

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
CENTRO DE ENGENHARIA, MODELAGEM E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Rodolfo Reis Cristo

ANÁLISE DOS FATORES AMBIENTAIS QUE DETERMINAM
O PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DA RIQUEZA DE ESPÉCIES
ARBÓREAS ENDÊMICAS E AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO NA
MATA ATLÂNTICA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Diana Sarita Hamburger
Coorientador: Prof. Dr. Márcio de Souza Werneck

Dissertação

Santo André - SP
2019

Rodