes, gymnosperms and angiosperms (higher phylogenetic extension; Supplementary Material I, Fig. 7).

We created the phylogenetic hypothesis for angiosperms using sections of the ALLMB megatree (356,305 species), which describes the Spermatophyta groups (Smith e Brown, 2018). We also included taxa available in the *GenBank* and *Tree of Life* version 9.1. We used a backbone produced by Magallón *et al.* (2015) using three protein-coding plastid genes (*atpB*, *rbcl*, and *matK*) and two nuclear markers (18S and 26S). As ALLMB does not contain pteridophytes and gymnosperms, we merged the evolutionary hypotheses of angiosperms with a phylogenetic tree that contained these groups. Pteridophyte and gymnosperm phylogenies were sectioned from the *PhytoPhylo* tree (31,383 taxa) using scenario 3 (which generates scenarios homologous to those of the BLADJ algorithm) (Qian e Jin, 2016). This megatree of vascular plants has taxa from *The Plant List* version 1.1 (TPL, [www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)), with the dating of genetic zones available at *GenBank* (18S, 26S, ITS, *matK*, *rbcl*, *atpB* and *trnL-F*) and 39 fossil calibrations (Zanne *et al.*, 2014). Of the 3,183 species, 297 were not found in the megatrees and were inserted as polytomies at the base of the genus or family (when they *were singletons*), observing the relatedness suggested by Angiosperm Phylogeny Website Version 14 (Stevens, 2001).

### **7.2.4. Climatic and topographic variables**

We used eight climatic variables to represent the current climate (extracted from 1970 to 2000) and one topographic heterogeneity variable. The climatic variables that were extracted from Worldclim were: mean annual temperature, temperature

seasonality, the mean temperature in the hottest quarter, mean temperature in the coldest quarter, mean annual precipitation, precipitation seasonality, mean precipitation in the wettest quarters, and mean temperature in the driest quarters (Fick e Hijmans, 2017). Terrain roughness index - *tri* (Wilson *et al.*, 2007) was used as a proxy for topographic heterogeneity and was extracted from ENVIREM (Title e Bemmels, 2018). The *tri* is based on digital elevation models (DEM) (Riley, DeGloria, e Elliot, 1999) and is calculated by comparing a central pixel with its neighbours, using the mean value of the sum of absolute values of the differences in elevation (Wilson *et al.*, 2007). Spatial environmental heterogeneity is deemed responsible for promoting higher diversity due to factors such as increased environmental gradients, increased number of habitats, and buffering of adverse conditions Stein *et al.*, 2014).

Before performing statistical analyses, we analysed the correlation between predictor variables (Northern and Southern sectors individually) and removed those variables with a correlation higher than  $\rho > 0.7$  (Pearson). We imposed two conditions: (i) terrain roughness (*tri*) and climatic stability had priority to be maintained whether they are correlated with current climatic variables; (ii) when the climatic variables were correlated, we consulted the literature to choose the most important in determining the diversity of each sector (see Supplementary Material I, Fig. 8a-c).

### **7.2.5. Climate modelling**

We used bioclimatic descriptors for the current climate and deep-past climatic reconstructions derived from Hadley Centre for Climate Change (Fuchs *et al.*, 2013) to quantify climatic stability over the past 120 kyr (Late Quaternary) in the Northern and Southern areas of the Atlantic Forest separately.

We performed a distribution modelling of Northern and Southern portions of the Atlantic Forest using a Random Forest classification algorithm (Breiman, 2001). Random Forest is a machine-learning algorithm that performs successive and independent classifications based on classification trees generated by random data samplings (Breiman, 2001). This approach is robust to perform climatic modelling due to its ability to calculate the relative importance of each variable regarding the influence on the model's total accuracy (Cutler *et al.*, 2007). We used each grid's centroid to extract the variables and run the model (156 grids in the Northern and 295 in the

Southern). We assume that the distance between centroids in the 0.5° grids is sufficiently large to tackle sampling biases and reduce spatial autocorrelation (see, e.g., Barratt *et al.*, 2017). We trained our model using 451 random absence points spread throughout South America, except for the Atlantic Forest, to ensure that the model effectively discriminated the bioclimatic characteristics of the focal system. We generated 500 classification trees to discriminate the Northern and Southern portions climatically. We used the square root of the number of variables as the parameter for selecting candidate variables for each of the classification tree's splitting nodes.

To define climatic stability areas over the past 120 kyr in the Northern and Southern areas of the Atlantic Forest, we hindcast the current distribution model of climatic variables to 31 time periods (in intervals of 4 kyr) for both regions separately. We used six environmental variables to characterize the current climate in the Atlantic Forest sectors: average annual temperature, the average temperature in the warmest quarters, the average temperature in the coldest quarters, average annual rainfall, precipitation in the wettest quarters, and precipitation in the driest quarters (see Supplementary Material I, Table 2). The values obtained with the 31 distribution models per sector range from the deep past (120,00 years) up to the present. We overlapped the 31 distribution models to create a continuous layer that represents climatic stability. The stability values range from 0 (maximum instability) to 32 (maximum stability). Random Forest models' results demonstrate that the Northern and Southern sectors have undergone quite different biogeographical dynamics over the past 120 kyr. Northern has shown few and disjoint stability areas, whereas Southern presents a wide, stable corridor in almost all its extension (see Supplementary Material I, Fig 9a).

#### **7.2.6. Taxonomic and phylogenetic composition and diversity indices**

To test the premise of distinct regional pools between the two sectors of the Atlantic Forest, we performed a Principal Coordinate Analysis (PCoA) using a Jaccard dissimilarity method to compare tree species composition turnover. Likewise, we compared the phylogenetic composition between the sectors using Principal Coordinates of Phylogenetic Structure axes (PCPS, Duarte *et al.*, 2016). The PCPS is an index of pairwise phylogenetic divergences between sites, whose first eigenvalues

represent differences in the phylogeny's deep nodes (Duarte *et al.*, 2016). We used the packages "ape" (Paradis *et al.*, 2020) and "PCPS" (Debastiani, 2016) in R software (R Development Core Team, 2019) to implement the PCoA and PCPS analysis. We used species richness and phylogenetic diversity (Net Relatedness Index: NRI) as dependent variables. The NRI was computed using "taxa labels" null model (shuffling 1000 times distance matrix labels). NRI is primarily a divergence index (Tucker *et al.*, 2016) and represents deep phylogenetic relationships. NRI values vary from  $-\infty$  to  $+\infty$ , which represent dispersed and clustered communities, respectively. Therefore, a grid with a clustered phylogenetic structure presents a subset of the regional pool that is closely related. Conversely, a grid with a dispersed community phylogenetic structure has a subset of distantly related species. NRI values were calculated using the 'picante' package (Kembel *et al.*, 2018).

### **7.2.7. Statistical analyses**

#### **Are taxonomic and phylogenetic composition of the sectors different?**

We used a Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) test to test the taxonomic and phylogenetic composition differences between Northern and Southern species pools. This PERMANOVA model includes the PCoA and PCPS analyses scores, representing more than 80% of cumulative eigenvalues in all PERMANOVA analyses. We ran all these statistical analyses using the 'vegan' package (Oksanen *et al.*, 2020) in R software (R Development Core Team, 2019). Besides, we used the BETADISPER function to identify whether potential significant differences in taxonomic or phylogenetic composition were determined by location or dispersion effects (Anderson e Walsh, 2013).

#### **How the environmental gradients, topographic heterogeneity and climatic stability affect taxonomic and phylogenetic diversity of trees?**

We used a Geographically Weighted Regression (GWR) to test how current climate, topographic heterogeneity, and climatic stability determine species richness

and phylogenetic diversity. GWR is a model to deal with spatial non-stationarity between environmental gradient and species diversity (Gouveia *et al.*, 2013), allowing us to disentangle the spatial variation in the local importance of distinct predictor variables (Fotheringham *et al.*, 2002). GWR is based on the traditional regression method but estimates local rather than global regression parameters, which allows detecting non-stationary patterns. GWR compares the effect of predictor variables on the dependent variables (species richness or phylogenetic diversity), weighting each data point (grid cell) by its spatial proximity. Therefore, grid cells close to a focal grid cell are weighted heavier than distant ones (Fotheringham *et al.*, 2002). We defined spatial proximity based on an optimal kernel bandwidth selected with a cross-validation method (Páez *et al.*, 2011). Thus, we were able to obtain regression slopes and coefficients of determination ( $R^2$  values) for each grid cell (Fotheringham *et al.*, 2002). Moreover, because it is an extended regression model, we can also obtain the main predictor variables affecting the spatial variation of plant richness or phylogenetic diversity.

We also tested our predictions using conditional autoregressive models (CAR), which incorporates the global tests of spatial autocorrelation potentially present in the response variables. In all models, we consider the diversity of the pools in the Northern and Southern sectors separately. Since results using GWR and CAR were similar, we decided to show GWR statistics in the main text because it allows appropriate interpretations about the scale-dependency of climate-diversity relationships. One can find the results of CAR models in the supplementary material (see Supplementary Material II). Moreover, we used Moran's  $I$  correlation coefficient to investigate the spatial structure of the GWR residuals. We did not find evidence of spatial autocorrelation in residuals that could affect the model fit.

### 7.3. Results

#### **Macroecological patterns of taxonomic and phylogenetic diversities of trees from the Atlantic Forest**

The 3,183 tree species are distributed unevenly throughout the Atlantic Forest, with a marked increase in species richness eastwards (see Supplementary



Material I, Fig. 8b). There is also a concentration of species richness in the contact region between the Northern and Southern sectors (around latitude  $-19^{\circ}$ ). The Northern sector encompasses 2,860 species, although its length is approximately half of the Southern sector, which has 2,502 species. Species richness in the Northern sector is higher even when the number of grids was controlled (i.e., rarefied richness: see Supplementary Material I, Fig. 10a,b).

Regarding phylogenetic diversity, we found that large eastern areas in the central portion of the Atlantic Forest have lower NRI values, which means they are phylogenetically dispersed (see Supplementary Material I, Fig. 8c). This concentration of phylogenetic diversity encompasses the contact region between the Northern and Southern sectors (around latitude  $-19^{\circ}$ ).

### **Are there differences in the taxonomic and phylogenetic composition between sectors?**

We observed that the phylogenetic composition was different between the Northern and Southern sectors of the Atlantic Forest sectors, considering both all groups of trees ( $R^2 = 0.11$ ,  $p < 0.001$ ) or angiosperms only ( $R^2 = 0.07$ ,  $p < 0.001$ ). Indeed, the most important difference comes from the divergence between older phylogenetic groups in the Southern sector (Fig. 1a,b). We also found a distinct regional species pool when comparing species composition between the Northern and Southern sectors (all tree groups:  $R^2 = 0.11$ ,  $p < 0.001$ ; angiosperms:  $R^2 = 0.11$ ,  $p < 0.001$ ; Fig. 1c,d).

### **How current and deep-past climate, and topographic heterogeneity influence taxonomic and phylogenetic diversity of trees?**

Our results show that low climatic seasonality has a consistent and positive effect on species richness and phylogenetic diversity. Specifically, we found that precipitation and temperature seasonality, average precipitation, precipitation in the wettest quarter, and topographic heterogeneity (tri) affected the number of species at the broader phylogenetic extension ( $R^2 = 57\%$ ). Whereas precipitation and



temperature seasonality had a negative effect on species richness of all trees in the Northern sector, this effect was negative, absent, or even positive in the Southern sector (Fig. 2a-f, Table 1). When we considered only angiosperms, the number of species was affected by precipitation and temperature averages and seasonality and precipitation in the wettest quarter ( $R^2 = 73\%$ ). At this phylogenetic extension, precipitation and temperature seasonality had a negative effect on species richness in the Northern sector, while this effect was negative, absent, or positive in the Southern sector (Fig. 3a-f, Table 1). These results suggest that both biogeographical history and phylogenetic extension generate distinct environment-diversity relationships.

Likewise, the GWR models have good predictive power when fitting phylogenetic structure (NRI) against environmental variables. First, at the broader phylogenetic extension (all woody trees), temperature and precipitation averages and seasonality, precipitation in the wettest quarter, and long-term stability affected the phylogenetic structure ( $R^2 = 49\%$ , Table 1). Temperature and precipitation seasonality favored phylogenetic clustering in the Northern sector, mainly in regions close to the Rio Doce river (Table 1). In addition, increased climate seasonality had a positive or weak effect on phylogenetic diversity in some regions in the Southern sector (Fig. 4a-e, Table 1). In this comparison, significant NRI values (compared to random communities) represented 6.7% of all Atlantic Forest cells (see Supplementary Material I, Fig. 11a).

The deep-past climatic stability affected the phylogenetic structure only when considering the broader phylogenetic extension, suggesting that the oldest clades of plants (e.g., arborescent ferns and pines) were the most responsive to historical imprints of climate throughout the time. Current stability had a strong and positive effect on the phylogenetic structure across the whole latitudinal gradient in the Atlantic Forest, except for the semideciduous dry forest in the Southwestern portion of this ecosystem (Fig. 4f, Table 1). When we considered only the phylogenetic structure of angiosperms, average annual temperature, temperature seasonality, and average precipitation played a role in the NRI values ( $R^2 = 62\%$ ). Specifically, whereas temperature seasonality favored phylogenetic clustering in the Northern sector, it increased phylogenetic dispersion or had a weak effect on the Southern (Fig. 5a-d, Table 1). For angiosperms, significant NRI values represented 6.2% of all Atlantic Forest cells (see Supplementary Material I, Fig. 11b).

Interestingly, in both GWR models using species richness or phylogenetic diversity as dependent variables, the models at the lower phylogenetic extension (only angiosperms) explained almost~15% more variation than in the broader phylogenetic extension (all woody trees).

#### **7.4. Discussion**

Our results provided evidence that macroecological processes and distributional patterns of plants are context-dependent in the Atlantic Forest. Low interannual seasonality consistently affected species richness and phylogenetic diversity along the Atlantic Forest (supporting prediction 1), but the strength and direction of these relationships depend on sectors' idiosyncrasies that have been going through different biogeographic histories. We found partial support to predictions 2 and 3, as the effects of topographic heterogeneity (prediction 2) and deep-past climatic stability (prediction 3) were dependent on whether species richness or phylogenetic diversity was used as a dependent variable. Thus, whereas topographic heterogeneity provides suitable conditions favouring the accumulation of different species, deep-past climate stability benefited relict lineages from old clades across the Atlantic Forest.

Low interannual seasonality and high climate averages caused most of the variation in patterns of species richness and phylogenetic diversity across the Atlantic Forest, which supports our predictions and reinforce previous findings linking climate and macroecological patterns in this hotspot (e.g., Eisenlohr e Oliveira-Filho, 2015; Neves *et al.*, 2017; Oliveira-Filho *et al.*, 2013). Thus, it is well established that precipitation and temperature are the main environmental factors driving the climatic envelope split in the North and South portions of Atlantic Forest, respectively (Eisenlohr e Oliveira-Filho, 2015; Oliveira-Filho *et al.*, 2013).

However, we go a step further untangling those well-known large-scale climate-diversity patterns by identifying the non-stationarity of this relationship in the Atlantic Forest. Some patterns dissected by our models add an explicit spatial interpretation that differs from those advocated in some previous studies (e.g., Neves *et al.*, 2017). For instance, the effects of current precipitation and temperature stability were more consistent in the Northern sector, where increasing instability decreased species richness and increased phylogenetic clustering. Conversely, in the Southern

sector, the patterns related to the current climate were more complicated. Specifically, abrupt changes in the relationship between climatic gradients and diversity were found in regions where the transition from flat relief to higher elevations occurs, such as the limits of *Serra do Mar*, *Serra da Mantiqueira* and *Planalto das Araucárias*. These anomalies are probably caused by sharply climate regimes caused by changes in the precipitation regime (Oliveira-Filho e Fontes, 2000). These findings indicate that considering different biogeographical histories of regional floras is a prerequisite to improving our predictive ability in biogeography and macroecology.

We also demonstrated that topographic heterogeneity has a significant and consistent positive effect on species richness of woody trees in the Atlantic Forest regardless of the biogeographical scale. A previous meta-analysis has shown a positive relationship between complex environments and higher taxonomic diversity in different taxonomic groups and ecosystems (Stein *et al.*, 2014). We suggest three general mechanisms that might explain why environmental heterogeneity increases diversity. First, heterogeneity creates environmental gradients that favour coexistence. Second, heterogeneity has a deep past historical effect benefitting the creation of habitat refuges in extreme conditions. Third, isolation and adaptation in those refuges would lead to speciation and hotspots of diversity (Stein *et al.*, 2014; Svenning *et al.*, 2009). Our results also reveal a connection between topographic heterogeneity and climatic seasonality contingent in certain biogeographical regions. Specifically, in the Northern sector, heterogeneity had a more positive effect on species richness in sites where temperature and precipitation were markedly unstable. Thus, although precipitation seasonality might decrease species richness, environments containing higher topographic heterogeneity might overcome this negative effect, enhancing opportunities for the occurrence of a larger number of species (Tab. 1, Fig. 5b). In fact, a more constant water availability provided by air humidity input in mountainous sites under water restriction (Fjeldså, Bowie, e Rahbek, 2011) reduces the probability and intensity of dry periods in these areas that have a substantial topological difference when compared to flatlands in the Northern (Thomas e Barbosa, 2008). This pattern would be associated with a larger presence of refuges in sites with higher heterogeneity which, in turn, leads to greater diversity.

We also demonstrated that the Southern portion of the Atlantic forest was climatically more stable than the Northern one using a 120 kyr interval. This result

disagrees with some classical studies, which suggested large areas of climate stability for the Atlantic Forest's Northern sector (Carnaval e Moritz, 2008). Historically, ancient groups (like pteridophytes, gymnosperms, and some basal angiosperms) have a Gondwanan origin dependent on stable climatic areas due to its climatic niche conservatism (Kooyman *et al.*, 2014). In this way, the existence of large and continuous climatic stable areas has enabled them to be present in the Southern sector by pursuing the mesic climatic zones they are "captive" through the time (Kooyman *et al.*, 2014). We have shown that historical climatic stability maintains tree phylogenetic diversity (when including pteridophytes and gymnosperms) even in those few stable areas in the Northern sector, which is the opposite of our prediction. In general, climatic stability is favouring the coexistence of less phylogenetically related species in most of the Atlantic Forest. However, the unique stable areas favouring closely related lineages were those in the southwestern portion (Brazil-Paraguay's contact zone).

## 7.5. Conclusions

We investigated for the first time the phylogenetic structure of all arboreal plants (~3,100 species) across the Atlantic Forest Domain, using the most comprehensive and complete dataset of this biodiversity hotspot. Besides, we advance previous analysis in this ecosystem by considering different biogeographical and phylogenetic extensions, which have improved our understanding of tree biogeography in tropical forests. Our results emphasize that tree communities respond differently to climatic, topographic, and historical variables, depending on contingencies that arise at different biogeographical or phylogenetic extensions. Our results indicate that low climate seasonality is the primary cause of trees' high diversity in the Atlantic Forest. Also, there are interactions between climate and topography that buffer the negative effects of climatically unstable regions in species diversity. We argue that the varying biogeographical history of Atlantic Forest sectors induces distinct evolutionary pathways of tree communities, which, by its turn, will mediate how climate and topographic variables will determine the maintenance of particular lineages in different regions. Moreover, dissecting the non-stationarity between environmental and diversity gradients with appropriate statistical models may reveal processes affecting biodiversity patterns that could be hidden in a particular unstudied scale. Overall, our

findings reinforce the need for integrative approaches separating the scale dependency of environmental variables and macroecological patterns.

### References

- ALLOUCHE, O. *et al.* Area-heterogeneity tradeoff and the diversity of ecological communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 43, p. 17495–17500, 2012.
- ANDERSON, M. J.; WALSH, D. C. I. PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing? **Ecological Monographs**, v. 83, n. 4, p. 557–574, nov. 2013.
- BARRATT, C. D. *et al.* Environmental correlates of phylogenetic endemism in amphibians and the conservation of refugia in the Coastal Forests of Eastern Africa. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 875–887, 2017.
- BREIMAN, L. Random Forest. **Machine Learning**, n. 45, p. 5–32, 31 out. 2001.
- CARNAVAL, A. C. *et al.* Prediction of phylogeographic endemism in an environmentally complex biome. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1792, p. 20141461–20141461, 2014.
- CARNAVAL, A. C.; MORITZ, C. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 7, p. 1187–1201, 2008.
- CARVALHO, G. Package ‘flora’. **Cran-R**, 2017.
- CUTLER, D. R. *et al.* Random forests for classification in ecology. **Ecology**, v. 88, n. 11, p. 2783–2792, 2007.
- EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. DE. Revisiting Patterns of Tree Species Composition and their Driving Forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 6, p. 689–701, 2015.
- FIASCHI, P. *et al.* Biogeografia da Flora da América do Sul. *In*: CARVALHO, C. J. B. D. E.; ALMEIDA, E. A. B. (Eds.). **Biogeografia da América do Sul: Análise de tempo, espaço e forma**. 2º ed. [s.l.] Roca, 2016. p. 215–226.
- FIASCHI, P.; PIRANI, J. R. Review of plant biogeographic studies in Brazil. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 47, n. 5, p. 477–496, 2009.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017.
- FJELDSÅ, J.; BOWIE, R. C. K.; RAHBEK, C. The role of mountain ranges in the

diversification of birds. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 43, p. 249–265, 2012.

FOTHERINGHAM, S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. **Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships**. [s.l.] Wiley, 2002.

FUCHS, J. *et al.* Extending ecological niche models to the past 120000 years corroborates the lack of strong phylogeographic structure in the Crested Drongo (*Dicrurus forficatus forficatus*) on Madagascar. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 108, n. 3, p. 658–676, 2013.

GERHOLD, P. *et al.* Phylogenetic patterns are not proxies of community assembly mechanisms (they are far better). **Functional Ecology**, v. 29, n. 5, p. 600–614, 2015.

GOUVEIA, S. F. *et al.* Nonstationary effects of productivity, seasonality, and historical climate changes on global amphibian diversity. **Ecography**, v. 36, n. 1, p. 104–113, 2013.

HIJMANS, R. *et al.* Package ‘ raster ’. **Cran-R**, 2016.

KEMBEL, S. W. *et al.* Package ‘ picante ’: Integrating Phylogenies and Ecology. **Cran-R**, p. 1–55, 2018.

KOOYMAN, R. M. *et al.* Paleo-Antarctic rainforest into the modern old world tropics: The rich past and threatened future of the “southern wet forest survivors”. **American Journal of Botany**, v. 101, n. 12, p. 2121–2135, 2014.

LESSARD, J. P. *et al.* Strong influence of regional species pools on continent-wide structuring of local communities. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1727, p. 266–274, 2012.

LOSOSOVÁ, Z. *et al.* Phylogenetic structure of plant species pools reflects habitat age on the geological time scale. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, n. 6, p. 1080–1089, 2015.

MAGALLÓN, S. *et al.* A metacalibrated time-tree documents the early rise of flowering plant phylogenetic diversity. **New Phytologist**, v. 207, n. 2, p. 437–453, jul. 2015.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Hotspots revisited: Earth’s Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. 2. ed. [s.l.] Conservation International, 2004. v. 2

MUYLAERT, R. L. *et al.* A note on the territorial limits of the Atlantic forest. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 3, p. 302–311, 2018.

NEVES, D. M. *et al.* Dissecting a biodiversity hotspot: The importance of environmentally marginal habitats in the Atlantic Forest Domain of South America. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 898–909, ago. 2017.

NOGUÉS-BRAVO, D. *et al.* Cracking the Code of Biodiversity Responses to Past Climate Change. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 33, n. 10, p. 765–776, 2018.

OKSANEN, J. *et al.* Package “vegan”: Community ecology package. **Cran-R**, 2019.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. De. NeoTropTree - NTT. Retrieved from <http://prof.icb.ufmg.br/treetlan>

OLIVEIRA-FILHO, A. T. *et al.* Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology**, v. 8, n. 3, p. 242–260, 2014.

PÁEZ, A.; FARBER, S.; WHEELER, D. A simulation-based study of geographically weighted regression as a method for investigating spatially varying relationships. **Environment and Planning A**, v. 43, n. 12, p. 2992–3010, 2011.

PARADIS, E. *et al.* Package ‘ape’. **Cran-R**, 2018.

QIAN, H.; JIN, Y. An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and an analysis of phylogenetic community structure. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 2, p. 233–239, abr. 2016.

QIAN, H.; RICKLEFS, R. E. Large-scale processes and the Asian bias in species diversity of temperate plants. **Nature**, v. 407, n. 6801, p. 180–182, 2000.

RILEY, S. **Index that quantifies topographic heterogeneity intermountain** **Journal of sciences**, 1999.

SAITER, F. Z. *et al.* Environmental correlates of floristic regions and plant turnover in the Atlantic Forest hotspot. **Journal of Biogeography**, v. 43, n. 12, p. 2322–2331, 15 dez. 2016.

SCHLUTER, D.; PENNELL, M. W. Speciation gradients and the distribution of biodiversity. **Nature**, v. 546, n. 7656, p. 48–55, 2017.

SMITH, S. A.; BROWN, J. W. Constructing a broadly inclusive seed plant phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 105, n. 3, p. 302–314, mar. 2018.

STEIN, A.; GERSTNER, K.; KREFT, H. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. **Ecology Letters**, v. 17, n. 7, p. 866–880, 2014.

STEVENS, P. F. **Angiosperm Phylogeny Website**. Retrieved March 14, 2019, from <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

SVENNING, J. C.; NORMAND, S.; SKOV, F. Plio-Pleistocene climate change and geographic heterogeneity in plant diversity-environment relationships. **Ecography**, v. 32, n. 1, p. 13–21, 2009.

THOMAS, W. W., & BARBOSA, M. R. de V. Natural vegetation types in the Atlantic Coastal Forest in Northeastern Brazil. *In*: W. W. Thomas (Ed.), **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil** (p. 586). The New York Botanical Garden Press, 2008

TITLE, P. O.; BEMMELS, J. B. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. **Ecography**, v. 41, n. 2, p. 291–307, 2018.

TUCKER, C. M. *et al.* A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. **Biological Reviews**, v. 92, n. 2, p. 698–715, maio 2017.

WILSON, M. F. J. *et al.* **Multiscale terrain analysis of multibeam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope**. [*s.l.: s.n.*]. v. 30

ZANNE, A. E. *et al.* Three keys to the radiation of angiosperms into freezing environments. **Nature**, v. 506, n. 7486, p. 89–92, 22 fev. 2014.

ZOBEL, M. The species pool concept as a framework for studying patterns of plant diversity. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 1, p. 8–18, 2016.

**Data accessibility:** All the data used in this study are freely available online from the publications cited.



**Table 1** - Geographically Weighted Regression models (GWR) showing the effects of environmental, topographic, and historical variables on taxonomic and phylogenetic diversity at different phylogenetic scales (angiosperms and all trees).

Diversity facet (Model adjusted R <sup>2</sup> )	Variables	Minimun	Maximun	Median	F-statistic	p-value
<b>Angiosperm richness</b> (R <sup>2</sup> = 0.73)	Intercept	-583.35	3165.09	682.68	1.55	<0.001
	PS	-45.42	18.48	-3.70	2.42	<0.001
	TS	-1.05	0.42	0.012	5.81	<0.001
	AP	-3.25	1.79	-0.27	2.08	<0.001
	AT	-4.94	2.67	-1.13	1.37	<0.01
	PWQ	-3.86	8.98	0.83	2.12	<0.001
<b>All trees richness</b> (R <sup>2</sup> = 0.57)	Intercept	-1938.7	2168.1	483.26	1.06	<0.001
	PS	-54.97	18.48	-3.60	2.24	<0.001
	TS	-0.96	1.01	-0.003	4.81	<0.001
	AP	-3.52	0.88	-0.304	1.67	<0.001
	PWQ	-2.82	9.32	1.41	1.86	<0.001
	TRI	-7.18	2.18	0.39	2.35	<0.001
<b>Angiosperm NRI</b> (R <sup>2</sup> = 0.62)	Intercept	-16.43	7.21	-5.23	1.45	<0.01
	TS	-0.003	0.003	0.000	1.70	<0.001
	AP	-0.014	0.011	0.001	1.45	<0.01
	AT	-0.002	0.067	0.032	1.40	<0.01
<b>All trees NRI</b> (R <sup>2</sup> = 0.49)	Intercept	-14.09	20.07	-5.31	2.56	<0.001
	PS	-0.29	0.21	0.006	2.73	<0.001
	TS	-0.004	0.003	0.001	2.57	<0.001
	AP	-0.018	0.020	0.001	2.88	<0.001
	AT	-0.002	0.067	0.028	2.38	<0.001
	PWQ	-0.044	0.032	-0.004	1.813	<0.001
	Stability	-0.091	0.15	-0.018	1.447	<0.05

NRI = Net Relatedness Index; PS = precipitation seasonality; TS = temperature seasonality; AP = annual average precipitation; AT = annual average temperature; PWQ = Precipitation in the wettest quarter; TRI = terrain roughness index.

### Figure legends

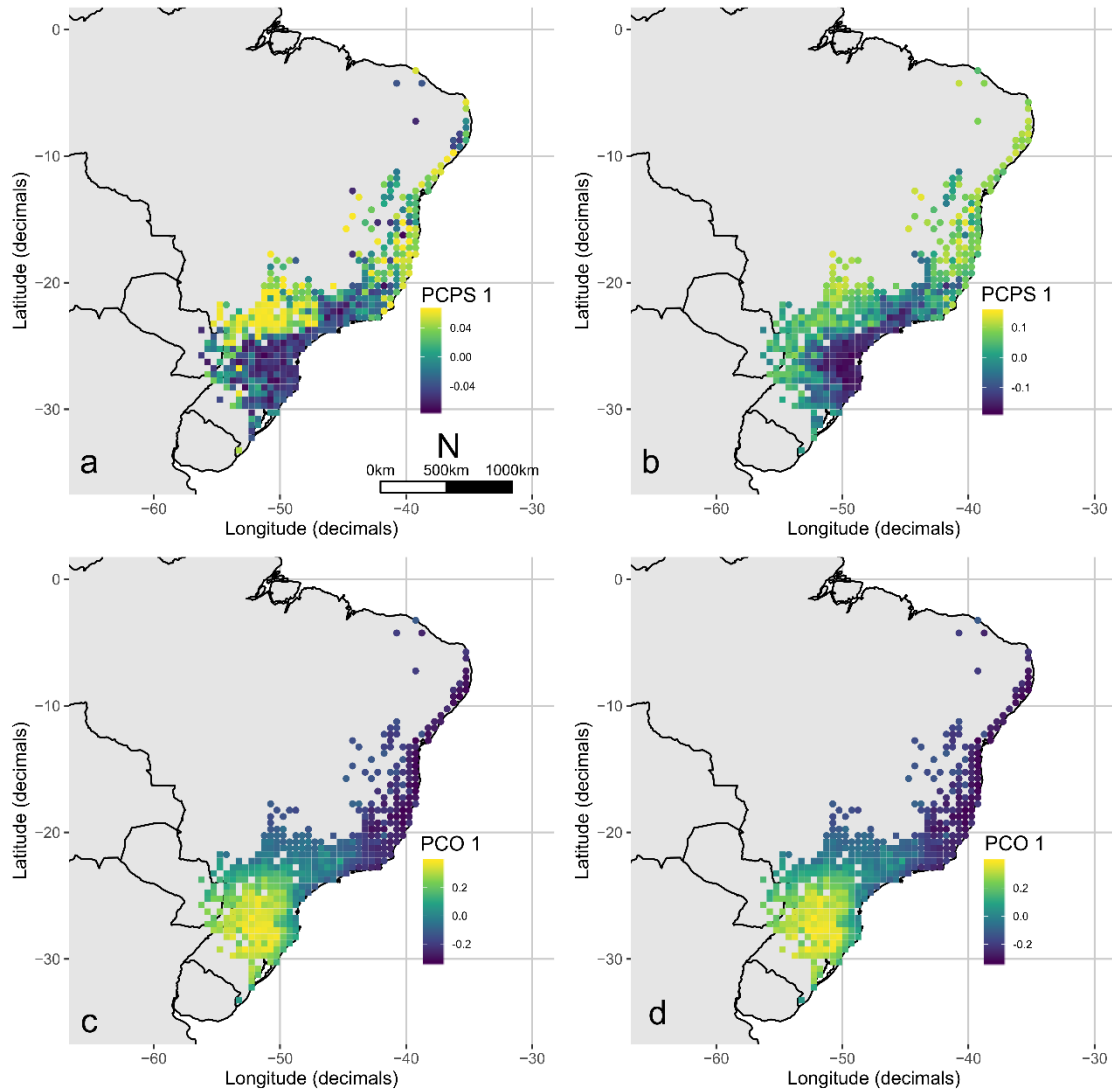
**Figure 1 - Changes in the phylogenetic and taxonomic composition of trees across the Atlantic Forest sectors.**

**Figure 2 - Drivers of species richness of all trees of Atlantic Forest.**

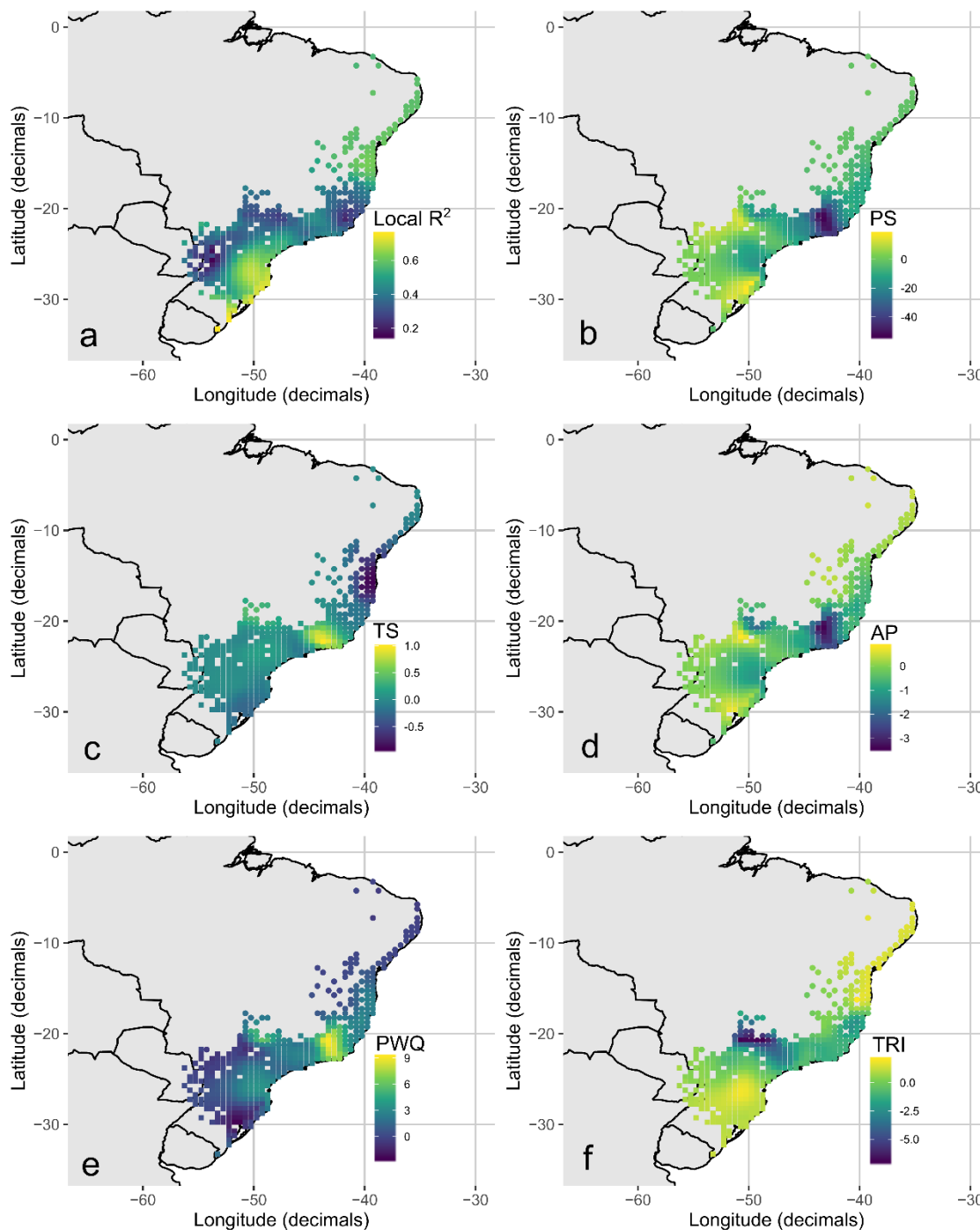
**Figure 3 - Drivers of species richness of angiosperm trees of Atlantic Forest.**

**Figure 4 - Drivers of phylogenetic diversity of all trees of Atlantic Forest.**

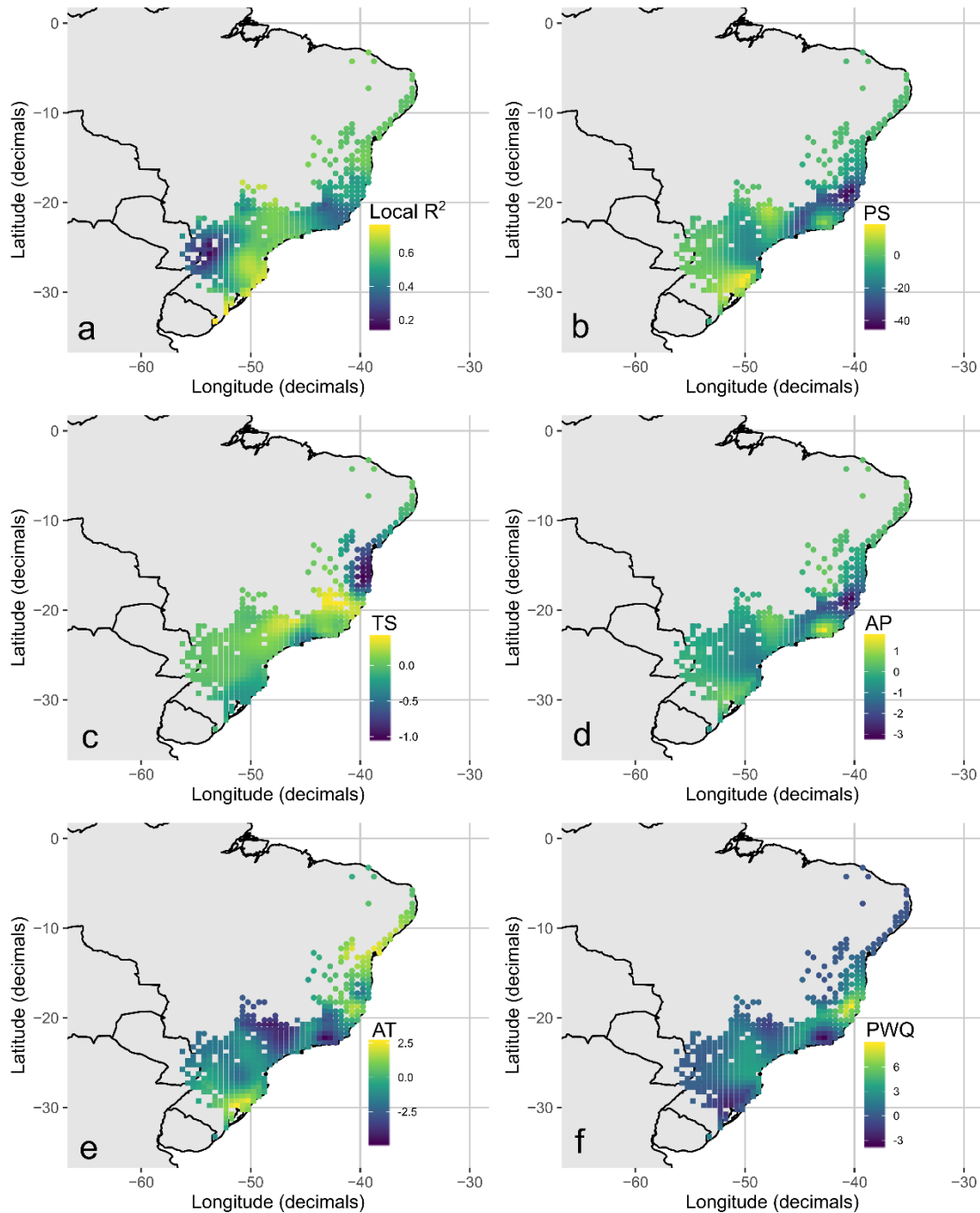
**Figure 5 - Drivers of phylogenetic diversity of angiosperm trees of Atlantic Forest.**



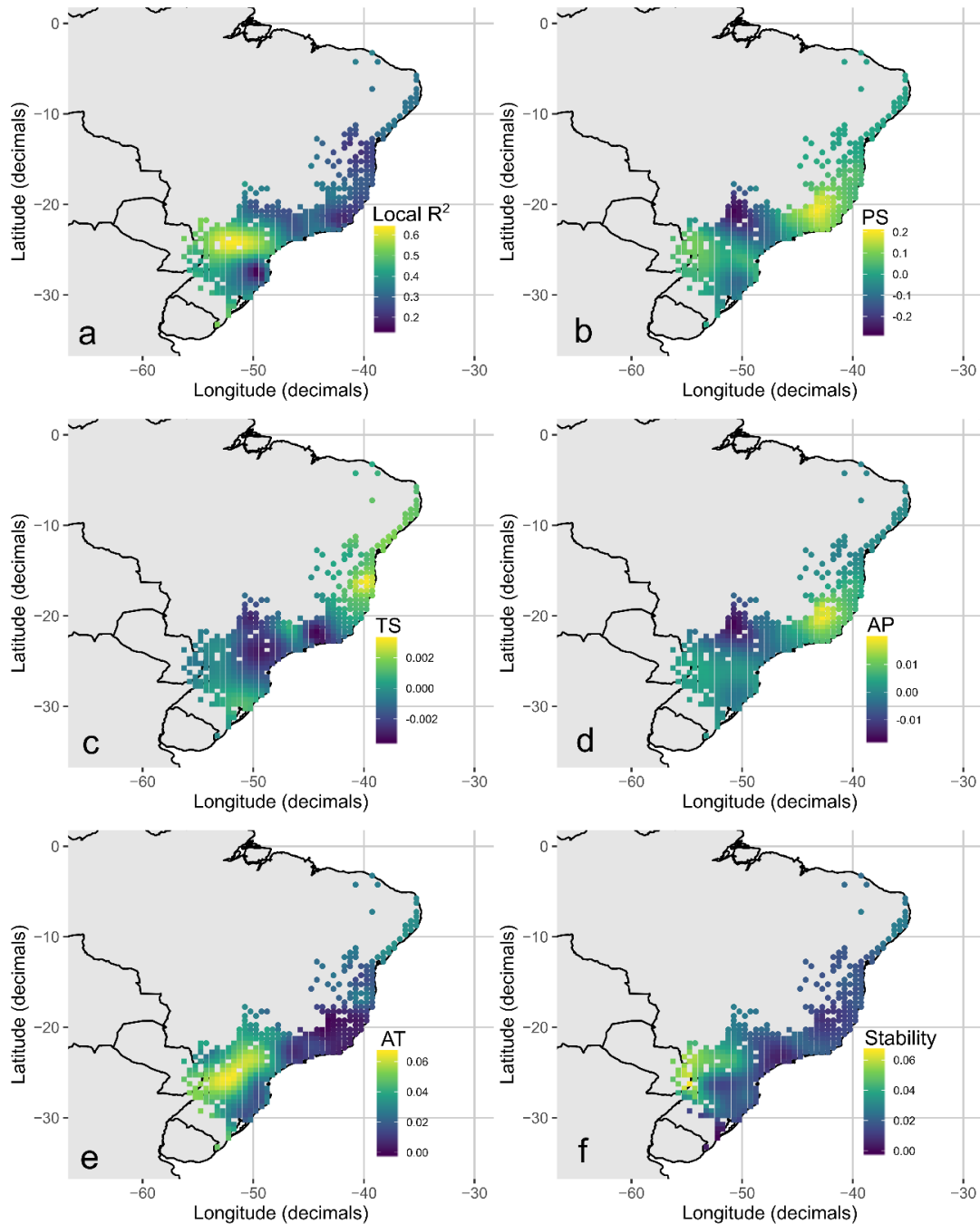
**Figure 1 - Changes in the phylogenetic and taxonomic composition of trees across the Atlantic Forest sectors.** a = changes in phylogenetic composition considering all tree species; b = changes in phylogenetic composition considering only angiosperms; c = changes in taxonomic composition considering all tree species; d = changes in taxonomic composition considering only angiosperms. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.



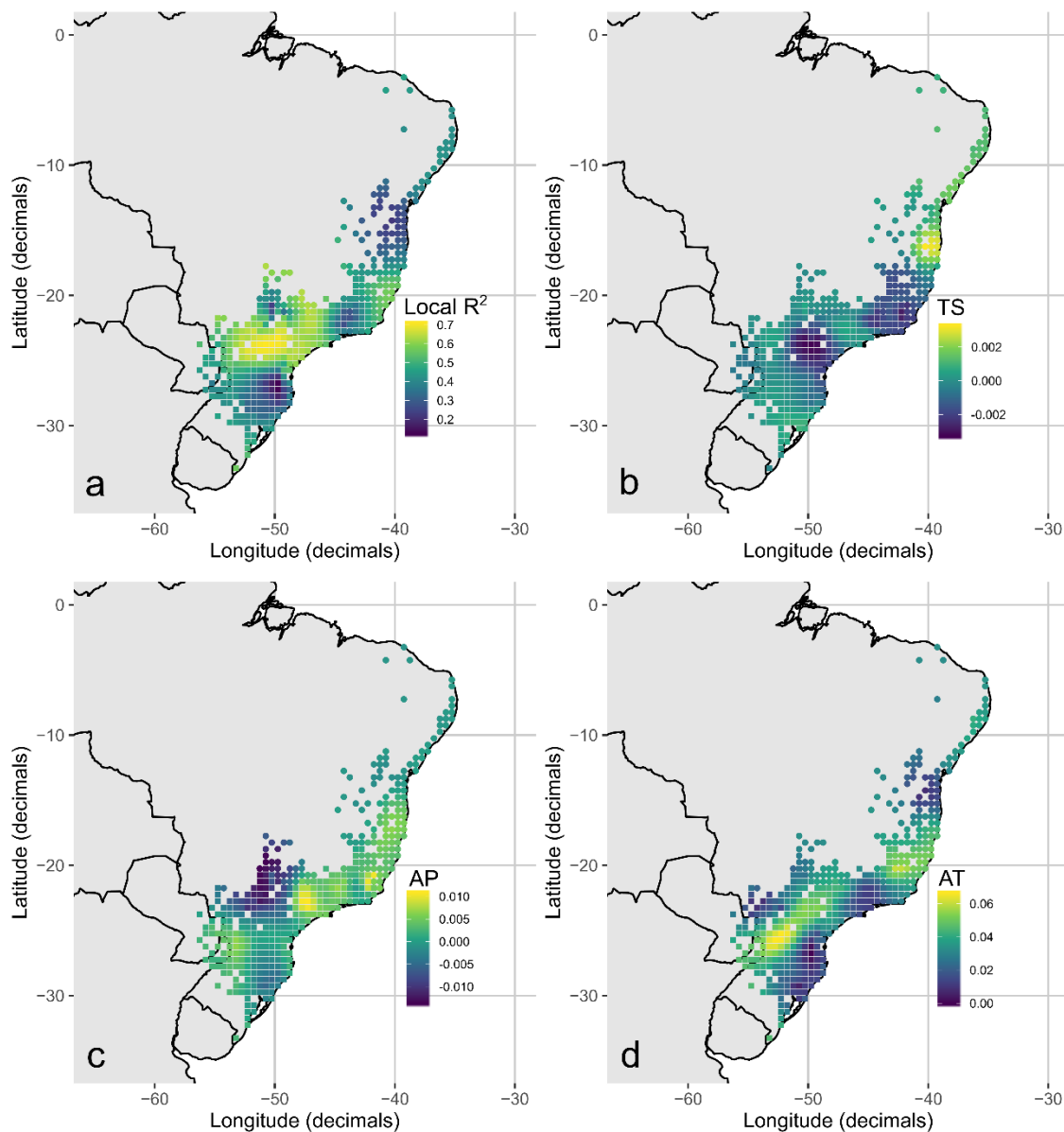
**Figure 2 - Drivers of species richness of all trees of Atlantic Forest.** a = predictive ability of model for species richness; b = model coefficients for precipitation seasonality; c = model coefficients for temperature seasonality; d = model coefficients for mean annual precipitation; e = model coefficients for mean precipitation in the wettest quarter; f = model coefficients for terrain roughness index. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.



**Figure 3 - Drivers of species richness of angiosperm trees of Atlantic Forest.** a = predictive ability of model for species richness; b = model coefficients for precipitation seasonality; c = model coefficients for temperature seasonality; d = model coefficients for mean annual precipitation; e = model coefficients for mean annual temperature; f = model coefficients for mean precipitation in the wettest quarter. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.



**Figure 4 - Drivers of phylogenetic diversity of all trees of Atlantic Forest.** a = predictive ability of model for phylogenetic diversity; b = model coefficients for precipitation seasonality; c = model coefficients for temperature seasonality; d = model coefficients for mean annual precipitation; e = model coefficients for mean annual temperature; f = model coefficients for climate stability over the least 120,000 years according to the Random Forest. We omitted precipitation in the wettest quarter from the figure due to space limitations and low explanatory power. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.



**Figure 5 - Drivers of phylogenetic diversity of angiosperm trees of Atlantic Forest.** a = predictive ability of model for phylogenetic diversity; b = model coefficients for temperature seasonality; c = model coefficients for mean annual precipitation; d = model coefficients for mean annual temperature. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.

**Biosketch:** Paulo Sérgio Monteiro Ferreira is a Ph.D. student at the Universidade Federal do Ceará that studies the underlying patterns and processes of diversity at macro scales. He is especially interested in the historical information contained in the phylogeny and how it determines current biodiversity patterns.

**Author contributions:** PSMF, TGS and MJNR conceived the ideas and analysed the data; LSOM created models of past climates; ATOF collected the data. All authors contributed commenting and writing the paper.



## 7.6. Supplementary Material I

**Figure 6 - Scope of the study in Atlantic Forest.**

**Figure 7 - Phylogenetic tree (only the most representative orders are named) containing all tree groups in Atlantic Forest trees, based on the magatree ALLMB (Smith & Brown, 2018) and *PhytoPhylo* (Qian & Jin, 2016).**

**Figure 8 - Correlations between environmental variables in Atlantic Forest.**

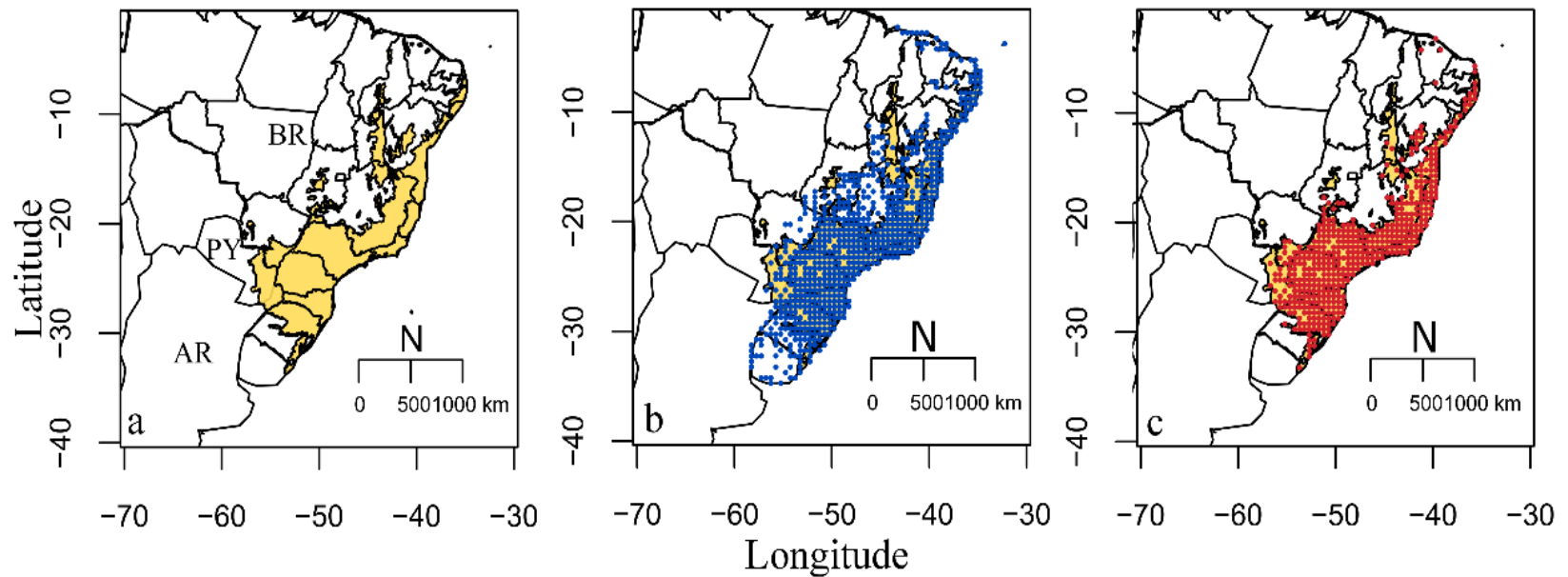
**Figure 9 - Historical and macroecological diversity patterns of Atlantic Forest trees.**

**Figure 10 - Taxonomic and phylogenetic rarefactions the Northern and Southern sectors of Atlantic Forest.**

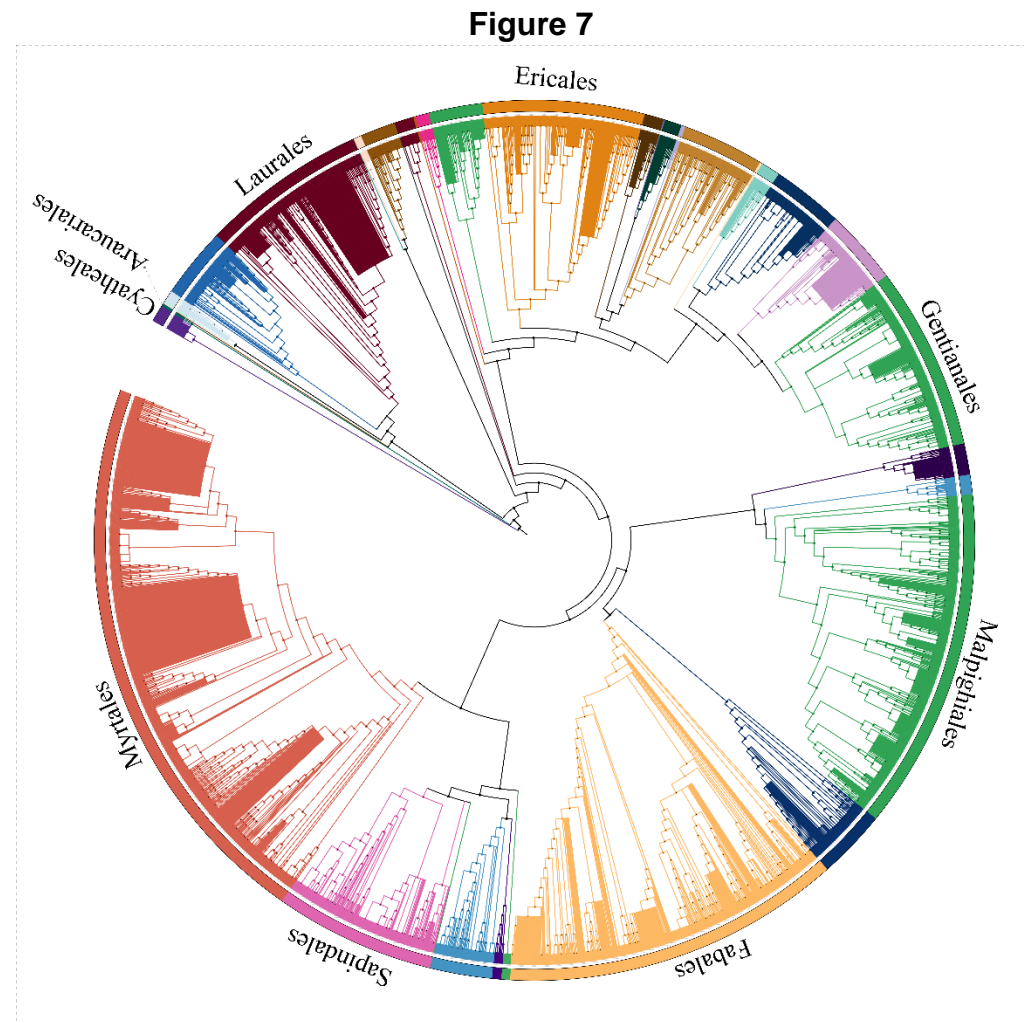
**Figure 11 - NRI significant difference from random patterns in Atlantic Forest trees.**

**Table 2 - Importance of each variable used in climate modeling through the Random Forest classification algorithm to reconstruct the climatic stability of the Atlantic Forest in the last 120,000 years.**

Figure 6

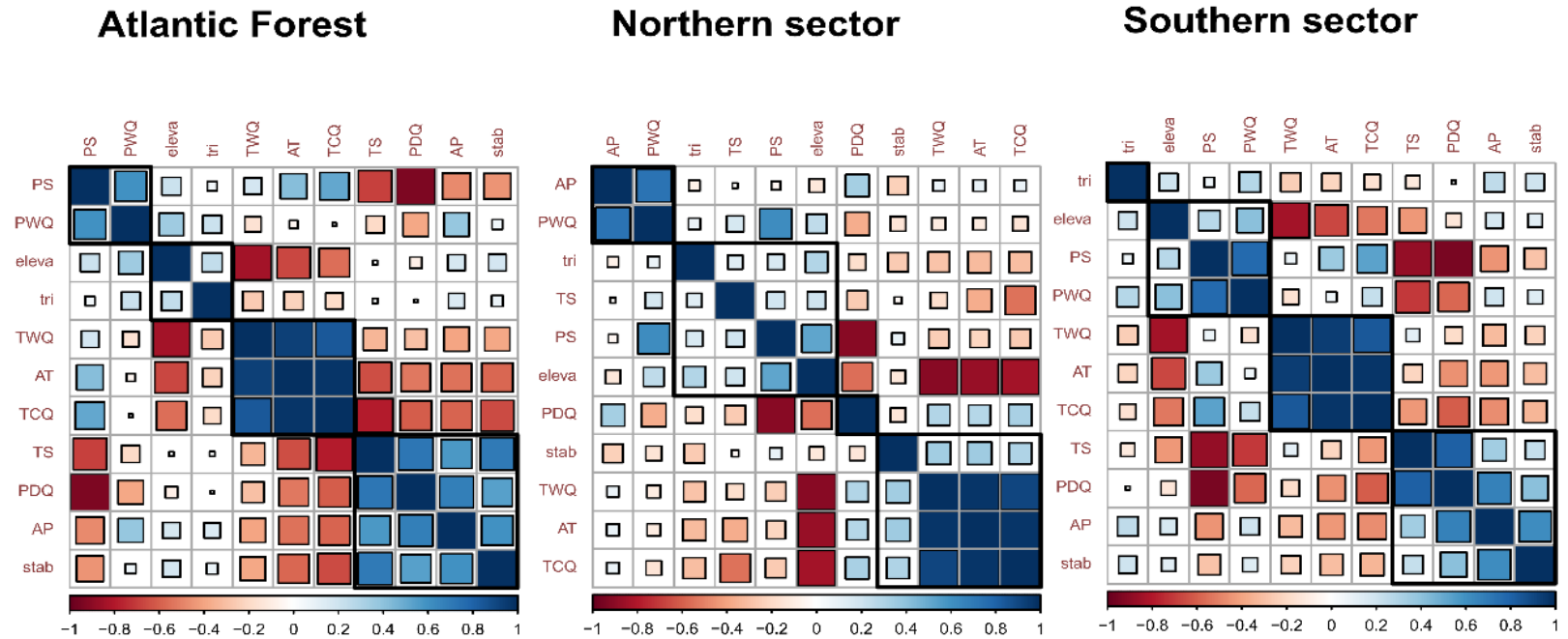


**Figure 6 - Scope of the study in Atlantic Forest.** a = in yellow, delimitation of the sensu lato Atlantic Forest according to the Integrative Limit of Muylaert et al. (2018); b = original grids, from *NeoTropTree* database (NTT, Oliveira-filho, 2017), plotted in blue (713) and; c = grids after clipping the *sensu lato* limit in red (451). BR = Brazil; PY = Paraguay; AR = Argentina.



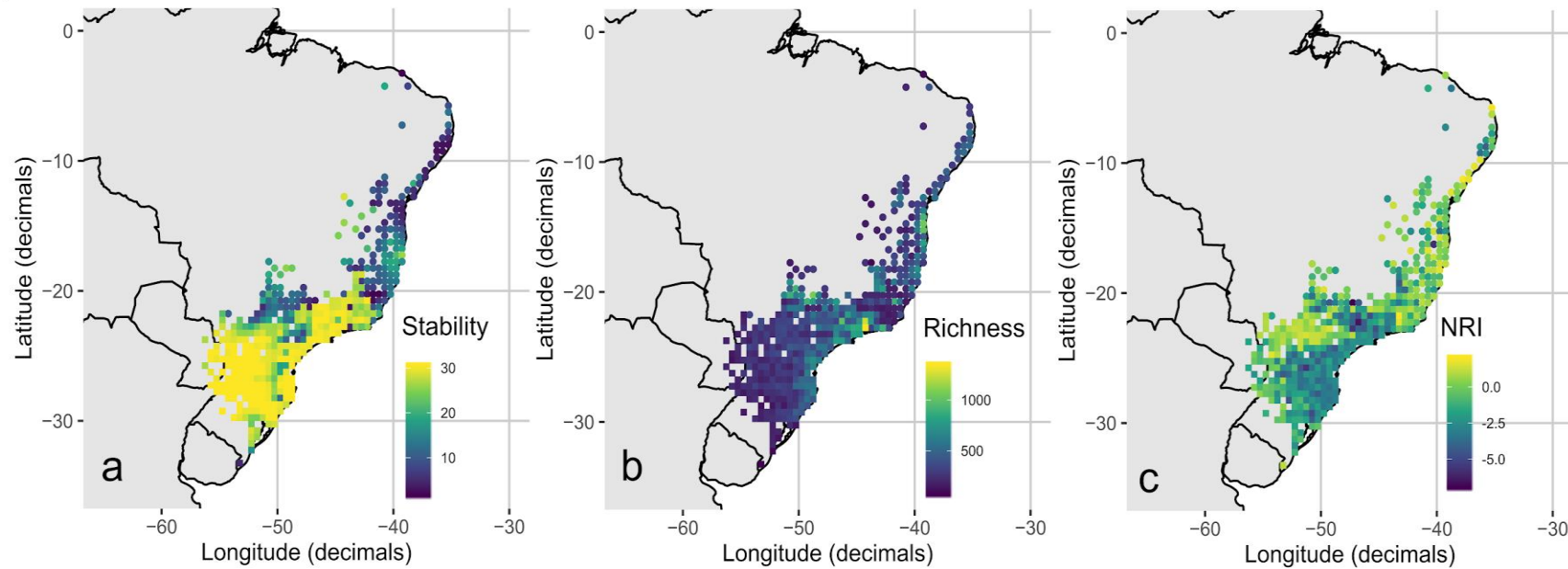
**Figure 7 - Phylogenetic tree (only the most representative orders are named) containing all tree groups in Atlantic Forest trees, based on the magatree ALLMB (Smith & Brown, 2018) and *PhytoPhylo* (Qian & Jin, 2016). The angiosperm tree is similar, excluding only the orders Cyatheales and Araucariales.**

Figure 8



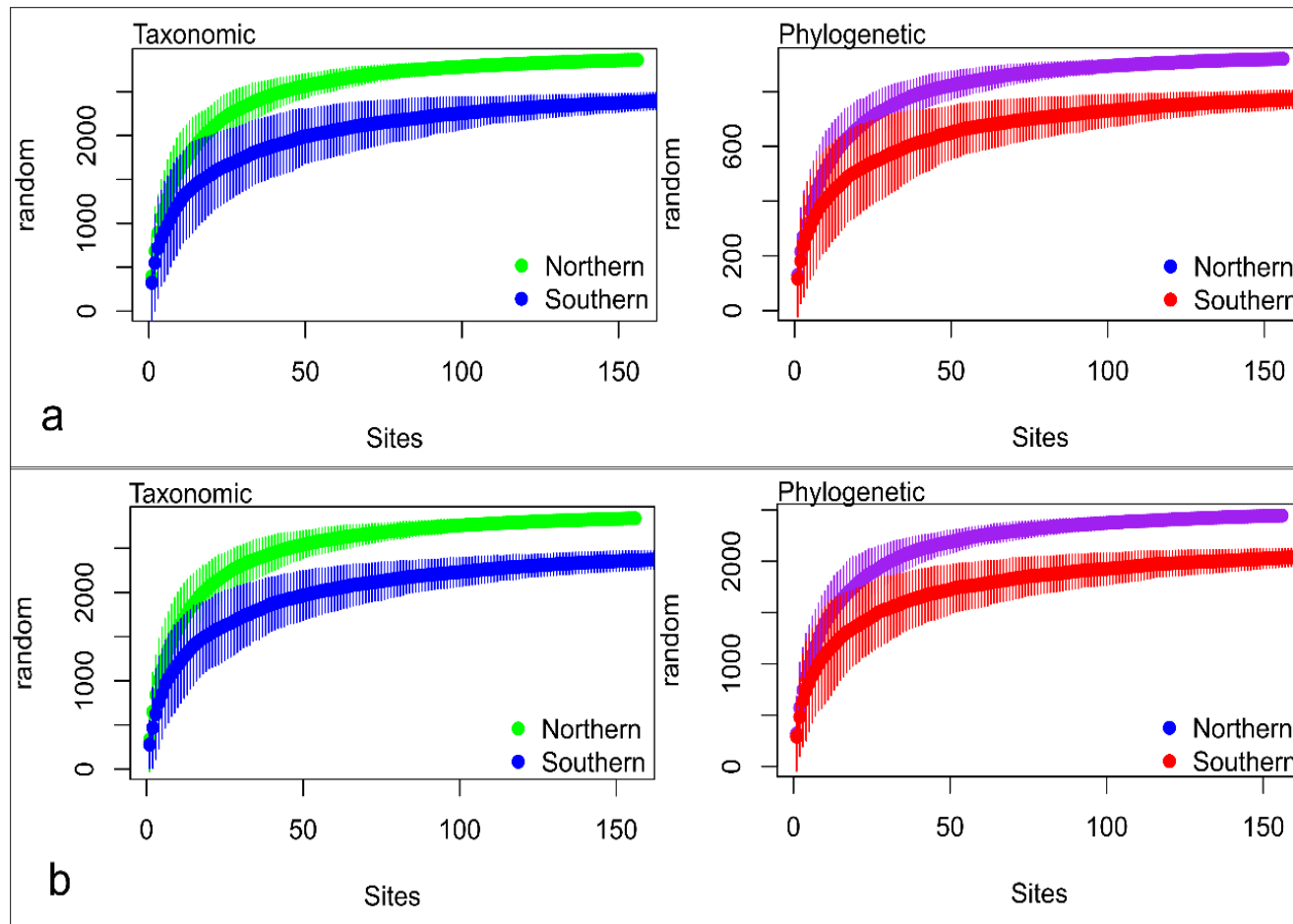
**Figure 8 - Correlations between environmental variables in Atlantic Forest.** AT = annual mean temperature; TS = temperature seasonality; TWQ = temperature in the warmest quarters; TCQ = temperature in the coldest quarters, AP = annual mean precipitation; PS = precipitation seasonality; PWQ = Precipitation in the wetter quarters; PDQ = Precipitation in the driest quarters; stab = climate stability over the last 120 kyrs; tri = terrain roughness index; eleva = elevation. In blue, positive correlations, in red, negative. The size of the square indicates the strength of the correlation.

Figure 9



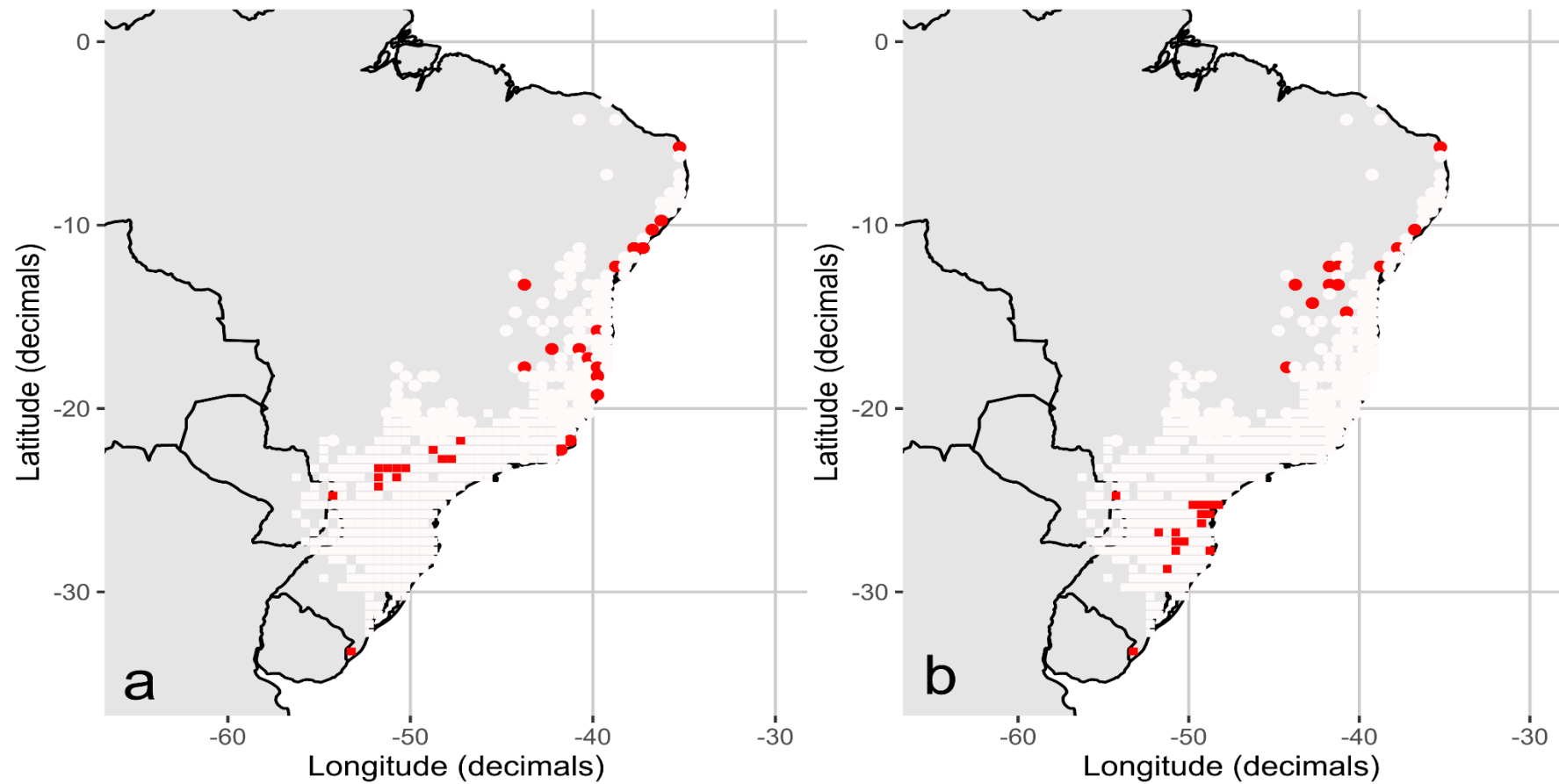
**Figure 9 - Historical and macroecological diversity patterns of Atlantic Forest trees.** a = climate stability over the last 120,000 years according to the Random Forest; b = species richness; c = Net Relatedness Index. Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.

Figure 10



**Figure 10 - Taxonomic and phylogenetic rarefactions the Northern and Southern sectors of Atlantic Forest.** Considering: a = ferns, gymnosperms and angiosperms; b = considering only angiosperms.

Figure 11



**Figure 11 - NRI significant difference from random patterns in Atlantic Forest trees.** a = considering pteridophytes, gymnosperms and angiosperms; b = considering only angiosperms. Red colored grids represents  $p < 0.05$ . Northern sector grids are circular and southern sector grids are square.

Table 2

**Table 2 - Importance of each variable used in climate modeling through the Random Forest classification algorithm to reconstruct the climatic stability of the Atlantic Forest in the last 120,000 years.**

	0	1	100	Mean Decrease Accuracy	Mean Decrease Gini
<b>bio1</b>	0.106846	0.151344	0.237625	0.156842854	111.4957
<b>bio10</b>	0.034999	0.114026	0.16657	0.091607932	73.19623
<b>bio11</b>	0.131117	0.280312	0.421528	0.251260447	148.5804
<b>bio12</b>	0.0936	0.13924	0.180766	0.129654274	88.65703
<b>bio16</b>	0.093163	0.073727	0.112963	0.09580603	79.46095
<b>bio17</b>	0.028302	0.049592	0.124482	0.063063286	51.05688

bio1 = average annual temperature, bio10 = average temperature in the warmest quarters, bio11 = average temperature in the coldest quarters, bio12 = average annual rainfall, bio16 = precipitation in the wettest quarters, bio17 = precipitation in the driest quarters. The higher the value of the mean decrease in accuracy or the mean decrease gini score, the greater the importance of the variable.

## References

MUYLAERT, R. L. *et al.* A note on the territorial limits of the Atlantic forest. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 3, p. 302–311, 2018.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. De. NeoTropTree - NTT. Retrieved from <http://prof.icb.ufmg.br/treetlan>

QIAN, H.; JIN, Y. An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and an analysis of phylogenetic community structure. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 2, p. 233–239, abr. 2016.

SMITH, S. A.; BROWN, J. W. Constructing a broadly inclusive seed plant phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 105, n. 3, p. 302–314, mar. 2018.



## 7.7. Supplementary Material II

### **Conditional Autoregressive models (CAR) used to test global relationships between current climate, topographical heterogeneity and climatic stability in the last 120 kyrs with species richness and phylogenetic diversity of plants in the Atlantic Forest**

#### **Methodology**

CAR is a method of generalized least squares (GLS) that measures the spatial autocorrelation present in response variables when considering the geographical proximity of sampling units using neighbor matrices (Dormann *et al.*, 2007). We adjusted 12 models using subsets of the following variables: i. diversity index (SR or NRI), ii. phylogenetic scale (considering either only angiosperms or all groups), and iii. regional pool (entire Atlantic Forest, North, or South). In these models, we used SR or NRI as continuous dependent variables, while non-correlated environmental, topographic, and historical variables were used as continuous predictor variables. We constructed neighbor matrices using the geographical coordinates of the grid centroids with the basic binary encoding scheme ("B" style), that gives the weight equal to one to neighboring grids and zero to non-neighbors. CAR models were implemented using the 'spdep' package (Bivand, Altman, Anselin, & AI, 2018) (R Development Core Team, 2019).

#### **Results**

Topographic heterogeneity increased taxonomic and phylogenetic diversities regardless of the taxonomic scale investigated (Fig. 12a,b). Sites with higher topographic heterogeneity led to higher species richness and phylogenetic dispersion of angiosperms ( $z = 3.23$ ,  $p < 0.001$  and  $z = -2.53$ ,  $p < 0.05$ , respectively) and of all plants ( $z = 3.27$ ,  $p < 0.001$  and  $z = -3.84$ ,  $p < 0.05$ , respectively), considering the entire Atlantic Forest. However, the Northern and Southern sectors showed different dynamics regarding topographic heterogeneity. In the Northern sector, as greater the topographical heterogeneity, more species richness found and these species tend to

be more phylogenetically distant for angiosperms ( $z = 2.89$ ,  $p < 0.01$  and  $z = -2.42$ ,  $p < 0.05$ ) and for all groups ( $z = 2.85$ ,  $p < 0.01$  and  $z = -3.56$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig. 13a,b). On the other hand, in the Southern, topographic heterogeneity had a positive effect on species richness (angiosperms:  $z = 2.43$ ,  $p < 0.05$  and all plants:  $z = 2.43$ ,  $p < 0.05$ ) (Fig. 14a), but it does not affect phylogenetic diversity component (Tab. 3).

The Climatic stability during the late Quaternary oscillations only affected diversity when we consider the separate sectors of the Atlantic Forest. Climatic stability in the Southern portion increases phylogenetic dispersion of angiosperms ( $z = -2.29$ ,  $p < 0.05$ ) and all other tree groups combined ( $z = -2.84$ ,  $p < 0.05$ ) (Fig. S2.3b) (Tab. 3). However, we found that climatic stability did not affect taxonomic and phylogenetic diversities in the Northern sector ( $p > 0.05$ , Tab. 1).

Regardless sector separation, the climatic variables of temperature seasonality (angiosperms:  $z = -4.58$ ,  $p < 0.0001$  and all trees:  $z = -4.55$ ,  $p < 0.0001$ ) and precipitation seasonality (angiosperms:  $z = -2.50$ ,  $p < 0.05$  and all trees:  $z = -2.49$ ,  $p < 0.05$ ) decrease the species richness in the entire Atlantic Forest (Fig 12c,d). Precipitation seasonality also decreased species richness in the Northern sector when considered separately (angiosperms:  $z = -4.18$ ,  $p < 0.001$  and all trees:  $z = -4.16$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig 13c) (Tab. S2.1).

Higher annual mean temperatures increases phylogenetic dispersion of angiosperms in the Southern sector ( $z = 3.59$ ,  $p < 0.001$  and  $z = -3.31$ ,  $p < 0.01$ ). However, when considering all plant species, annual mean temperature causes phylogenetic clustering in both Northern ( $z = 3.12$ ,  $p < 0.05$ ) and Southern sectors ( $z = 4.04$ ,  $p < 0.001$ ) The higher annual mean temperatures also reduces the species richness in the Southern sector (angiosperms:  $z = -2.60$ ,  $p < 0.01$  and all trees:  $z = -2.66$ ,  $p < 0.01$ ) (Tab. 3).

In the Atlantic Forest as a whole, precipitation in the wettest quarters favored species richness of angiosperms ( $z = 3.23$ ,  $p < 0.01$ ) and all trees ( $z = 3.27$ ,  $p < 0.01$ ). However, the precipitation had idiosyncratic effects on Southern sector diversity. The highest annual mean precipitation values created a phylogenetic clustering ( $z = 3.12$ ,  $p < 0.05$ ) of angiosperms and decreased the species richness of angiosperms ( $z = -2.21$ ,  $p < 0.05$ ) and all trees ( $z = -2.21$ ,  $p < 0.05$ ). Counterintuitively, precipitation in the wettest quarters favored the richness of species (angiosperms:  $z = 4.43$ ,  $p < 0.0001$  and all trees:  $z = 4.45$ ,  $p < 0.0001$ ) (Fig 14c) and created phylogenetic dispersion when

considering pteridophytes, gymnosperms and angiosperms ( $z = -2.40$   $p < 0.05$ ) (Tab. 3).

Table 3

**Table 3 - Relationship between the facets of diversity and the environmental, topographic and historical gradients in the Atlantic Forest pools and tree groups selected by the autoregressive conditional models - CAR.**

Predictor Variables	Taxonomic and biogeographic scales					
	AF_ang	AF_t	N_ang	N_t	S_ang	S_t
AT				NRI(+)*	NRI(-)** ,SR(-)**	NRI(+)** ,SR(-)**
TS	SR(-)**	SR(-)**				
PS	SR(-)*	SR(-)*	SR(-)**	SR(-)**		
AP					NRI(+)* , SR(-)*	SR(-)*
PWQ	SR(+)*	SR(+)*			SR(+)**	NRI(-)* ,SR(+)**
STAB					NRI(-)*	NRI(-)*
tri	NRI(-)* ,SR(+)**	NRI(-)** ,SR(+)**	NRI(-)* ,SR(+)**	NRI(-)** ,SR(+)**	SR(+)*	SR(+)*

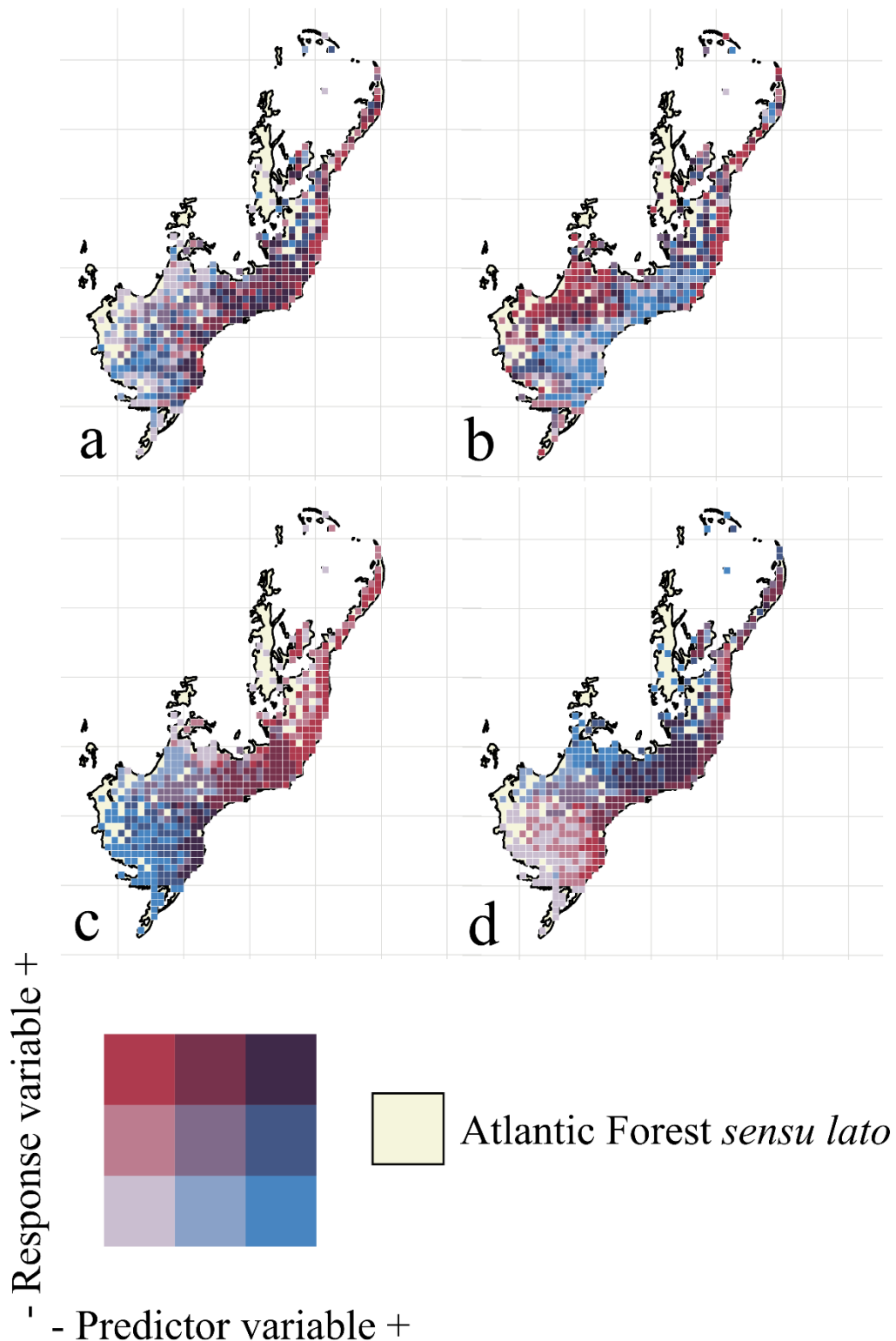
AF\_ang = tree angiosperms of the entire Atlantic Forest; AF\_t = all tree groups of the entire Atlantic Forest (pteridophytes, gymnosperms and angiosperms); N\_ang = arboreal angiosperms of the northern sector; N\_t = all tree groups in the North sector; S\_ang = tree angiosperms of the southern sector; S\_t = all tree groups in the South sector; AT = annual average temperature; TS = temperature seasonality; PS = precipitation seasonality; AP = annual average precipitation; PWQ = Precipitation in the wettest quarter; STAB = climate stability over the last 120,000 years; tri = terrain roughness index; NRI = Net Relatedness Index; Species Richness = SR; (+) = positive index values related to the increase of explanatory variables; (-) = negative index values related to the increase of explanatory variables; \* = p <0.05; \*\* = p <0.01; \*\*\* p <0.001.

## Figure legends

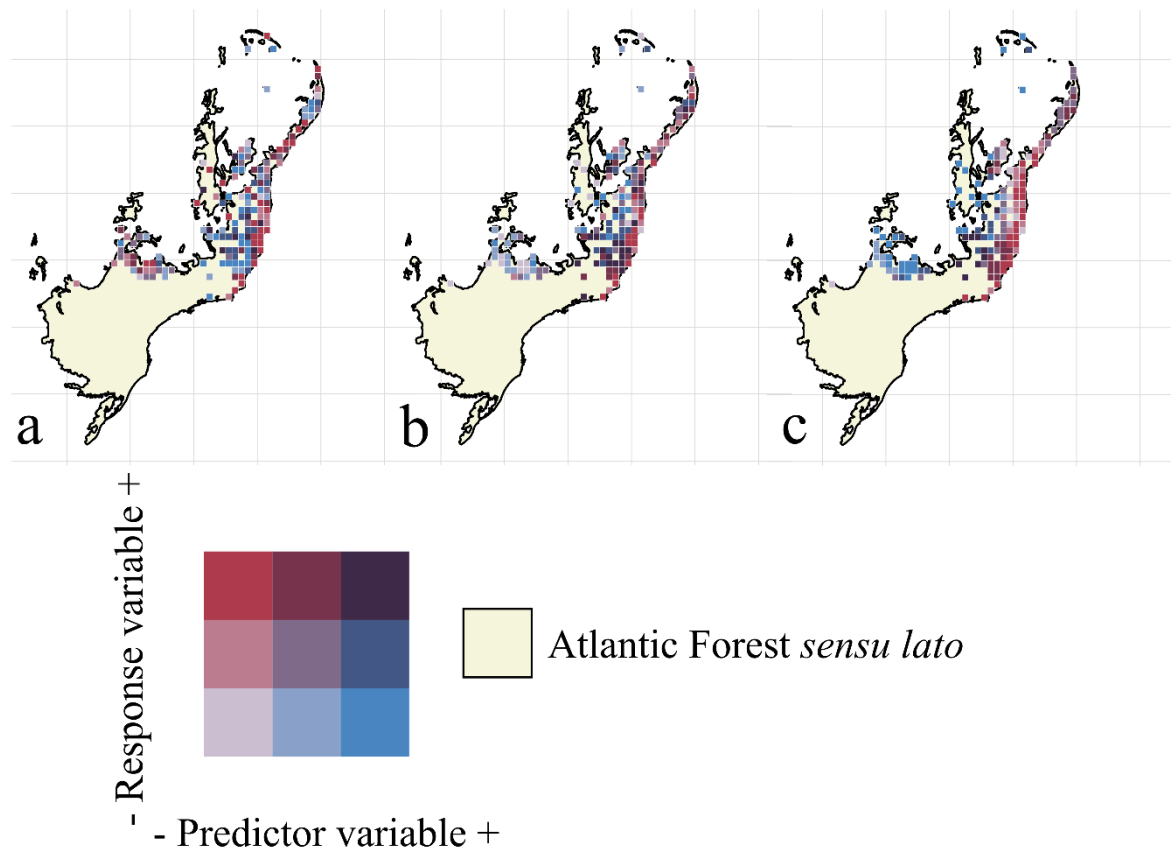
**Figure 12 - Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Atlantic Forest.**

**Figure 13 - Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the northern sector of the Atlantic Forest.**

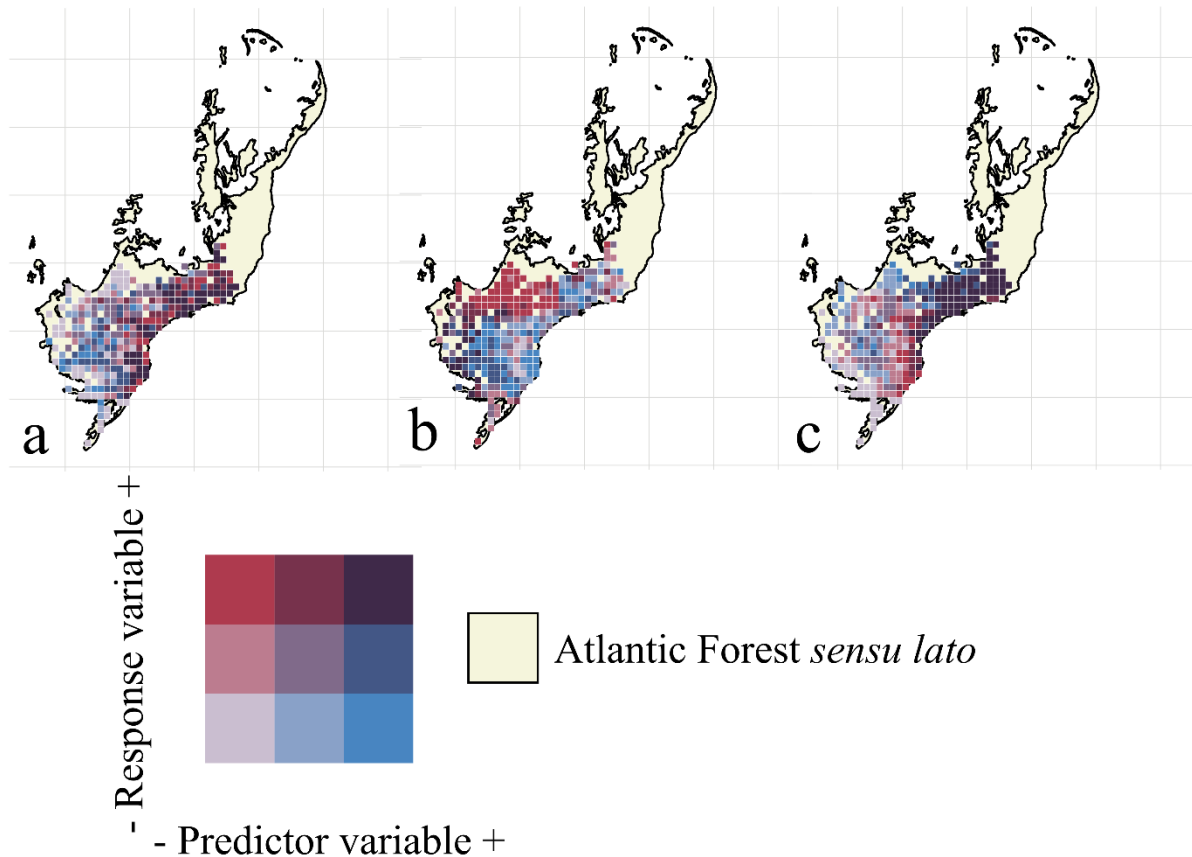
**Figure 14 - Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Southern Atlantic Forest sector.**



**Figure 12 - Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Atlantic Forest.** a = species richness and topographic heterogeneity; b = NRI and topographic heterogeneity; c = species richness and temperature seasonality; d = species richness and precipitation seasonality. When both variables increase the values together, we have purple grids; when an increase in the value of the predictor variable is accompanied by a decrease in the value of the response variable, we have light blue grids and the opposite relationship is represented by red grids.



**Figure 13 - Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Northern sector of the Atlantic Forest.** a = NRI and topographic heterogeneity; b = species richness and topographic heterogeneity; c = species richness and precipitation seasonality. When both variables increase the values together, we have purple grids; when an increase in the value of the predictor variable is accompanied by a decrease in the value of the response variable, we have light blue grids and the opposite relationship is represented by red grids.



**Figure 14 - Drivers of taxonomic and phylogenetic diversity in the Southern Atlantic Forest sector.** a = species richness and topographic heterogeneity; b = NRI and climate stability; c = species richness and precipitation in the wettest quarter. When both variables increase the values together, we have purple grids; when an increase in the value of the predictor variable is accompanied by a decrease in the value of the response variable, we have light blue grids and the opposite relationship is represented by red grids.

## References

BIVAND, R. et al. Spatial Dependence: Weighting Schemes, Statistics and Models - Package 'spdep'. 2018.

DORMANN, C. F. et al. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography*, v. 30, n. 5, p. 609–628, out. 2007.



## 8. CAPÍTULO II

**Título: Sinergias e *trade-offs* na conservação das facetas de biodiversidade de árvores e estoque de carbono da Floresta Atlântica**

**AUTORES:** Paulo Sérgio Monteiro Ferreira<sup>1</sup>; Fernando M. Resende<sup>2</sup>; Thiago Gonçalves-Souza<sup>3</sup>; Maria Jesus Nogueira Rodal<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia Funcional de Plantas, Universidade Federal do Ceará – UFC

<sup>2</sup> Lab. de Ecologia Evolutiva e Biodiversidade, Departamento de Genética, Ecologia e Evolução/ICB, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brazil

<sup>3</sup> Departamento de Biologia, Laboratório de Síntese Ecológica e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

**Resumo:**

Quanto menos resta da biodiversidade dos ecossistemas naturais, mais difícil fica escolher onde direcionar os escassos fundos para a sua conservação. Tradicionalmente, a delimitação de áreas de preservação tem sido baseada em valores de diversidade de espécies, que pode desconsiderar outras facetas de biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. A Floresta Atlântica é um exemplo de *hotspot* de biodiversidade altamente fragmentado e pouco protegido, cujas iniciativas de conservação precisam ser muito bem embasadas, custo efetivas e com múltiplos objetivos. Nós investigamos a eficiência do atual sistema de reservas da Floresta Atlântica em preservar riqueza taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético; além do estoque de carbono acima e no solo que são propriedades importantes para avaliação do serviço ecossistêmico de regulação climática. Adicionalmente, identificamos expansões que poderiam ser acrescentadas via Planejamento Sistemático de Conservação (*Systematic Conservation Planning* – SCP), através do programa Zonation. Descobrimos que as áreas de proteção atuais são bastante eficientes em preservar biodiversidade e estoque de carbono, a única exceção é a representação de diversidade filogenética nas mesmas. Uma expansão dos atuais 9,3% protegidos (segundo nosso recorte) para os 17% acordados pelo *Aichi Target 11* duplicaria a performance da conservação de biodiversidade e da estocagem de carbono. Independentemente da incongruência espacial entre biodiversidades e serviços ecossistêmicos, as soluções encontradas nos permitem identificar áreas de alto valor de preservação em diferentes arranjos espaciais, inclusive locais cuja expansão constitui propostas *win-win*.

**Palavras-chave:** Diversidade filogenética. Endemismo Filogenético. *Hotspot* de diversidade. Serviços Ecossistêmicos. Soluções *win-win*. *Systematic Conservation Planning*.

**Abstract:**

The fewer remains of the biodiversity of natural ecosystems, the more difficult it is to choose where to direct scarce funds for their conservation. Traditionally, the delimitation of conservation areas has been based on values of species diversity, which may disregard other aspects of biodiversity and ecosystem services. The Atlantic Forest is an example of a highly fragmented and poorly protected biodiversity hotspot, whose conservation initiatives need to be very well grounded, cost-effective, and with multiple objectives. We investigated the efficiency of the current Atlantic Forest reserve system in preserving taxonomic richness, taxonomic endemism, phylogenetic diversity, and phylogenetic endemism; in addition to the carbon stock above and in the ground, which are important properties for evaluating the ecosystem service of climate regulation. Additionally, we identified expansions that could be added via Systematic Conservation Planning (SCP), through the Zonation program. We found that the current protected areas are very efficient in preserving biodiversity and carbon stock, the only exception being the representation of phylogenetic diversity in them. An expansion from the current 9.3% protected (according to our cut) to the 17% suggested by Aichi Target 11 would double the performance of biodiversity conservation and ecosystem services. Regardless of the spatial inconsistency between biodiversity and carbon storage, the solutions found to allow us to identify areas of high preservation value in different spatial arrangements, including places whose expansion constitutes win-win proposals.

**Keywords:** Diversity Hotspot. Ecosystem Services. Phylogenetic diversity. Phylogenetic endemism. Systematic Conservation Planning. Win-win solutions.

## 8.1. Introdução

Vivemos em “tempos de triagem” (Rosauer e Mooers, 2013), devido às perdas de biodiversidade já ocorridas e ao período de extinção em massa que estamos entrando (Cadotte e Davies, 2016; Mittermeier *et al.*, 2004; Myers, Mittermeier, Russell A., *et al.*, 2000). Em face a essa realidade de crise e devido aos recursos limitados para a conservação da biodiversidade (Pardo *et al.*, 2017), as estratégias conservacionistas devem ser fundamentadas em bases sólidas (Winter, Devictor e Schweiger, 2013a; b), ser custo-efetivas (Eken *et al.*, 2006; Margules e Pressey, 2000) e, em conexão com as propostas mais atuais, visar principalmente a conservação de áreas mais diversas ao invés de espécies individuais (Eken *et al.*, 2006; Winter, Devictor e Schweiger, 2013a). Adicionalmente, o sucesso da conservação é dependente da sensibilização do público a respeito da sua dependência da natureza e seus benefícios associados (Schmidt e Seppelt, 2018).

No panorama de priorização de conservação, visando uma conservação mais eficiente, a manutenção da diversidade filogenética (*Phylogenetic Diversity* - PD), pode encaixar-se perfeitamente (Faith, 2015; Mouquet *et al.*, 2012; Rosauer e Mooers, 2013). Tucker *et al.* (2019) compilaram seis de argumentos (muitas vezes baseados na premissa de correlação entre as diversidades filogenética e funcional) que, demonstram diferentes maneiras que a conservação da história evolutiva pode ser considerada. Por exemplo, mesmo que a ancestralidade compartilhada não preveja a expressão de todos os atributos funcionais (Faith, 2015), ao se preservar a diversidade filogenética, preserva-se a *Árvore da Vida* (*Tree of Life* – ToL) (Rosauer e Mooers, 2013) e, por tanto, a história evolucionária (Winter, Devictor e Schweiger, 2013a). Evidências suportam que a diversidade filogenética é, em média, um substituto mais eficiente para a diversidade funcional do que escolhas baseadas em métodos que ignoram a informação evolutiva (Mazel *et al.*, 2017; Tucker *et al.*, 2019). Assim, a conservação de diversidade filogenética resguarda ao menos parte da diversidade funcional associada (Cadotte e Davies, 2016; Faith, 2015). No entanto, raramente a informação evolutiva é considerada em iniciativas de conservação (Mace e Purvis, 2008; Pollock *et al.*, 2015; Winter, Devictor e Schweiger, 2013a).

Os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como condições ou processos, promovidos pelos ecossistemas naturais e espécies que neles vivem, que permitem a sobrevivência humana nos mais variados aspectos (Daily *et al.*, 1997). A conservação dos mesmos também consta na definição original de áreas de proteção da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (Dudley, 2008). No entanto, o foco principal das iniciativas de conservação historicamente tem sido no componente da biodiversidade (Durán *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2017), o que leva à necessidade de testar se esse aspecto está sendo contemplado pelas intervenções conservacionistas (Naidoo *et al.*, 2008; Turner, Oppenheimer e Wilcove, 2009; Xu *et al.*, 2017).

Exemplificando um cenário de degradação extrema, temos a Floresta Atlântica, uma das maiores florestas úmidas das Américas (Ribeiro *et al.*, 2009) um dos *hottest hotspots*, que resguarda por volta de 8.000 plantas endêmicas (Myers, Mittermeier, Russell A, *et al.*, 2000). Estimativas baseadas em dados de satélite de alta resolução (5m), sugerem uma quantidade de remanescentes da floresta de em torno de 28% (32 milhões de hectares - Mha) (Rezende *et al.*, 2018). Essa proporção de remanescentes deveria ser bem maior (35%) se a Lei de Proteção da Vegetação Nativa do Brasil (Brasil, 2012; Brancalion *et al.*, 2016) fosse respeitada e não houvesse um débito legal de 5.237.804 ha de preservação de áreas ripárias (Rezende *et al.*, 2018).

O panorama da conservação da Floresta Atlântica está longe de ser o ideal. Dos 245.173 remanescentes, a maioria deles é pequena (<50 ha), está disposta de forma desconexa e cercado de bordas hostis, com apenas cerca 9% protegidos por reservas legais de proteção integral (Joly, Metzger e Tabarelli, 2014; Rezende *et al.*, 2018; Ribeiro *et al.*, 2009). Há dez anos, na *Convention on Biological Diversity* (CBD), foi proposta, entre outras metas, a de expansão das áreas de proteção ambiental (PAs) para atingir 17% de todos os ecossistemas terrestres, o *Aichi Target 11*. Ao final do período de vigência dessa proposta, esse objetivo foi apenas parcialmente atingido globalmente (Convention on Biological Diversity, 2020). Há uma "dívida" relativa à expansão das áreas de proteção que deveria ser cumprida antes de adentrarmos as propostas mais ambiciosas da década que se inicia (ex: Dinerstein *et al.*, 2019).

Precisamos nos debruçar sobre o dilema de como maximizar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos que poderiam ser preservados através de programas de conservação em larga escala. Toda essa problemática soma-se com o fato do Brasil ser um país que investe cada vez menos em ciência e, por consequência, na conservação da biodiversidade, além dos crescentes enfraquecimentos nas legislações de proteção ambiental (Fernandes *et al.*, 2017; Magnusson *et al.*, 2018). Ao mesmo tempo, é pertinente investigar se as áreas de conservação atuais contemplam outra faceta de diversidade além da taxonômica (Devictor *et al.*, 2010; Tucker *et al.*, 2017) e de serviços ecossistêmicos. A conservação da oferta desses serviços é imperativa num ecossistema como a Floresta Atlântica, lar de 72% da população brasileira e concentradora de 70% de seu Produto Interno Bruto (PIB) (SOS Mata Atlântica, <https://www.sosma.org.br/>).

No presente estudo investigamos a eficiência da atual rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica brasileiro em resguardar riqueza taxonômica e filogenética além do estoque de carbono na vegetação (abaixo e acima do solo). Adicionalmente, identificamos áreas prioritárias para expansão da atual rede de unidades de conservação que poderiam ser incorporadas através de Planejamento Sistemático de Conservação (*Systematic Conservation Planning* - SCP) (Margules e Pressey, 2000). O intuito desse trabalho é fornecer direções para planejadores e tomadores de decisão para maximizar os ganhos de conservação de biodiversidade e serviços ecossistêmicos em diferentes arranjos espaciais.

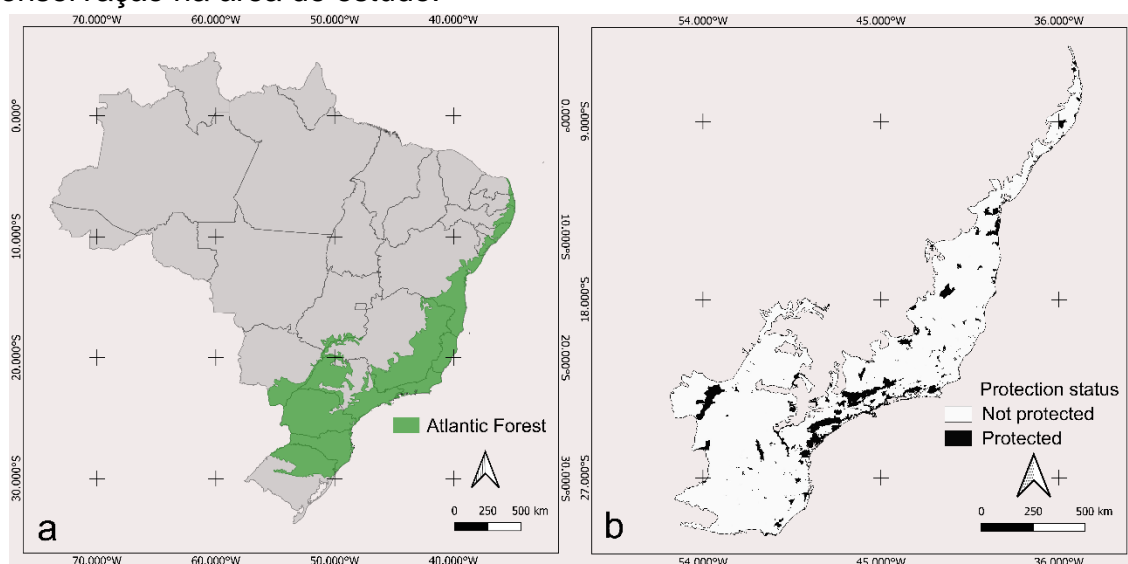
## 8.2. Material e Métodos

### Distribuição das espécies

Utilizamos a ocorrência de árvores da Floresta Atlântica (Figura 15a) proveniente da base de dados do NeoTropTree (NTT, <http://prof.icb.ufmg.br/treetatlan>). O NTT foi montado a partir de um extenso levantamento de *checklists* padronizados e organizados em áreas circulares de 5 km de raio. Cada site dessa base de dados contém informação da ocorrência de espécies arbóreas (linha de corte >3 m de altura), com a atribuição taxonômica e ocorrência geográfica checada por especialistas durante os últimos 25 anos. A base de dados

original contém 4.431 espécies pertencentes aos grupos de pteridófitas, gimnospermas e angiospermas, distribuídas em 1.755 áreas distribuídos pelo limite mais amplo da Floresta Atlântica.

**Figura 15** - Área de estudo e localização das unidades de conservação da Floresta Atlântica. a – extensão da Floresta Atlântica; b – distribuição das unidades de conservação na área de estudo.



Fonte: elaborada pelo autor.

Recortamos as ocorrências de plantas para o limite consensual da Floresta Atlântica proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004). Confirmamos a nomenclatura das espécies a partir dos sistemas de classificação mais atuais disponíveis (Carvalho, 2017). Excluimos espécies não reconhecidas em nenhuma das ferramentas de indexação taxonômica e raras (menos de 3 ocorrências), o que manteve 3.183 espécies para serem usadas nos procedimentos de priorização. Fizemos o recorte espacial com o pacote 'raster' (Hijmans, R. *et al.*, 2016) e a checagem taxonômica através das ferramentas disponíveis no pacote 'flora' (Carvalho, 2017) no programa R 3.5.1 (R Development Core Team, 2018).

### Árvore filogenética

Construímos uma árvore filogenética contendo as 3.183 espécies de plantas arbóreas da Floresta Atlântica para considerar a proteção da história evolutiva na rede de unidades de conservação (Figura Suplementar 20). Usamos a *megatree* ALLMB como base para construir a hipótese filogenética (Smith e Brown, 2018). A ALLMB conta com 356.305 taxa decorrentes do *GenBank* unidos aos da *Tree of Life*

versão 9.1 e *backbone* (três genes plastidiais de codificação de proteínas: *atpB*, *rbcL* e *matK*; e dois marcadores nucleares: 18S e 26S) proveniente de Magallón et al. (2015). Como o ALLMB não contém pteridófitas e gimnospermas, mesclamos a árvore filogenética das angiospermas com uma árvore que continha esses grupos. Seccionamos a filogenia das pteridófitas e gimnospermas da árvore *PhytoPhylo* (31.383 táxons), cenário 3 (que gera cenários homólogos aos do algoritmo BLADJ) (Qian e Jin, 2016). Essa *megatree* de plantas vasculares tem táxons da *The Plant List* versão 1.1 (TPL, [www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)), com datação de zonas genéticas disponíveis no GenBank (18S, 26S, ITS, *matK*, *rbcL*, *atpB* e *trnL-F*) e 39 calibrações fósseis (Zanne et al., 2014).

Inserimos espécies ausentes na *megatree* como politomias na base do gênero ou da família (quando *singletons*), obedecendo as relações de parentesco sugeridas pelo *Angiosperm Phylogeny Website* versão 14 (Stevens, 2001). Toda a manipulação das filogenias foi realizada através dos pacotes ‘ape’ (Paradis et al., 2018) e ‘phylotools’ (Zhang, 2017) no programa R (R Development Core Team, 2018).

## Índices de biodiversidade

Utilizamos quatro métricas para priorizarmos diferentes facetas de biodiversidade na conservação de árvores da Floresta Atlântica: riqueza taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético. Avaliamos a distribuição espacial da riqueza taxonômica sobrepondo as abrangências das espécies distribuídas por toda a extensão da área de estudo. Calculamos uma versão corrigida do endemismo taxonômico, para identificar as áreas com maior número de espécies com distribuição restrita considerando o efeito do esforço de amostragem (Williams e Humphries, 1994; Oliveira et al., 2017). Como índice de diversidade filogenética, usamos a versão padronizada do índice de PD clássico de Faith (Faith, 1994), que corrige o efeito da riqueza de espécies. O índice de diversidade filogenética soma o comprimento dos ramos e representa o valor em milhões de anos da história evolutiva em uma comunidade (Faith, 1994; Tucker et al., 2017). A lógica do índice de endemismo filogenético é semelhante à de endemismo taxonômico, no entanto ao invés de considerar a abrangência apenas dos *tips*, são consideradas as abrangências dos grupos irmãos e de toda a árvore filogenética



(Rosauer *et al.*, 2009). Criamos os mapas interpolados usando o método do vizinho mais próximo (Arun, 2013), com resolução de 5 km dos índices de biodiversidade com os pacotes ‘picante’ (Kembel *et al.*, 2018) e ‘raster’ (Hijmans *et al.*, 2016), no programa R (R Core Development Team, 2018); e as funções ‘*Weight Endemism*’ e ‘*Nni*’, do pacote BioDinamica (Oliveira *et al.*, 2019) na plataforma de modelagem ambiental Dinamica EGO 5.2.1 (Soares-Filho, Rodrigues e Follador, 2013).

## **Estoque de carbono**

Selecionamos como *proxy* para o serviço ecossistêmico de regulação do efeito estufa, o estoque de carbono no solo e acima do solo. A conservação de locais com alta concentração de carbono armazenada contribui para a redução das emissões de gases do efeito estufa (Englund *et al.*, 2017; Vasques *et al.*, 2017), portanto é um serviço ecossistêmico com importância global.

Para mapear o carbono no solo, utilizamos dados provenientes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (~ 1km x 1km; Embrapa, <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/>). Essa base de dados é fruto de levantamentos de dados bioclimáticos e modelagem matemática inferindo a quantidade de carbono de 0 a 30 cm de profundidade do solo (Vasques *et al.*, 2017). Para o carbono acima do solo, utilizamos a base de dados proposta por Englund *et al.* (2017), que consiste em um compilado de uma série de outros mapas da literatura científica considerando suas fragilidades e pontos fortes. Essa base projeta a quantidade de carbono armazenada na matéria orgânica (viva e morta) por tipo de vegetação do Brasil (~ 50m x 50m; Englund *et al.*, 2017, <https://www.imaflora.org/>). Em ambos os mapas de estoque de carbono os valores são representados em toneladas de Carbono por hectare (tC/ha).

## **Teste da eficiência da atual rede de unidades de conservação**

Consideramos os dados da atual rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica da base de dados disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente brasileiro (MMA) (<http://mapas.mma.gov.br/>). Consideramos nas análises as categorias “Proteção Integral” (mais restritiva para interferência humana) e “Uso Sustentável” (mais permissiva para a interferência humana). As unidades de

conservação pertencentes à categoria de “Proteção Integral” são correspondentes às categorias I a III da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), enquanto as de “Uso Sustentável” correspondem às categorias IV a VI da IUCN (<https://www.iucn.org/>).

Sobrepusemos o limite da Floresta Atlântica ao da rede de unidades de conservação para observarmos a porcentagem de cobertura do sistema de reservas, que foi de 9,3%. A resolução espacial utilizada no nosso estudo é de 5 km, nesse caso, para compatibilizarmos a cobertura da atual rede de unidades de conservação à resolução das células dos nossos *grids*, consideramos como protegidos apenas aqueles com uma área  $\geq 33\%$  coberta por unidade de conservação. Determinamos esse critério para evitar a superestimação da cobertura de unidades de conservação muito pequenas e manter a proporção de abrangência das mesmas similar à apontada pela sobreposição entre o limite da Floresta Atlântica e da rede de unidades de conservação. Através dessa abordagem, consideramos 4.254 células dos *grids* (9,3% do total de células) como protegidas (Figura 15b).

Para investigarmos se as células dos *grids* pertencentes à rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica contém mais biodiversidade e estoque de carbono do que o esperado ao acaso, usamos uma abordagem similar à aplicada por Devictor et al. (2010). Para isso, ranqueamos as células dos *grids* da mais para a menos diversa (no caso das facetas de biodiversidade) e da com mais para a com menos estoque de carbono. Testamos se 20% dos *grids* com mais biodiversidade e estoque de carbono estavam mais ou menos protegidos do que o esperado ao acaso, através de um processo de permutação, onde os *grids* protegidos foram redistribuídos e re-amostrados através de toda a extensão da Floresta Atlântica (1000 vezes). As permutações foram realizadas no programa estatístico R (R Core Development Team, 2018).

### **Priorização espacial**

Usamos o Zonation 4.0.0 (Moilanen *et al.*, 2014) como ferramenta de planejamento sistemático de conservação (Margules e Pressey, 2000) para propor expansões na rede atual de unidades de conservação. O Zonation fornece uma interface de ferramentas para a construção e resolução de problemas de

planejamento e conservação (Billionnet, 2013; Rodrigues et al, 2008) ao mesmo tempo que produz soluções custo-efetivas quando camadas de custos são levadas em conta (Moilanen *et al.*, 2014).

O Zonation executa a priorização através da remoção ordenada das células dos grids, iniciando com os de menor valor de conservação e terminando com os de maior valor. A escolha da regra de remoção constitui uma importante escolha, por influenciar na configuração espacial dos resultados (Moilanen et al., 2014). Usamos a Additive Benefit Function (ABF), como regra de remoção (Moilanen et al., 2014). A ABF seleciona as células em busca das que apresentam a maior ocorrência somada dos atributos de conservação (Moilanen et al., 2014). Portanto, as células dos grids com o menor valor somado das biodiversidades ou do estoque de carbono foram excluídas primeiro na priorização.

Para produzir soluções pouco fragmentadas, nossas priorizações tentam aumentar a agregação das soluções, visto que os remanescentes da Floresta Atlântica se encontram dispersos num sistema desconexo de ilhas de vegetação (Joly, Metzger e Tabarelli, 2014; Rezende et al., 2018; Ribeiro et al., 2009). A fragmentação é uma característica indesejada em qualquer sistema de reservas, uma vez que a persistência das espécies é pequena em manchas isoladas além de ser financeiramente ineficiente (Moilanen et al., 2014). Favorecemos a agregação espacial das soluções através da imposição de *Boundary Length Penalties* (BLP) (Moilanen et al., 2014).

Identificamos áreas prioritárias de maneira independente para a biodiversidade e o estoque de carbono. Em ambas as priorizações, inserimos as áreas de preservação pré-existentes na Floresta Atlântica (MMA, 2017) e especificamos que elas deveriam ser selecionadas na solução final. Esse procedimento gera soluções subótimas por forçar a seleção de locais de menor qualidade (Moilanen et al., 2014), mas ao mesmo tempo permite a expansão das reservas para locais mais adequados, aumentando sua eficiência. Na priorização da biodiversidade usamos quatro rasters representando cada um dos atributos de conservação (riqueza taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético), na de estoque de carbono usamos dois, representando o estoque de carbono no solo e acima do solo separadamente.

Atribuimos a todos os atributos de conservação (de biodiversidade e de estoque de carbono) pesos iguais e executamos a priorização separadamente o que gerou soluções individualizadas de conservação de biodiversidade e de estoque de carbono, que podem ser usadas em propostas personalizadas.

Investigamos as consequências de guiar a seleção de áreas prioritárias à conservação evitando ou não locais de maior influência antrópica. Usamos a distribuição espacial da pegada humana (~1 km x 1 km; *human FOOTPRINT* v 2.0, WCS e University, 2005) como camada de custo (com peso negativo na priorização) para guiar a priorização, penalizando locais cuja conservação seria mais cara e ineficiente (Watson et al., 2011). A pegada humana expressa a porcentagem relativa de influência humana em cada ecossistema terrestre mundial e varia de 0 (mais selvagem) a 100 (mais antropizado). Usando essa abordagem, os locais com maior impacto da influência humana, foram penalizados, sendo removidos primeiro no procedimento de priorização. Para avaliar o efeito de como a pegada humana afeta a performance da priorização, criamos dois cenários alternativos, um para a priorização de biodiversidade e outro para o estoque de carbono. Ambos apresentam parâmetros idênticos à priorização original, mas desconsideram o efeito da pegada humana.

### **Congruência espacial entre as priorizações**

Testamos a congruência espacial entre as priorizações de biodiversidades e de estoque de carbono através de dois procedimentos: (i) calculando a correlação de Pearson entre os resultados dos procedimentos de priorização do Zonation e (ii) da sobreposição espacial desses resultados. Através da correlação entre as priorizações, avaliamos o padrão geral da relação entre biodiversidade e estoque de carbono e com a sobreposição, visualizamos a configuração espacial dos locais onde há concordâncias e divergências entre as priorizações.

## **8.3. Resultados**

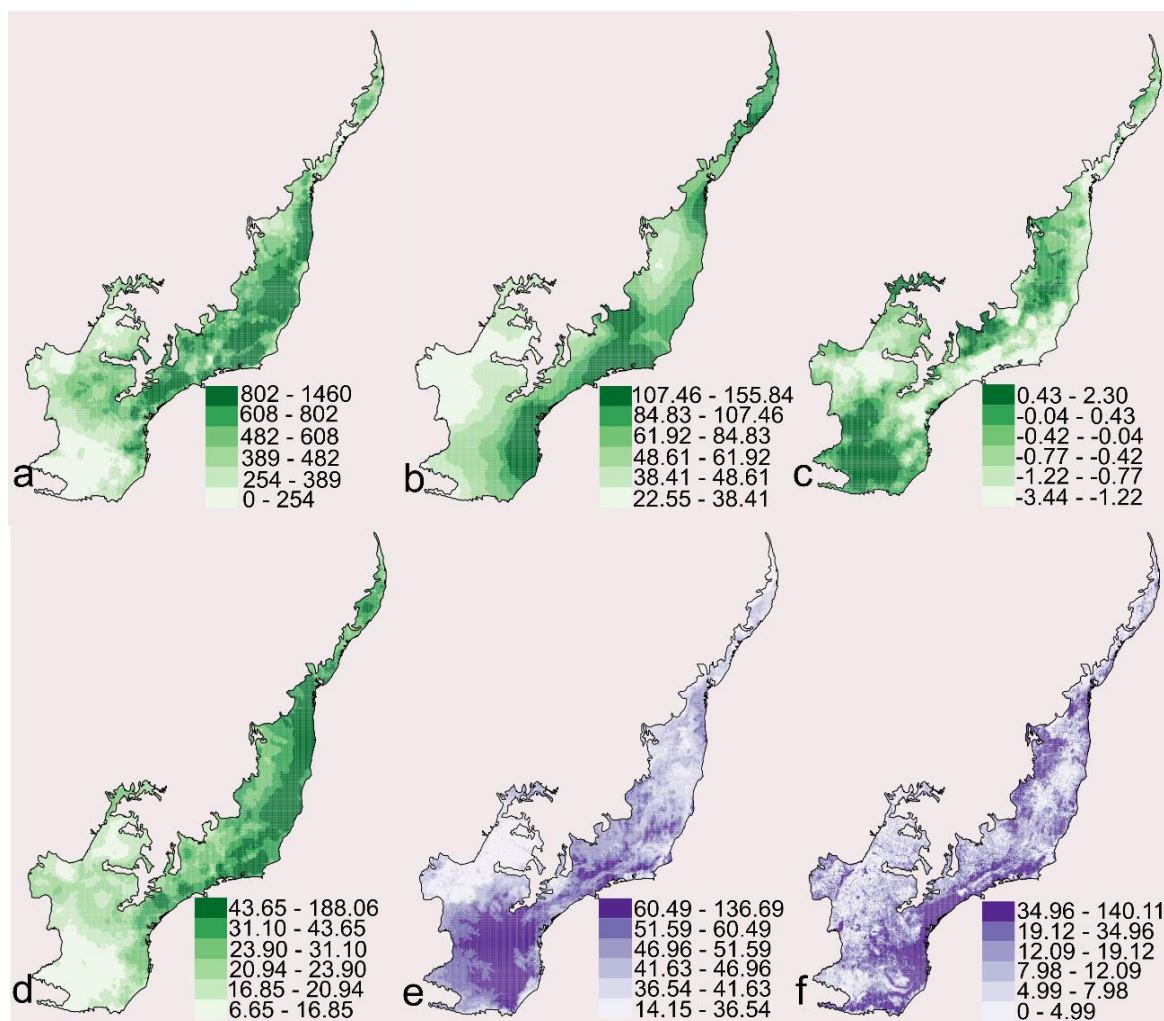
### **Distribuição espacial da biodiversidade e estoque de carbono**

As facetas de diversidade de árvores da floresta, em sua maioria, tendem a formar um gradiente de aumento na direção ao leste, com exceção da diversidade

filogenética (Figura 16a-d). Iniciativas de conservação que considerem apenas a riqueza taxonômica de árvores, provavelmente contemplarão também áreas com boa parte do endemismo taxonômico e alto endemismo filogenético, mas pouca diversidade filogenética, visto que a diversidade filogenética é correlacionada negativamente com as demais biodiversidades (Tabela 4).

Diferentemente da maioria das facetas de biodiversidade, o estoque de carbono da Floresta Atlântica tende a ter maior concentração em direção à porção sul da região (Figura 16 e-f). O estoque de carbono no solo forma um grande aglomerado, enquanto o estoque de carbono acima do solo estende-se principalmente à sudeste (Figura 16e,f). Os estoques de carbono abaixo e acima do solo tem uma baixa correlação entre si e com as biodiversidades (Tabela 4).

**Figura 16** – Distribuição dos índices de biodiversidade de árvores e do estoque de carbono no solo e acima do solo pela extensão da Floresta Atlântica. a – riqueza taxonômica; b – endemismo taxonômico; c – diversidade filogenética; d – endemismo filogenético; e – estoque de carbono no solo (tC/ha); f – estoque de carbono acima do solo (tC/ha).



Fonte: elaborada pelo autor.

**Tabela 4** – Correlação produto-momento de Pearson ( $\rho$ ) entre as facetas de biodiversidade de árvores e do estoque de carbono acima e abaixo do solo da Floresta Atlântica.

	RT	ET	DF	EF	CS	CA
RT	-	-	-	-	-	-
ET	0.42	-	-	-	-	-
DF	-0.34	-0.28	-	-	-	-
EF	0.78	0.46	-0.37	-	-	-
CS	-0.05	0.30	0.18	-0.15	-	-
CA	0.16	0.36	-0.12	0.12	0.29	-

RT – Riqueza Taxonômica; EF – Endemismo Taxonômico; DF – Diversidade Filogenética; EF – Endemismo Filogenético; CS – Carbono no solo; CA – Carbono acima do solo. Todos os coeficientes de correlação foram significativos  $p < 0.001$ .

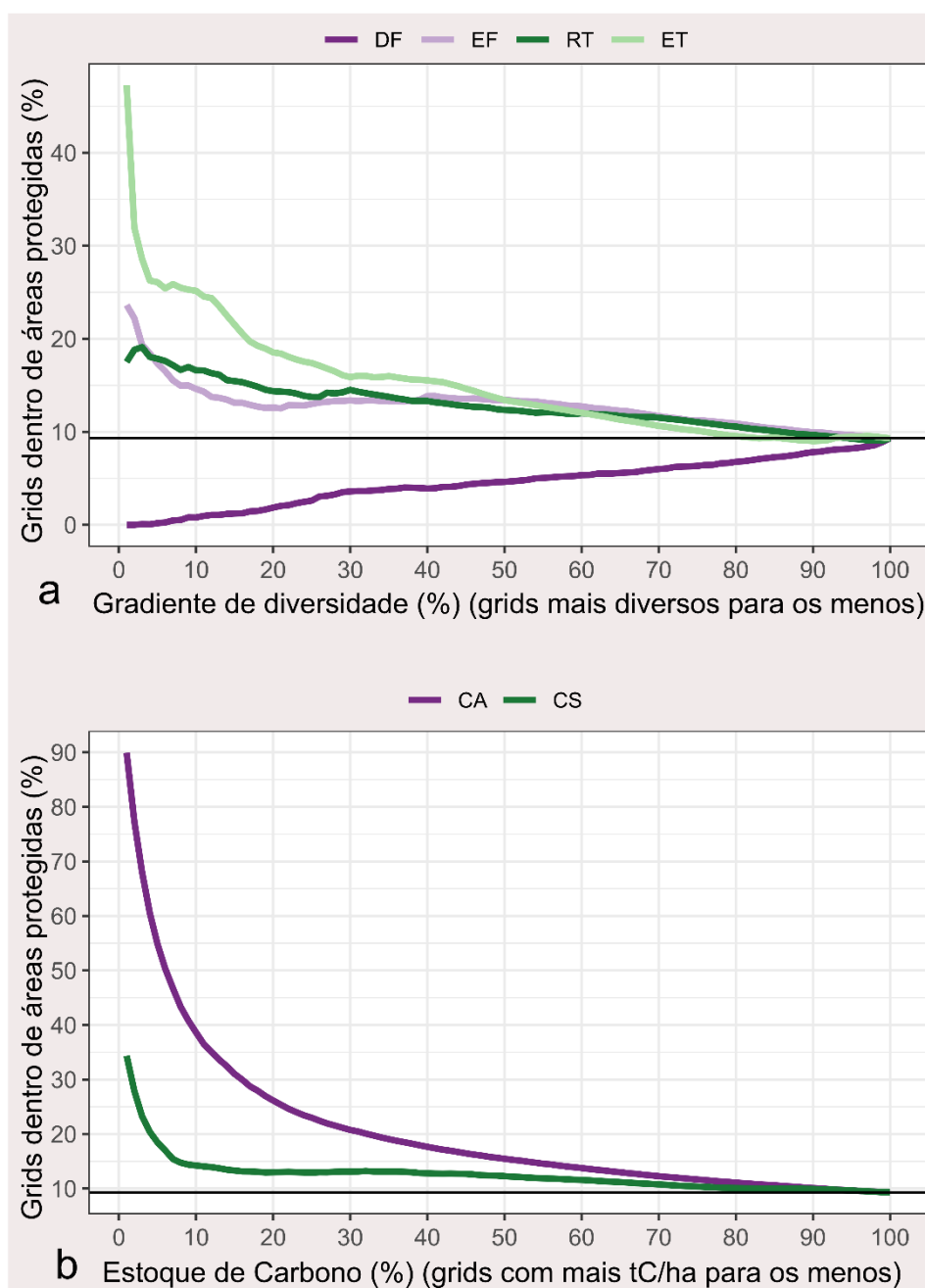
Fonte: elaborada pelo autor

### **Eficiência da atual rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica**

As unidades de conservação da Floresta Atlântica são mais eficientes em representar a riqueza taxonômica e o endemismo taxonômico e endemismo filogenético do que o esperado ao acaso (Figura 17a). No entanto, o sistema de reservas atual é menos eficiente para diversidade filogenética do que se escolhêssemos áreas para serem protegidas de forma aleatória (Figura 17a).

O estoque de carbono, tanto no solo quanto acima do solo estão bem representados na rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica, as células dos *grids* protegidos estão no topo dos valores de toneladas de carbono acumulados por hectare, com os melhores resultados para o carbono acima do solo (Figura 17b).

**Figura 17** – Eficiência do sistema de reservas atual da Floresta Atlântica em resguardar biodiversidade (diversidade taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e estoque de carbono abaixo e acima do solo. a – proteção da biodiversidade; b – proteção do estoque de carbono. A linha preta horizontal representa a proporção de extensão territorial da Floresta Atlântica contemplada por áreas de proteção, 9.3% (só foram considerados protegidos as células dos *grids* com  $\geq 33\%$  de sua área cobertos por unidades de conservação). DF – Diversidade Filogenética, EF – Endemismo Filogenético, RT – Riqueza Taxonômica, ET – Endemismo Filogenético, CA - Carbono acima do solo, CS - Carbono no solo.



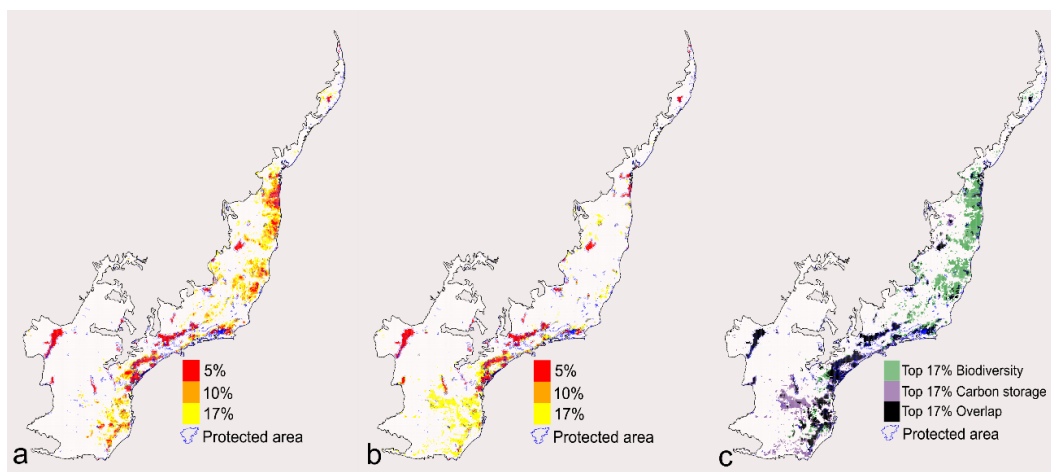
Fonte: elaborada pelo autor.



## Priorizações de conservação

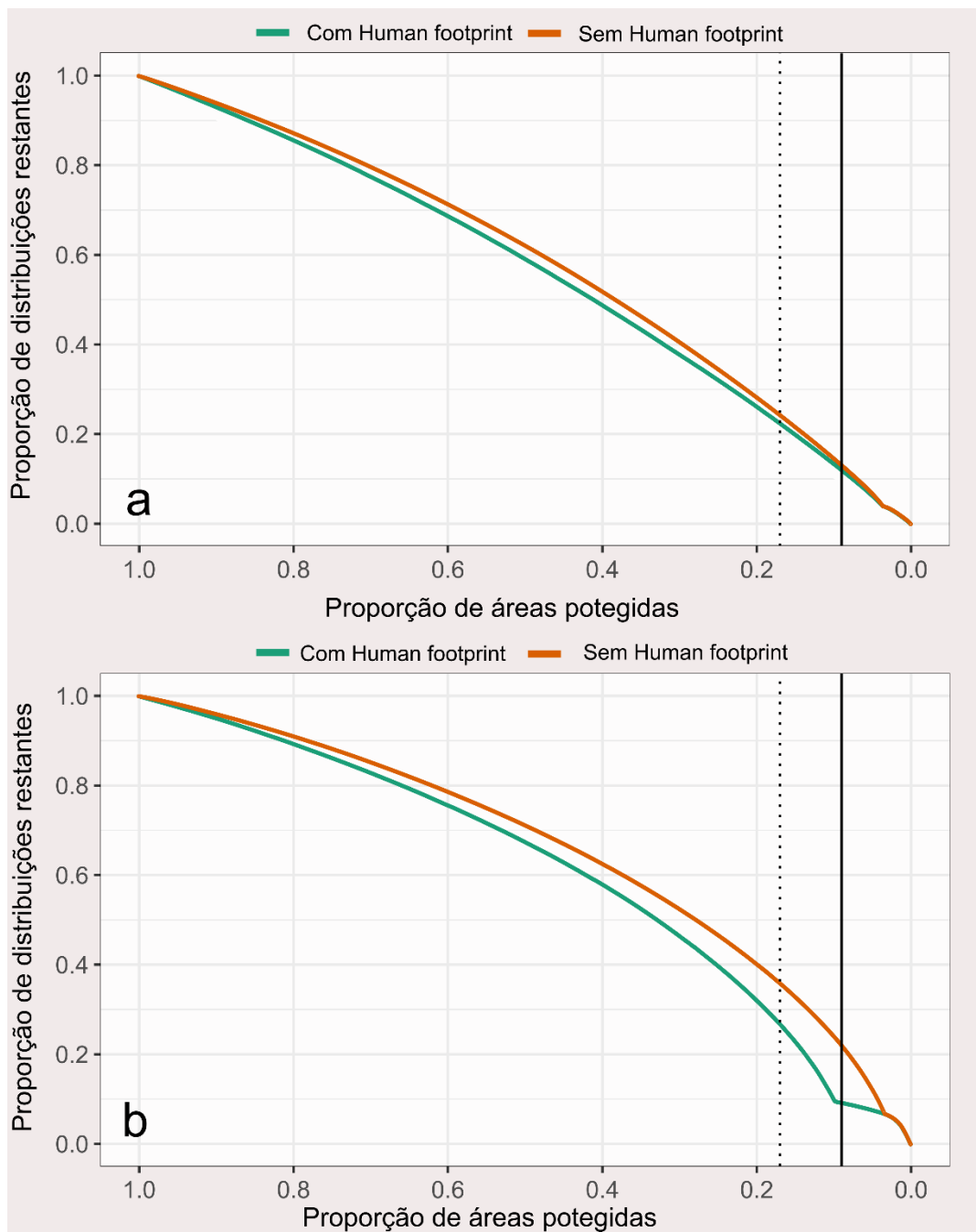
A priorização voltada a conservação da biodiversidade de árvores da Floresta Atlântica seleciona, preferencialmente, um grande corredor que se estende de Norte a Sul, na porção mais ao Leste, sendo interrompido pelos centros urbanos (Figura 18a). Quando o *Human footprint* não foi considerado na priorização, boa parte do padrão geral se mantém (correlação  $\rho = 78\%$ ,  $p < 0.001$ ), mas de forma mais gradual (Figura Suplementar 21a). As curvas de performance demonstram que um aumento das áreas de proteção atuais, de 9.3% para 17%, duplicaria a biodiversidade protegida, tanto para cenários de priorização com ou sem a consideração do *Human footprint* (Figura 19a).

**Figura 18** – O top 17% das priorizações selecionadas pelo Zonation para a conservação de biodiversidade (riqueza taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e de estoque de carbono acima e abaixo do solo da Floresta Atlântica. a – biodiversidade; b – estoque de carbono; c – sobreposição entre as priorizações. Na figura c, os grids verdes representam áreas de maior interesse para a conservação de biodiversidade, os lilases, áreas de conservação de estoque de carbono abaixo e acima do solo e os pretos representam áreas que são, ao mesmo tempo, de maior importância para a preservação de biodiversidade e do estoque de carbono.



Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 19** – Curvas de performance das priorizações para a conservação de biodiversidade (riqueza de espécies, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e de estoque de carbono abaixo e acima do solo da Floresta Atlântica. a – biodiversidade; b – estoque de carbono acima e abaixo do solo. A linha preta contínua vertical representa a proporção atual da rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica de 9.3%. A linha pontilhada representa a proporção de 17%.



Fonte: elaborada pelo autor.

Promover a conservação do estoque de carbono levaria a soluções mais voltadas ao sul e sudeste da Floresta Atlântica (Figura 4b). A consideração do *Human Footprint* altera expressivamente o resultado da priorização da conservação do

estoque de carbono (correlação  $\rho = 48\%$ ,  $p < 0.001$ ) (Figura Suplementar 21b), o que mostra uma perda considerável de eficiência quando consideramos a ação humana no procedimento de priorização. De forma similar à priorização da biodiversidade, um incremento para alcançar 17% de unidades de conservação na Floresta Atlântica, duplicaria a proteção do estoque de carbono abaixo e acima do solo (Figura 19b).

### **Congruência das priorizações**

Os resultados das priorizações de biodiversidade e estoque de carbono mostraram sinergias consideráveis ( $\rho = 63\%$ ,  $p < 0.001$ ). A sobreposição das priorizações revelou que iniciativas que visem o benefício mútuo de biodiversidade e serviços ecossistêmicos devem focar especialmente no entorno de áreas já protegidas na porção sudeste do ecossistema (Figura 18c). Objetivos de conservação focados apenas em biodiversidade, devem se concentrar, principalmente, em áreas na porção central ao leste da Floresta Atlântica (Figura 18c). Já a seleção de áreas de preservação que visem a proteção do estoque de carbono, independentemente da biodiversidade de árvores, podem se concentrar no extremo sul da Floresta Atlântica (Fig. 4c). Quando não consideramos o efeito do *Human footprint* a concordância das priorizações cai quase pela metade (correlação  $\rho = 33\%$ ,  $p < 0.001$ ) e as soluções se tornam mais espacialmente discretas e contínuas (Figura Suplementar 21c).

### **8.4. Discussão**

Nossos resultados mostram que: (i) a métrica tradicional da riqueza taxonômica é bastante concordante espacialmente com os endemismos taxonômico e filogenético, mas não é um bom *proxy* para a diversidade filogenética de árvores no planejamento sistemático de conservação da Floresta Atlântica; (ii) o estoque de carbono no solo e acima do solo não são bem representados por procedimentos de priorização voltados exclusivamente às facetas de biodiversidade; (iii) as áreas de proteção atuais da Floresta Atlântica são eficientes em resguardar biodiversidade de árvores e o estoque de carbono, a única exceção é a diversidade filogenética; (iv) a expansão do sistema de reservas, guiada pelo planejamento sistemático de conservação, pode duplicar a biodiversidade média e o estoque de carbono protegidos na Floresta Atlântica.

As correlações que encontramos, mostram que propostas de conservação voltadas apenas para riqueza taxonômica podem ter uma boa representação de espécies e clados de ocorrência geograficamente restrita (endemismo taxonômico e endemismo filogenético, respectivamente), mas excluem as linhagens de árvores mais antigas (diversidade filogenética). Os gradientes de riqueza taxonômica que encontramos são bastante similares aos encontrados em outras propostas de conservação da Floresta Atlântica, tanto para plantas lenhosas (Zwiener *et al.*, 2017), anfíbios (Campos *et al.*, 2017), aves (Vale *et al.*, 2018) e variados grupos taxonômicos (Brown *et al.*, 2020). Os *hotspots* de endemismo taxonômico também são condizentes com grupos endêmicos de Myrtaceae (Murray-Smith *et al.*, 2009) e aves (Vale *et al.*, 2018), além do endemismo filogenético ser similar ao de várias taxa (Brown *et al.*, 2020) e ao endemismo filogeográfico de diversos grupos de vertebrados (anfíbios, aves e répteis) (Carnaval *et al.*, 2014). As plantas arbóreas parecem constituir um bom *proxy* para a conservação de outros grupos taxonômicos da Floresta Atlântica.

O índice de diversidade filogenética forma o padrão de diversidade de árvores que mais destoa dos demais, mas ainda se assemelha ao encontrado para aves (Vale *et al.*, 2018). Devemos tomar cuidado com correlações espúrias quando investigamos as sinergias entre as facetas de biodiversidade, especialmente em propostas de conservação (ver: Pardo *et al.*, 2017). É provável que nosso padrão de diversidade filogenética tenha sido pouco correlacionado ao de riqueza taxonômica, por termos usado uma versão padronizada do índice (*ses.PD*), que corrige o efeito da riqueza de espécies (Kembel *et al.*, 2018), assim como fizeram Vale *et al.* (2018).

Os padrões de biodiversidade que avaliamos foram pouco concordantes com os de estoque de carbono ( $\leq 36\%$ ), o que é à primeira vista, contra intuitivo, uma vez que, os serviços ecossistêmicos de regulação (como o estoque de carbono), tendem a ter uma maior correlação com a biodiversidade do que os de provisão, por exemplo (Cimon-Morin, Darveau e Poulin, 2013; Naidoo *et al.*, 2008). Adicionalmente, estudos globais sugerem uma grande concordância entre múltiplos tipos de serviços ecossistêmicos e maior biodiversidade, especialmente em florestas tropicais (Turner *et al.*, 2007). Especificamente, Strassburg *et al.* (2010) demonstraram que a correlação mais forte entre o carbono abaixo e acima do solo com a riqueza de espécies de mamíferos, anfíbios e aves através do planeta, se dá nas florestas tropicais.

A relação biodiversidade e serviços ecossistêmicos parece ser escala e contexto dependente. Diferentes estudos chegaram a resultados discordantes ao investigarem escalas mais locais em outras florestas através do globo, enquanto alguns sugerem a ausência de relação consistente entre maior riqueza de espécies e estoque de carbono (Anderson *et al.*, 2009; Nelson *et al.*, 2008; Paoli *et al.*, 2010), outros, mais recentes, apontam para uma relação positiva entre a riqueza taxonômica e o estoque de carbono acima do solo (Cavanaugh *et al.*, 2014; Poorter *et al.*, 2015; Sullivan *et al.*, 2017). Contribuindo com essa complexidade, mesmo dentro de uma região creditada como *win-win*, como uma floresta tropical, pode haver regiões de *trade-offs* entre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Naidoo *et al.*, 2008), como encontramos no *hotspot* da Floresta Atlântica.

A alta eficiência que encontramos no sistema de reservas da Floresta Atlântica em resguardar a biodiversidade e o estoque de carbono é animadora. Sabe-se que, historicamente, as decisões que guiaram a criação de unidades de conservação (UCs) raramente são baseadas em critérios científicos (Watson *et al.*, 2011). Através do globo, as UCs estão distribuídas, principalmente, em locais de baixo interesse financeiro por serem altos, escarpados e longe de cidades e rodovias, o que gera preocupação sobre sua eficiência na prevenção da perda da biodiversidade (Joppa e Pfaff, 2009). Nossos resultados sugerem que a rede de unidades de conservação atual da Floresta Atlântica é eficiente em conservar boa parte da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos investigados, excetuando apenas a diversidade filogenética. Uma pesquisa realizada com plantas ameaçadas de extinção em escala nacional, também aponta para uma boa cobertura das áreas de proteção, com 61% das espécies ameaçadas com ocorrência documentada dentro das UCs da Floresta Atlântica (Ribeiro *et al.*, 2018).

Encontramos um nível de eficiência na conservação de biodiversidade que é, em sua maioria, oposto ao que foi encontrado por Oliveira *et al.* (2017) ao investigarem os *gaps* de conhecimento sobre a conservação da biodiversidade (artrópodes, vertebrados e angiospermas) em todo o território do Brasil. Os mesmos apontaram que a maior riqueza taxonômica, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético estaria fora das unidades de conservação, o que sugeriu uma grande ineficiência das reservas em resguardar todas as facetas de biodiversidade. Fonseca e Venticinque (2018), no entanto, apontam um conjunto de

advertências e fragilidades que devem ser levados em conta ao interpretar os resultados de Oliveira et al (2017), especialmente por subestimarem a desproporcional alta diversidade dentro do sistema de reservas apesar da baixa cobertura espacial.

Apesar das UCs da Floresta Atlântica não terem sido designadas especificamente para proteger o estoque de carbono e da baixa correlação desse serviço com as facetas de biodiversidade testadas, a configuração atual é bastante eficiente em conservar esse serviço. Como esperado, as maiores quantidades de armazenamento de carbono acima do solo estão em locais onde os instrumentos legais proíbem a retirada de madeira (Lima *et al.*, 2020; Strassburg *et al.*, 2010). Não fomos capazes de encontrar outros trabalhos que testaram a eficiência da rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica em relação à proteção do estoque de carbono ou de outros serviços ecossistêmicos. No entanto, um estudo recente de Lima et al. (2020) dá pistas de como as áreas de Proteção Integral (categoria mais restritiva de proteção), especialmente as maiores, são as mais importantes em prevenir a erosão da biodiversidade e da biomassa nesse *hotspot*.

A Floresta Atlântica concentra um dos maiores estoques de carbono no solo e acima do solo do Brasil, ficando atrás apenas do domínio Amazônico. As florestas tropicais são, ao mesmo tempo, as maiores reservas de biodiversidade e de carbono do mundo (Lima *et al.*, 2020), contudo, a forma que se dá o arranjo espacial das duas é uma importante questão de investigação (Cavanaugh *et al.*, 2014; Poorter *et al.*, 2015; Sullivan *et al.*, 2017). Uma maior concordância espacial entre maior biodiversidade e maior oferta de serviços ecossistêmicos representaria a chance de alcançar as estratégias *win-win* (Poorter *et al.*, 2015; Turner *et al.*, 2007).

Por ser um ecossistema extremamente fragmentado (Rezende *et al.*, 2018), na Floresta Atlântica, pequenos remanescentes de alto valor de biodiversidade e de estoque de carbono estão cercados por uma matriz de baixa biodiversidade e de carbono (Strassburg *et al.*, 2010). É necessário que tracemos estratégias eficientes de ampliação das áreas de proteção já existentes, especialmente as de Proteção Integral, de acesso mais restrito, visto que são as que mais impedem a erosão da biodiversidade e da biomassa na Floresta Atlântica (Lima *et al.*, 2020).

Uma expansão dos 9.3% para 17% de cobertura de áreas de proteção, proposta no *Aichi Target 11* (CBD 2010), mesmo que defasado, duplicaria a eficiência da rede de unidades de conservação da Floresta Atlântica em resguardar biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Resta muito pouco desse ecossistema, tão pouco que se considerássemos os novos objetivos de conservação propostos pela *Global Deal for Nature - GDN* (Dinerstein *et al.*, 2019) para a década atual, de conservar 30% dos ecossistemas até 2030, extrapolaríamos a proporção de remanescentes da Floresta Atlântica, que é por volta de 28% (Rezende *et al.*, 2018).

Apesar dos padrões de biodiversidade que consideramos serem pouco correlacionados aos do estoque de carbono, a plasticidade das soluções subótimas geradas pela imposição da consideração das áreas de proteção já existentes durante a priorização, revelou locais de benefício mútuo (estratégias *win-win*) através da expansão das reservas. Favorecemos a flexibilidade no nosso procedimento de priorização através da proposição de soluções alternativas (Watson *et al.*, 2011). Tomadores de decisão com aspirações específicas podem escolher diferentes arranjos espaciais das *top* áreas de biodiversidade e estoque de carbono. Vários estudos em larga escala também demonstraram que, apesar das incongruências entre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, a consideração explícita de ambos durante os procedimentos de planejamento sistemático de conservação, permite a criação de soluções alternativas que contemplam ambos (Girardello *et al.*, 2019; Larsen, Londoño-Murcia e Turner, 2011; Thomas *et al.*, 2013).

## 8.5. Conclusões

O sistema de reservas da Floresta Atlântica mostrou-se eficiente em proteger a maior parte da diversidade de plantas arbóreas e do estoque de carbono, apesar de sua baixa representação espacial em relação à proporção original do ecossistema. Somada a essa eficiência, perspectivas animadoras vêm da possibilidade de duplicar a performance das áreas de proteção em proteger a biodiversidade e serviços ecossistêmicos com uma ampliação de menos de 8%, como acordado pelo *Aichi Target 11*.

Recomendamos que iniciativas que visam conservar outros *hotspots* de biodiversidade, como o da Floresta Atlântica, devem concentrar-se em propostas que

visem conectividade e expansão das UCs já existentes através de Planejamento Sistemático de Conservação considerado biodiversidade e serviços ecossistêmicos de forma explícita. Independentemente das incongruências espaciais entre ambos, o SPC fornece ferramentas que permitem encontrar diferentes arranjos de situações *win-win*, permitindo a tomada de decisões personalizadas adaptadas à realidade de cada local.

### Referências

- ANDERSON, B. J. *et al.* Spatial covariance between biodiversity and other ecosystem service priorities. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 4, p. 888–896, 2009.
- ARUN, P. V. A comparative analysis of different DEM interpolation methods. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 16, n. 2, p. 133–139, dez. 2013.
- BILLIONNET, A. Mathematical optimization ideas for biodiversity conservation. **European Journal of Operational Research**, v. 231, n. 3, p. 514–534, 2013.
- BRANCALION, P. H. S. *et al.* A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): Updates and ongoing initiatives. **Natureza e Conservação**, v. 14, p. 1–15, 2016.
- BRASIL. **Lei de Proteção da Vegetação Nativa**, 2012.
- BROWN, J. L. *et al.* Seeing the forest through many trees: Multi-taxon patterns of phylogenetic diversity in the Atlantic Forest hotspot. **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 9, p. 1160–1176, 2020.
- CADOTTE, M. W.; DAVIES, T. J. **Phylogenies in Ecology**. [s.l.] Princeton University Press, 2016.
- CAMPOS, F. S. *et al.* Cost-effective conservation of amphibian ecology and evolution. **Science Advances**, v. 3, n. 6, p. 1–10, 2017.
- CARNAVAL, A. C. *et al.* Prediction of phylogeographic endemism in an environmentally complex biome. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1792, p. 20141461, 7 out. 2014.
- CARVALHO, G. Package ‘flora’: Tools for Interacting with the Brazilian Flora 2020. **Cran-R**, 2017.
- CAVANAUGH, K. C. *et al.* Carbon storage in tropical forests correlates with taxonomic diversity and functional dominance on a global scale. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 5, p. 563–573, 2014.



CIMON-MORIN, J. Ô.; DARVEAU, M.; POULIN, M. Fostering synergies between ecosystem services and biodiversity in conservation planning: A review. **Biological Conservation**, v. 166, p. 144–154, 2013.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Global Biodiversity Outlook 5 Summary**. Montreal, 2020

DAILY, G. C. (ED.). **Nature's services : societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997.

DEVICTOR, V. *et al.* Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: The need for integrative conservation strategies in a changing world. **Ecology Letters**, v. 13, n. 8, p. 1030–1040, 2010.

DINERSTEIN, E. *et al.* A Global Deal for Nature: Guiding principles, milestones, and targets. **Science Advances**, v. 5, n. 4, p. 1–18, 2019.

DUDLEY, N. **Guidelines for applying protected area management categories**. [s.l.] IUCN, 2008.

DURÁN, A. P. *et al.* Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. 1–8, 2013.

EKEN, G. *et al.* Key Biodiversity Areas as Site Conservation Targets. **BioScience**, v. 54, n. 12, p. 1110–1118, 2006.

ENGLUND, O. *et al.* A new high-resolution nationwide aboveground carbon map for Brazil. **Geo: Geography and Environment**, v. 4, n. 2, p. 1–12, 2017.

FAITH, D. P. Phylogenetic pattern and the quantification of organismal biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 345, p. 45–58, 1994.

FAITH, D. P. Phylogenetic diversity, functional trait diversity and extinction: avoiding tipping points and worst-case losses. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 370, p. 20140011, 5 jan. 2015.

FERNANDES, G. W. *et al.* Dismantling Brazil's science threatens global biodiversity heritage. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p. 239–243, 2017.

FONSECA, C. R.; VENTICINQUE, E. M. Biodiversity conservation gaps in Brazil: A role for systematic conservation planning. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 2, p. 61–67, 2018.

GIRARDELLO, M. *et al.* Global synergies and trade-offs between multiple dimensions of biodiversity and ecosystem services. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2019.

HIJMANS, R. E. *et al.* Package 'raster'. **Cran-R**, 2016.

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2004.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459–473, nov. 2014.

JOPPA, L. N.; PFAFF, A. High and far: Biases in the location of protected areas. **PLoS ONE**, v. 4, n. 12, p. 1–6, 2009.

KEMBEL, S. W. *et al.* Package ‘picante’: Integrating Phylogenies and Ecology. **Cran-R**, p. 1–55, 2018.

LARSEN, F. W.; LONDOÑO-MURCIA, M. C.; TURNER, W. R. Global priorities for conservation of threatened species, carbon storage, and freshwater services: Scope for synergy? **Conservation Letters**, v. 4, n. 5, p. 355–363, 2011.

LIMA, R. A. F. *et al.* The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 6347, 11 dez. 2020.

MACE, G. M.; PURVIS, A. Evolutionary biology and practical conservation: Bridging a widening gap. **Molecular Ecology**, v. 17, n. 1, p. 9–19, 2008.

MAGALLÓN, S. *et al.* A metacalibrated time-tree documents the early rise of flowering plant phylogenetic diversity. **New Phytologist**, v. 207, n. 2, p. 437–453, jul. 2015.

MAGNUSSON, W. E. *et al.* Effects of Brazil’s political crisis on the science needed for biodiversity conservation. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, n. OCT, p. 1–5, 2018.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243–253, 2000.

MAZEL, F. *et al.* Conserving Phylogenetic Diversity Can Be a Poor Strategy for Conserving Functional Diversity. **Systematic Biology**, v. 66, n. 6, p. 1019–1027, 2017.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Hotspots revisited: Earth’s Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. 2. ed. [s.l.] Conservation International, 2004. v. 2.

MOILANEN, A.; POUZOLS, F.M.; MELLER, L.; VEACH, V.; ARPONEN, A.; LEPPÄNEN, J.; KUJALA, H. **Zonation Spatial Conservation Planning Framework and Software v. 4.0, User Manual**. Biodiversity Conservation Informatics Group, Department of Biosciences, University of Helsinki, Helsinki, 2014.

MOUQUET, N. *et al.* **Ecophylogenetics: advances and perspectives** **Biological Reviews**, nov. 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469->

185X.2012.00224.x>

MURRAY-SMITH, C. *et al.* Plant diversity hotspots in the Atlantic coastal forests of Brazil. **Conservation Biology**, v. 23, n. 1, p. 151–163, 2009.

MYERS, N.; MITTERMEIER, RUSSELL A; *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.

MYERS, N.; MITTERMEIER, RUSSELL A.; *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 24 fev. 2000.

NAIDOO, R. *et al.* Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 28, p. 9495–9500, 2008.

NELSON, E. *et al.* Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 28, p. 9471–9476, 2008.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **NeoTropTree-NTT**. Disponível em: <http://prof.icb.ufmg.br/treetatlan>. Acessado em 04 de Janeiro de 2017.

OLIVEIRA, U. *et al.* Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2017.

OLIVEIRA, U. *et al.* BioDinamica: A toolkit for analyses of biodiversity and biogeography on the Dinamica-EGO modelling platform. **PeerJ**, v. 2019, n. 7, 2019.

PAOLI, G. D. *et al.* Biodiversity Conservation in the REDD. **Carbon Balance and Management**, v. 5, p. 1–9, 2010.

PARADIS, E. *et al.* Package ‘ape’. **Cran-R**, 2018.

PARDO, I. *et al.* Spatial congruence between taxonomic, phylogenetic and functional hotspots: true pattern or methodological artefact? **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 2, p. 209–220, 2017.

POLLOCK, L. J. *et al.* Phylogenetic diversity meets conservation policy: Small areas are key to preserving eucalypt lineages. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 370, n. 1662, p. 1–10, 2015.

POORTER, L. *et al.* Diversity enhances carbon storage in tropical forests. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 11, p. 1314–1328, 2015.

QIAN, H.; JIN, Y. An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and an analysis of phylogenetic community structure. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 2, p. 233–239, abr. 2016.

R CORE DEVELOPMENT TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2018.

REZENDE, C. L. *et al.* From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018.

RIBEIRO, B. R. *et al.* The effectiveness of protected areas and indigenous lands in representing threatened plant species in Brazil. **Rodriguesia**, v. 69, n. 4, p. 1539–1546, 2018.

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

RODRIGUES, A. S.; ORESTES CERDEIRA, J.; GASTON, K. J. Flexibility, efficiency, and accountability: adapting reserve selection algorithms to more complex conservation problems. **Ecography**, v. 23, n. 5, p. 565–574, 28 jun. 2008.

ROSAUER, D. *et al.* Phylogenetic endemism: A new approach for identifying geographical concentrations of evolutionary history. **Molecular ecology**, v. 18, p. 4061–4072, 2009.

ROSAUER, D. F.; MOOERS, A. O. Nurturing the use of evolutionary diversity in nature conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 6, p. 322–323, jun. 2013.

SCHMIDT, S.; SEPPELT, R. Information content of global ecosystem service databases and their suitability for decision advice. **Ecosystem Services**, v. 32, n. October 2017, p. 22–40, 2018.

SMITH, S. A.; BROWN, J. W. Constructing a broadly inclusive seed plant phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 105, n. 3, p. 302–314, mar. 2018.

SOARES-FILHO, B.; RODRIGUES, H.; FOLLADOR, M. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. **Environmental Modelling & Software**, v. 43, p. 80–87, 2013.

STEVENS, P. F. **Angiosperm Phylogeny Website**. Disponível em: <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems. **Conservation Letters**, v. 3, n. 2, p. 98–105, 2010.

SULLIVAN, M. J. P. *et al.* Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. **Scientific Reports**, v. 7, n. January, p. 1–12, 2017.

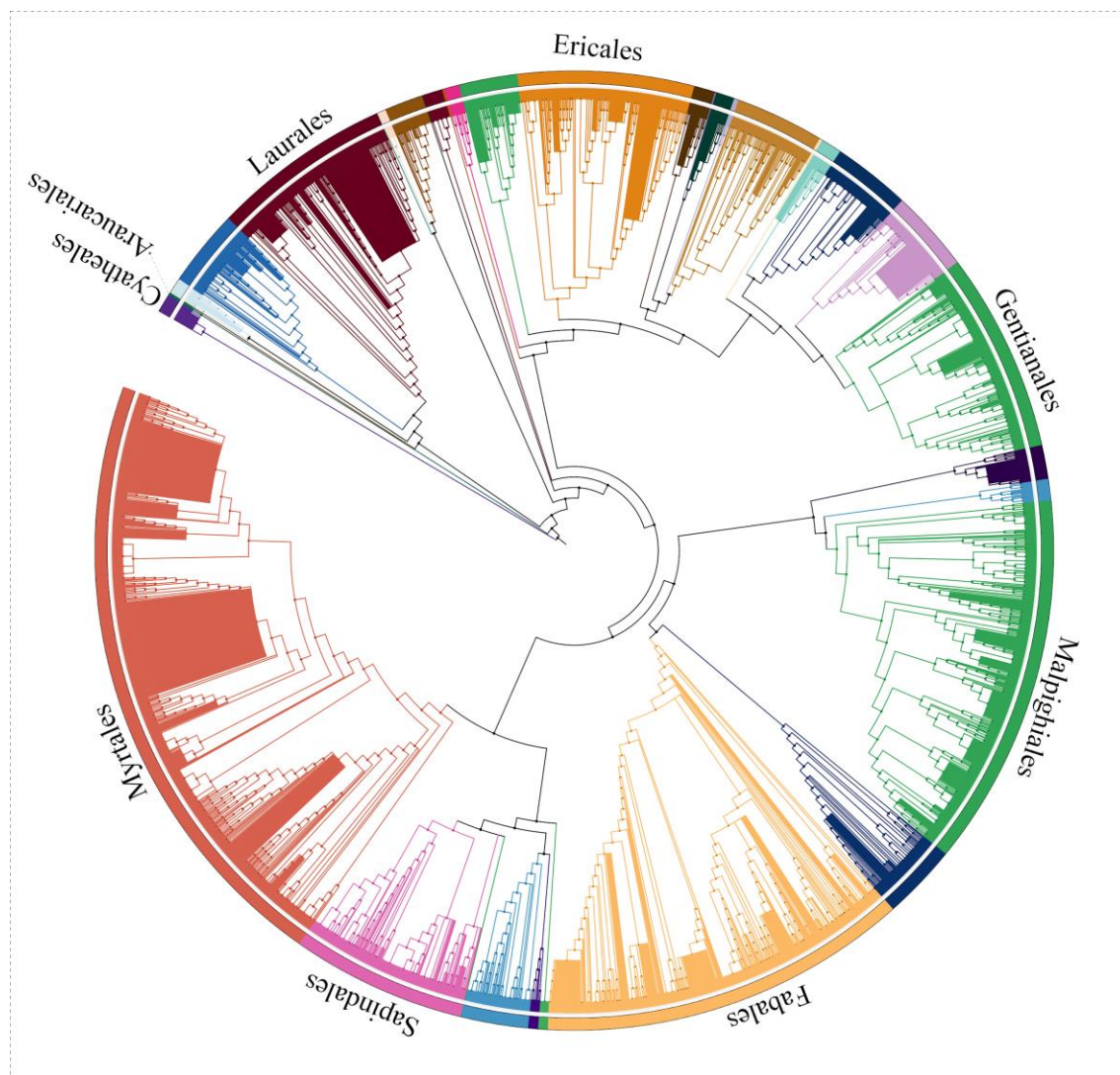
THOMAS, C. D. *et al.* Reconciling biodiversity and carbon conservation. **Ecology Letters**, v. 16, n. SUPPL.1, p. 39–47, 2013.

TUCKER, C. M. *et al.* A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. **Biological Reviews**, v. 92, n. 2, p. 698–715, maio 2017.

- TUCKER, C. M. *et al.* Assessing the utility of conserving evolutionary history. 2019.
- TURNER, W. R. *et al.* Global conservation of biodiversity and ecosystem services. **BioScience**, v. 57, n. 10, p. 868–873, 2007.
- TURNER, W. R.; OPPENHEIMER, M.; WILCOVE, D. S. A force to fight global warming. **Nature**, v. 462, n. 7271, p. 278–279, 2009.
- VALE, M. M. *et al.* Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. **Journal of Field Ornithology**, v. 89, n. 3, p. 193–206, 2018.
- VASQUES, G. M.; DART, R. O.; BACA, J. F. M.; CEDDIA, M. B.; SANTOS, M. L. M. **Mapa de estoque de carbono orgânico do solo (COS) a 0-30cm do Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2017.
- WATSON, J. E. M. *et al.* Systematic Conservation Planning: Past, Present and Future. **Conservation Biogeography**, p. 136–160, 2011.
- WCS, W. C. S.; UNIVERSITY, C. FOR I. E. S. I. N.-C.-C. **Last of the Wild Project, Version 2, 2005 (LWP-2): Global Human Footprint Dataset (Geographic)** Palisades, NY NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), , 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.7927/H4M61H5F>
- WILLIAMS, P. H.; HUMPHRIES, C. J. **Biodiversity, taxonomic relatedness, and endemism in conservation**. Oxford University Press, 1994.
- WINTER, M.; DEVICTOR, V.; SCHWEIGER, O. Phylogenetic diversity and nature conservation: where are we? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 4, p. 199–204, abr. 2013a.
- WINTER, M.; DEVICTOR, V.; SCHWEIGER, O. Conquering current obstacles for avoiding the misuse of evolutionary diversity in nature conservation: a reply to Rosauer and Mooers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 6, p. 323–324, jun. 2013b.
- XU, W. *et al.* Strengthening protected areas for biodiversity and ecosystem services in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 7, p. 1601–1606, 2017.
- ZANNE, A. E. *et al.* Three keys to the radiation of angiosperms into freezing environments. **Nature**, v. 506, n. 7486, p. 89–92, 22 fev. 2014.
- ZHANG, J. Package ‘ phylotools ’. **Cran-R**, 2017.
- ZWIENER, V. P. *et al.* Planning for conservation and restoration under climate and land use change in the Brazilian Atlantic Forest. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 955–966, 2017.

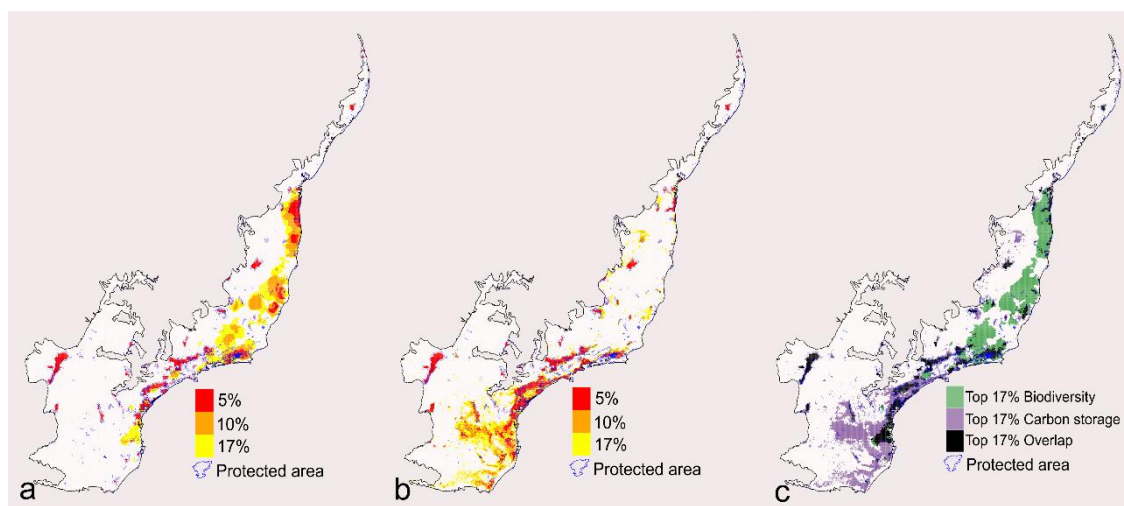
## 8.6. Material Suplementar

**Figura 20** – Árvore filogenética (apenas as ordens mais representativas estão nomeadas) contendo todos os grupos de plantas arbóreas da Floresta Atlântica, com base nas *magatrees* ALLMB (Smith e Brown, 2018) e *PhytoPhylo* (Qian e Jin, 2016).



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Figura 21** – O *top 17%* das priorizações selecionadas pelo Zonation para a conservação de biodiversidade (riqueza de espécies, endemismo taxonômico, diversidade filogenética e endemismo filogenético) de árvores e de estoque de carbono da Floresta Atlântica, desconsiderando o *Human footprint*. a – biodiversidade; b – estoque de carbono; c – sobreposição entre as priorizações. Na figura c, os grids verdes representam áreas de maior interesse para a conservação de biodiversidade, os lilases, áreas de conservação de estoque de carbono abaixo e acima do solo e os pretos representam áreas que são, ao mesmo tempo, de maior importância para a preservação de biodiversidade e do estoque de carbono.



Fonte: elaborada pelo autor.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pergunta do porquê de existirem tantas espécies, distribuídas em diferentes arranjos, pela extensão do *hotspot* de biodiversidade da Floresta Atlântica parece não ter uma resposta única, dadas as dinâmicas não estacionárias. É essencial que consideremos a informação trazida pela herança evolutiva para identificarmos essas relações específicas. Ao investigarmos variadas escalas biogeográficas e taxonômicas, percebemos que os diferentes históricos paleoclimáticos deixaram sua marca na montagem de comunidades através desse ecossistema. Há uma dinâmica complexa entre clima atual, topografia e estabilidade climática deste o Quaternário Tardio determinando a filtragem das linhagens dentro do *pool* (ou *pools*) de espécies da Floresta Atlântica.

As diversidades taxonômica e filogenética são diferentes entre os setores Norte e Sul da Floresta Atlântica, o que concorda com afirmações anteriores de que esses setores constituem unidades biogeográficas distintas. De forma geral, na Floresta Atlântica sem divisão em espaços climáticos distintos, observamos que quanto mais estabilidade (do clima atual e durante os últimos 120 mil anos) e maior heterogeneidade topográfica, maior a diversidade. No setor Norte especificamente, maior diversidade é determinada por uma maior estabilidade de precipitação e temperatura, aliada ao tamponamento favorecido por áreas de maior rugosidade do terreno. Já no setor Sul, as relações entre diversidades e os gradientes testados foram desconexas ou mesmo opostas das do Norte.

As linhagens mais antigas de plantas arbóreas (pteridófitas e gimnospermas), residentes nos locais mais estáveis climaticamente nos últimos 120 mil anos, são as maiores dependentes da manutenção dessa estabilidade. Por tanto, podem estar mais vulneráveis às mudanças climáticas previstas para os próximos anos. Não bastasse a ameaça do aquecimento global, soma-se o fato dos locais que abrigam maior diversidade filogenética (PD) e, portanto, maior proporção de grupos antigos, serem mal representados no sistema de reservas atual da Floresta Atlântica.

O Planejamento Sistemático de Conservação (*Systematic Conservation Planning* – SCP), fornece ferramentas para atingir tanto o alvo da mitigação das mudanças climáticas, via regulação do estoque de carbono na floresta em pé, quanto o da preservação das biodiversidades em áreas de alto valor de conservação. A



versatilidade do SCP permite que tracemos propostas com objetivos mais holísticos, alcançando múltiplas metas de forma clara e personalizada.

É essencial que novas propostas de conservação considerem a eficiência da conservação de diferentes facetas de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos da Floresta Atlântica. É surpreendente constatar que um ecossistema que abriga 70% da população brasileira não haja estudos anteriores que diagnostiquem o nível de proteção que estamos dando para a manutenção da oferta de bens advindos da floresta, especialmente os com maior importância local, como os de provisão (como água e alimento) e culturais (como recreacional e espiritual).

## REFERÊNCIAS

- AUKEMA, J. E. *et al.* Biodiversity Areas under Threat: Overlap of Climate Change and Population Pressures on the World's Biodiversity Priorities. **PLOS ONE**, v. 12, n. 1, p. e0170615, 26 jan. 2017.
- BELLO, F. de *et al.* On the need for phylogenetic 'corrections' in functional trait-based approaches. **Folia Geobotanica**, v. 50, n. 4, p. 349–357, 5 dez. 2015.
- BLOMBERG, S. P.; GARLAND, T.; IVES, A. R. Testing for phylogenetic signal in comparative data: Behavioral traits are more labile. **Evolution**, v. 57, n. 4, p. 717–745, 2003.
- BRANCALION, P. H. S.; CHAZDON, R. L. Beyond hectares: four principles to guide reforestation in the context of tropical forest and landscape restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 4, p. 491–496, 2017.
- BROOKS, T. M. *et al.* Why and how might genetic and phylogenetic diversity be reflected in the identification of key biodiversity areas? **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 370, n. 1662, p. 1–7, 5 jan. 2015.
- CADOTTE, M.; ALBERT, C. H.; WALKER, S. C. The ecology of differences: assessing community assembly with trait and evolutionary distances. **Ecology Letters**, v. 16, n. 10, p. 1234–1244, out. 2013.
- CADOTTE, M. W. *et al.* Using phylogenetic, functional and trait diversity to understand patterns of plant community productivity. **PLoS ONE**, v. 4, n. 5, p. 1–10, 2009.
- CADOTTE, M. W.; DAVIES, T. J. **Phylogenies in Ecology**. [s.l.] Princeton University Press, 2016.
- CAHILL, J. F. *et al.* Does phylogenetic relatedness influence the strength of competition among vascular plants? **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 10, n. 1, p. 41–50, mar. 2008.
- CARNAVAL, A. C. *et al.* Stability Predicts Genetic Diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. **Science**, v. 323, n. 5915, p. 785–789, 6 fev. 2009.
- CARNAVAL, A. C. *et al.* Prediction of phylogeographic endemism in an environmentally complex biome. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1792, p. 20141461–20141461, 2014.
- CARNAVAL, A. C.; MORITZ, C. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 7, p. 1187–1201, jul. 2008.
- CAVENDER-BARES, J. *et al.* The merging of community ecology and phylogenetic biology. **Ecology Letters**, v. 12, n. 7, p. 693–715, jul. 2009.

CHAVE, J.; CHUST, G.; THÉBAUD, C. The importance of phylogenetic structure in biodiversity studies. *In*: STORCH, D.; MARQUET, P.; BROWN, J. (Eds.). . **Scaling Biodiversity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. p. 150–167.

CHAZDON, R. L. *et al.* Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. **Science Advances**, v. 2, n. 5, 2016.

CIMON-MORIN, J. Ô.; DARVEAU, M.; POULIN, M. Fostering synergies between ecosystem services and biodiversity in conservation planning: A review. **Biological Conservation**, v. 166, p. 144–154, 2013.

CODY, M.; DIAMOND, J. **Ecology and Evolution of Communities**. [s.l.] Harvard University Press, 1975.

DAILY, G. C. (ED.). **Nature's services : societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997.

DEVICTOR, V. *et al.* Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world. **Ecology Letters**, v. 10, p. 1030–1040, 10 jun. 2010.

DIAMOND, J. M. Assembly of Species Communities. *In*: CODY, M.; DIAMOND, J. (Eds.). . **Ecology and Evolution of Communities**. [s.l.] Harvard University Press, 1975. p. 560.

DIVÍŠEK, J. *et al.* Towards the spatial coherence of biogeographical regionalizations at subcontinental and landscape scales. **Journal of Biogeography**, v. 43, n. 12, p. 2489–2501, dez. 2016.

DONOGHUE, M. J. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11549–11555, 12 ago. 2008.

DUARTE, L. D. S. *et al.* Phylobetadiversity among Forest Types in the Brazilian Atlantic Forest Complex. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, p. e105043, 14 ago. 2014.

DUARTE, L. DA S. Phylogenetic habitat filtering influences forest nucleation in grasslands. **Oikos**, v. 120, n. 2, p. 208–215, fev. 2011.

DUDLEY, N. **Guidelines for applying protected area management categories**. [s.l.] IUCN, 2008.

DURÁN, A. P. *et al.* Representation of ecosystem services by terrestrial protected areas: Chile as a case study. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. 1–8, 2013.

EISENLOHR, P. V; OLIVEIRA-FILHO, A. T. DE. Revisiting Patterns of Tree Species Composition and their Driving Forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 47, n. 6, p. 689–701, nov. 2015.

EKEN, G. *et al.* Key Biodiversity Areas as Site Conservation Targets. **BioScience**, v.

54, n. 12, p. 1110–1118, 2006.

EMERSON, B. C.; GILLESPIE, R. G. Phylogenetic analysis of community assembly and structure over space and time. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 11, p. 619–630, nov. 2008.

FAITH, D. P. Phylogenetic pattern and the quantification of organismal biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 345, p. 45–58, 1994.

FAITH, D. P. Ecosystem services: an evolutionary perspective on the links between biodiversity and human well-being. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 1–2, p. 66–74, maio 2010.

FAITH, D. P. Phylogenetic diversity, functional trait diversity and extinction: avoiding tipping points and worst-case losses. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 370, p. 20140011, 5 jan. 2015.

FAITH, D.; RICHARDS, Z. Climate Change Impacts on the Tree of Life: Changes in Phylogenetic Diversity Illustrated for Acropora Corals. **Biology**, v. 1, n. 3, p. 906–932, 14 dez. 2012.

FIASCHI, P.; PIRANI, J. R. **Review of plant biogeographic studies in Brazil** **Journal of Systematics and Evolution**, v. 47, n. 5, p. 477–496, set. 2009.

FOREST, F. *et al.* Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. **Nature**, v. 445, p. 757–760, 15 fev. 2007.

FOREST, F. *et al.* Phylogeny, extinction and conservation: embracing uncertainties in a time of urgency. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 370, n. 1662, p. 20140002–20140002, 5 jan. 2015.

GERHOLD, P. *et al.* Phylogenetic patterns are not proxies of community assembly mechanisms (they are far better). **Functional Ecology**, v. 29, n. 5, p. 600–614, maio 2015.

GIRARDELLO, M. *et al.* Global synergies and trade-offs between multiple dimensions of biodiversity and ecosystem services. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2019.

GONZÁLEZ-CARO, S. *et al.* Phylogenetic alpha and beta diversity in tropical tree assemblages along regional-scale environmental gradients in northwest South America. **Journal of Plant Ecology**, v. 7, n. 2, p. 145–153, abr. 2014.

GONZÁLEZ-OROZCO, C. E. *et al.* Phylogenetic approaches reveal biodiversity threats under climate change. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 12, p. 1110–1114, 19 dez. 2016.

GÖTZENBERGER, L. *et al.* Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological Reviews**, v. 87, n. 1, p. 111–127,

fev. 2012.

GRAHAM, C. H.; FINE, P. V. A. Phylogenetic beta diversity: linking ecological and evolutionary processes across space in time. **Ecology Letters**, v. 11, n. 12, p. 1265–1277, dez. 2008.

GRAHAM, C. H.; MORITZ, C.; WILLIAMS, S. E. Habitat history improves prediction of biodiversity in rainforest fauna. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 3, p. 632–636, 17 jan. 2006.

GROOT, R. S. DE *et al.* Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 260–272, 2010.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, n. 1–3, p. 185–206, 2001.

HILLERISLAMBERS, J. *et al.* Rethinking Community Assembly through the Lens of Coexistence Theory. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 43, n. 1, p. 227–248, dez. 2012.

HORTAL, J. *et al.* Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523–549, 2015.

HORTAL, J.; LOBO, J. M.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A. Limitations of Biodiversity Databases: Case Study on Seed-Plant Diversity in Tenerife, Canary Islands. **Conservation Biology**, v. 21, n. 3, p. 853–863, jun. 2007.

HOULAHAN, J. E. *et al.* The priority of prediction in ecological understanding. **Oikos**, v. 126, n. 1, p. 1–7, jan. 2017.

JETZ, W. *et al.* Monitoring plant functional diversity from space. **Nature Plants**, v. 2, n. 3, p. 16024, 2 mar. 2016.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459–473, nov. 2014.

KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 2, p. 157–164, abr. 1992.

KEMBEL, S. W.; HUBBELL, S. P. THE PHYLOGENETIC STRUCTURE OF A NEOTROPICAL FOREST TREE COMMUNITY. **Ecology**, v. 87, n. 7, p. S86-99, 2006.

KERKHOFF, A. J.; MORIARTY, P. E.; WEISER, M. D. The latitudinal species richness gradient in New World woody angiosperms is consistent with the tropical conservatism hypothesis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.

111, n. 22, p. 8125–8130, 3 jun. 2014.

KRAFT, N. J. B.; ACKERLY, D. D. The Assembly of Plant Communities. *In*: MONSON, R. K. (Ed.). . **Ecology and the Environment**. New York, NY: Springer New York, 2013. p. 1–19.

LARSEN, F. W.; LONDOÑO-MURCIA, M. C.; TURNER, W. R. Global priorities for conservation of threatened species, carbon storage, and freshwater services: Scope for synergy? **Conservation Letters**, v. 4, n. 5, p. 355–363, 2011.

LAWTON, J. H. Are There General Laws in Ecology? **Oikos**, v. 84, n. 2, p. 177, fev. 1999.

LEIBOLD, M. A.; ECONOMO, E. P.; PERES-NETO, P. Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography. **Ecology Letters**, v. 13, n. 10, p. 1290–1299, out. 2010.

LESSARD, J.-P. *et al.* Strong influence of regional species pools on continent-wide structuring of local communities. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1727, p. 266–274, 22 jan. 2012.

LETCHER, S. G. Phylogenetic structure of angiosperm communities during tropical forest succession. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1678, p. 97–104, 7 jan. 2010.

LETCHER, S. G. Phylogenetic community structure during succession: Evidence from three Neotropical forest sites. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 14, n. 2, p. 79–87, abr. 2012.

LIMA, R. A. F. *et al.* The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 6347, 11 dez. 2020.

LIU, JINLIANG *et al.* Disentangling the drivers of taxonomic and phylogenetic beta diversities in disturbed and undisturbed subtropical forests. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 35926, 24 dez. 2016.

LOSOSOVÁ, Z. *et al.* Phylogenetic structure of plant species pools reflects habitat age on the geological time scale. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, n. 6, p. 1080–1089, nov. 2015.

MA, Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis. **Press, Island**, 2005.

MACE, G. M.; NORRIS, K.; FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 27, n. 1, p. 19–26, 2012.

MAYFIELD, M. M.; LEVINE, J. M. Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of communities. **Ecology Letters**, v. 13, n. 9, p. 1085–1093, set. 2010.

MENEZES, B. S.; MARTINS, F. R.; ARAÚJO, F. S. COMMUNITY ASSEMBLY: CONCEPTS, DOMAIN AND THEORETICAL STRUCTURE. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 01, p. 1–17, abr. 2016.

MISHLER, B. D. *et al.* Phylogenetic measures of biodiversity and neo- and paleo-endemism in Australian Acacia. **Nature Communications**, v. 5, n. 1, p. 4473, 18 dez. 2014.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* **Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. 2. ed. [s.l.] Conservation International, 2004. v. 2

MOUQUET, N. *et al.* Ecophylogenetics: advances and perspectives. **Biological Reviews**, v. 87, n. 4, p. 769–785, nov. 2012.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 24 fev. 2000.

NAIDOO, R. *et al.* Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 105, n. 28, p. 9495–9500, 2008.

NUISMER, S. L.; HARMON, L. J. Predicting rates of interspecific interaction from phylogenetic trees. **Ecology Letters**, v. 18, n. 1, p. 17–27, jan. 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. *et al.* Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology**, v. 8, n. 3, p. 242–260, 2013.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate<sup>1</sup>. **BIOTROPICA**, v. 32, n. 4b, p. 793–810, 2000.

PARDO, I. *et al.* Spatial congruence between taxonomic, phylogenetic and functional hotspots: true pattern or methodological artefact? **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 2, p. 209–220, fev. 2017.

PAVOINE, S.; BAGUETTE, M.; BONSALL, M. B. Decomposition of trait diversity among the nodes of a phylogenetic tree. **Ecological Monographs**, v. 80, n. 3, p. 485–507, ago. 2010.

PAVOINE, S.; BONSALL, M. B. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. **Biological Reviews**, v. 86, n. 4, p. 792–812, nov. 2011.

PIE, M. R. The macroevolution of climatic niches and its role in ant diversification. **Ecological Entomology**, v. 41, n. 3, p. 301–307, jun. 2016.

PILLAR, V. D.; DUARTE, L. D. S. A framework for metacommunity analysis of

phylogenetic structure. **Ecology Letters**, v. 13, n. 5, p. 587–596, 16 abr. 2010.

PRINZING, A. On the opportunity of using phylogenetic information to ask evolutionary questions in functional community ecology. **Folia Geobotanica**, v. 51, n. 1, p. 69–74, 20 mar. 2016.

QIAN, H.; JIN, Y.; RICKLEFS, R. E. Patterns of phylogenetic relatedness of angiosperm woody plants across biomes and life-history stages. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 6, p. 1383–1392, jun. 2017.

RICKLEFS, R. E. Community Diversity: Relative Roles of Local and Regional Processes. **Science**, v. 235, n. 4785, p. 167–171, 1987.

RICKLEFS, R. E. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. **Ecology Letters**, v. 7, n. 1, p. 1–15, jan. 2004.

RICKLEFS, R. E. Historical and ecological dimensions of global patterns in plant diversity. **Biologiske Skrifter**, v. 55, p. 583–603, 2005.

RICKLEFS, R. E. History and Diversity: Explorations at the Intersection of Ecology and Evolution. **The American Naturalist**, v. 170, n. 2, p. S56, 2007.

RICKLEFS, R. E. Disintegration of the Ecological Community. **The American Naturalist**, v. 172, n. 6, p. 741–750, dez. 2008.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. 2. ed. [s.l.] Âmbito, 1997.

ROSAUER, D. F.; MOOERS, A. O. Nurturing the use of evolutionary diversity in nature conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 6, p. 322–323, jun. 2013.

SAITO, V. S. *et al.* Phylogenies and traits provide distinct insights about the historical and contemporary assembly of aquatic insect communities. 2016.

SECHREST, W. *et al.* Hotspots and the conservation of evolutionary history. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 4, p. 2067–2071, 2002.

SGRÒ, C. M.; LOWE, A. J.; HOFFMANN, A. A. Building evolutionary resilience for conserving biodiversity under climate change. **Evolutionary Applications**, v. 4, n. 2, p. 326–337, mar. 2011.

SIMBERLOFF, D. Community Ecology: Is It Time to Move On? **The American Naturalist**, v. 163, n. 6, p. 787–799, jun. 2004.

STEPHENS, P. R.; WIENS, J. J. Explaining Species Richness from Continents to Communities: The Time-for-Speciation Effect in Emydid Turtles. **The American Naturalist**, v. 161, n. 1, p. 112–128, 2003.

STEUDEL, B. *et al.* Contrasting biodiversity-ecosystem functioning relationships in



phylogenetic and functional diversity. **New Phytologist**, v. 212, n. 2, p. 409–420, out. 2016.

STEVENS, R. D. Historical processes enhance patterns of diversity along latitudinal gradients. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 273, n. 1599, p. 2283–2289, 22 set. 2006.

SWENSON, N. G. *et al.* THE PROBLEM AND PROMISE OF SCALE DEPENDENCY IN COMMUNITY PHYLOGENETICS. **Ecology**, v. 87, n. 10, p. 2418–2424, 2006.

SWENSON, N. G. *et al.* the Influence of Spatial and Size Scale on Phylogenetic Relatedness in Tropical Forest Communities. **Ecology**, v. 88, n. 7, p. 1770–1780, 2007.

SWENSON, N. G. *et al.* The assembly of tropical tree communities - the advances and shortcomings of phylogenetic and functional trait analyses. **Ecography**, v. 36, n. 3, p. 264–276, mar. 2013.

SWENSON, N. G. *et al.* Phylogenetic imputation of plant functional trait databases. **Ecography**, v. 37, n. 2, p. 105–110, fev. 2014.

SWENSON, N. G. *et al.* Phylogeny and the prediction of tree functional diversity across novel continental settings. **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, n. 5, p. 553–562, maio 2017.

SWENSON, N. G.; ANGLADA-CORDERO, P.; BARONE, J. A. Deterministic tropical tree community turnover: Evidence from patterns of functional beta diversity along an elevational gradient. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1707, p. 877–884, 2011.

TABARELLI, M. *et al.* Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 695–700, 2005.

TAYLOR, D. R.; AARSSSEN, L. W.; LOEHLE, C. On the Relationship between r/K Selection and Environmental Carrying Capacity: A New Habitat Templet for Plant Life History Strategies. **Oikos**, v. 58, n. 2, p. 239, jun. 1990.

THOMAS, C. D. *et al.* Reconciling biodiversity and carbon conservation. **Ecology Letters**, v. 16, n. SUPPL.1, p. 39–47, 2013.

THOMAS, W. W. **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil (Memoirs of the New York Botanical Garden)**. 1. ed. New York, NY: The New York Botanical Garden Press, 2008.

TUCKER, C. M. *et al.* Incorporating Geographical and Evolutionary Rarity into Conservation Prioritization. **Conservation Biology**, v. 26, n. 4, p. 593–601, ago. 2012.

TUCKER, C. M. *et al.* A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. **Biological Reviews**, v. 92, n. 2, p. 698–715, maio 2017.

TURNER, W. R.; OPPENHEIMER, M.; WILCOVE, D. S. A force to fight global warming. **Nature**, v. 462, n. 7271, p. 278–279, 2009.

UNFCCC. (2010) '**Cancun Agreements**'. Disponível em: <https://unfccc.int/process/conferences/pastconferences/cancun-climate-change-conference-november-2010/statements-and-resources/Agreements>. Acesso em 12 de Dezembro de 2020.

VALDUJO, P. H.; CARNAVAL, A. C. O. Q.; GRAHAM, C. H. Environmental correlates of anuran beta diversity in the Brazilian Cerrado. **Ecography**, v. 36, n. 6, p. 708–717, jun. 2013.

VAMOSI, J. C. et al. Macroevolutionary Patterns of Flowering Plant Speciation and Extinction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 69, n. 1, p. 685–706, 29 abr. 2018.

WATSON, J. E. M. *et al.* Systematic Conservation Planning: Past, Present and Future. **Conservation Biogeography**, p. 136–160, 2011.

WEBB, C. O. Exploring the Phylogenetic Structure of Ecological Communities: An Example for Rain Forest Trees. **The American Naturalist**, v. 156, n. 2, p. 145, 2000.

WEBB, C. O. Phylogenies and Community Ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 475–505, nov. 2002.

WEIHER, E. *et al.* Advances, challenges and a developing synthesis of ecological community assembly theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1576, p. 2403–2413, 27 ago. 2011.

WERF, G. R. VAN DER *et al.* CO<sub>2</sub> emissions from forest loss. **Nature Geoscience**, v. 2, n. 11, p. 737–738, nov. 2009.

WIENS, J. J. *et al.* Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. **Ecology Letters**, v. 13, n. 10, p. 1310–1324, out. 2010.

WIENS, J. J.; DONOGHUE, M. J. Historical biogeography, ecology and species richness. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 12, p. 639–644, dez. 2004.

WINTER, M.; DEVICTOR, V.; SCHWEIGER, O. Phylogenetic diversity and nature conservation: where are we? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 4, p. 199–204, abr. 2013a.

WINTER, M.; DEVICTOR, V.; SCHWEIGER, O. Conquering current obstacles for avoiding the misuse of evolutionary diversity in nature conservation: a reply to Rosauer and Mooers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 6, p. 323–324, jun. 2013b.

XU, W. *et al.* Strengthening protected areas for biodiversity and ecosystem services in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 7, p. 1601–1606, 2017.

ZOBEL, M. *et al.* The formation of species pools: historical habitat abundance affects current local diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 251–259, mar. 2011.

ZOBEL, M. *et al.* The species pool concept as a framework for studying patterns of plant diversity. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 1, p. 8–18, jan. 2016.

## APÊNDICE A - ÁRVORE FILOGENÉTICA NO FORMATO NEWICK

```

((((((((((((((Humiriasstrum_dentatum:11.1978,Humiriasstrum_glaziovii:11.1978,Humiriasstrum_mussun-
gense:11.1978,Humiriasstrum_spiritu-
sancti:11.1978)n24:0.0029,Sacoglottis_mattogrossensis:11.2007)n23:13.2168,(Humiria_balsamifera
:19.2232,(Vantanea_compacta:11.4072,Vantanea_bahiaensis:11.4072,Vantanea_obovata:11.4072)n27:7
.816)n26:5.1943)n22:79.0929,(((Pogonophora_schomburgkiana:67.648,((Pera_glabrata:6.4219,Pera_
heteranthera:6.4219)n38:4.8162,Pera_furfuracea:11.2381,Pera_anisotricha:11.2381)n37:56.4099)n3
3:6.5823,(Pleradenophora_membranifolia:61.896,((Chaetocarpus_myrsinites:6.2114,Chaetocarpus_ec
hinocarpus:6.2114)n48:41.4962,((Cleidion_tricoccum:32.6312,(Acalypha_macrostachya:10.4124,Aca
lypha_diversifolia:10.4124,Acalypha_villosa:10.4124)n243:22.2188)n67:0.6593,((Adelia_membranif
olia:24.862,((Bernardia_pulchella:5.7213,Bernardia_tamanduana:5.7213)n444:3.8647,Adenophaedra_
megalophylla:9.586)n443:15.276)n265:5.5258,Philyra_brasiliensis:30.3878)n264:2.9027)n58:5.4852
,(Caryodendron_janeirensis:28.9562,(Aparisthmium_cordatum:13.8021,(Alchornea_glandulosa:9.7762,
Alchornea_tripplinervia:9.7762,Alchornea_sidifolia:9.7762)n495:4.0259)n489:15.1541)n485:9.8195)
n51:8.9319)n43:14.1884,((Micrandra_elata:14.1486,((Manihot_caerulescens:6.0892,((Manihot_mara
casensis:3.875,(Manihot_carthagenensis:3.8727,Manihot_grahamii:3.8727)n535:0.0023)n525:0.0494,
Manihot_pilosa:3.9244)n524:2.1648,Manihot_jacobinensis:6.0892)n520:2.2663,(Cnidoscopus_oligand
rus:4.1775,Cnidoscopus_pubescens:4.1775)n566:4.178)n519:5.7931)n513:32.9102,((Pausandra_morisi
ana:40.2639,((Jatropha_curcas:15.4361,Joannesia_princeps:15.4361)n619:13.2688,((Brasiliocroton
_mamoninha:11.0917,Brasiliocroton_muricatus:11.0917)n639:8.6236,(Croton_urucifolius:11.4628,((
((((((Croton_priscus:0.7429,Croton_eichleri:0.7429)n668:2.167,Croton_thomasii:2.9099)n667:3.12
51,(Croton_argyrophyllus:2.252,(Croton_tricolor:1.4277,Croton_floribundus:1.4277)n717:0.8243)n
690:3.783)n665:0.0598,Croton_polyandrus:6.0948)n664:0.409,((Croton_organensis:1.2447,Croton_s
phaerogynus:1.2447)n800:2.235,(Croton_salutaris:2.7121,Croton_hemiargyreus:2.7121)n802:0.7676)
n799:1.294,Croton_rottlerifolius:4.7737)n798:1.7301)n662:0.679,(Croton_urucurana:1.7238,(Croto
n_macrobothrys:0.9745,(Croton_echinocarpus:0.6223,((Croton_alchorneicarpus:0.3119,Croton_celti
difolius:0.3119)n992:0.0309,Croton_lagoensis:0.3428)n991:0.2795)n989:0.3522)n988:0.7493)n983:5
.459)n659:1.967,Croton_piptocalyx:9.1498)n658:2.313,Croton_heterocalyx:11.4628,Croton_compress
us:11.4628,Croton_sincorensis:11.4628,Croton_vulnerarius:11.4628,Croton_blanchetianus:11.4628,
Croton_plagiograptus:11.4628,Croton_limae:11.4628)n641:8.2525)n638:8.9896)n618:11.559)n568:4.8
188,((Tetrorchidium_rubrivenum:4.9229,Tetrorchidium_dusenii:4.9229,Tetrorchidium_parvulum:4.9
229)n1018:37.4125,Glycydendron_espiritasantense:42.3354)n1013:2.7473)n567:1.9761)n511:4.8116,(
Pachystroma_longifolium:10.214,((Algernonia_brasiliensis:5.0742,Algernonia_riedelii:5.0742,Al
gernonia_gibbosa:5.0742,Algernonia_bahiensis:5.0742,Algernonia_leandrii:5.0742,Algernonia_obov
ata:5.0742)n2022:5.0744,(Ophthalmoblapton_pedunculare:5.0741,Ophthalmoblapton_macrophyllum:5.0
741,Ophthalmoblapton_parviflorum:5.0741,Ophthalmoblapton_crassipes:5.0741)n2023:5.0745)n2021:0
.0654)n2020:13.6232,(((Stillingia_oppositifolia:6.1736,Stillingia_argutedentata:6.1736,Stilli
ngia_uleana:6.1736,Stillingia_trapezoidea:6.1736,Stillingia_saxatilis:6.1736)n2029:4.7431,(Sap
ium_glandulosum:10.9041,Sapium_haematospermum:10.9041,Sapium_argutum:10.9041,Sapium_sellowianu
m:10.9041)n2034:0.0126)n2026:2.4587,(Sebastiania_brasiliensis:6.3393,Sebastiania_riparia:6.339
3,Sebastiania_brevifolia:6.3393,Sebastiania_jacobinensis:6.3393)n2050:7.0361)n2025:10.4408,((G
ymnanthes_schottiana:9.2596,(Gymnanthes_multiramea:9.2059,(Gymnanthes_klotzschiana:8.8829,Gymn
anthes_gaudichaudii:8.8829,Gymnanthes_discolor:8.8829)n2069:0.323,(Mabea_piriri:6.2995,Mabea_f
istulifera:6.2995,Mabea_glaziovii:6.2995)n2073:2.9064)n2068:0.0537)n2058:7.6129,((Actinostemon
_concolor:10.7092,Actinostemon_lasiocarpus:10.7092,Actinostemon_klotzschii:10.7092,Actinostemo
n_schomburgkii:10.7092,Actinostemon_verticillatus:10.7092,Actinostemon_leptopus:10.7092)n2077:
0.0076,(Maprounea_guianensis:2.416,Maprounea_brasiliensis:2.416)n2079:8.3008)n2076:6.1557)n205
5:6.9437)n2024:0.021)n2019:28.0332)n508:10.0256,Senefeldera_verticillata:61.896)n41:12.3343)n3
2:19.9758,(Roucheria_columbiana:92.8487,(((Quiina_cruegeriana:2.1301,Quiina_glaziovii:2.1301)
n2209:15.0934,Lacunaria_crenata:17.2235)n2208:41.009,(Elvasia_tricarpellata:12.3343,(Ouratea_m

```

ultiflora:2.9297,Ouratea\_vaccinioides:2.9297,Ouratea\_parviflora:2.9297,Ouratea\_castaneifolia:2.9297,Ouratea\_fieldingiana:2.9297,Ouratea\_semiserrata:2.9297,Ouratea\_salicifolia:2.9297,Ouratea\_stipulata:2.9297,Ouratea\_hexasperma:2.9297,Ouratea\_sellowii:2.9297,Ouratea\_blanchetiana:2.9297,Ouratea\_claudei:2.9297,Ouratea\_gigantophylla:2.9297,Ouratea\_oliviformis:2.9297,Ouratea\_polygyna:2.9297)n2236:9.4046)n2233:45.8982)n2204:33.997,(Anthodiscus\_amazonicus:13.5249,Caryocar\_eruleum:13.5249)n2288:78.7046)n2203:0.6192)n2106:1.3574)n31:8.4012,(Drypetes\_sessiliflora:99.1417),((((Parinari\_brasiliensis:2.2693,Parinari\_excelsa:2.2693)n2315:1.1557,Parinari\_obtusifolia:3.425,Parinari\_leontopithecii:3.425,Parinari\_littoralis:3.425,Parinari\_alvimii:3.425)n2311:30.236),(((Licania\_octandra:11.8657,(Licania\_tomentosa:10.9242,(Licania\_apetala:10.7296,Licania\_heteromorpha:10.7296)n2335:0.1946)n2334:0.3389,(Licania\_micrantha:5.2187,(Licania\_kunthiana:3.0361,Licania\_hypoleuca:3.0361)n2352:2.1826)n2346:6.0444)n2333:0.6026)n2330:0.5293,Licania\_nitida:12.395,Licania\_turbinata:12.395,Licania\_gardneri:12.395,Licania\_belemii:12.395,Licania\_naviculistipula:12.395,Licania\_hoehnei:12.395,Licania\_riedelii:12.395,Licania\_lamentanda:12.395,Licania\_indurata:12.395,Licania\_salzmannii:12.395,Licania\_cymosa:12.395,Licania\_arianae:12.395,Licania\_spicata:12.395,Licania\_littoralis:12.395,Licania\_silvatica:12.395)n2329:0.0102,((Hirtella\_hebeclada:2.1863,(Hirtella\_ciliata:1.596,Hirtella\_bicornis:1.596)n2363:0.2644,(Hirtella\_triandra:1.8531,Hirtella\_glandulosa:1.8531)n2365:0.0073)n2362:0.3259)n2358:2.1762,Hirtella\_racemosa:4.3625,Hirtella\_santosii:4.3625,Hirtella\_bahiensis:4.3625,Hirtella\_martiana:4.3625,Hirtella\_sprucei:4.3625,Hirtella\_glaziovii:4.3625,Hirtella\_insignis:4.3625,Hirtella\_angustifolia:4.3625,Hirtella\_gracilipes:4.3625,Hirtella\_floribunda:4.3625)n2357:7.5547,(Couepia\_uiti:9.432,Couepia\_carautae:9.432,Couepia\_monteclarensis:9.432,Couepia\_ovalifolia:9.432,Couepia\_bernambucensis:9.432,Couepia\_belemii:9.432,Couepia\_impresa:9.432,Couepia\_rufa:9.432,Couepia\_venosa:9.432,Couepia\_schottii:9.432)n2369:2.4852)n2356:0.488)n2328:4.0425,(Chrysobalanus\_icaco:15.5055,(Exellodendron\_gracile:5.2856,Exellodendron\_gardneri:5.2856)NA:10.2199)n2377:0.9422)n2327:17.2133)n2310:34.7465,(((Stephanopodium\_estrellense:8.1471,Stephanopodium\_blanchetianum:8.1471,Stephanopodium\_engleri:8.1471,Stephanopodium\_organense:8.1471)n2392:8.1471,Tapura\_follii:16.2942)n2390:35.6009,Trigoniodendron\_spiritusanctense:51.8951)n2389:16.5124)n2308:30.7225,((Erythroxyllum\_umbu:72.8577,(Erythroxyllum\_suberosum:44.5905,(Erythroxyllum\_squamatum:24.903,(Erythroxyllum\_ectinocalyx:17.3066,(Erythroxyllum\_argentinum:7.1264,Erythroxyllum\_deciduum:7.1264)n2416:10.1802,Erythroxyllum\_citrifolium:17.3066,Erythroxyllum\_anguifugum:17.3066,Erythroxyllum\_coelophlebium:17.3066,Erythroxyllum\_cuneifolium:17.3066,Erythroxyllum\_pulchrum:17.3066,Erythroxyllum\_mucronatum:17.3066,Erythroxyllum\_distortum:17.3066,Erythroxyllum\_ambiguum:17.3066,Erythroxyllum\_cuspidifolium:17.3066,Erythroxyllum\_passerinum:17.3066,Erythroxyllum\_affine:17.3066,Erythroxyllum\_andrei:17.3066,Erythroxyllum\_buxus:17.3066,Erythroxyllum\_columbinum:17.3066,Erythroxyllum\_compressum:17.3066,Erythroxyllum\_daphnites:17.3066,Erythroxyllum\_frangulifolium:17.3066,Erythroxyllum\_hamigerum:17.3066,Erythroxyllum\_macrocalyx:17.3066,Erythroxyllum\_mattos-silvae:17.3066,Erythroxyllum\_myrsinites:17.3066,Erythroxyllum\_nobile:17.3066,Erythroxyllum\_ochranthum:17.3066,Erythroxyllum\_pelleterianum:17.3066,Erythroxyllum\_plowmanii:17.3066,Erythroxyllum\_polygonoides:17.3066,Erythroxyllum\_simonis:17.3066,Erythroxyllum\_stenopetalum:17.3066,Erythroxyllum\_subracemosum:17.3066,Erythroxyllum\_subrotundum:17.3066,Erythroxyllum\_tortuosum:17.3066)n2412:7.5964)n2411:19.6875)n2410:28.2672,(Paradrypetes\_ilicifolia:59.2653,Rhizophora\_mangle:59.2653)n2419:13.5924)n2409:19.4875,(Hyeronima\_alchorneoides:71.9246,(Astrocasia\_jacobinensis:55.2009,(Margaritaria\_nobilis:41.5189,(Phyllanthus\_juglandifolius:12.7421,Phyllanthus\_acuminatus:12.7421)n2524:4.3943,Phyllanthus\_bahiensis:17.1364,Phyllanthus\_riedelianus:17.1364,Phyllanthus\_gradyi:17.1364,Phyllanthus\_umbratus:17.1364,Phyllanthus\_cladotrichus:17.1364)n2491:24.3825)n2475:12.7313,(Amanoa\_guianensis:26.2658,(Gonatogyne\_brasiliensis:8.9049,(Savia\_dictyocarpa:5.0333,Savia\_sessiliflora:5.0333)n2820:3.8716)n2819:10.6725,Discocarpus\_pedicellatus:19.5774)n2818:6.6884)n2815:27.9844)n2473:0.9507)n2462:16.7237,Richeria\_grandis:71.9246)n2461:20.4206)n2401:2.5659,((((Byrsonima\_verbascifolia:6.3949,Byrsonima\_intermedia:6.3949)n2904:9.7942,(Byrsonima\_cluseniana:4.6122,(Byrsonima\_crispa:1.5099,Byrsonima\_coccolobifolia:1.5099)n2908:3.1023,(Byrsonima\_macrophylla:0.2339,Byrsonima\_crassifolia:0.2339)n2914:0.1026,Byrsonima\_ligustrifolia:0.33

65)n2913:4.2757,Byrsonima\_vacciniifolia:4.6122,Byrsonima\_gardneriana:4.6122,Byrsonima\_blanchetiana:4.6122,Byrsonima\_lancifolia:4.6122,Byrsonima\_laxiflora:4.6122,Byrsonima\_myricifolia:4.6122,Byrsonima\_japurensis:4.6122,Byrsonima\_variabilis:4.6122,Byrsonima\_chrysophylla:4.6122,Byrsonima\_pachyphylla:4.6122,Byrsonima\_sericea:4.6122,Byrsonima\_stipulacea:4.6122,Byrsonima\_alvimii:4.6122,Byrsonima\_bahiana:4.6122,Byrsonima\_cacaophila:4.6122,Byrsonima\_correifolia:4.6122,Byrsonima\_niedenzuiana:4.6122,Byrsonima\_nitidifolia:4.6122,Byrsonima\_oblanceolata:4.6122,Byrsonima\_perseifolia:4.6122,Byrsonima\_salzmänniana:4.6122,Byrsonima\_stannardii:4.6122,Byrsonima\_umbellata:4.6122,Byrsonima\_vernicosa:4.6122)n2906:11.5769)n2901:35.141,(((Bunchosia\_pallescens:5.8243,Bunchosia\_maritima:5.8243,Bunchosia\_macilentata:5.8243)n2944:23.974,(Banisteriopsis\_arborea:18.7181,(Heteropterys\_sincorensis:3.9163,Heteropterys\_byrsonimifolia:3.9163)n3224:14.8018)n2979:11.0802)n2938:6.917,Barnebya\_dispar:36.7153)n2933:14.6148)n2894:43.2292,(((Vismia\_macrophylla:8.2392,Vismia\_guianensis:8.2392)n3418:7.8403,Vismia\_brasiliensis:16.0795,Vismia\_pentagyna:16.0795,Vismia\_magnoliifolia:16.0795,Vismia\_martiana:16.0795,Vismia\_micrantha:16.0795)n3417:72.986,(((Garcinia\_gardneriana:17.2796,(Garcinia\_macrophylla:2.0158,Garcinia\_madruno:2.0158)n3743:15.2638)n3722:3.5688,Symphonia\_globulifera:20.8484)n3719:30.2286,(((Clusia\_rosea:6.0104,(Clusia\_burle-marxii:4.7362,(Clusia\_hilariana:1.4477,(Clusia\_lanceolata:0.9339,Clusia\_criuva:0.9339)n3854:0.5138)n3853:3.2885)n3848:1.2742)n3821:3.0619,(((Clusia\_panapanari:2.4033,Clusia\_paralicola:2.4033)n3860:2.0699,(((Clusia\_fluminensis:0.3322,Clusia\_spiritusanctensis:0.3322)n3866:0.6999,Clusia\_bernambucensis:1.0321)n3865:3.4411)n3858:3.7811,(Clusia\_nemorosa:2.9057,Clusia\_melchiorii:2.9057)n3887:5.3486)n3856:0.818,Clusia\_aemygdioi:9.0723,Clusia\_dardanoi:9.0723,Clusia\_fragrans:9.0723,Clusia\_immersa:9.0723,Clusia\_obdeltifolia:9.0723,Clusia\_organensis:9.0723,Clusia\_sellowiana:9.0723)n3819:2.6647,(Tovomita\_longifolia:6.9312,Tovomita\_brevistaminea:6.9312,Tovomita\_choisyana:6.9312,Tovomita\_fructipendula:6.9312,Tovomita\_glazioviana:6.9312,Tovomita\_leucantha:6.9312,Tovomita\_mangle:6.9312,Tovomita\_schomburgkii:6.9312)n3905:4.8058)n3818:39.34)n3718:37.9885)n3318:1.6512,(Bonnetia\_stricta:88.3794,(Calophyllum\_brasiliense:41.2287,((Kielmeyera\_lathrophyton:2.2168,Kielmeyera\_petiolaris:2.2168,Kielmeyera\_coriacea:2.2168,Kielmeyera\_rugosa:2.2168,Kielmeyera\_excelsa:2.2168,Kielmeyera\_neglecta:2.2168,Kielmeyera\_rubriflora:2.2168,Kielmeyera\_albopunctata:2.2168,Kielmeyera\_altissima:2.2168,Kielmeyera\_angularis:2.2168,Kielmeyera\_cuspidata:2.2168,Kielmeyera\_elata:2.2168,Kielmeyera\_insignis:2.2168,Kielmeyera\_membranacea:2.2168,Kielmeyera\_ochioniana:2.2168,Kielmeyera\_reticulata:2.2168,Kielmeyera\_rizziniana:2.2168,Kielmeyera\_sigillata:2.2168,Kielmeyera\_tomentosa:2.2168)n3955:13.1636,Caraipa\_densifolia:15.3804)n3954:25.8483)n3922:47.1507)n3910:2.3373)n3317:3.8426)n2892:0.3055,(((Carpotroche\_brasiliensis:12.2814,Kuhlmanniodendron\_apterocarpum:12.2814)n3970:77.7189,(((Rinorea\_guianensis:4.4664,Rinorea\_bahiensis:4.4664)n4243:39.4518,Rinorea\_ramiziana:43.9182,Rinorea\_laevigata:43.9182)n4181:8.3842,(Amphirrhox\_longifolia:32.9178,(Paypayrola\_grandiflora:10.2161,Paypayrola\_blanchetiana:10.2161)n4313:22.7017)n4299:19.3846)n4000:37.6979)n3966:4.3613,(Lacistema\_robustum:74.1122,(Lacistema\_pubescens:25.474,(Lacistema\_hasslerianum:17.3727,Lacistema\_aggregatum:17.3727)n4727:8.1013)n4726:48.6382,((Laetia\_americana:12.7574,(Casearia\_combaymensis:12.6287,(Casearia\_sylvestris:12.4942,Casearia\_commersonianana:12.4942)n4740:0.1345,Casearia\_aculeata:12.6287,Casearia\_grandiflora:12.6287,Casearia\_decandra:12.6287,Casearia\_arborea:12.6287,Casearia\_guianensis:12.6287,Casearia\_hirsuta:12.6287,Casearia\_lasiophylla:12.6287,Casearia\_bahiensis:12.6287,Casearia\_catharinensis:12.6287,Casearia\_eichleriana:12.6287,Casearia\_gossypiosperma:12.6287,Casearia\_luetzelburgii:12.6287,Casearia\_mariquitensis:12.6287,Casearia\_meliodora:12.6287,Casearia\_mestrensis:12.6287,Casearia\_obliqua:12.6287,Casearia\_oblongifolia:12.6287,Casearia\_paranaensis:12.6287,Casearia\_pauciflora:12.6287,Casearia\_resinifera:12.6287,Casearia\_rufescens:12.6287,Casearia\_rupestris:12.6287,Casearia\_selloana:12.6287,Casearia\_souzae:12.6287,Casearia\_spruceana:12.6287,Casearia\_ulmifolia:12.6287)n4739:0.1287)n4733:49.8494,(((Abatia\_americana:19.5594,(Prockia\_crucis:12.3987,(Banara\_guianensis:12.3958,Banara\_tomentosa:12.3958,Banara\_parviflora:12.3958,Banara\_serrata:12.3958)n4762:0.0029)n4758:7.1607)n4753:21.8042,(Xylosma\_glaberrima:13.7925,(Xylosma\_ciliatifolia:13.6972,Xylosma\_venosa:13.6972,Xylosma\_prockia:1



:7.6714)n9909:7.672)n9907:63.8266)n9027:6.3228,(((Ziziphus\_platyphylla:13.3099,Ziziphus\_undulata:13.3099)n9973:16.5438,(Colubrina\_retusa:27.8936,(Colubrina\_glandulosa:25.561,Colubrina\_cor difolia:25.561)n9998:2.3326)n9989:1.9601)n9916:5.1156,Colletia\_paradoxa:34.9693)n9915:16.4285,(Rhamnus\_sphaerosperma:24.2876,(Condalia\_buxifolia:15.051,(Rhamnium\_elaeocarpum:7.5252,Rhamnium\_glabrum:7.5252)n10119:7.5258)n10114:9.2366)n10085:1.5957,(Scutia\_buxifolia:25.3088,Scutia\_arenicola:25.3088)n10129:0.5745)n10084:25.5145)n9913:34.095)n9026:13.4683)n7734:13.7401,((((((((Bauhinia\_rufa:49.4262,Sesbania\_punicea:49.4262)n10176:8.2049,(((Erythrina\_crista-galli:4.1314,Erythrina\_speciosa:4.1314,Erythrina\_velutina:4.1314,Erythrina\_falcata:4.1314,Erythrina\_dominguezii:4.1314,Erythrina\_verna:4.1314)n11739:37.7939,Platycyamus\_regnellii:41.9253)n11351:2.128,(Lonchocarpus\_sericeus:8.4529,(Dahlstedtia\_araripensis:5.4546,(Dahlstedtia\_pinnata:0.8282,Dahlstedtia\_pentaphylla:0.8282)n11859:4.6264,Dahlstedtia\_muehlbergiana:5.4546,Dahlstedtia\_floribunda:5.4546)n11858:2.9983)n11852:10.7319,(Muellera\_virgilioides:5.82455,Muellera\_longiunguiculata:5.82455,Muellera\_grazielae:5.82455,Muellera\_filipes:5.82455,Muellera\_amplexicaulis:5.82455)NA:13.36025,Lonchocarpus\_nitidus:19.1848,Lonchocarpus\_violaceus:19.1848,Lonchocarpus\_cultratus:19.1848)n11806:24.8685)n11350:0.8789,Clitoria\_fairchildiana:44.9322)n11348:12.6989,(Deguelia\_costata:28.8157,Deguelia\_hatschbachii:28.8157)n12183:28.8154)n10175:5.8823,Platymiscium\_pubescens:63.5134)n10172:0.7022,(Platymiscium\_floribundum:62.3771,(((Poecilanthus\_falcatus:11.983,Poecilanthus\_ulei:11.983)n12723:0.8344,Poecilanthus\_parviflora:12.8174)n12722:16.594,Cyclobium\_brasiliense:29.4114)n12710:29.7955,(((Dalbergia\_miscolobium:25.7126,(Machaerium\_paraguariense:21.8351,(Machaerium\_nyctitans:10.5372,Machaerium\_hirtum:10.5372,Machaerium\_brasiliense:10.5372,Machaerium\_stipitatum:10.5372,Machaerium\_villosum:10.5372,Machaerium\_scleroxylon:10.5372,Machaerium\_acutifolium:10.5372,Machaerium\_hatschbachii:10.5372,Machaerium\_ovalifolium:10.5372,Machaerium\_obovatum:10.5372,Machaerium\_floridum:10.5372,Machaerium\_leucopterum:10.5372,Machaerium\_salzmannii:10.5372,Machaerium\_incorruptibile:10.5372,Machaerium\_firmum:10.5372,Machaerium\_nigrum:10.5372,Machaerium\_fulvovenosum:10.5372,Machaerium\_punctatum:10.5372,Machaerium\_legale:10.5372,Machaerium\_pedicellatum:10.5372,Machaerium\_cantarellianum:10.5372,Machaerium\_macaense:10.5372,Machaerium\_robsonianum:10.5372,Machaerium\_ruddianum:10.5372)n12790:11.2979)n12789:3.8775)n12744:16.834,(((Pterocarpus\_rohrii:11.4656,((Centrolobium\_sclerophyllum:1.0865,Centrolobium\_microchaete:1.0865)n12882:0.4519,Centrolobium\_robustum:1.5384)n12881:0.2468,Centrolobium\_tomentosum:1.7852)n12880:9.6804)n12856:12.3818,(Platypodium\_elegans:20.7284,Grazielodendron\_riodocensis:20.7284)n12886:3.119)n12854:2.0114,(Acosmium\_diffusissimum:1.9392,Acosmium\_lenticifolium:1.9392)n12887:23.9196)n12853:11.5226,Platymiscium\_speciosum:37.3814)n12850:2.5399,Riedeliella\_graciliflora:39.9213)n12849:2.6253)n12740:16.3196,((((Leptolobium\_dasy carpum:1.6776,Leptolobium\_elegans:1.6776)n12994:0.8262,Leptolobium\_tenuifolium:2.5038)n12992:5.4946,(Leptolobium\_brachystachyum:4.3342,Leptolobium\_bijugum:4.3342)n12996:3.6642)n12990:2.505,Bowdichia\_virgilioides:10.5034)n12989:6.6649,(Diploptropis\_ferruginea:0.0104,Diploptropis\_incexis:0.0104)n13003:17.1579)n12988:25.5606,(((Ormosia\_arborea:0.8993,Ormosia\_fastigiata:0.8993)n13014:5.4658,Ormosia\_minor:6.3651)n13009:2.5402,(Ormosia\_bahiensis:6.2349,Ormosia\_nitida:6.2349)n13018:2.6704)n13008:4.1648,Ormosia\_friburgensis:13.0701,Ormosia\_vicosana:13.0701,Ormosia\_altimontana:13.0701,Ormosia\_lewisii:13.0701)n13006:29.6588)n12959:16.1373)n12737:0.3338,(Myroxylon\_peruiferum:9.8614,(Myrocarpus\_fastigiatus:1.7797,Myrocarpus\_frondosus:1.7797)n13047:8.0817)n13045:49.3386)n12736:0.0069)n12269:1.9392,(((Luettelburgia\_trialata:2.0487,Luettelburgia\_guaissara:2.0487)n13087:14.4259,Vatairea\_heteroptera:16.4746)n13075:1.4834,Sweetia\_fruticosa:17.958)n13074:5.5063,Vataireopsis\_araroba:23.4643)n13073:37.6818)n12268:1.231,(((Ateleia\_glazioviana:33.3729,(Swartzia\_submarginata:21.8235,(Swartzia\_myrtifolia:9.5582,(Swartzia\_macrostachya:9.5438,(((Swartzia\_flaemingii:3.3429,Swartzia\_pickelii:3.3429)n13136:1.4697,Swartzia\_polita:4.8126)n13135:3.1428,(Swartzia\_apetala:7.6211,Swartzia\_simplex:7.6211)n13138:0.3343)n13131:0.0116,Swartzia\_alternifoliolata:7.967)n13130:1.5768,Swartzia\_euxylophora:9.5438,Swartzia\_acutifolia:9.5438,Swartzia\_bahiensis:9.5438,Swartzia\_dipetala:9.5438,Swartzia\_langsdorffii:9.5438,Swartzia\_riedelii:9.5438,Swartzia\_multijuga:9.5438,Swartzia\_reticulata:9.5438,Swartzia\_micrantha:9.5438,Swartzia\_pilulifera:9.5438,Swartzia\_glazioviana:9.5438,Swartzia\_obolata:9.5438,Swartzia\_capixabensi



s:9.5438,Swartzia\_linharensis:9.5438)n13129:0.0144)n13128:12.2653)n13127:11.5494)n13102:5.6975  
,Amurana\_cearensis:39.0704)n13101:7.4013,(((Zollernia\_ilicifolia:1.0491,Zollernia\_glabra:1.0  
491)n13154:11.3607,(Zollernia\_modesta:11.0864,Zollernia\_magnifica:11.0864)n13156:1.3234,Zoller  
nia\_glaziovii:12.4098,Zollernia\_paraensis:12.4098,Zollernia\_cowanii:12.4098)n13153:5.0208,(Har  
leyodendron\_unifoliolatum:15.225,Holocalyx\_balansae:15.225)n13157:2.2056)n13152:1.7313,(Exosty  
les\_venusta:9.2689,Exostyles\_godoyensis:9.2689)n13158:9.893)n13151:27.3098)n13100:5.8408,((((  
(((Andira\_fraxinifolia:0.1563,Andira\_ormosioides:0.1563)n13173:0.0053,Andira\_anthelmia:0.1616  
)n13172:0.0106,Andira\_nitida:0.1722)n13171:0.8149,Andira\_legalis:0.9871)n13170:0.3727,Andira\_c  
arvalhoi:1.3598)n13169:0.0192,Andira\_surinamensis:1.379)n13168:2.8689,Andira\_marauensis:4.2479  
)n13166:1.5331,Andira\_inermis:5.781,Andira\_vermifuga:5.781)n13164:4.6598,(Hymenolobium\_alagoa  
num:1.1865,Hymenolobium\_janeirensis:1.1865)n13183:0.0123,Hymenolobium\_heringeranum:1.1988)n1318  
1:9.242)n13163:41.8717)n13099:10.0646,Dalbergia\_foliolosa:62.3771,Dalbergia\_elegans:62.3771,Da  
lbergia\_brasiliensis:62.3771,Dalbergia\_villosa:62.3771,Dalbergia\_nigra:62.3771,Dalbergia\_decip  
ularis:62.3771,Dalbergia\_ernest-  
ulei:62.3771,Dalbergia\_glaziovii:62.3771,Dalbergia\_glaucescens:62.3771)n12267:1.8385)n10171:1.  
9063,(Dipteryx\_alata:5.7633,Pterodon\_emarginatus:5.7633)n13225:60.3586)n10170:11.8409,((((((S  
enegalia\_polyphylla:29.7329,(Senegalia\_langsdorffii:28.8179,((((((Senegalia\_riparia:5.4187,Se  
negalia\_tenuifolia:5.4187)n13695:3.502,Senegalia\_bonariensis:8.9207)n13683:16.6092,(Vachellia\_  
farnesiana:1.3435,Vachellia\_caven:1.3435)n13774:24.1864)n13254:0.006500000001,((((((Inga\_pleiog  
yna:17.5252,(Inga\_pedunculata:17.0425,(Inga\_grazielae:17.0314,(Inga\_edwallii:15.231,(Inga\_cong  
esta:13.0334,(Inga\_aptera:5.5101,((Inga\_thibaudiana:2.4198,(Inga\_cylindrica:2.2569,Inga\_laure  
na:2.2569)n13854:0.1629)n13829:0.5607,Inga\_marginata:2.9805)n13827:0.2783,Inga\_capitata:3.2588  
)n13826:2.2513,Inga\_tenuis:5.5101,Inga\_sellowiana:5.5101,Inga\_striata:5.5101,Inga\_barbata:5.51  
01,Inga\_schinifolia:5.5101,Inga\_ingoides:5.5101,Inga\_cayennensis:5.5101,Inga\_maritima:5.5101,I  
nga\_platyptera:5.5101,Inga\_lentiscifolia:5.5101,Inga\_blanchetiana:5.5101,Inga\_bullata:5.5101,I  
nga\_sessilis:5.5101,Inga\_virescens:5.5101,Inga\_unica:5.5101,Inga\_leptantha:5.5101,Inga\_lentice  
llata:5.5101,Inga\_ciliata:5.5101,Inga\_hispida:5.5101,Inga\_vulpina:5.5101,Inga\_exfoliata:5.5101  
,Inga\_flagelliformis:5.5101,Inga\_cabelo:5.5101,Inga\_subnuda:5.5101,Inga\_suborbicularis:5.5101,  
Inga\_praegnans:5.5101,Inga\_cordistipula:5.5101,Inga\_bollandii:5.5101,Inga\_lanceifolia:5.5101,I  
nga\_mendoncaei:5.5101,Inga\_conchifolia:5.5101)n13824:7.5233,(Zygia\_cataractae:7.635,Zygia\_lati  
folia:7.635)n13874:5.3984)n13823:2.1976,Leucochloron\_incuriale:15.231)n13822:1.8004)n13821:0.0  
111,(Enterolobium\_gummiiferum:8.7906,Enterolobium\_contortisiliquum:8.7906,Enterolobium\_monjoll  
o:8.7906,Enterolobium\_glaziovii:8.7906)n13887:7.306,Blanchetiodendron\_blanchetii:16.0966)n1388  
1:0.9459)n13820:0.4827)n13819:0.0038,(Albizia\_polycephala:13.108,((Abarema\_langsdorffii:5.1921  
,Abarema\_jupunba:5.1921,Abarema\_filamentosa:5.1921,Abarema\_turbinata:5.1921,Abarema\_brachystac  
hya:5.1921,Abarema\_cochliacarpus:5.1921,Abarema\_limae:5.1921,Abarema\_villosa:5.1921)n13918:4.5  
546,Albizia\_niopoides:9.7467)n13917:3.3613)n13904:4.421)n13818:0.3029,((Chloroleucon\_foliolos  
um:3.6592,Chloroleucon\_extortum:3.6592)n13930:0.6488,(Chloroleucon\_tenuiflorum:1.6731,Chlorole  
ucon\_dumosum:1.6731)n13931:2.6349,Chloroleucon\_acacioides:4.308,Chloroleucon\_tortum:4.308)n139  
29:10.771,Samanea\_inopinata:15.079)n13927:2.7529)n13815:1.7123,Pithecellobium\_dulce:19.5442)n1  
3814:4.8492,((((Calliandra\_brevipes:4.1588,Calliandra\_tweedii:4.1588)n13999:2.8536,Calliandra\_  
bella:7.0124)n13996:2.4495,Calliandra\_foliolosa:9.4619,Calliandra\_harrisii:9.4619)n13985:5.709  
7,((Calliandra\_calycina:3.0415,Calliandra\_asplenioides:3.0415)n14029:3.7385,Calliandra\_lintea:  
6.78,Calliandra\_erubescens:6.78)n14027:8.3916,Calliandra\_elegans:15.1716)n13980:9.2218)n13810:  
1.143,Albizia\_edwallii:25.5364,Albizia\_inundata:25.5364,Albizia\_burkartiana:25.5364,Senegalia\_  
kallunkiae:25.5364,Senegalia\_bahiensis:25.5364,Senegalia\_giganticarpa:25.5364,Senegalia\_globos  
a:25.5364,Mimosa\_pilulifera:25.5364,Mimosa\_gemmulata:25.5364,Mimosa\_bimucronata:25.5364)n13253  
:2.0474,(Mimosa\_arenosa:26.5989,((Mimosa\_tenuiflora:11.7276,Mimosa\_scabrella:11.7276)n14061:3  
.2338,Mimosa\_caesalpiniifolia:14.9614)n14059:11.0392,(Piptadenia\_stipulacea:13.2499,Piptadenia\_  
gonoacantha:13.2499)n14083:12.7507)n14056:0.5983,((((Stryphnodendron\_adstringens:0.6399,Stry  
phnodendron\_rotundifolium:0.6399)n14102:1.1312,Stryphnodendron\_polyphyllum:1.7711)n14100:0.857

9, *Stryphnodendron pulcherrimum*:2.629)n14098:11.9587, (*Parapiptadenia blanchetii*:5.4993, *Parapiptadenia pterosperma*:5.4993, *Parapiptadenia rigida*:5.4993)n14117:9.0884)n14097:0.8335, (*Pityrocarpa moniliformis*:14.7974, (*Pseudopiptadenia contorta*:8.2885, *Pseudopiptadenia warmingii*:8.2885, *Pseudopiptadenia schumanniana*:8.2885, *Pseudopiptadenia brenanii*:8.2885, *Pseudopiptadenia bahiana*:8.2885, *Pseudopiptadenia leptostachya*:8.2885, *Pseudopiptadenia inaequalis*:8.2885)n14124:6.5089)n14119:0.6238)n14096:11.1777, *Mimosa flocculosa*:26.5989, *Mimosa lewisii*:26.5989, *Mimosa artemisiana*:26.5989, *Mimosa incana*:26.5989, *Mimosa pithecolobioides*:26.5989, *Mimosa pteridifolia*:26.5989, *Mimosa micropteris*:26.5989, *Mimosa taimbensis*:26.5989, *Mimosa balduinii*:26.5989, *Mimosa regnellii*:26.5989, *Mimosa cubatanensis*:26.5989, *Mimosa myuros*:26.5989)n14055:0.9849)n13252:0.2001, (*Anadenanthera peregrina*:6.0966, *Anadenanthera colubrina*:6.0966)n14139:21.6873, *Piptadenia paniculata*:27.7839)n13251:0.1153, *Parkia bahiae*:27.8992, *Parkia pendula*:27.8992)n13250:0.9187)n13247:0.915)n13246:2.1436, *Plathyenia reticulata*:31.8765)n13244:11.6957, (*Moldenhawera floribunda*:15.5059, *Moldenhawera blanchetiana*:15.5059, *Moldenhawera luschnathiana*:15.5059, *Moldenhawera papillanthera*:15.5059, *Moldenhawera polysperma*:15.5059)n14260:28.0663)n13240:2.1751, ((*Schizolobium parahyba*:28.8397, ((*Tachigali urbaniana*:2.227, *Peltophorum dubium*:2.227)n14288:16.928, *Tachigali rubiginosa*:19.155)n14285:9.6847)n14267:14.0229, (*Tachigali pilgeriana*:36.8216, (*Tachigali duckei*:5.8482, *Tachigali densiflora*:5.8482, *Tachigali denudata*:5.8482, *Tachigali aurea*:5.8482, *Tachigali paratyensis*:5.8482, *Tachigali subvelutina*:5.8482, *Tachigali vulgaris*:5.8482, *Tachigali friburgensis*:5.8482, *Tachigali rugosa*:5.8482)n14291:30.9734)n14290:6.041)n14266:2.8847)n13239:2.0798, ((*Libidibia ferrea*:26.9682, *Cenostigma macrophyllum*:26.9682)n14294:0.6959, *Guilandina bonduc*:27.6641)n14293:20.163)n13238:2.8724, ((*Senna silvestris*:43.0874, (*Senna multijuga*:43.08, (*Senna macranthera*:40.975, (*Senna cana*:40.5233, *Chamaecrista eitenorum*:40.5233, ((*Senna velutina*:26.022, (*Senna spectabilis*:15.5844, *Senna corymbosa*:15.5844)n14422:10.4376)n14406:3.7255, (*Senna reticulata*:14.1876, *Senna alata*:14.1876)n14440:15.5599)n14405:10.7758, (*Chamaecrista roraimae*:24.1673, (*Chamaecrista brachystachya*:1.8018, *Chamaecrista blanchetii*:1.8018)n14473:22.3655)n14452:16.356, *Chamaecrista cytisoides*:40.5233, *Chamaecrista decora*:40.5233, *Chamaecrista confertiflora*:40.5233, *Chamaecrista onusta*:40.5233, *Chamaecrista apoucouita*:40.5233, *Chamaecrista orbiculata*:40.5233, *Chamaecrista aspidiifolia*:40.5233, *Chamaecrista zygophylloides*:40.5233, *Chamaecrista sincorana*:40.5233, *Chamaecrista hedyaroides*:40.5233, *Chamaecrista aspleniifolia*:40.5233, *Chamaecrista bahiae*:40.5233, *Chamaecrista multiseta*:40.5233, *Chamaecrista compitalis*:40.5233, *Chamaecrista amabilis*:40.5233, *Chamaecrista ensiformis*:40.5233, *Chamaecrista duartei*:40.5233, *Senna rugosa*:40.5233, *Senna rizzinii*:40.5233, *Senna quinquangulata*:40.5233, *Senna bacillaris*:40.5233, *Senna appendiculata*:40.5233, *Senna corifolia*:40.5233, *Senna organensis*:40.5233, *Senna reniformis*:40.5233, *Senna affinis*:40.5233, *Senna araucarietorum*:40.5233, *Senna georgica*:40.5233, *Senna oblongifolia*:40.5233, *Senna lechriosperma*:40.5233)n14403:0.4517, (*Cassia ferruginea*:13.0593, *Cassia leptophylla*:13.0593)n14481:27.9157)n14402:2.105, *Melanoxylon brauna*:43.08)n14401:0.0074)n14400:4.2767, *Pterogyne nitens*:47.3641)n14399:3.3354)n13237:7.4031, *Gleditsia amorphoides*:58.1026)n13236:19.8602, (*Dimorphandra jorgei*:38.9816, *Dimorphandra gardneriana*:38.9816, *Dimorphandra exaltata*:38.9816)n14508:38.9812, (*Arapatiella emarginata*:38.9816, *Arapatiella psilophylla*:38.9816)n14509:38.9812)n10169:3.3142, ((*Dialium guianense*:18.3989, *Apuleia leiocarpa*:18.3989)n14514:2.8039, *Martiodendron fluminense*:21.2028)n14513:14.7954, *Poeppigia procera*:35.9982)n14510:45.2788)n10168:2.7491, ((*Bauhinia pentandra*:3.3108, *Bauhinia forficata*:3.3108)n14567:0.8887, (*Bauhinia pulchella*:1.7272, *Bauhinia unguolata*:1.7272)n14574:2.4723)n14566:79.8266, *Bauhinia pinheiroi*:84.0261, *Bauhinia cheilantha*:84.0261, *Bauhinia acuruana*:84.0261, *Bauhinia uruguayensis*:84.0261, *Bauhinia longifolia*:84.0261, *Bauhinia fusconervis*:84.0261, *Bauhinia ovata*:84.0261)n10167:0.7369, ((*Brodriguesia santosii*:30.9675, *Macrolobium rigidum*:30.9675, *Macrolobium latifolium*:30.9675)n14628:9.2339, ((*Copaifera langsdorffii*:14.8091, *Copaifera trappezifolia*:14.8091, *Copaifera duckei*:14.8091, *Copaifera lucens*:14.8091, *Copaifera majorina*:14.8091)n14804:14.2096, ((*Hymenaea altissima*:7.3303, (*Hymenaea oblongifolia*:7.3187, (*Hymenaea aurea*:3.6592, *Hymenaea martiana*:3.6592, *Hymenaea rubriflora*:3.6592)n14819:3.6595)n14818:0.0116, *Hymenaea coubaril*:7.3303)n14817:12.4643, *Peltogyne confertiflora*:19.7946)n14814:9.2241)n14793:11.1827, *Peltogyne pauciflora*:40.2014, *Peltogyne recifensis*:40.2014, *Peltogyne angustiflora*:40.2014, *Peltogyne*

\_mattosiana:40.2014,Peltogyne\_discolor:40.2014,Peltogyne\_chrysopsis:40.2014)n14626:6.1496,(Goni  
 orrhachis\_marginata:16.2152,Barnebydendron\_riedelii:16.2152)n14861:30.1358)n14624:38.412)n1016  
 6:11.3116,((Acanthocladus\_santosii:19.2559,Acanthocladus\_pulcherrimus:19.2559,Acanthocladus\_di  
 chromus:19.2559,Acanthocladus\_brasiliensis:19.2559)NA:23.1904,(Bredemeyera\_floribunda:42.44,Br  
 edemeyera\_hebeclada:42.44)n14974:0.0063)n14967:53.6283)n10165:2.6228,Quillaja\_brasiliensis:98.  
 6974)n10164:14.0038)n5897:3.084399999)n18:2.793000001,((((((((Colicodendron\_bahianum:12.8687  
 ,Monilicarpa\_brasiliana:12.8687)n17154:0.0127,(Cynophalla\_flexuosa:6.5733,Cynophalla\_hastata:6  
 .5733)n17171:6.3081)n17153:0.5831,(Neocalyptrocalyx\_nectareus:4.9573,Neocalyptrocalyx\_grandipe  
 tala:4.9573)n17187:8.5072)n17151:0.0082,Capparidastrum\_frondosum:13.4727)n17150:9.8809,Crateva  
 \_tapia:23.3536)n17146:55.6354,(Vasconcellea\_quercifolia:12.0196,(Jacaratia\_spinosa:6.3032,Jaca  
 ratia\_heptaphylla:6.3032)n17288:5.7164)n17267:66.9694)n15121:13.9641,((Daphnopsis\_racemosa:5.  
 1063,Daphnopsis\_martii:5.1063,Daphnopsis\_schwackeana:5.1063,Daphnopsis\_brasiliensis:5.1063,Dap  
 hnopsis\_coriacea:5.1063,Daphnopsis\_fasciculata:5.1063,Daphnopsis\_pseudosalix:5.1063,Daphnopsis  
 \_sellowiana:5.1063,Daphnopsis\_utilis:5.1063)n17323:24.954,(Funifera\_brasiliensis:15.0301,Funif  
 era\_grandifolia:15.0301)n17454:15.0302)n17309:40.0573,((Basiloxydon\_brasiliensis:38.3606,((Gua  
 zuma\_ulmifolia:8.8282,Guazuma\_crinita:8.8282)n17506:23.452,((Apeiba\_albiflora:6.3653,Apeiba\_t  
 ibourbou:6.3653)n17564:16.0778,Heliocarpus\_popayanensis:22.4431)n17562:1.5462,((Luehea\_divaric  
 ata:6.9431,Luehea\_candicans:6.9431,Luehea\_conwentzii:6.9431,Luehea\_grandiflora:6.9431,Luehea\_o  
 chrophylla:6.9431,Luehea\_paniculata:6.9431)n17594:9.8267,Hydrogaster\_trinervis:16.7698)n17589:  
 7.2195)n17561:8.2909)n17463:6.0804,(((Sterculia\_striata:9.6313,Sterculia\_curiosa:9.6313)n1762  
 1:13.7633,(Christiana\_africana:4.2178,Christiana\_macrodon:4.2178)n17684:19.1768)n17604:2.1486,  
 (((((((Pachira\_glabra:0.8158,Pachira\_endecaphylla:0.8158)n17710:9.1981,Pachira\_calophylla:10.0  
 139)n17701:0.0936,((Eriotheca\_macrophylla:6.99,(Eriotheca\_pentaphylla:6.1452,(Eriotheca\_candol  
 leana:5.8566,Eriotheca\_dolichopoda:5.8566)n17721:0.2886)n17717:0.8448)n17715:2.2237,Eriotheca\_  
 obcordata:9.2137)n17713:0.8938)n17700:3.211,((Pseudobombax\_grandiflorum:5.83,Pseudobombax\_tome  
 ntosum:5.83,Pseudobombax\_longiflorum:5.83)n17727:6.5953,((Ceiba\_crispiflora:1.0182,((Ceiba\_ven  
 tricosa:0.9695,Ceiba\_speciosa:0.9695)n17739:0.0275,Ceiba\_pubiflora:0.997)n17737:0.0212)n17736:  
 8.4002,Ceiba\_erianthos:9.4184)n17734:3.0069)n17726:0.8932)n17699:1.5747,Cavanillesia\_umbellata  
 :14.8932)n17698:7.7895,Spirotheca\_rivieri:22.6827)n17687:0.0154,((Quararibea\_turbinata:3.9036,  
 Quararibea\_penduliflora:3.9036)n17766:18.4904,((Talipariti\_bernambucense:12.9535,(Pavonia\_mala  
 cophylla:6.8685,Pavonia\_alnifolia:6.8685,Pavonia\_calyculosa:6.8685,Pavonia\_glazioviana:6.8685,  
 Pavonia\_luetzelburgii:6.8685,Pavonia\_makoyana:6.8685,Pavonia\_malvaviscoides:6.8685,Pavonia\_mor  
 ii:6.8685,Pavonia\_sancti:6.8685)n17842:6.085)n17798:6.5991,(Abutilon\_grandifolium:9.9363,(Call  
 ianthe\_rufinerva:4.6242,Callianthe\_amoena:4.6242,Callianthe\_bedfordiana:4.6242,Callianthe\_fluv  
 iatilis:4.6242)n17938:5.3121)n17914:9.6163)n17771:2.8414,Pseudabutilon\_aristulosum:22.394,Bast  
 ardiopsis\_densiflora:22.394)n17762:0.3041)n17686:2.8451)n17603:7.7669,(Helicteres\_ovata:8.5538  
 ,Helicteres\_brevispira:8.5538,Helicteres\_corylifolia:8.5538,Helicteres\_eichleri:8.5538,Helicte  
 res\_heptandra:8.5538,Helicteres\_macropetala:8.5538)n18115:24.7563)n17602:5.0505)n17462:28.4319  
 ,((Bixa\_orellana:20.23395,Bixa\_arborea:20.23395)NA:20.23395,Cochlospermum\_vitifolium:40.4679)n  
 18140:26.3246)n17460:3.3251)n17308:22.8355)n15119:11.305,(Macrothumia\_kuhlmannii:79.9177,(Myra  
 crodruon\_urundeuva:51.5585,Lithraea\_molleoides:51.5585,(Myracrodruon\_balansae:43.834,Lithraea\_  
 brasiliensis:43.834,((Anacardium\_occidentale:25.0313,((Astronium\_fraxinifolium:7.8766,Astroni  
 um\_graveolens:7.8766)n18388:0.038,Astronium\_concinnum:7.9146,Astronium\_glaziovii:7.9146,Astron  
 ium\_nelson-  
 rosae:7.9146)n18386:8.9812,(Schinus\_terebinthifolia:7.7223,Schinus\_molle:7.7223,Schinus\_lentis  
 cifolia:7.7223,Schinus\_engleri:7.7223,Schinus\_ferox:7.7223)n18402:9.1735)n18377:8.1355)n18296:  
 18.3215,(Tapirira\_guianensis:6.4029,Tapirira\_obtusa:6.4029)n18484:36.9499)n18292:0.4812,(Spond  
 ias\_mombin:11.4796,(Spondias\_macrocarpa:9.4012,Spondias\_venulosa:9.4012)n18526:2.0784)n18520:3  
 2.3544,Thyrsodium\_spruceanum:43.834)n18291:7.7245,((Trattinnickia\_ferruginea:5.3183,Trattinnic  
 kia\_mensalis:5.3183)n18652:22.741,((Protium\_brasiliense:7.7831,((Protium\_heptaphyllum:4.5835,P  
 rotium\_icicariba:4.5835)n18736:0.0817,Protium\_aracouchini:4.6652)n18733:3.1179,Protium\_widgren

ii:7.7831, Protium\_warmingianum:7.7831, Protium\_spruceanum:7.7831, Protium\_kleinii:7.7831, Protium\_glaziovii:7.7831, Protium\_bahianum:7.7831)n18717:0.0591, (Crepidospermum\_atlanticum:6.3431, (Tetragastris\_catuaba:4.4464, Tetragastris\_occhionii:4.4464)n18781:1.8967)n18778:1.4991)n18716:20.2171)n18641:23.4992)n18290:28.3592, (((Sapindus\_saponaria:34.237, ((Vouarana\_guianensis:9.1707, (Matayba\_livescens:4.585, Matayba\_laevigata:4.585, Matayba\_guianensis:4.585, Matayba\_elaeagnoides:4.585, Matayba\_discolor:4.585, Matayba\_cristae:4.585, Matayba\_grandis:4.585, Matayba\_heterophylla:4.585, Matayba\_intermedia:4.585, Matayba\_juglandifolia:4.585, Matayba\_leucodictya:4.585, Matayba\_marginata:4.585, Matayba\_mollis:4.585, Matayba\_obovata:4.585, Matayba\_punctata:4.585, Matayba\_sylvatica:4.585)n18958:4.5857)n18956:7.5091, (Cupania\_scrobiculata:13.8837, Cupania\_venalis:13.8837, Cupania\_bracteosa:13.8837, Cupania\_concolor:13.8837, Cupania\_crassifolia:13.8837, Cupania\_emarginata:13.8837, Cupania\_furfuracea:13.8837, Cupania\_impressinervia:13.8837, Cupania\_ludowigii:13.8837, Cupania\_oblongifolia:13.8837, Cupania\_paniculata:13.8837, Cupania\_platycarpa:13.8837, Cupania\_racemosa:13.8837, Cupania\_radlkoferi:13.8837, Cupania\_rigida:13.8837, Cupania\_rugosa:13.8837, Cupania\_tenuivalvis:13.8837, Cupania\_zanthoxyloides:13.8837)n18979:2.7961)n18954:16.5941, ((Talisia\_esculenta:9.4521, Talisia\_cerasina:9.4521, Talisia\_coriacea:9.4521, Talisia\_cupularis:9.4521, Talisia\_macrophylla:9.4521, Talisia\_retusa:9.4521)n19011:9.4527, (Melicoccus\_oliviformis:9.4521, Melicoccus\_espiritasantensis:9.4521)n19012:9.4527)n19010:12.1696, Dilodendron\_bipinnatum:31.0744)n18995:2.1995)n18952:0.9631)n18936:18.4833, Dodonaea\_viscosa:52.7203)n18931:2.0811, (Allophylus\_racemosus:27.4009, Allophylus\_edulis:27.4009, Allophylus\_petiolum:27.4009, Allophylus\_pauciflorus:27.4009, Allophylus\_guaraniticus:27.4009, Allophylus\_semidentatus:27.4009, Allophylus\_heterophyllus:27.4009, Allophylus\_leucoclados:27.4009, Allophylus\_melanophloeus:27.4009, Allophylus\_membranifolius:27.4009, Allophylus\_puberulus:27.4009)n19046:27.4005, (Diatenopteryx\_sorbifolia:27.4009, Diatenopteryx\_grazielae:27.4009)n19050:27.4005, Pseudima\_frutescens:54.8014, Scyphonychium\_multiflorum:54.8014, Avertroidium\_gardnerianum:54.8014, (Toulicia\_laevigata:27.4009, Toulicia\_patenervis:27.4009, Toulicia\_stans:27.4009, Toulicia\_subsquamulata:27.4009)n19091:27.4005, Tripterodendron\_filicifolium:54.8014)n18930:24.3463, (((Simarouba\_amara:10.4157, (Simaba\_floribunda:10.4018, (Simaba\_cedron:4.9117, Simaba\_insignis:4.9117)n19127:5.4901, Simaba\_guianensis:10.4018, Simaba\_maiana:10.4018, Simaba\_subcymosa:10.4018)n19125:0.0139)n19120:38.1518, (Castela\_tweedii:46.366, Picrasma\_crenata:46.366)n19140:2.2015)n19096:18.3216, ((Cabranea\_canjerana:23.7171, (Guarea\_guidonia:6.754, Guarea\_macrophylla:6.754)n19290:10.6909, Guarea\_kunthiana:17.4449, Guarea\_pendula:17.4449, Guarea\_blanchetii:17.4449)n19289:6.2722)n19162:9.758, (Trichilia\_clauseni:26.759, (Trichilia\_pallida:18.5963, (Trichilia\_lepidota:16.714, (((Trichilia\_catigua:3.354, (Trichilia\_tetrapetala:1.8875, (Trichilia\_pseudostipularis:1.8711, Trichilia\_ramalhoi:1.8711)n19338:0.0164)n19337:1.4665)n19336:0.4642, Trichilia\_magnifoliola:3.8182)n19335:0.8865, ((Trichilia\_pleeania:4.547, Trichilia\_silvatica:4.547)n19350:0.0056, Trichilia\_emarginata:4.5526)n19349:0.1521)n19334:0.9731, Trichilia\_quadrijuga:5.6778)n19332:11.0362)n19325:1.8823)n19321:3.7716, ((Trichilia\_elegans:16.2348, Trichilia\_pallens:16.2348)n19366:5.8935, (Trichilia\_martiana:20.619, Trichilia\_hirta:20.619)n19368:1.5093)n19364:0.2396)n19320:4.3911, Trichilia\_casaretti:26.759)n19315:6.7161)n19156:17.1582, (Cedrela\_odorata:5.1876, Cedrela\_fissilis:5.1876)n19421:45.4457)n19148:16.2558)n19095:2.39, ((Dictyoloma\_vandellianum:64.3833, (((Angostura\_bracteata:28.7206, Erythrochiton\_brasiliensis:28.7206)n19605:0.0081, (Neoraputia\_alba:14.364, Neoraputia\_magnifica:14.364, Neoraputia\_trifoliata:14.364)n19608:14.3647)n19604:5.4415, (Conchocarpus\_mastigophorus:34.1382, Conchocarpus\_pentandrus:34.1382, Conchocarpus\_adenantherus:34.1382, Conchocarpus\_cyrtanthus:34.1382, Conchocarpus\_diadematus:34.1382, Conchocarpus\_fontanesianus:34.1382, Conchocarpus\_longifolius:34.1382, Conchocarpus\_macrocarpus:34.1382, Conchocarpus\_racemosus:34.1382)n19609:0.032)n19602:3.7799, (Galipea\_laxiflora:21.9252, Galipea\_jasminiflora:21.9252, Galipea\_carinata:21.9252, Galipea\_revoluta:21.9252)n19619:8.1204, (Rauia\_nodosa:15.0225, Rauia\_resinosa:15.0225)n19620:15.0231)n19618:7.9045)n19600:13.053, ((Hortia\_brasiliana:46.194, (((Esenbeckia\_grandiflora:30.027, Esenbeckia\_febrifuga:30.027, Esenbeckia\_leiocarpa:30.027, Esenbeckia\_pilocarpoides:30.027, Esenbeckia\_hieronymi:30.027)n19633:0.0801, (Helietta\_apiculata:15.0532, Helietta\_glaziovii:15.0532)n19634:15.0539)n19632:3.092, (Metrodorea\_nigra:16.5992, Metrodorea\_stipularis:16.5992, Metrodorea\_maracasana:16.5992, Metro

dorea\_mollis:16.5992)n19635:16.5999)n19631:4.5315,Balfourodendron\_riedelianum:37.7306)n19630:8.4634)n19624:2.8151,((Ravenia\_infelix:42.6864,(Pilocarpus\_spicatus:19.8084,Pilocarpus\_pennatifolius:19.8084,Pilocarpus\_grandiflorus:19.8084,Pilocarpus\_pauciflorus:19.8084,Pilocarpus\_giganteus:19.8084,Pilocarpus\_riedelianus:19.8084)n19741:22.878)n19731:3.4747,(Zanthoxylum\_tingoassuiba:27.9305,Zanthoxylum\_fagara:27.9305,Zanthoxylum\_rhoifolium:27.9305,Zanthoxylum\_caribaeum:27.9305,Zanthoxylum\_acuminatum:27.9305,Zanthoxylum\_riedelianum:27.9305,Zanthoxylum\_rigidum:27.9305,Zanthoxylum\_petiolare:27.9305,Zanthoxylum\_kleinii:27.9305,Zanthoxylum\_monogynum:27.9305,Zanthoxylum\_nemorale:27.9305,Zanthoxylum\_retusum:27.9305,Zanthoxylum\_stelligerum:27.9305,Zanthoxylum\_syncarpum:27.9305)n19749:18.2306)n19729:2.848)n19622:1.994)n19599:13.3802)n19433:4.8863,Raulinoa\_echinata:69.2696)n19431:0.0095)n19094:9.8686)n18790:0.77)n18289:24.3404)n15117:5.6865,(Picramnia\_sellowii:36.6482,Picramnia\_gardneri:36.6482,Picramnia\_glazioviana:36.6482,Picramnia\_excelsa:36.6482,Picramnia\_andrade-limae:36.6482,Picramnia\_bahiensis:36.6482,Picramnia\_ciliata:36.6482,Picramnia\_coccinea:36.6482,Picramnia\_parvifolia:36.6482,Picramnia\_ramiflora:36.6482)n19941:73.2964)n15116:6.4335,((Laguncularia\_racemosa:50.5036,((Conocarpus\_erectus:41.4297,((Buchenavia\_tomentosa:13.8013,Buchenavia\_tetraphylla:13.8013,Buchenavia\_kleinii:13.8013,Buchenavia\_hoehneana:13.8013,Buchenavia\_oxycarpa:13.8013,Buchenavia\_parvifolia:13.8013)n19997:12.9971,(Terminalia\_argentea:26.3515,Terminalia\_catappa:26.3515,Terminalia\_januariensis:26.3515,Terminalia\_triflora:26.3515,Terminalia\_fagiolia:26.3515,Terminalia\_acuminata:26.3515,Terminalia\_australis:26.3515,Terminalia\_dichotoma:26.3515,Terminalia\_eichleriana:26.3515,Terminalia\_glabrescens:26.3515,Terminalia\_mameluco:26.3515,Terminalia\_phaeocarpa:26.3515,Terminalia\_reitzii:26.3515)n19998:0.4469)n19994:14.6313)n19992:5.5185,(Combretum\_duarteantum:28.2876,Combretum\_leprosum:28.2876)n20043:18.6606)n19991:3.5554)n19986:46.1352,(((Mouriri\_guianensis:0.2514,Mouriri\_sagotiana:0.2514,Mouriri\_bahiensis:0.2514,Mouriri\_doriana:0.2514,Mouriri\_arborea:0.2514,Mouriri\_glazioviana:0.2514,Mouriri\_chamissoana:0.2514,Mouriri\_regeliana:0.2514)n20147:43.989,(((Meriania\_calophylla:16.415,Meriania\_clausenii:16.415,Meriania\_tetramera:16.415,Meriania\_paniculata:16.415,Meriania\_glabra:16.415)n20188:0.3217,Graffenrieda\_intermedia:16.7367)n20186:5.4049,(Miconia\_saldanhae:1.9066,Miconia\_robus-tissima:1.9066)n20233:10.967,(Miconia\_mendoncae:9.58,(Miconia\_cinerascens:9.2715,(Miconia\_mirabilis:0.8549,Miconia\_dodecandra:0.8549)n20247:8.4166,((((Miconia\_holosericea:7.0152,(((Miconia\_sellowiana:1.0248,(Miconia\_rimalis:0.0159,Miconia trianae:0.0159)n20268:1.0089)n20267:1.15,Miconia\_jucunda:2.1748)n20266:0.3415,(Miconia\_dorsaliporosa:0.0282,Miconia\_calvescens:0.0282)n20270:2.3071,(((Miconia\_brasiliensis:1.4364,Miconia\_longicuspis:1.4364)n20274:0.3215,Miconia\_tristis:1.7579)n20273:0.212,Miconia\_ramboi:1.9699)n20272:0.219,(Miconia\_tentaculifera:0.2126,Miconia\_pusilliflora:0.2126)n20277:1.7006,(Miconia\_paucidens:1.5487,Miconia\_caudigera:1.5487)n20280:0.3645)n20275:0.2757)n20271:0.1464)n20269:0.181)n20265:2.5693,(Miconia\_tomentosa:5.0603,(Miconia\_chamissois:1.7078,Miconia\_prasina:1.7078)n20292:3.3525)n20281:0.0253)n20264:1.9296)n20254:0.176,(((Miconia\_hypoleuca:2.7122,(Miconia\_albicans:0.5011,Miconia\_elegans:0.5011)n20312:2.2111)n20310:0.9583,Miconia\_stenostachya:3.6705)n20309:0.8272,(Miconia\_lepidota:0.0604,Miconia\_polyandra:0.0604)n20321:0.4302,Miconia\_kriegeriana:0.4906)n20320:4.0071)n20306:0.0216,(((Miconia\_lymanii:0.019,Miconia\_hyemalis:0.019)n20341:0.5132,(Miconia\_corallina:0.0225,Miconia\_castaneiflora:0.0225)n20342:0.5097)n20339:0.5045,(Miconia\_pepericarpa:1.0264,(Miconia\_fasciculata:0.6244,(Miconia\_chartacea:0.3283,Miconia\_sclerophylla:0.3283)n20345:0.2961)n20344:0.402)n20343:0.0103)n20338:0.2408,Miconia\_argyrea:1.2775)n20336:0.0335,(Miconia\_discolor:1.1774,(Miconia\_octopetala:1.1227,Miconia\_cubatanensis:1.1227)n20349:0.0292,(Miconia\_brunnea:0.3468,Miconia\_willdenowii:0.3468)n20352:0.7845,(Miconia\_cabucu:0.8783,Miconia\_budlejoides:0.8783)n20353:0.253)n20351:0.0206)n20348:0.0255)n20347:0.1336)n20334:3.2083)n20305:1.5499,(Miconia\_serrulata:6.0469,(((Miconia\_ligustroides:2.5814,Miconia\_minutiflora:2.5814)n20386:0.4139,Miconia\_rubiginosa:2.9953)n20385:0.4756,(Miconia\_cinnamomifolia:1.9889,Miconia\_pyrifolia:1.9889)n20390:1.2812,(Miconia\_affinis:2.4444,(Miconia\_inconspicua:1.8241,(Miconia\_latecrenata:1.6171,Miconia\_petropolitana:1.6171)n20395:0.207)n20394:0.6203)n20391:0.8257)n20389:0.2008)n20383:2.3,Miconia\_collatata:5.7709)n20375:0.276)n20354:0.0223)n20304:1.122)n20253:0.0144,Miconia\_splendens:7.2

056)n20252:0.2229, (Miconia\_cuspidata:7.2178,Miconia\_nervosa:7.2178)n20416:0.2107)n20251:0.7544, Miconia\_ferruginata:8.1829)n20249:0.7631, (Miconia\_theizans:0.0154,Miconia\_hirtella:0.0154)n20540:8.9306)n20248:0.3255,Miconia\_valtheri:9.2715,Miconia\_herpetica:9.2715,Miconia\_staminea:9.2715,Miconia\_flammea:9.2715,Miconia\_setosociliata:9.2715,Miconia\_organensis:9.2715,Miconia\_amoe-  
na:9.2715,Miconia\_serialis:9.2715,Miconia\_lurida:9.2715,Miconia\_eichleri:9.2715,Miconia\_mellina:9.2715,Miconia\_altissima:9.2715,Miconia\_urophylla:9.2715,Miconia\_shepherdii:9.2715,Miconia\_r-  
acemifera:9.2715,Miconia\_ruficalyx:9.2715,Miconia\_speciosa:9.2715,Miconia\_francavillana:9.2715, Miconia\_baumgratziana:9.2715,Miconia\_amacurensis:9.2715,Miconia\_irwini:9.2715,Miconia\_panicu-  
lata:9.2715,Miconia\_formosa:9.2715,Miconia\_subvernica:9.2715,Miconia\_atlantica:9.2715,Miconia\_caiuia:9.2715,Miconia\_nordestina:9.2715)n20236:0.3085, (((((Leandra\_rufescens:3.6787, Leandra-  
micropetala:3.6787)n20719:3.1128, Leandra\_clidemioides:6.7915)n20716:0.4223, ((Leandra\_purpureo-  
villosa:1.1878, Leandra\_fragilis:1.1878)n20740:3.097, ((Leandra\_melastomoides:1.0507, ((Leandra\_u-  
mbellata:0.326, Leandra\_sylvestris:0.326)n20750:0.4477, Leandra\_amplexicaulis:0.7737)n20747:0.277)n20744:3.2124, (((Leandra\_quinquedentata:0.3436, (Leandra\_quinquenodis:0.3364, (Leandra\_barbine-  
rvis:0.3165, (Leandra\_vesiculosa:0.3105, Leandra\_reitzii:0.3105)n20773:0.006)n20772:0.0199)n20767:0.0072)n20766:2.6536, (Leandra\_multiplinervis:0.612, (Leandra\_crenata:0.5949, ((Leandra\_variabi-  
lis:0.3714, Leandra\_acutiflora:0.3714)n20810:0.0722, Leandra\_aurea:0.4436)n20800:0.1513)n20793:0.0171)n20789:2.3852)n20757:0.4466, (((Leandra\_carassana:0.4306, Leandra\_brackenridgei:0.4306)n20826:0.1395, Leandra\_regnellii:0.5701)n20823:1.2375, (Leandra\_fallacissima:0.5488, Leandra\_fallax:0.5488)n20835:1.2588)n20815:1.6362)n20756:0.8193)n20742:0.0217)n20739:2.929)n20714:0.1548, Leandra\_cuneata:7.3686)n20713:0.0157, (Ossaea\_marginata:7.3682, Ossaea\_angustifolia:7.3682)n20847:0.0161)n20712:1.3452, Tococa\_guianensis:8.7295)n20604:0.8505)n20235:3.2936)n20231:9.268)n20177:7.1128, (((Lavoisiera\_nervulosa:5.4359, (Trembleya\_parviflora:2.7177, Trembleya\_laniflora:2.7177)n21014:2.7182)n21004:19.6263, ((Tibouchina\_pulchra:2.6699, ((Tibouchina\_sellowiana:2.5141, (Tibouchina\_boudetii:0.3155, Tibouchina\_estrellensis:0.3155)n21191:2.1986)n21178:0.0199, Tibouchina\_barn-  
ebyana:2.534)n21177:0.1359)n21162:10.1683, Tibouchina\_reitzii:12.8382, Tibouchina\_francavillana:12.8382, Tibouchina\_pilosa:12.8382, Tibouchina\_rigidula:12.8382, Tibouchina\_canescens:12.8382, Tibouchina\_dusenii:12.8382, Tibouchina\_schenckii:12.8382, Tibouchina\_regnellii:12.8382)n21152:12.224)n20999:2.0338, (((Merianthera\_verrucosa:0.3649, Merianthera\_pulchra:0.3649)n21288:2.5566, (Merianthera\_sipolisii:1.3218, Merianthera\_eburnea:1.3218)n21291:1.5997)n21287:11.9216, (Behuria\_ignis:5.2922, (Huberia\_consomilis:2.0246, Huberia\_nettoana:2.0246, Huberia\_glazioviana:2.0246, Huberia\_laurina:2.0246, Huberia\_ovalifolia:2.0246, Huberia\_carvalhoi:2.0246, Huberia\_espiritossantensis:2.0246, Huberia\_piranii:2.0246, Huberia\_semiserrata:2.0246)n21295:3.2676)n21292:9.5509)n21285:12.2529)n20998:2.1584)n20176:0.5952, (Henriettea\_saldanhae:13.4833, Henriettea\_succosa:13.4833, Henriettea\_glabra:13.4833)n21352:16.3663)n20175:14.3908, (Pleroma\_trichopoda:22.1202, Pleroma\_cai-  
ssara:22.1202)NA:22.1202)n20144:48.0235, ((Vochysia\_pyramidalis:36.355, ((Vochysia\_tucanorum:11.6805, Vochysia\_thyrsoidea:11.6805, Vochysia\_elliptica:11.6805, Vochysia\_acuminata:11.6805, Vochysia\_rectiflora:11.6805, Vochysia\_schwackeana:11.6805, Vochysia\_angelica:11.6805, Vochysia\_bifalcata:11.6805, Vochysia\_dasyantha:11.6805, Vochysia\_discolor:11.6805, Vochysia\_emarginata:11.6805, Vochysia\_glazioviana:11.6805, Vochysia\_gummifera:11.6805, Vochysia\_lucida:11.6805, Vochysia\_magnifica:11.6805, Vochysia\_oblongifolia:11.6805, Vochysia\_oppugnata:11.6805, Vochysia\_riedeliana:11.6805, Vochysia\_saldanhana:11.6805, Vochysia\_selloi:11.6805, Vochysia\_spathulata:11.6805)n21417:18.6115, (Qualea\_dichotoma:9.0737, Qualea\_grandiflora:9.0737, Qualea\_parviflora:9.0737, Qualea\_selloi:9.0737, Qualea\_multiflora:9.0737, Qualea\_cordata:9.0737, Qualea\_cryptantha:9.0737, Qualea\_gestasiana:9.0737, Qualea\_glaziovii:9.0737, Qualea\_magna:9.0737, Qualea\_megalocarpa:9.0737)n21422:21.2183)n21416:6.063, (Callisthene\_fasciculata:18.1776, Callisthene\_major:18.1776, Callisthene\_castellanosi:18.1776, Callisthene\_erythroclada:18.1776, Callisthene\_hassleri:18.1776, Callisthene\_inundata:18.1776, Callisthene\_kuhlmannii:18.1776, Callisthene\_microphylla:18.1776, Callisthene\_minor:18.1776)n21425:18.1774)n21414:49.2832, (((((((Marlierea\_clauseniana:3.9737, Marlierea\_racemosa:3.9737)n21503:19.2828, (Myrcia\_strigipes:6.0751, (Myrcia\_obversa:6.0306, (Myrcia\_neuwiedea:5.2003, Marlierea\_riedeliana:5.2003, (Myrcia\_neoglabra:5.1711, Myrcia\_neodimorpha:5.1711, (Myrcia\_ilheosens

is:5.1368,Marlierea\_suaveolens:5.1368,(Myrcia\_ferruginosa:3.5973,Marlierea\_regeliana:3.5973,Marlierea\_excoriata:3.5973)n21512:1.5395)n21511:0.0343)n21509:0.0292)n21508:0.8303)n21507:0.0445,Marlierea\_obscura:6.0751)n21506:17.1814,Marlierea\_subacuminata:23.2565,Marlierea\_rufa:23.2565,Marlierea\_polygama:23.2565,Marlierea\_eugenoides:23.2565,Marlierea\_schottii:23.2565,Marlierea\_parvifolia:23.2565,Marlierea\_gaudichaudiana:23.2565,Marlierea\_gardneriana:23.2565,Marlierea\_teuscheriana:23.2565,Marlierea\_acuminatissima:23.2565,Marlierea\_krapovickae:23.2565,Marlierea\_verticillaris:23.2565)n21500:0.1001,(Myrcia\_fenzliana:21.7072,(Myrcia\_crocea:21.6668,(Myrcia\_brunnea:20.6389,((Myrcia\_variabilis:14.1566,Myrcia\_guianensis:14.1566)n21518:5.9216,((Myrcia\_decorticans:18.7278,(Myrcia\_mutabilis:7.4122,(Myrcia\_pulchra:7.3512,Myrcia\_lenheirensis:7.3512)n21524:0.061)n21523:11.3156)n21521:0.8881,(((Myrcia\_hexasticha:8.1277,Myrcia\_eumecephylla:8.1277)n21530:6.0333,Myrcia\_amazonica:14.161)n21529:3.9226,(Myrcia\_glabra:12.7477,Myrcia\_multiflora:12.7477)n21532:5.3359)n21528:1.4902,((Myrcia\_retorta:9.6227,(Myrcia\_splendens:1.3017,Myrcia\_eriopus:1.3017)n21548:1.2627,Myrcia\_anceps:2.5644)n21547:7.0583)n21539:0.0468,Myrcia\_isaiana:9.6695)n21538:9.9043)n21526:0.0421)n21520:0.4623)n21517:0.4921,(((Myrcia\_vittoriana:8.1993,Myrcia\_spectabilis:8.1993)n21552:3.9224,(Myrcia\_hartwegiana:1.8451,Myrcia\_pubescens:1.8451)n21554:6.0643,(Myrcia\_anacardiifolia:6.0429,Myrcia\_mischophylla:6.0429)n21555:1.8665)n21553:4.2123)n21551:3.0183,Myrcia\_pubipetala:15.14)n21550:5.1936,Myrcia\_subverticillaris:20.3336)n21549:0.2367)n21516:0.0686,(Myrcia\_vestita:16.1876,(Myrcia\_tenuivenosa:14.2695,((Myrcia\_reticulosa:4.9551,Myrcia\_venulosa:4.9551)n21561:8.3729,(Myrcia\_selloi:10.0958,Myrcia\_laruotteana:10.0958)n21562:3.2322)n21560:0.9415)n21559:1.9181)n21557:4.4513,Myrcia\_micropetala:20.6389,Myrcia\_hebepetala:20.6389,Myrcia\_tijucensis:20.6389,Myrcia\_palustris:20.6389,Myrcia\_tomentosa:20.6389,Myrcia\_racemosa:20.6389,Myrcia\_brasiliensis:20.6389,Myrcia\_flagellaris:20.6389,Myrcia\_lineata:20.6389,Myrcia\_grandifolia:20.6389,Myrcia\_springiana:20.6389,Myrcia\_insularis:20.6389,Myrcia\_amplexicaulis:20.6389,Myrcia\_riodocensis:20.6389,Myrcia\_eximia:20.6389,Myrcia\_rotundifolia:20.6389,Myrcia\_sylvatica:20.6389,Myrcia\_reticulata:20.6389,Myrcia\_blanchetiana:20.6389,Myrcia\_subavenia:20.6389,Myrcia\_hatschbachii:20.6389,Myrcia\_diaphana:20.6389,Myrcia\_cerqueiria:20.6389,Myrcia\_pleurisantha:20.6389,Myrcia\_felisbertii:20.6389,Myrcia\_squamata:20.6389,Myrcia\_densa:20.6389,Myrcia\_stigmatosa:20.6389,Myrcia\_innovans:20.6389,Myrcia\_calyptanthoides:20.6389,Myrcia\_oligantha:20.6389,Myrcia\_glaziioviana:20.6389,Myrcia\_pubiflora:20.6389,Myrcia\_gigantea:20.6389,Myrcia\_dichrophylla:20.6389,Myrcia\_undulata:20.6389,Myrcia\_perforata:20.6389,Myrcia\_bella:20.6389,Myrcia\_vauthiereana:20.6389,Myrcia\_lajeana:20.6389,Myrcia\_aethusa:20.6389,Myrcia\_macrocarpa:20.6389,Myrcia\_laxiflora:20.6389,Myrcia\_salzmännii:20.6389,Myrcia\_lacunosa:20.6389,Myrcia\_ovata:20.6389,Myrcia\_subcordata:20.6389,Myrcia\_jacobinensis:20.6389,Myrcia\_tenuifolia:20.6389,Myrcia\_lutescens:20.6389,Myrcia\_polyantha:20.6389,Myrcia\_bicolor:20.6389,Myrcia\_montana:20.6389,Myrcia\_follii:20.6389,Myrcia\_magnifolia:20.6389,Myrcia\_freyreissiana:20.6389,Myrcia\_oblongata:20.6389,Myrcia\_obovata:20.6389,Myrcia\_thyrsoidea:20.6389,Myrcia\_laceraeana:20.6389,Myrcia\_gestasiensis:20.6389,Myrcia\_littoralis:20.6389,Myrcia\_eriocalyx:20.6389,Myrcia\_coelosepala:20.6389,Myrcia\_rupicola:20.6389,Myrcia\_ramuliflora:20.6389,Myrcia\_heringii:20.6389,Myrcia\_cordiifolia:20.6389,Myrcia\_bergiana:20.6389,Myrcia\_subsericea:20.6389,Myrcia\_nitida:20.6389,Myrcia\_verrucosa:20.6389,Myrcia\_tetraphylla:20.6389,Myrcia\_hirtiflora:20.6389,Myrcia\_amblyphylla:20.6389,Myrcia\_basica:20.6389,Myrcia\_catharinensis:20.6389,Myrcia\_grazielae:20.6389,Myrcia\_insigniflora:20.6389,Myrcia\_landimiana:20.6389,Myrcia\_neoblanchetiana:20.6389,Myrcia\_rosangelae:20.6389,Myrcia\_sucreei:20.6389)n21515:1.0279,(Calypttranthes\_rufa:21.0551,((Calypttranthes\_grandifolia:4.3698,Calypttranthes\_lanceolata:4.3698)n21566:2.717,(Calypttranthes\_clusiifolia:5.7673,((Calypttranthes\_hatschbachii:5.6685,Calypttranthes\_brasiliensis:5.6685)n21569:0.0419,Calypttranthes\_concinna:5.7104)n21568:0.0569)n21567:1.3195)n21565:9.4738,(Calypttranthes\_restingae:14.5685,Calypttranthes\_pulchella:14.5685)n21571:1.9921)n21564:4.4945,Calypttranthes\_lucida:21.0551,Calypttranthes\_glaziioviana:21.0551,Calypttranthes\_pteropoda:21.0551,Calypttranthes\_grammica:21.0551,Calypttranthes\_obversa:21.0551,Calypttranthes\_fusififormis:21.0551,Calypttranthes\_rubella:21.0551,Calypttranthes\_langsdorffii:21.0551,Calypttranthes\_aromatica:21.0551,Calypttranthes\_tricona:21.0551,Calypttranthes\_widgreniana:21.0551,Calypttranthes\_obovata:21.0551,Calypttranthes\_strigipes:21.0551,Calypttranthes\_p

ileata:21.0551,Calyptanthes\_dardanoi:21.0551,Calyptanthes\_solitaria:21.0551)n21563:0.6117)n21514:0.0404)n21513:1.6494)n21499:2.0985,((Myrciaria\_ferruginea:14.0284,Myrciaria\_floribunda:14.0284,Myrciaria\_cuspidata:14.0284,Myrciaria\_pallida:14.0284,Myrciaria\_glanduliflora:14.0284,Myrciaria\_glomerata:14.0284,Myrciaria\_glazioviana:14.0284,Myrciaria\_delicatula:14.0284,Myrciaria\_disticha:14.0284,Myrciaria\_tenella:14.0284,Myrciaria\_plinioides:14.0284,Myrciaria\_pilosa:14.0284,Myrciaria\_strigipes:14.0284,Myrciaria\_guaquiea:14.0284)n21591:8.5001,(Plinia\_spiritosantensis:11.2645,Siphoneugena\_densiflora:11.2645,Siphoneugena\_kuhlmannii:11.2645,Siphoneugena\_crassifolia:11.2645,Siphoneugena\_dussii:11.2645,Siphoneugena\_reitzii:11.2645,Siphoneugena\_delicata:11.2645,Siphoneugena\_kiaerskoviana:11.2645)n21592:11.264,(Plinia\_edulis:11.2645,Plinia\_rivularis:11.2645,Plinia\_cauliflora:11.2645,Plinia\_renatiana:11.2645,Plinia\_grandifolia:11.2645,Plinia\_complanata:11.2645,Plinia\_peruviana:11.2645,Plinia\_rara:11.2645,Plinia\_spiciflora:11.2645,Plinia\_phitrantha:11.2645,Plinia\_hatschbachii:11.2645,Plinia\_cordifolia:11.2645,Plinia\_callosa:11.2645,Plinia\_pseudodichasiantha:11.2645)n21593:11.264,(Neomitranthes\_sctictophylla:11.2645,Neomitranthes\_cordifolia:11.2645,Neomitranthes\_obscura:11.2645,Neomitranthes\_langsdorffii:11.2645,Neomitranthes\_glomerata:11.2645,Neomitranthes\_warmingiana:11.2645,Neomitranthes\_obtusa:11.2645,Neomitranthes\_gracilis:11.2645,Neomitranthes\_gemballae:11.2645)n21594:11.264)n21590:2.9266)n21498:2.2723,((Blepharocalyx\_salicifolius:26.1573,Blepharocalyx\_eggersii:26.1573)n21596:1.2704,((Myrceugenia\_hamoniata:27.2776,(Myrceugenia\_acutata:27.1602,((Myrceugenia\_campestris:7.4927,(Myrceugenia\_ovalifolia:6.4602,(Myrceugenia\_reitzii:1.5602,Myrceugenia\_myrtoides:1.5602)n21617:3.9992,Myrceugenia\_miersiana:5.5594)n21616:0.9008)n21615:1.0325)n21614:0.1742,(Myrceugenia\_cucullata:3.9509,Myrceugenia\_pilotantha:3.9509)n21618:3.716)n21613:8.1185,((Eugenia\_villaenovae:10.6114,(Eugenia\_vattimoana:4.9844,(Eugenia\_supraaxillaris:2.5548,Myrceugenia\_glaucescens:2.5548,(Eugenia\_strictissima:2.1685,Myrceugenia\_rufescens:2.1685,Myrceugenia\_euosma:2.1685)n21624:0.3863)n21623:2.4296,(Eugenia\_stictopetala:0.2162,Myrceugenia\_alpigena:0.2162)n21625:4.7682)n21622:5.627,(Eugenia\_robustovenosa:10.0779,Myrceugenia\_kleinii:10.0779,(Eugenia\_platysema:1.8128,Myrceugenia\_seriatoramosa:1.8128,Myrceugenia\_oxyspala:1.8128)n21627:8.2651)n21626:0.5335)n21621:1.9311,(Eugenia\_oeidocarpa:12.4895,(Eugenia\_mosenii:8.7371,Myrceugenia\_brevipedicellata:8.7371)n21629:3.7524,(Eugenia\_moschata:12.4412,Myrceugenia\_gertii:12.4412,Myrceugenia\_myrcioides:12.4412)n21630:0.0483)n21628:0.053)n21620:3.2429)n21602:11.3748,Myrceugenia\_bracteosa:27.1602,Myrceugenia\_scutellata:27.1602,Myrceugenia\_foveolata:27.1602,Myrceugenia\_mesomischa:27.1602,Myrceugenia\_venosa:27.1602,Myrceugenia\_acutiflora:27.1602,Myrceugenia\_hoehnei:27.1602)n21600:0.1174,Eugenia\_longipedunculata:27.2776)n21599:0.129,(Eugenia\_ilhensis:27.182,(Eugenia\_dodonaeifolia:18.1966,(Eugenia\_ayacuchoae:10.5365,Myrcianthes\_pungens:10.5365)n21634:7.6601,Myrcianthes\_cisplatensis:18.1966,Myrcianthes\_gigantea:18.1966)n21633:8.9854,(Eugenia\_acutata:27.1602,Eugenia\_candolleana:27.1602,(((Eugenia\_neomyrtifolia:20.9531,(Eugenia\_beaupairiana:18.6425,Eugenia\_repanda:18.6425)n21649:2.3106)n21643:0.0408,Eugenia\_stigmatosa:20.9939)n21642:1.8803,((Eugenia\_brevistyla:18.3662,Eugenia\_brasiliensis:18.3662)n21669:4.1378,((Eugenia\_astringens:12.8194,Eugenia\_umbrosa:12.8194)n21673:5.9625,((Eugenia\_prasina:10.956,(Eugenia\_subavenia:8.1458,Eugenia\_nutans:8.1458)n21676:2.8102)n21675:5.0909,(Eugenia\_myrcianthes:15.9419,(Eugenia\_ligustrina:10.8842,Eugenia\_sulcata:10.8842)n21679:5.0577)n21677:0.105)n21674:2.735)n21672:1.2552,(((Eugenia\_oblongata:8.9375,(Eugenia\_modesta:7.4514,(Eugenia\_capparidifolia:5.0508,Eugenia\_florida:5.0508)n21690:2.4006)n21688:1.4861)n21687:1.1318,Eugenia\_pisiformis:10.0693)n21686:7.4575,(Eugenia\_punicifolia:14.5226,Eugenia\_melanogyna:14.5226)n21693:3.0042)n21683:0.628,((Eugenia\_pluriflora:16.6304,(Eugenia\_neoglomerata:14.1706,(Eugenia\_verticillata:2.9098,Eugenia\_neoverrucosa:2.9098)n21712:11.2608)n21710:2.4598)n21709:0.1383,Eugenia\_hiemalis:16.7687)n21708:1.3861)n21681:0.477,Eugenia\_bacopari:18.6318)n21680:1.4053)n21671:2.4669)n21668:0.3702)n21641:0.8777,(Eugenia\_uniflora:16.2461,Eugenia\_sphenophylla:16.2461)n21716:7.5058)n21639:0.762,Eugenia\_pyriformis:24.5139)n21638:2.6463,Eugenia\_cerasiflora:27.1602,Eugenia\_handroi:27.1602,Eugenia\_burkartiana:27.1602,Eugenia\_multicostata:27.1602,Eugenia\_involucrata:27.1602,Eugenia\_rostrifolia:27.1602,Eugenia\_ramboi:27.1602,Eugenia\_uruguayensis:27.1602,Eugenia\_speciosa:27.1602,Eugenia\_neotristis:27.1602,Eugenia\_selloi:27.1602,Eugenia\_zuccarinii:27.1602,Eugenia\_leptoclada:27.1602,



*Eugenia disperma*:27.1602,*Eugenia plicata*:27.1602,*Eugenia catharinensis*:27.1602,*Eugenia persici*  
*folia*:27.1602,*Eugenia dichroma*:27.1602,*Eugenia sprengelii*:27.1602,*Eugenia rotundicosta*:27.1602  
 ,*Eugenia duarteana*:27.1602,*Eugenia piresiana*:27.1602,*Eugenia luschnathiana*:27.1602,*Eugenia pan*  
*tagensis*:27.1602,*Eugenia macahensis*:27.1602,*Eugenia pulcherrima*:27.1602,*Eugenia batingabranca*:  
 27.1602,*Eugenia vetula*:27.1602,*Eugenia widgrenii*:27.1602,*Eugenia magnibracteolata*:27.1602,*Euge*  
*nia imaruensis*:27.1602,*Eugenia janeirensis*:27.1602,*Eugenia paracatuana*:27.1602,*Eugenia flaves*  
*cens*:27.1602,*Eugenia ophthalmantha*:27.1602,*Eugenia macrantha*:27.1602,*Eugenia pyriflora*:27.1602  
 ,*Eugenia costatifructa*:27.1602,*Eugenia pauciflora*:27.1602,*Eugenia mandioccensis*:27.1602,*Eugeni*  
*a rostrata*:27.1602,*Eugenia moonioides*:27.1602,*Eugenia sclerocalyx*:27.1602,*Eugenia pachyclada*:2  
 7.1602,*Eugenia egensis*:27.1602,*Eugenia flamingensis*:27.1602,*Eugenia schottiana*:27.1602,*Eugenia*  
*\_cymatodes*:27.1602,*Eugenia malacantha*:27.1602,*Eugenia pruinosa*:27.1602,*Eugenia excoriata*:27.16  
 02,*Eugenia joenssonii*:27.1602,*Eugenia membranifolia*:27.1602,*Eugenia myrciariifolia*:27.1602,*Eug*  
*enia pseudomalacantha*:27.1602,*Eugenia fluminensis*:27.1602,*Eugenia expansa*:27.1602,*Eugenia sube*  
*rosa*:27.1602,*Eugenia strellensis*:27.1602,*Eugenia badia*:27.1602,*Eugenia larotteana*:27.1602,*Eug*  
*enia capitulifera*:27.1602,*Eugenia macrosperma*:27.1602,*Eugenia pachnantha*:27.1602,*Eugenia neosi*  
*lvestris*:27.1602,*Eugenia squamiflora*:27.1602,*Eugenia bunchosiifolia*:27.1602,*Eugenia complicata*  
 :27.1602,*Eugenia cinerascens*:27.1602,*Eugenia itapemirimensis*:27.1602,*Eugenia chlorophylla*:27.1  
 602,*Eugenia lambertiana*:27.1602,*Eugenia platyphylla*:27.1602,*Eugenia hirta*:27.1602,*Eugenia aden*  
*antha*:27.1602,*Eugenia kleinii*:27.1602,*Eugenia subundulata*:27.1602,*Eugenia handroana*:27.1602,*Eu*  
*genia plicatocostata*:27.1602,*Eugenia puberula*:27.1602,*Eugenia ellipsoidea*:27.1602,*Eugenia fran*  
*cavilleana*:27.1602,*Eugenia xanthoxyloides*:27.1602,*Eugenia gaudichaudiana*:27.1602,*Eugenia fusca*  
 :27.1602,*Eugenia xiriricana*:27.1602,*Eugenia magnifica*:27.1602,*Eugenia sonderiana*:27.1602,*Eugen*  
*ia cereja*:27.1602,*Eugenia vernicosa*:27.1602,*Eugenia mansoi*:27.1602,*Eugenia klotzschiana*:27.160  
 2,*Eugenia neolaurifolia*:27.1602,*Eugenia catharinae*:27.1602,*Eugenia arenaria*:27.1602,*Eugenia br*  
*ejoensis*:27.1602,*Eugenia itajurensis*:27.1602,*Eugenia monosperma*:27.1602,*Eugenia itacarensis*:27  
 .1602,*Eugenia botequimensis*:27.1602,*Eugenia pruniformis*:27.1602,*Eugenia tenuipedunculata*:27.16  
 02,*Eugenia neoformosa*:27.1602,*Eugenia macrobracteolata*:27.1602,*Eugenia piresii*:27.1602,*Eugenia*  
*\_gracillima*:27.1602,*Eugenia subterminalis*:27.1602,*Eugenia bahiensis*:27.1602,*Eugenia copacabane*  
*nsis*:27.1602,*Eugenia piloensis*:27.1602)n21635:0.02179999999)n21632:0.2246)n21598:0.0211)n21595  
 :0.2997)n21497:0.4549,((Pimenta\_pseudocaryophyllus:23.418,(Campomanesia\_guazumifolia:18.708,C  
 ampomanesia\_xanthocarpa:18.708,Campomanesia\_velutina:18.708,Campomanesia\_simulans:18.708,Campo  
 manesia\_dichotoma:18.708,Campomanesia\_rufa:18.708,Campomanesia\_sessiliflora:18.708,Campomane  
 sia\_hirsuta:18.708,Campomanesia\_laurifolia:18.708,Campomanesia\_schlechtendaliana:18.708,Campoman  
 esia\_prosthecesepala:18.708,Campomanesia\_eugenioides:18.708,Campomanesia\_reitziana:18.708,Camp  
 omanesia\_aromatica:18.708,Campomanesia\_neriiflora:18.708,Campomanesia\_macrobracteolata:18.708,  
 Campomanesia\_phaea:18.708,Campomanesia\_guaviroba:18.708,Campomanesia\_lundiana:18.708,Campomane  
 sia\_ilhoensis:18.708,Campomanesia\_espiritasantensis:18.708)n21735:4.71)n21728:1.2979,Acca\_sell  
 owiana:24.7159)n21727:2.3253,(Psidium\_decussatum:25.724,(Psidium\_cattleianum:21.4401,(Psidium\_  
 guajava:16.0139,Psidium\_guineense:16.0139)n21742:5.4262,Psidium\_ganevii:21.4401,Psidium\_sartor  
 ianum:21.4401,Psidium\_giganteum:21.4401,Psidium\_guyanense:21.4401,Psidium\_nutans:21.4401,Psidi  
 um\_ovale:21.4401,Psidium\_myrtoides:21.4401,Psidium\_rufum:21.4401,Psidium\_oligospermum:21.4401,  
 Psidium\_brownianum:21.4401,Psidium\_longipetiolatum:21.4401,Psidium\_araucanum:21.4401,Psidium\_s  
 triatulum:21.4401,Psidium\_oblongatum:21.4401,Psidium\_bahianum:21.4401,Psidium\_robustum:21.4401  
 ,Psidium\_schenckianum:21.4401)n21741:4.2839)n21740:1.3172)n21726:1.1411)n21496:0.5323,Calycolp  
 us\_legrandii:28.7146)n21495:28.896,Curitiba\_prismatica:57.6106,Myrrhimum\_atropurpureum:57.610  
 6)n21427:28.0276)n21413:6.6257)n20105:1.0551,(Lafoensia\_vandelliana:23.9128,(Lafoensia\_glyptoc  
 arpa:11.5294,Lafoensia\_pacari:11.5294)n22667:12.3834)n22666:69.4062)n20104:3.3198)n19982:19.73  
 93)n15114:2.200500001)n16:5.1556,((((((((((((((Cordia\_trichoclada:4.6275,Cordia\_trachyphylla:  
 4.6275)n26636:0.4992,Cordia\_acutifolia:5.1267)n26634:0.3973,((Cordia\_toqueve:5.3537,Cordia\_eca  
 lyculata:5.3537)n26648:0.158,Cordia\_nodosa:5.5117)n26647:0.0123)n26633:0.9616,(Cordia\_sellowia  
 na:2.412,Cordia\_bicolor:2.412)n26657:4.0736)n26632:2.0625,((Cordia\_taguahyensis:1.6642,Cordia

\_superba:1.6642)n26664:1.66,Cordia\_anabaptista:3.3242)n26663:3.8224,Cordia\_aberrans:7.1466)n2662:1.4015)n26631:12.1178,Varronia\_globosa:20.6659)n26629:2.6004,(Cordia\_trichotoma:14.3583,Cordia\_americana:14.3583)n26706:8.908,Cordia\_fusca:23.2663,Cordia\_glabrifolia:23.2663,Cordia\_latiloba:23.2663,Cordia\_magnoliifolia:23.2663,Cordia\_ochracea:23.2663,Cordia\_restingae:23.2663,Cordia\_silvestris:23.2663,Cordia\_tarodae:23.2663)n26628:64.9815,((((Eriope\_exaltata:2.0171,Eriope\_latifolia:2.0171)n27447:6.7936,Hyptidendron\_asperimum:8.8107,Hyptidendron\_clausenii:8.8107)n27436:25.4693,(Aegiphila\_brachiata:2.719,Aegiphila\_integrifolia:2.719,Aegiphila\_vitelliniiflora:2.719,Aegiphila\_mediterranea:2.719,Aegiphila\_fluminensis:2.719,Aegiphila\_graveolens:2.719,Aegiphila\_luschnathii:2.719,Aegiphila\_obducta:2.719,Aegiphila\_bernambucensis:2.719,Aegiphila\_riedeliana:2.719,Aegiphila\_verticillata:2.719)n27881:27.8902,(Vitex\_sellowiana:10.0677,Vitex\_capitata:10.0677,Vitex\_orinocensis:10.0677,Vitex\_rufescens:10.0677,Vitex\_polygama:10.0677,Vitex\_cymosa:10.0677,Vitex\_megapotamica:10.0677,Vitex\_schaueriana:10.0677,Vitex\_vauthieri:10.0677)n28198:20.5415)n27749:3.6708)n26740:12.991,((Avicennia\_germinans:14.0213,Avicennia\_schaueriana:14.0213)n29381:33.013,(Tabebuia\_insignis:15.0752,(Tabebuia\_aurea:8.666,(Handroanthus\_chryso-trichus:8.659,((Handroanthus\_serratifolius:1.6501,Handroanthus\_impetiginosus:1.6501)n29557:1.265,Handroanthus\_ochraceus:2.9151)n29550:5.7218,Sparattosperma\_leucanthum:8.6369)n29537:0.0221,(Zeyheria\_montana:0.0066,Zeyheria\_tuberculosa:0.0066)n29573:6.464,Cybistax\_antisiphilitica:6.4706)n29572:2.1884,Handroanthus\_albus:8.659,Handroanthus\_umbellatus:8.659,Handroanthus\_heptaphyllus:8.659,Handroanthus\_arianae:8.659,Handroanthus\_bureavii:8.659,Handroanthus\_catarinensis:8.659,Handroanthus\_pedicellatus:8.659,Handroanthus\_pulcherrimus:8.659,Handroanthus\_riodocensis:8.659,Handroanthus\_vellosoi:8.659)n29535:0.007,Tabebuia\_cassinoides:8.666,Tabebuia\_roseoalba:8.666,Tabebuia\_elliptica:8.666,Tabebuia\_obtusifolia:8.666,Tabebuia\_stenocalyx:8.666)n29534:6.4092)n29533:27.5882,(Jacaranda\_cuspidifolia:2.9158,Jacaranda\_puberula:2.9158,Jacaranda\_caroba:2.9158,Jacaranda\_bracteata:2.9158,Jacaranda\_brasiliensis:2.9158,Jacaranda\_duckei:2.9158,Jacaranda\_irwinii:2.9158,Jacaranda\_jasminoides:2.9158,Jacaranda\_macrantha:2.9158,Jacaranda\_micrantha:2.9158,Jacaranda\_microcalyx:2.9158,Jacaranda\_montana:2.9158,Jacaranda\_obovata:2.9158,Jacaranda\_pulcherrima:2.9158,Jacaranda\_subalpina:2.9158)n29676:39.7476,Paratecoma\_peroba:42.6634)n29527:4.3709)n28903:0.1293,(Aloysia\_virgata:24.7377,(Citharexylum\_myrianthum:2.0273,Citharexylum\_montevidense:2.0273,Citharexylum\_solanaceum:2.0273,Citharexylum\_glaziovii:2.0273,Citharexylum\_laciniatum:2.0273,Citharexylum\_obtusifolium:2.0273,Citharexylum\_bernambucense:2.0273)n29859:22.7104)n29718:1.1159,(Duranta\_vestita:9.929,Recordia\_reitzii:9.929)n29881:15.9246)n29717:21.31)n28902:0.1074)n26738:1.602,Buddleja\_stachyoides:48.873)n26734:22.1472,(Chionanthus\_parviflora:13.5732,Chionanthus\_filiformis:13.5732,Chionanthus\_trichotomus:13.5732,Chionanthus\_crassifolius:13.5732,Chionanthus\_ferrugineus:13.5732,Chionanthus\_fluminensis:13.5732,Chionanthus\_micranthus:13.5732,Chionanthus\_subsessilis:13.5732)n31981:57.447)n26730:17.2276)n25463:1.5033,((Schizocalyx\_cuspidatus:49.7491,Molopanthera\_paniculata:49.7491,((Psychotria\_nuda:15.0569,(Psychotria\_carthagenensis:6.4074,Psychotria\_mapouriioides:6.4074)n32839:8.6495,((Margaritopsis\_astrellantha:10.7975,(Rudgea\_jacobinensis:9.7416,Palicourea\_mamillaris:9.7416,Rudgea\_recurva:9.7416,Rudgea\_minor:9.7416,Rudgea\_mouririoides:9.7416,Rudgea\_vellerea:9.7416,Rudgea\_gardenioides:9.7416,Rudgea\_umbrosa:9.7416,Rudgea\_nobilis:9.7416,Rudgea\_nodosa:9.7416,Rudgea\_interrupta:9.7416,Rudgea\_macrophylla:9.7416,Rudgea\_coriacea:9.7416,Rudgea\_reticulata:9.7416,Rudgea\_jasminoides:9.7416,Rudgea\_triflora:9.7416,Rudgea\_sessilis:9.7416)n33006:1.0559)n32968:0.2594,(Palicourea\_forsterioides:5.3846,(Palicourea\_guianensis:3.9479,Palicourea\_crocea:3.9479)n33011:1.4367,Palicourea\_rigida:5.3846,Palicourea\_macrobotrys:5.3846,Palicourea\_blanquetiana:5.3846)n33009:5.6723)n32967:1.9764,Psychotria\_deflexa:13.0333)n32965:2.0236,Psychotria\_anceps:15.0569,Psychotria\_cupularis:15.0569,Psychotria\_mima:15.0569,Psychotria\_glaziovii:15.0569,Psychotria\_fluminensis:15.0569,Psychotria\_beyrichiana:15.0569,Psychotria\_suterella:15.0569,Psychotria\_megalocalyx:15.0569,Psychotria\_rhytidocarpa:15.0569,Psychotria\_nemorosa:15.0569,Psychotria\_hastisepala:15.0569,Psychotria\_laciniata:15.0569,Psychotria\_schlechtendalia:15.0569,Psychotria\_subspathulata:15.0569,Psychotria\_pallens:15.0569,Psychotria\_spathicalyx:15.0569,Psychotria\_jambosiioides:15.0569,Psychotria\_ararum:15.0569,Psychotria\_alto-

macahensis:15.0569)n32835:2.2614,(Pagamea\_harleyi:8.5984,Pagamea\_guianensis:8.5984)n33096:8.71  
 99)n32834:6.9368,((Faramea\_truncata:6.6125,Faramea\_multiflora:6.6125,Faramea\_porophylla:6.6125  
 ,Faramea\_bahiensis:6.6125,Faramea\_stipulacea:6.6125,Faramea\_oligantha:6.6125,Faramea\_martiana:  
 6.6125,Faramea\_montevidensis:6.6125,Faramea\_nitida:6.6125,Faramea\_coerulea:6.6125,Faramea\_bifl  
 ora:6.6125,Faramea\_bicolor:6.6125,Faramea\_atlantica:6.6125,Faramea\_nocturna:6.6125,Faramea\_tet  
 ragona:6.6125,Faramea\_pachyantha:6.6125,Faramea\_latifolia:6.6125,Faramea\_nigrescens:6.6125,Far  
 amea\_hyacinthina:6.6125,Faramea\_pedicellaris:6.6125)n33110:7.7629,(Coussarea\_albescens:2.8497,  
 Coussarea\_hydrangeifolia:2.8497,Coussarea\_ilheotica:2.8497,Coussarea\_contracta:2.8497,Coussare  
 a\_megistophylla:2.8497,Coussarea\_meridionalis:2.8497,Coussarea\_capitata:2.8497,Coussarea\_verti  
 cillata:2.8497,Coussarea\_letopus:2.8497,Coussarea\_platyphylla:2.8497,Coussarea\_accedens:2.849  
 7,Coussarea\_nodosa:2.8497,Coussarea\_graciliflora:2.8497,Coussarea\_congestiflora:2.8497,Coussar  
 ea\_andrei:2.8497)n33114:11.5257)n33109:9.8797)n32832:25.494,((((((((Tocoyena\_formosa:1.4181,  
 Tocoyena\_longiflora:1.4181,Tocoyena\_bullata:1.4181,Tocoyena\_brasiliensis:1.4181)n33396:0.4602,  
 Randia\_armata:1.8783)n33389:0.9451,Randia\_calycina:2.8234,Randia\_ferox:2.8234)n33352:2.9479,(G  
 enipa\_americana:2.255,Genipa\_infundibuliformis:2.255)n33429:3.5163)n33351:1.0943,(((Amaioua\_g  
 lomerulata:0.8112,Amaioua\_guianensis:0.8112,Amaioua\_intermedia:0.8112,Amaioua\_pilosa:0.8112)n3  
 3437:1.3299,Riodoea\_pulcherrima:2.1411)n33436:0.3676,Duroia\_valesca:2.5087)n33435:1.1017,(Co  
 rdiera\_vinosa:1.2345,Cordia\_sessilis:1.2345,Cordia\_rigida:1.2345,Cordia\_myrciifolia:1.23  
 45,Cordia\_macrophylla:1.2345,Cordia\_longiflora:1.2345,Cordia\_elliptica:1.2345,Cordia\_c  
 oncolor:1.2345)NA:1.2345,(Alibertia\_edulis:1.2343,Alibertia\_baiana:1.2343)n33443:1.2347)n33442  
 :1.1414)n33432:3.2552)n33256:0.2116,Stachyarrhena\_harleyi:7.0772,Melanopsidium\_nigrum:7.0772)n  
 33255:8.1134,(Ixora\_brevifolia:4.8742,Ixora\_venulosa:4.8742,Ixora\_muelleri:4.8742,Ixora\_bahien  
 sis:4.8742,Ixora\_gardneriana:4.8742,Ixora\_pilosostyla:4.8742)n33701:10.3164)n33249:8.4462,(Pos  
 oqueria\_latifolia:0.7327,Posoqueria\_longiflora:0.7327,Posoqueria\_acutifolia:0.7327,Posoqueria\_  
 bahiensis:0.7327,Posoqueria\_palustris:0.7327)n33847:22.9041)n33246:0.2301,((Rustia\_formosa:2.2  
 756,Rustia\_gracilis:2.2756,Rustia\_angustifolia:2.2756)n33854:4.9547,((Alseis\_floribunda:1.8119  
 ,Alseis\_pickelii:1.8119,Alseis\_latifolia:1.8119,Alseis\_involuta:1.8119)n33871:3.8785,Calycophy  
 llum\_multiflorum:5.6904)n33870:1.5399)n33850:16.6366)n33245:4.1578,((((Ladenbergia\_hexandra:3  
 .7555,Remijia\_ferruginea:3.7555)n34008:7.9691,Kerianthera\_longiflora:11.7246)n34003:5.7014,(((  
 Guettarda\_uruguensis:2.3421,Chomelia\_obtusa:2.3421)n34037:0.7534,(Chomelia\_martiana:3.0849,Ch  
 omelia\_brasiliana:3.0849,Chomelia\_parvifolia:3.0849,Chomelia\_pubescens:3.0849,Chomelia\_anisome  
 ris:3.0849,Chomelia\_pohlana:3.0849,Chomelia\_bella:3.0849,Chomelia\_estrellana:3.0849,Chomelia\_  
 pedunculosa:3.0849)n34043:0.0106)n34036:4.3959,Guettarda\_platypoda:7.4914,Guettarda\_pohlana:7  
 .4914,Guettarda\_viburnoides:7.4914,Guettarda\_grazielae:7.4914)n34034:5.6348,Gonzalagunia\_dicoc  
 ca:13.1262,Machaonia\_acuminata:13.1262)n34032:4.2998)n33904:0.2508,((Coutarea\_hexandra:14.0669  
 ,Chiococca\_nitida:14.0669,(Salzmannia\_nitida:7.0334,Salzmannia\_arborea:7.0334)n34157:7.0335)n3  
 4107:2.3826,(Hamelia\_patens:7.4675,Hillia\_illustris:7.4675)n34159:8.982)n34106:1.2273)n33903:1  
 0.1886,((((Bathysa\_gymnocarpa:0.7365,Bathysa\_stipulata:0.7365)n34195:4.6854,Bathysa\_australis:  
 5.4219,Bathysa\_nicholsonii:5.4219,Bathysa\_mendoncaei:5.4219)n34184:2.0274,(Ferdinandusa\_specio  
 sa:3.2799,Ferdinandusa\_edmundoi:3.2799)n34199:4.1694)n34183:0.4224,(Simira\_pisoniiformis:3.852  
 7,Simira\_corumbensis:3.8527,Simira\_glaziovii:3.8527,Simira\_sampaioana:3.8527,Simira\_viridiflor  
 a:3.8527,Simira\_rubra:3.8527,Simira\_grazielae:3.8527,Simira\_pikia:3.8527,Simira\_eliezeriana:3.  
 8527)n34206:4.019)n34182:19.9937)n33902:0.1593)n33242:21.7244)n32116:17.9784,((Malouetia\_cest  
 roides:30.8941,((((((((Tabernaemontana\_catharinensis:0.335,Tabernaemontana\_hystrix:0.335)n353  
 76:0.4289,(Tabernaemontana\_salzmanni:0.7398,Tabernaemontana\_laeta:0.7398)n35377:0.0241)n35374  
 :3.9445,Tabernaemontana\_flavicans:4.7084)n35371:2.6071,Tabernaemontana\_solanifolia:7.3155)n353  
 32:3.0785,(Macoubea\_guianensis:1.87235,Macoubea\_sprucei:1.87235)NA:8.52165)n35329:12.61,((Lac  
 mellea\_aculeata:1.3569,Lacmellea\_bahiensis:1.3569,Lacmellea\_pauciflora:1.3569)n35419:1.3572,Co  
 uma\_macrocarpa:2.7141)n35418:1.5061,Hancornia\_speciosa:4.2202)n35417:18.7838)n35328:0.4372,(((  
 (Rauvolfia\_capixabae:0.9353,Rauvolfia\_bahiensis:0.9353)n35452:0.4173,Rauvolfia\_atlantica:1.35  
 26)n35451:0.2653,Rauvolfia\_moricandii:1.6179)n35450:1.0277,Rauvolfia\_mattfeldiana:2.6456)n3544

8:4.3168,Rauvolfia\_sellowii:6.9624,Rauvolfia\_grandiflora:6.9624,Rauvolfia\_pruinosa:6.9624  
 )n35432:16.4788)n35327:2.0005,(Himatanthus\_bracteatus:2.6217,Himatanthus\_drasticus:2.6217,Hima  
 tanthus\_obovatus:2.6217)n35515:22.82)n35326:0.8306,(((Aspidosperma\_cylindrocarpon:6.9712,Aspid  
 osperma\_australe:6.9712)n35564:0.4217,Aspidosperma\_spruceanum:7.3929,Aspidosperma\_polyneuron:7  
 .3929,Aspidosperma\_cuspa:7.3929,Aspidosperma\_olivaceum:7.3929,Aspidosperma\_pyricollum:7.3929,A  
 spidosperma\_subincanum:7.3929,Aspidosperma\_tomentosum:7.3929,Aspidosperma\_discolor:7.3929,Aspi  
 dosperma\_riedelii:7.3929,Aspidosperma\_dispermum:7.3929,Aspidosperma\_gomezianum:7.3929,Aspidosp  
 erma\_illustre:7.3929,Aspidosperma\_multiflorum:7.3929,Aspidosperma\_parvifolium:7.3929,Aspidosp  
 erma\_ramiflorum:7.3929)n35563:2.1622,Geissospermum\_laeve:9.5551)n35562:16.7172)n35325:4.6218)n3  
 4262:21.1786,Macrocarpaea\_glaziovii:52.0727)n34261:7.9744,(Strychnos\_brasiliensis:39.4876,Anto  
 nia\_ovata:39.4876)n35767:20.5595)n34260:7.6804)n32115:18.1856,(((Lycium\_glomeratum:3.9818,Lyc  
 ium\_boerhaaviifolium:3.9818)n35933:16.2026,(Brugmansia\_suaveolens:8.2387,(Solanum\_variabile:0  
 .0094,Solanum\_sanctae-  
 catharinae:0.0094)n36009:8.2293)n35994:10.5338,(Solanum\_leucodendron:18.3958,(Solanum\_granulos  
 oleprosum:15.3138,(Solanum\_campaniforme:13.7318,((Solanum\_betaceum:4.0623,Solanum\_diploconos:4  
 .0623)n36019:6.2316,((Solanum\_rugosum:1.466,Solanum\_mauritianum:1.466)n36043:8.587,((Solanum\_l  
 ycocarpum:5.1827,Solanum\_crinatum:5.1827)n36085:1.8653,(Solanum\_scuticum:6.9465,Solanum\_decoru  
 m:6.9465)n36098:0.1015)n36082:3.005)n36028:0.2409)n36017:3.4379,Solanum\_asperum:13.7318,Solanu  
 m\_cernuum:13.7318,Solanum\_melissarum:13.7318,Solanum\_latiflorum:13.7318,Solanum\_sellowii:13.73  
 18,Solanum\_castaneum:13.7318,Solanum\_reitzii:13.7318,Solanum\_vellozianum:13.7318,Solanum\_pseud  
 oquina:13.7318,Solanum\_warmingii:13.7318,Solanum\_pabstii:13.7318,Solanum\_bullatum:13.7318,Sola  
 num\_cinnamomeum:13.7318,Solanum\_didymum:13.7318,Solanum\_riparium:13.7318,Solanum\_sycocarpum:13  
 .7318,Solanum\_lacerae:13.7318,Solanum\_stipulaceum:13.7318,Solanum\_caavurana:13.7318,Solanum\_a  
 rgenteum:13.7318,Solanum\_cordioides:13.7318,Solanum\_leucocarpon:13.7318,Solanum\_compressum:13.  
 7318,Solanum\_symmetricum:13.7318,Solanum\_pachimatium:13.7318,Solanum\_rufescens:13.7318,Solanum  
 \_santosii:13.7318,Solanum\_carautae:13.7318,Solanum\_sooretamum:13.7318,Solanum\_leptostachys:13.  
 7318,Solanum\_paranense:13.7318,Solanum\_ramulosum:13.7318,Solanum\_cladotrichum:13.7318,Solanum\_  
 velleum:13.7318,Solanum\_swartzianum:13.7318,Solanum\_anisocladum:13.7318,Solanum\_capoerum:13.73  
 18,Solanum\_itatiaiae:13.7318,Solanum\_martii:13.7318,Solanum\_sambuciflorum:13.7318,Solanum\_sell  
 owianum:13.7318,Solanum\_verticillatum:13.7318)n36013:1.582)n36012:3.082,(Aureliana\_pogogena:17  
 .4647,Aureliana\_cuspidata:17.4647,(Aureliana\_fasciculata:12.6391,(Vassobia\_breviflora:6.1038,A  
 cnistus\_arborescens:6.1038)n36511:6.5353)n36504:4.8256,(Aureliana\_wettsteiniana:11.6431,Aureli  
 ana\_brasiliana:11.6431,Aureliana\_velutina:11.6431,Aureliana\_tomentosa:11.6431,Aureliana\_anonac  
 ea:11.6431)n36576:5.8216)n36499:0.9311)n36011:0.3767)n35992:1.4119)n35822:16.7209,((Brunfelsia  
 \_clandestina:3.315,Brunfelsia\_australis:3.315)n36790:1.5685,Brunfelsia\_pauciflora:4.8835)n3678  
 9:32.0218)n35815:0.6756,((Cestrum\_salzmannii:31.7795,(Cestrum\_mariquitense:10.3679,(Cestrum\_la  
 tifolium:4.9746,(Cestrum\_axillare:2.5437,Cestrum\_strigilatum:2.5437,Cestrum\_euanthes:2.5437,Ce  
 strum\_bracteatum:2.5437,Cestrum\_pedicellatum:2.5437,Cestrum\_obovatum:2.5437,Cestrum\_velutinum:  
 2.5437,Cestrum\_schlechtendalii:2.5437,Cestrum\_intermedium:2.5437,Cestrum\_corcovadense:2.5437,C  
 estrum\_montanum:2.5437,Cestrum\_retrofractum:2.5437,Cestrum\_strictum:2.5437)n36844:2.4309,(Sess  
 ea\_brasiliensis:2.487,Sessea\_regnellii:2.487)n36862:2.4876)n36843:5.3933)n36842:21.4116)n36841  
 :0.0068,Metternichia\_princeps:31.7863)n36840:5.7946)n35814:48.3322)n32114:3.838)n25462:12.6365  
 ,(Emmotum\_nitens:0.0005,Emmotum\_affine:0.0005,Emmotum\_harleyi:0.0005)n37086:102.3871)n25397:4.  
 3538,(((Austrocritonia\_velutina:49.3378,(Austrocritonia\_angulicaulis:45.2595,((((((((Moritham  
 nus\_ganophyllus:1.4804,(Acritopappus\_prunifolius:0.383,(Acritopappus\_harleyi:0.3797,Acritopapp  
 us\_confertus:0.3797,Acritopappus\_catolesensis:0.3797,Acritopappus\_heterolepis:0.3797)n37235:0.  
 0033)n37234:1.0974)n37228:0.2717,(Austro eupatorium\_inulaefolium:1.5837,Pseudobrickellia\_angust  
 issima:1.5837)n37240:0.1684)n37209:2.9693,Koanophyllon\_tinctarium:4.7214)n37203:4.1224,(Symphy  
 opappus\_lymansmithii:4.4219,Symphyopappus\_itatiayensis:4.4219)n37484:4.4219,Neocabreria\_penniv  
 enia:8.8438,Neocabreria\_mexiae:8.8438,Malmeanthus\_subintegerrimus:8.8438,Idiothamnus\_pseudorgy  
 alis:8.8438,Kaunia\_rufescens:8.8438,Raulinoreitzia\_leptophlebia:8.8438)n37121:8.8514,(Verbesin

*a\_luetzelburgii*:6.074,*Verbesina\_glabrata*:6.074)n38464:11.6212)n37114:5.2941,(((*Baccharis\_sing*  
*ularis*:1.2908,*Baccharis\_serrulata*:0.7777,*Baccharis\_semiserrata*:0.7777)n40355:0.5131,*Baccharis*  
*\_rufidula*:1.2908)n40354:0.0623,*(Baccharis\_retusa*:1.3495,*(Baccharis\_psiadioides*:1.2971,*(Bacchar*  
*is\_oreophila*:1.1825,*(Baccharis\_oblongifolia*:0.9877,*(Baccharis\_montana*:0.289,*(Baccharis\_microdo*  
*nta*:0.2301,*Baccharis\_lychnophora*:0.2301)n40363:0.0589)n40362:0.6987,*(Baccharis\_longiattenuata*:  
0.9857,*Baccharis\_leucocephala*:0.9857)n40365:0.002)n40361:0.1948,*Baccharis\_intermixta*:1.1825)n4  
0360:0.1146,*Baccharis\_glaziovii*:1.2971)n40359:0.0524,*Baccharis\_dentata*:1.3495)n40358:0.0036)n4  
0328:0.6337,*(Baccharis\_caprariifolia*:1.7872,*(Baccharis\_calvescens*:1.7847,*Baccharis\_dracunculif*  
*olia*:1.7847,*Baccharis\_grandimucronata*:1.7847,*Baccharis\_regnellii*:1.7847)n40371:0.0025)n40370:0  
.1996)n40327:19.4618,*Dendrophorbium\_glaziovii*:21.4486)n39814:1.5407)n37108:7.6847,((((*(Lychn*  
*ophora\_rosmarinifolia*:1.7295,*(Lychnophora\_pohlii*:1.7289,((((*(Lychnophora\_granmogolensis*:0.2073  
,*Lychnophora\_crispa*:0.2073)n43272:0.1305,*(Lychnophora\_ericoides*:0.0486,*Lychnophora\_villosissim*  
*a*:0.0486)n43274:0.2892)n43270:0.7253,*Lychnophora\_salicifolia*:1.0631)n43268:0.0499,*Lychnophora*  
*pinaster*:1.113)n43267:0.2649,*Lychnophora\_syncephala*:1.3779)n43266:0.351)n43264:0.0006)n43263:0  
.0385,(((*(Eremanthus\_capitatus*:0.3175,*Eremanthus\_erythropappus*:0.3175)n43294:0.0238,*Eremanthus*  
*\_polycephalus*:0.3413)n43293:0.7558,((*(Eremanthus\_incanus*:0.9504,*Eremanthus\_glomerulatus*:0.9504)  
n43298:0.007,*Eremanthus\_elaeagnus*:0.9574)n43297:0.1397)n43289:0.4653,*Eremanthus\_crotonoides*:1.  
5624)n43286:0.2056)n43262:1.041,((*(Paralychnophora\_harleyi*:0.1558,*Paralychnophora\_bicolor*:0.155  
8)n43311:0.3482,*Paralychnophora\_reflexoauriculata*:0.504)n43310:2.305)n43260:0.956,((*(Gorceixia*  
*decurrens*:3.2307,*Hololepis\_pedunculata*:3.2307)n43323:0.2837,*Chronopappus\_bifrons*:3.5144)n43322  
:0.2506)n43259:5.5909,((*(Piptocarpha\_robusta*:8.201,*Piptocarpha\_regnellii*:8.201)n43348:0.3511,((*(P*  
*iptocarpha\_organensis*:8.2,*Critoniopsis\_stellata*:8.2,((*(Piptocarpha\_macropoda*:7.0619,*Critoniopsis*  
*\_quinqueflora*:7.0619,*Piptocarpha\_densifolia*:7.0619)n43359:1.1381,((*(Piptocarpha\_angustifolia*:2.2  
317,*Piptocarpha\_rotundifolia*:2.2317,*Piptocarpha\_axillaris*:2.2317)n43361:5.9683)n43358:0.3521)n  
43347:0.8038)n43257:2.5271,((*(Vernonanthura\_puberula*:11.8773,*(Vernonanthura\_petiolaris*:10.3594,((*(*  
*Vernonanthura\_fagifolia*:9.9553,*(Vernonanthura\_divaricata*:9.6412,*(Vernonanthura\_discolor*:7.0296  
,*(Vernonanthura\_beyrichii*:7.0296)n43439:2.6116)n43438:0.3141)n43437:0.4041)n43436:1.5179)n43378  
:0.0057)n43254:4.7211,*Moquinia\_racemosa*:16.6041)n43250:14.0699)n37106:7.6201,((*(Trixis\_praestan*  
*s*:18.1806,((*(Wunderlichia\_azulensis*:3.1155,*Wunderlichia\_mirabilis*:3.1155,*Wunderlichia\_crulsiana*  
:3.1155)n44915:8.7967,((*(Stiffitia\_chrysantha*:4.5335,*Stiffitia\_parviflora*:4.5335)n44928:7.3787)n44  
912:6.2684)n44726:2.9624,((*(Moquiniastrum\_velutinum*:0.9464,((((*(Moquiniastrum\_paniculatum*:0.5107,  
*Moquiniastrum\_blanchetianum*:0.5107)n44965:0.0027,((*(Moquiniastrum\_floribundum*:0.3876,*Moquiniastr*  
*um\_pulchrum*:0.3876)n44970:0.1258)n44964:0.2787,((*(Moquiniastrum\_oligocephalum*:0.7921)n44963:0.093  
,*Moquiniastrum\_polymorphum*:0.8851)n44961:0.0613,((*(Moquiniastrum\_sordidum*:0.9464)n44960:20.1966)n  
44724:17.1511)n37103:6.9654,((*(Dasyphyllum\_spinescens*:3.6432,*Dasyphyllum\_brasiliense*:3.6432)n449  
91:41.6163)n37102:4.0783)n37101:43.3938,(((*(Escallonia\_megapotamica*:1.4205,*Escallonia\_petrophil*  
*a*:1.4205)n45907:0.2044,*Escallonia\_bifida*:1.6249)n45906:6.8654,*Escallonia\_chlorophylla*:8.4903,*E*  
*scallonia\_hispida*:8.4903)n45891:84.2413)n37095:0.9986,((*(Sambucus\_australis*:85.6407,((*(Griselinia*  
*ruscifolia*:70.532,((((*(Schefflera\_calva*:0.6264,*Schefflera\_angustissima*:0.6264)n49061:3.5096,  
*Schefflera\_aurata*:4.136)n49056:0.7304,((*(Schefflera\_selloi*:0.4716,*Schefflera\_macrocarpa*:0.4716)  
n49067:1.5018,*Schefflera\_morototoni*:1.9734)n49066:2.893)n49055:7.4423,((*(Oreopanax\_capitatus*:6.7  
302,*Oreopanax\_fulvus*:6.7302)n49073:5.5785)n49029:0.0821,*Dendropanax\_cuneatus*:12.3908,*Dendropan*  
*ax\_amorimii*:12.3908,*Dendropanax\_monogynus*:12.3908,*Dendropanax\_caudatus*:12.3908,*Dendropanax\_bah*  
*iensis*:12.3908,*Dendropanax\_brasiliensis*:12.3908,*Dendropanax\_australis*:12.3908)n49027:12.1634,*A*  
*ralia\_warmingiana*:24.5542)n49019:2.4826,*Schefflera\_varisiana*:27.0368,*Schefflera\_succinea*:27.03  
68,*Schefflera\_longipetiolata*:27.0368,*Schefflera\_vinosa*:27.0368)n49017:43.4952)n46681:15.1087)n  
45929:8.0895)n37094:8.9626,((*(Ilex\_theezans*:43.1891,((*(Ilex\_paraguariensis*:35.7765,((*(Ilex\_affinis*  
:25.1868,((*(Ilex\_conocarpa*:6.1976,((*(Ilex\_lundii*:5.8774,((*(Ilex\_dumosa*:5.8774)n49821:0.3202)n49820:18  
.9892)n49816:10.5897)n49809:5.5083,(((*(Ilex\_microdonta*:22.1213,((*(Ilex\_integerrima*:16.8781,((*(Ilex\_a*  
*sperula*:14.5907,((*(Ilex\_brevicuspis*:14.5907)n49897:2.2874)n49896:5.2432)n49892:11.008,((*(Ilex\_pseud*  
*obuxus*:13.897,((*(Ilex\_brasiliensis*:13.897)n49900:19.2323)n49891:8.1555)n49806:1.9043,*Ilex\_taubert*

iana:43.1891,Ilex\_pseudovaccinium:43.1891,Ilex\_cerasifolia:43.1891,Ilex\_floribunda:43.1891,Ilex  
 x\_grandis:43.1891,Ilex\_psammophila:43.1891,Ilex\_sapiiformis:43.1891,Ilex\_sapotifolia:43.1891)n  
 49752:48.7848,(Discophora\_guianensis:74.1423,(Citronella\_gongonha:12.8341,Citronella\_englerian  
 a:12.8341,Citronella\_paniculata:12.8341)n49921:61.3082)n49907:17.8316)n49749:10.7189)n37093:4.  
 0486)n25396:5.5993,((((((Ardisia\_guianensis:12.2207,(Myrsine\_venosa:8.3156,Myrsine\_leuconeur  
 a:8.3156)n50542:3.9051)n50475:1.3159,(Myrsine\_guianensis:8.7261,(Myrsine\_umbellata:6.9988,(Cyb  
 ianthus\_peruvianus:3.3313,Cybianthus\_amplus:3.3313,Cybianthus\_bahiensis:3.3313,Cybianthus\_fusc  
 us:3.3313,Cybianthus\_gardneri:3.3313)n50572:3.6675)n50550:1.7273,Myrsine\_coriacea:8.7261,Myrsi  
 ne\_matensis:8.7261,Myrsine\_parvula:8.7261,Myrsine\_laetevirens:8.7261,Myrsine\_altomontana:8.726  
 1,Myrsine\_balansae:8.7261,Myrsine\_emarginella:8.7261,Myrsine\_gardneriana:8.7261,Myrsine\_hermog  
 enesii:8.7261,Myrsine\_lancifolia:8.7261,Myrsine\_lineata:8.7261,Myrsine\_loefgrenii:8.7261,Myrsi  
 ne\_monticola:8.7261,Myrsine\_parvifolia:8.7261,Myrsine\_rubra:8.7261,Myrsine\_squarrosa:8.7261,My  
 rsine\_villosissima:8.7261)n50549:4.8105)n50474:38.514,(Jacquinia\_armillaris:13.4538,(Clavija\_n  
 utans:6.7268,Clavija\_spinosa:6.7268,Clavija\_caloneura:6.7268)n50597:6.727)n50589:38.5968)n4993  
 5:34.9037,((Diospyros\_capreifolia:13.6506,Diospyros\_inconstans:13.6506,Diospyros\_riedelii:13.6  
 506,Diospyros\_hispida:13.6506,Diospyros\_apeibacarpos:13.6506,Diospyros\_ketun:13.6506,Diospyros  
 \_brasiliensis:13.6506,Diospyros\_duartei:13.6506,Diospyros\_gaultheriifolia:13.6506,Diospyros\_se  
 ricea:13.6506)n50605:58.8584,(((Lecythis\_ibiriba:16.0332,(Eschweilera\_ovata:13.0235,(Lecythis  
 \_schwackei:10.506,(Eschweilera\_alvimii:1.8771,Eschweilera\_tetrapetala:1.8771)n50814:8.6289)n50  
 805:2.5175)n50772:3.0097,(Lecythis\_pisonis:6.4206,Lecythis\_lanceolata:6.4206)n50831:9.6126,Esc  
 hweilera\_nana:16.0332,Eschweilera\_complanata:16.0332,Eschweilera\_compressa:16.0332,Eschweilera  
 \_mattos-  
 silvae:16.0332,Lecythis\_lurida:16.0332)n50770:1.0597,(Couratari\_macrosperma:12.1745,Couratari\_  
 asterotricha:12.1745,Couratari\_asterophora:12.1745,Couratari\_pyramidata:12.1745)n50836:4.9184)  
 n50769:14.8602,Gustavia\_augusta:31.9531)n50767:19.7534,(Cariniana\_estrellensis:25.8533,Carinia  
 na\_legalis:25.8533,Cariniana\_ianeirensis:25.8533,Cariniana\_parvifolia:25.8533)n50856:25.8532)n  
 50764:20.8025)n50602:14.4453)n49933:7.4036,((Pouteria\_venosa:14.9569,(Pouteria\_gallifruca:14  
 .4698,(Pouteria\_bullata:11.5498,Chrysophyllum\_flexuosum:11.5498,((((((((Pouteria\_cuspidata:6  
 .4483,(Pouteria\_andarahiensis:5.5568,Pouteria\_macahensis:5.5568)n50889:0.8915)n50883:0.5841,(P  
 outeria\_bangii:4.3942,Pouteria\_ramiflora:4.3942)n50893:2.6382)n50882:0.5732,(Pouteria\_reticula  
 ta:6.1804,Pouteria\_gardneri:6.1804)n50898:1.4252)n50881:0.6805,((Pouteria\_torta:0.7755,Pouter  
 ia\_caimito:0.7755)n50916:0.5526,Pouteria\_guianensis:1.3281)n50915:5.1509,Pouteria\_durlandii:6.  
 479)n50912:1.8071)n50880:0.0943,((Pradosia\_lactescens:6.6248,Pradosia\_kuhlmannii:6.6248)n5093  
 0:0.7082,Pradosia\_longipedicellata:7.333)n50929:0.797,(Pouteria\_filipes:2.8392,(Pouteria\_beur  
 epairei:2.5733,Pouteria\_gardneriana:2.5733)n50954:0.2659)n50950:5.2908)n50928:0.2504)n50879:0.  
 2004,Chrysophyllum\_imperiale:8.5808)n50878:0.0538,((Pouteria\_macrophylla:4.4908,(Pouteria\_oxyp  
 etala:1.1538,Pouteria\_grandiflora:1.1538)n50970:3.337)n50965:3.9765,Chrysophyllum\_splendens:8.  
 4673)n50963:0.1673)n50877:0.0964,Diploon\_cuspidatum:8.731)n50876:0.2297,Sarcaulus\_brasiliensis  
 :8.9607)n50875:0.3945,(Ecclinusa\_ramiflora:8.7862,((Micropholis\_venulosa:0.931,Micropholis\_gn  
 aphaelocladus:0.931)n51003:3.3586,Micropholis\_gardneriana:4.2896)n51001:1.777,(Micropholis\_guya  
 nensis:5.8105,Micropholis\_crassipedicellata:5.8105)n51008:0.2561,Micropholis\_compta:6.0666)n50  
 997:2.7196)n50980:0.569)n50874:2.1946,Chrysophyllum\_lucentifolium:11.5498,Chrysophyllum\_gonoca  
 rpum:11.5498,Chrysophyllum\_paranaense:11.5498,Chrysophyllum\_viride:11.5498,Chrysophyllum\_arena  
 rium:11.5498,Chrysophyllum\_subspinosum:11.5498,Chrysophyllum\_inornatum:11.5498,Chrysophyllum\_r  
 ufum:11.5498,Chrysophyllum\_marginatum:11.5498,Chrysophyllum\_januariense:11.5498,Pouteria\_glome  
 rata:11.5498,Pouteria\_pachycalyx:11.5498,Pouteria\_microstrigosa:11.5498,Pouteria\_bapeba:11.549  
 8,Pouteria\_butyrocarpa:11.5498,Pouteria\_salicifolia:11.5498,Pouteria\_psammophila:11.5498,Poute  
 ria\_coelomatica:11.5498,Pouteria\_procera:11.5498,Pouteria\_confusa:11.5498,Pouteria\_nordestinen  
 sis:11.5498)n50870:2.92)n50869:0.4871)n50868:4.4136,((((((Manilkara\_subsericea:0.1965,Manilkar  
 a\_salzmanni:0.1965)n51237:0.9574,Manilkara\_longifolia:1.1539)n51235:0.586,((Manilkara\_multif  
 ida:0.5032,Manilkara\_elata:0.5032)n51240:0.193,Manilkara\_maxima:0.6962)n51239:0.1709,Manilkara

\_rufula:0.8671)n51238:0.8728)n51234:0.3151,Manilkara\_decrescens:2.055)n51233:1.4861,Manilkara\_triflora:3.5411)n51231:15.0639,Sideroxylon\_obtusifolium:18.605)n51194:0.7655)n50865:42.541,Laplacea\_fruticosa:61.9115)n50862:32.4464)n49932:0.3036,(Stylogyne\_leptantha:47.3309,Stylogyne\_lhotzkyana:47.3309,Stylogyne\_warmingii:47.3309)n52017:47.3306,Geissanthus\_ambiguus:94.6615)n49931:0.2215,((((Gaylussacia\_pseudogaultheria:5.9149,Gaylussacia\_brasiliensis:5.9149,Gaylussacia\_montana:5.9149,Gaylussacia\_rhododendron:5.9149,Gaylussacia\_salicifolia:5.9149)n53263:9.1825,Gaultheria\_eriophylla:15.0974)n53045:4.3467,(Agarista\_coriifolia:7.5744,Agarista\_revoluta:7.5744,Agarista\_oleifolia:7.5744,Agarista\_eucalyptoides:7.5744,Agarista\_pulchra:7.5744,Agarista\_niederleinii:7.5744,Agarista\_chapadensis:7.5744,Agarista\_glaberrima:7.5744,Agarista\_minensis:7.5744)n53416:11.8697)n53044:59.7817,(Clethra\_scabra:8.2873,Clethra\_uleana:8.2873)n53679:70.9385)n52045:14.0073,(Symplocos\_oblongifolia:81.1849,(Symplocos\_estrellensis:23.5528,((((Symplocos\_corymboclados:0.3057,Symplocos\_glandulosomarginata:0.3057)n53824:0.008,(Symplocos\_nitidiflora:0.1296,Symplocos\_tenuifolia:0.1296)n53825:0.1841)n53823:0.0786,Symplocos\_falcata:0.3923)n53820:1.5472,((Symplocos\_platyphylla:0.2111,Symplocos\_pubescens:0.2111)n53841:0.006,Symplocos\_uniflora:0.2171)n53840:0.2118,Symplocos\_nitens:0.4289)n53839:1.5106)n53804:4.3117,((Symplocos\_arbutifolia:0.9803,(Symplocos\_tetrandra:0.0132,Symplocos\_kleinii:0.0132)n53861:0.4575,Symplocos\_celastrina:0.4707)n53860:0.5096)n53857:0.6793,((Symplocos\_incrassata:0.5965,Symplocos\_itatiaiae:0.5965)n53864:0.0162,Symplocos\_pentandra:0.6127)n53863:0.2111,Symplocos\_bidana:0.8238)n53862:0.8358)n53854:4.5916)n53800:17.3016,Symplocos\_insignis:23.5528,Symplocos\_laxiflora:23.5528,Symplocos\_pustulosa:23.5528,Symplocos\_pycnobotrya:23.5528,Symplocos\_revoluta:23.5528,Symplocos\_rhamnifolia:23.5528,Symplocos\_trachycarpus:23.5528)n53797:57.6321,((((((((Styrax\_acuminatus:0.018,Styrax\_rotundatus:0.018)n53958:0.2967,Styrax\_latifolius:0.3147)n53957:0.8358,Styrax\_martii:1.1505)n53956:0.5815,Styrax\_leprosus:1.732)n53955:1.1405,(Styrax\_ferrugineus:2.2258,Styrax\_camporum:2.2258)n53959:0.6467)n53954:0.4871,Styrax\_sieberi:3.3596)n53953:0.7103,Styrax\_pohlii:4.0699)n53952:2.8838,(Styrax\_pedicellatus:0.015,Styrax\_maninul:0.015)n53973:0.4145,Styrax\_aureus:0.4295)n53972:6.5242)n53947:1.0256,Styrax\_glabratus:7.9793,Styrax\_lancifolius:7.9793)n53946:7.32056)n53796:12.0482)n52043:1.6499)n49930:4.8227,(Ternstroemia\_brasiliensis:10.2374,Ternstroemia\_carnosa:10.2374,Ternstroemia\_alnifolia:10.2374,Ternstroemia\_cuneifolia:10.2374)n54097:89.4683)n49929:12.635)n25395:7.5335,((((Andradea\_floribunda:14.4461,Ramisia\_brasiliensis:14.4461)n54634:41.6336,(Bougainvillea\_glabra:33.4446,((Guapira\_obtusata:3.7173,(Guapira\_opposita:3.6671,Neea\_floribunda:3.6671)n54684:0.0502,Neea\_hermaphrodita:3.7173,Neea\_ovalifolia:3.7173,Neea\_pendulina:3.7173,Neea\_theifera:3.7173,Neea\_verticillata:3.7173,Guapira\_pernambucensis:3.7173,Guapira\_noxia:3.7173,Guapira\_areolata:3.7173,Guapira\_graciliflora:3.7173,Guapira\_hirsuta:3.7173,Guapira\_nitida:3.7173,Guapira\_tomentosa:3.7173,Guapira\_venosa:3.7173)n54683:9.7212,Pisonia\_a\_culeata:13.4385)n54682:7.5427,Pisonia\_zapallo:20.9812)n54681:12.4634)n54676:22.6351)n54632:15.3609,(Phytolacca\_dioica:70.3331,(Galesia\_integrifolia:33.9686,(Sequiaria\_americana:16.9842,Sequiaria\_langsdorffii:16.9842)n54716:16.9844)n54709:36.3645)n54703:1.1075)n54631:11.5146,((Opuntia\_monacantha:5.9108,Brasiliopuntia\_brasiliensis:5.9108)n55369:15.497,Pereskia\_grandifolia:21.4078)n55248:0.1612,(((Cereus\_jamacaru:2.1664,Cereus\_fernambucensis:2.1664)n55515:0.2774,Micranthocereus\_purpureus:2.4438)n55507:4.2363,(Pilosocereus\_pachycladus:6.5791,Arthrocereus\_melanurus:6.5791)n55533:0.101,Pilosocereus\_aurisetus:6.6801,Pilosocereus\_arrabidaei:6.6801,Pilosocereus\_brasiliensis:6.6801,Pilosocereus\_pentaedrophorus:6.6801,Pilosocereus\_catingicola:6.6801,Pilosocereus\_glaucocrous:6.6801)n55500:0.1017,Leocereus\_bahiensis:6.7818)n55499:14.7872)n55247:61.3862)n54625:4.8952,Achatocarpus\_praecox:87.8504)n54618:19.2007,(Coccoloba\_amosissima:44.4859,(Coccoloba\_cordata:42.094,Coccoloba\_alnifolia:42.094,((Coccoloba\_latifolia:4.2565,Coccoloba\_mollis:4.2565)n58473:28.5307,(Triplaris\_americana:6.1087,Triplaris\_gardneriana:6.1087)n58607:9.7869,((Ruprechtia\_lundii:2.2441,Ruprechtia\_latifunda:2.2441)n58616:5.8424,Ruprechtia\_laxiflora:8.0865)n58615:0.5792,Ruprechtia\_salicifolia:8.6657)n58614:7.2299)n58601:16.8916)n58462:9.3068,Coccoloba\_marginata:42.094,Coccoloba\_declinata:42.094,Coccoloba\_obtusifolia:42.094,Coccoloba\_fastigiata:42.094,Coccoloba\_argentinensis:42.094,Coccoloba\_glaziovii:42.094,Coccoloba\_lucidula:42.094,Coccoloba\_oblonga:42.094,Coccoloba\_persicaria:42.094,Coccoloba\_rosea:42.094,Cocco

loba\_salicifolia:42.094,Coccoloba\_warmingii:42.094)n58227:2.3919)n58226:62.5652)n54609:12.8231  
 )n25393:1.5105,((Tetrastylidium\_grandifolium:97.7893,(Heisteria\_silvianii:32.7759,Heisteria\_ov  
 ata:32.7759,Heisteria\_blanchetiana:32.7759,Heisteria\_perianthomega:32.7759)n58864:65.0134)n588  
 48:5.794,(((Cathedra\_bahiensis:16.1102,Cathedra\_rubricaulis:16.1102)n58880:51.8517,Aptandra\_t  
 ubicina:67.9619)n58874:26.1079,Ximenia\_americana:94.0698)n58873:2.5041,((Dulacia\_papillosa:11.  
 3801,Dulacia\_pauciflora:11.3801)n58901:84.0088,(Schoepfia\_brasiliensis:81.4721,(Agonandra\_bra  
 siliensis:11.4057,Agonandra\_excelsa:11.4057)n59113:69.2138,(Acanthosyris\_spinescens:10.3536,Ac  
 anthosyris\_paulo-  
 alvinii:10.3536,Jodina\_rhombifolia:10.3536)n59224:70.2659)n59102:0.8526)n58908:13.9168)n58889:  
 1.185)n58872:7.0094)n58847:17.8014)n25392:1.1963,(Curatella\_americana:41.1528,Davilla\_elliptic  
 a:41.1528)n59440:81.4282)n25391:1.153200001)n13:6.590299999,(((Roupala\_montana:19.2829,Roupala  
 \_asplenioides:19.2829,Roupala\_consistens:19.2829,Roupala\_gracilis:19.2829,Roupala\_longepetiola  
 ta:19.2829,Roupala\_pallida:19.2829,Roupala\_paulensis:19.2829,Roupala\_sculpta:19.2829)n59587:10  
 .5617,(Panopsis\_rubescens:12.277,Panopsis\_multiflora:12.277)n59796:15.5309,(Euplassa\_legalis:  
 1.0526,Euplassa\_organensis:1.0526,Euplassa\_cantareirae:1.0526,Euplassa\_incana:1.0526,Euplassa\_  
 itatiaiae:1.0526,Euplassa\_nebularis:1.0526,Euplassa\_rufa:1.0526,Euplassa\_semicostata:1.0526,Eu  
 plassa\_taubertiana:1.0526)n59820:26.7553)n59787:2.0367)n59551:83.0319,(Meliosma\_chartacea:22.4  
 158,Meliosma\_itatiaiae:22.4158,Meliosma\_sellowii:22.4158)n60440:90.4607)n59543:17.448)n9:1.356  
 2,Berberis\_laurina:131.6807)n8:4.0774,(((Mauritia\_flexuosa:49.5715,((((((Syagrus\_hoehnei:4.0  
 855,Syagrus\_romanzoffiana:4.0855,Syagrus\_glaucescens:4.0855,Syagrus\_schizophylla:4.0855,Syagru  
 s\_ruschiana:4.0855,Syagrus\_flexuosa:4.0855,Syagrus\_macrocarpa:4.0855,Syagrus\_picrophylla:4.085  
 5,Syagrus\_oleracea:4.0855,Syagrus\_coronata:4.0855,Syagrus\_botryophora:4.0855,Syagrus\_cearensis  
 :4.0855,Syagrus\_lorenziorum:4.0855,Syagrus\_pseudococos:4.0855,Syagrus\_insignis:4.0855)n64057  
 :1.4522,Allagoptera\_caudescens:5.5377)n64055:0.0195,(Attalea\_oleifera:0.3116,Attalea\_funifera  
 :0.3116)n64063:3.4004,(Attalea\_speciosa:0.9665,Attalea\_phalerata:0.9665)n64071:2.7455,Attalea\_  
 burretiana:3.712,Attalea\_apoda:3.712,Attalea\_dubia:3.712,Attalea\_compta:3.712)n64062:1.8452)n6  
 4054:1.6326,(Butia\_odorata:2.6139,Butia\_eriospatha:2.6139,Butia\_paraguayensis:2.6139,Butia\_cat  
 arinensis:2.6139)n64079:4.5759)n64053:1.0997,Cocos\_nucifera:8.2895)n64052:6.8929,((Astrocaryu  
 m\_aculeatissimum:7.8972,(Bactris\_hatschbachii:1.5884,Bactris\_ferruginea:1.5884)n64147:4.2806,  
 Bactris\_horridispatha:5.869,Bactris\_setosa:5.869,Bactris\_vulgaris:5.869)n64126:2.0282)n64094:2  
 .397,(Acrocomia\_aculeata:8.8324,Acrocomia\_intumescens:8.8324)n64159:1.4618)n64085:1.8569,Elaei  
 s\_guineensis:12.1511)n64084:3.0313)n64048:5.5678,(Euterpe\_edulis:16.4552,(Geonoma\_schottiana:3  
 .2934,Geonoma\_pohliana:3.2934)n64376:13.1618)n64170:4.295)n64043:23.5822,Trithrinax\_brasiliens  
 is:44.3324)n64013:5.2391)n63939:57.1621,(Eremocaulon\_aureofimbriatum:47.7395,(Guadua\_chacoens  
 is:0.5623,Guadua\_paniculata:0.5623,Guadua\_angustifolia:0.5623,Guadua\_paraguayana:0.5623,Guadua  
 \_trinii:0.5623,Guadua\_calderoniana:0.5623,Guadua\_tagoara:0.5623)n67215:47.1772)n64768:46.0814,  
 Bisboeckelera\_longifolia:93.8209)n64763:12.9127)n62858:7.867,Cordyline\_spectabilis:114.6006)n6  
 2857:21.1575)n6:0.154100001,((((((((((Ocotea\_mandiocana:6.7518,((((((((((Ocotea\_spixiana  
 :0.4993,Ocotea\_percoriacea:0.4993)n80833:0.763,Ocotea\_longifolia:1.2623)n80832:0.4309,Ocotea\_g  
 lomerata:1.6932)n80831:0.9222,(Ocotea\_silvestris:2.5526,Ocotea\_pomaderroides:2.5526)n80835:0.0  
 628)n80829:0.6555,(((Ocotea\_tristis:0.1537,Ocotea\_pulchella:0.1537)n80840:1.3682,Ocotea\_nitida  
 :1.5219)n80839:0.359,Ocotea\_lancifolia:1.8809)n80838:1.39)n80828:0.5962,((Ocotea\_velloziana:0.  
 813,Ocotea\_puberula:0.813)n80842:1.7253,Ocotea\_brachybotrya:2.5383)n80841:1.3288)n80827:0.3102  
 ,(Ocotea\_pluridomatiata:0.3839,Ocotea\_bicolor:0.3839)n80846:0.9915,(Ocotea\_corymbosa:1.3497,O  
 cotea\_laxa:1.3497)n80847:0.0257)n80845:2.8019)n80826:0.7225,Ocotea\_diospyrifolia:4.8998)n80824  
 :1.0367,(Ocotea\_minarum:2.4589,Ocotea\_daphnifolia:2.4589)n80858:3.4776)n80823:0.0369,((Ocotea  
 \_porosa:2.1225,Ocotea\_odorifera:2.1225)n80863:0.7407,Ocotea\_catharinensis:2.8632)n80862:2.285,  
 (Ocotea\_aciphylla:4.6794,Ocotea\_indecora:4.6794)n80866:0.4688)n80859:0.8252)n80822:0.7784,Ocot  
 ea\_percurrens:6.7518,Ocotea\_floribunda:6.7518,Ocotea\_cernua:6.7518,Ocotea\_leucoxydon:6.7518,Oc  
 otea\_dispersa:6.7518,Ocotea\_glaucula:6.7518,Ocotea\_divaricata:6.7518,Ocotea\_tenuiflora:6.7518,Oc  
 otea\_nutans:6.7518,Ocotea\_polyantha:6.7518,Ocotea\_acutifolia:6.7518,Ocotea\_adamantina:6.7518,O



cotea\_aniboides:6.7518, Ocotea\_arenicola:6.7518, Ocotea\_argentea:6.7518, Ocotea\_basicordatifolia:6.7518, Ocotea\_beulahiae:6.7518, Ocotea\_beyrichii:6.7518, Ocotea\_canaliculata:6.7518, Ocotea\_citrosmoides:6.7518, Ocotea\_confertiflora:6.7518, Ocotea\_curucutuensis:6.7518, Ocotea\_deflexa:6.7518, Ocotea\_domatiata:6.7518, Ocotea\_fasciculata:6.7518, Ocotea\_felix:6.7518, Ocotea\_froncosa:6.7518, Ocotea\_glaziovii:6.7518, Ocotea\_insignis:6.7518, Ocotea\_kostermanniana:6.7518, Ocotea\_lanata:6.7518, Ocotea\_langsdorffii:6.7518, Ocotea\_limae:6.7518, Ocotea\_lobbii:6.7518, Ocotea\_marcescens:6.7518, Ocotea\_marumbiensis:6.7518, Ocotea\_microbotrys:6.7518, Ocotea\_microneura:6.7518, Ocotea\_montana:6.7518, Ocotea\_mosenii:6.7518, Ocotea\_nectandrifolia:6.7518, Ocotea\_notata:6.7518, Ocotea\_nunesiana:6.7518, Ocotea\_oppositifolia:6.7518, Ocotea\_pulchra:6.7518, Ocotea\_rohweri:6.7518, Ocotea\_sassafras:6.7518, Ocotea\_schwackeana:6.7518, Ocotea\_semicompleta:6.7518, Ocotea\_serrana:6.7518, Ocotea\_spectabilis:6.7518, Ocotea\_tabacifolia:6.7518, Ocotea\_teleiandra:6.7518, Ocotea\_urbaniana:6.7518, Ocotea\_vaccinioides:6.7518, Ocotea\_velutina:6.7518, Ocotea\_villosa:6.7518, Ocotea\_virgultosa:6.7518, Ocotea\_xanthocalyx:6.7518)n80820:0.0174, (((((((((Nectandra\_cuspidata:1.0718, ((Nectandra\_parnaensis:0.6064, Nectandra\_membranacea:0.6064)n80901:0.2407, Nectandra\_psammophila:0.8471)n80900:0.2247)n80896:0.2407, Nectandra\_grandiflora:1.3125)n80892:0.0801, (Nectandra\_megapotamica:0.8112, Nectandra\_micranthera:0.8112)n80908:0.5814)n80890:0.0048, Nectandra\_nitidula:1.3974)n80889:0.0098, Nectandra\_hihua:1.4072)n80887:0.1469, Nectandra\_lanceolata:1.5541)n80882:0.0086, Nectandra\_oppositifolia:1.5627)n80881:0.0111, Nectandra\_barbellata:1.5738)n80880:0.0126, Nectandra\_puberula:1.5864)n80879:0.0187, Nectandra\_leucantha:1.6051)n80878:5.1641)n80819:0.0451, ((Aniba\_heringeri:3.2893, Aniba\_firmula:3.2893, Aniba\_canelilla:3.2893, Aniba\_intermedia:3.2893)n80919:0.6721, (Urbanodendron\_bahiense:1.4506, Urbanodendron\_verrucosum:1.4506)n80924:2.5108)n80917:1.2162, (Licaria\_guianensis:3.5678, Licaria\_bahiana:3.5678, Licaria\_armeniaca:3.5678, Licaria\_vernicosa:3.5678)n80925:1.6098)n80916:1.6367)n80818:0.374, ((Endlicheria\_paniculata:2.9499, Endlicheria\_glomerata:2.9499)n80936:0.9663, (Rhodostemonodaphne\_anomala:2.8704, Rhodostemonodaphne\_capixabensis:2.8704, Rhodostemonodaphne\_macrocalyx:2.8704)n80948:1.0458)n80930:3.2721, Nectandra\_reticulata:7.1883, Nectandra\_cissiflora:7.1883, Nectandra\_gardneri:7.1883, Nectandra\_angustifolia:7.1883, Nectandra\_debilis:7.1883, Nectandra\_matogrossensis:7.1883, Nectandra\_warmingii:7.1883, Nectandra\_weddellii:7.1883)n80817:1.1815, (Aiouea\_saligna:4.1847, Aiouea\_trinervis:4.1847, Aiouea\_laevis:4.1847, Aiouea\_acaromatifera:4.1847, Aiouea\_bracteata:4.1847)n80962:4.1851)n80815:16.8834, (Persea\_caesia:23.3028, ((Persea\_major:1.7632, Persea\_willdenovii:1.7632)n81194:0.8586, Persea\_venosa:2.6218)n81193:3.829, Persea\_alba:6.4508)n81191:16.852, Persea\_splendens:23.3028, Persea\_aurata:23.3028, Persea\_fulva:23.3028, Persea\_punctata:23.3028, Persea\_rufotomentosa:23.3028)n81187:1.9504)n80811:18.003, ((Mezilaurus\_navaleum:1.9384, Mezilaurus\_synandra:1.9384)n81228:0.8171, Mezilaurus\_crassiramea:2.7555)n81227:40.5007)n80810:37.5496, ((Beilschmiedia\_emarginata:8.5901, Beilschmiedia\_angustifolia:8.5901, Beilschmiedia\_fluminensis:8.5901, Beilschmiedia\_linharensis:8.5901, Beilschmiedia\_rigida:8.5901, Beilschmiedia\_taubertiana:8.5901)n81245:28.4683, (((((Cryptocarya\_botelhensis:0.8182, Cryptocarya\_mandiocana:0.8182)n81326:0.2903, Cryptocarya\_aschersoniana:1.1085)n81325:0.0367, Cryptocarya\_moschata:1.1452)n81324:5.4271, (Cryptocarya\_saligna:0.0607, Cryptocarya\_citriformis:0.0607)n81327:6.5116)n81322:6.8097, Cryptocarya\_micrantha:13.382, Cryptocarya\_riedeliana:13.382, Cryptocarya\_subcorymbosa:13.382)n81297:23.6764)n81239:43.7474)n80807:3.789, Phyllostemonodaphne\_geminiflora:84.5948)n80806:20.2866, ((Mollinedia\_acutissima:0.87, (Mollinedia\_boracensis:0.3758, Mollinedia\_schottiana:0.3758)n81370:0.2566, Mollinedia\_widgrenii:0.6324)n81369:0.2376, Mollinedia\_ovata:0.87, Mollinedia\_salicifolia:0.87, Mollinedia\_triflora:0.87, Mollinedia\_argyrogyna:0.87, Mollinedia\_blumenaviana:0.87, Mollinedia\_calodonta:0.87, Mollinedia\_clavigera:0.87, Mollinedia\_elegans:0.87, Mollinedia\_engleriana:0.87, Mollinedia\_eugeniifolia:0.87, Mollinedia\_fruticulosa:0.87, Mollinedia\_gilgiana:0.87, Mollinedia\_glabra:0.87, Mollinedia\_glaziovii:0.87, Mollinedia\_heteranthera:0.87, Mollinedia\_howeana:0.87, Mollinedia\_lamprophylla:0.87, Mollinedia\_longifolia:0.87, Mollinedia\_luizae:0.87, Mollinedia\_marquetiana:0.87, Mollinedia\_oligantha:0.87, Mollinedia\_pachysandra:0.87, Mollinedia\_stenophylla:0.87, Mollinedia\_uleana:0.87)n81368:1.4695, ((Macropetalus\_schwackeanus:0.02835, Macropetalus\_ligustrinus:0.02835, Macropetalus\_dentatus:0.02835)NA:0.02835, Macrocarpus\_utriculatus:0.0567)n81371:2.2828)n81366:1.0441, Hennecartia\_omphalandra:3.3836)n81365:10

1.4978)n80805:0.2124,(Sparattanthelium\_botocudorum:8.1253,Sparattanthelium\_borororum:8.1253,Sparattanthelium\_tupiniquinorum:8.1253)n81399:96.9685)n80804:2.8104,(Siparuna\_brasiliensis:53.8004,Siparuna\_guianensis:53.8004,Siparuna\_glycyarpa:53.8004,Siparuna\_bifida:53.8004,Siparuna\_cymosa:53.8004,Siparuna\_reginae:53.8004,Siparuna\_poeppigii:53.8004)n81410:54.1038)n80803:19.797,((Virola\_sebifera:24.3346,Virola\_officinalis:24.3346,Virola\_bicuhyba:24.3346,Virola\_gardneri:24.3346)n81471:85.2534,(Magnolia\_ovata:108.3797,((Anaxagorea\_silvatica:46.1165,Anaxagorea\_dolicocarpa:46.1165)n81584:25.0865,(((Ephedranthus\_dimerus:28.191,Oxandra\_nitida:28.191,Oxandra\_martiana:28.191)n81680:12.3603,((Bocageopsis\_mattogrossensis:31.8899,Unonopsis\_renati:31.8899,Unonopsis\_aurantiaca:31.8899,Unonopsis\_riedeliana:31.8899,Unonopsis\_bahiensis:31.8899,Unonopsis\_guatterioides:31.8899)n81712:8.4575,Pseudoxandra\_bahiensis:40.3474)n81711:0.2039)n81677:14.9447,(((Cymbopetalum\_brasiliense:19.5465,Porcelia\_macrocarpa:19.5465)n82046:3.3595,((Trigynaea\_axilliflora:7.4566,Trigynaea\_oblongifolia:7.4566)n82052:5.2724,(Hornschuchia\_citriodora:6.3643,Hornschuchia\_polyantha:6.3643,Hornschuchia\_myrtillus:6.3643,Hornschuchia\_lianarum:6.3643,Hornschuchia\_leptandra:6.3643,Hornschuchia\_bryotrophe:6.3643,Hornschuchia\_santosii:6.3643)n82053:6.3647)n82051:10.177)n82045:29.7761,((((Guatteria\_notabilis:2.5366,(Guatteria\_schomburgkiana:2.3704,(Guatteria\_pogonopus:0.9355,Guatteria\_ferruginea:0.9355)n82128:1.4349)n82088:0.1662)n82085:0.5645,((Guatteria\_australis:1.4607,((Guatteria\_pohlana:0.0322,Guatteria\_villosissima:0.0322)n82165:1.3073,Guatteria\_sellowiana:1.3395)n82164:0.0459,Guatteria\_oligocarpa:1.3854)n82162:0.0753)n82151:0.8413,Guatteria\_macropus:2.302)n82150:0.7991)n82084:0.6846,(Guatteria\_rupestris:2.5479,Guatteria\_latifolia:2.5479)n82183:1.2378)n82082:8.8453,Guatteria\_campestris:12.631,Guatteria\_stenocarpa:12.631,Guatteria\_candolleana:12.631)n82055:35.3356,((((Xylopia\_aromatica:6.7436,Xylopia\_frutescens:6.7436)n82216:1.6907,Xylopia\_brasiliensis:8.4343)n82212:1.9734,Xylopia\_langsdorfiana:10.4077)n82209:11.122,Xylopia\_ochrantha:21.5297,Xylopia\_emarginata:21.5297,Xylopia\_involucrata:21.5297,Xylopia\_laevigata:21.5297,Xylopia\_sericea:21.5297)n82202:24.0489,((Duguetia\_riedeliana:3.4526,(Duguetia\_bahiensis:2.3328,((Duguetia\_sessilis:1.3273,Duguetia\_salicifolia:1.3273)n82299:0.5651,Duguetia\_moricandiana:1.8924)n82298:0.4404)n82297:1.1198)n82293:2.5177,Duguetia\_sooretamae:5.9703)n82282:3.6517,Duguetia\_pohlana:9.622,Duguetia\_gardneriana:9.622,Duguetia\_restringae:9.622,Duguetia\_lanceolata:9.622,Duguetia\_reticulata:9.622,Duguetia\_chrysoarpa:9.622)n82266:35.9566)n82200:1.1332,(Annona\_mucosa:17.7603,Annona\_montana:17.7603,((Annona\_exsucca:15.4143,Annona\_glabra:15.4143)n82616:0.4606,Annona\_rugulosa:15.8749)n82615:1.8854,Annona\_xylopiifolia:17.7603,Annona\_dolabripetala:17.7603,Annona\_neosericea:17.7603,Annona\_pickelii:17.7603,Annona\_parviflora:17.7603,Annona\_emarginata:17.7603,Annona\_bahiensis:17.7603,Annona\_maritima:17.7603,Annona\_neosalicifolia:17.7603,Annona\_salzmännii:17.7603,Annona\_acutiflora:17.7603,Annona\_cacans:17.7603,Annona\_sylvatica:17.7603)n82608:28.9515)n82199:1.2548)n82054:4.7155)n82043:2.8139)n81636:15.707,Cardiopetalum\_calophyllum:71.203,(Bocagea\_viridis:35.6016,Bocagea\_longepedunculata:35.6016)n82656:35.6014)n81577:37.1767)n81502:1.2083)n81421:18.1132)n80801:4.6927,(((Drimys\_brasiliensis:2.2143,Drimys\_angustifolia:2.2143)n82680:123.789,(Cinnamodendron\_dinisii:37.9985,Cinnamodendron\_axillare:37.9985)n82705:88.0048)n82663:4.4698,((((Piper\_tuberculatum:5.2558,Piper\_cernuum:5.2558)n82920:2.3904,Piper\_obliquum:7.6462)n82913:0.9637,Piper\_aborum:8.6099)n82911:4.4226,(Piper\_hispidum:8.7449,Piper\_aduncum:8.7449)n82944:4.2876)n82909:4.3231,Piper\_amalago:17.3556)n82905:5.2877,Piper\_mollicomum:22.6433,Piper\_crassinervium:22.6433,Piper\_richardiifolium:22.6433,Piper\_tectoniifolium:22.6433,Piper\_rivinoides:22.6433,Piper\_macdoi:22.6433)n82902:107.8298)n82662:1.9208)n80800:2.2261,Hedyosmum\_brasiliense:134.62)n80799:1.292200001)n5:189.1378,((Podocarpus\_sellowii:7.9234,Podocarpus\_lambertii:7.9234)n83499:77.3634,Araucaria\_angustifolia:85.2868)n83447:239.7632):52.060201,((Alsophila\_setosa:6.56919,Alsophila\_cuspidata:6.56919,Alsophila\_sternbergii:6.56919):30.54896143,Cyathea\_phalerata:37.11815143,Cyathea\_delgadii:37.11815143,Cyathea\_corcovadensis:37.11815143,Cyathea\_atrovirens:37.11815143,Cyathea\_microdonta:37.11815143,Cyathea\_gardneri:37.11815143,Cyathea\_villosa:37.11815143,Cyathea\_hirsuta:37.11815143,Cyathea\_leucofolis:37.11815143,Cyathea\_pungens:37.11815143,Cyathea\_poeppigii:37.11815143,Cyathea\_dichromatolepis:37.11815143,Cyathea\_rufa:37.11815143,Cyathea\_glaziovii

i:37.11815143,Cyathea\_abreviata:37.11815143,Cyathea\_praecincta:37.11815143)Cyatheaceae:93.6295  
1436,Dicksonia\_sellowiana:130.7476658):246.3625352)Root;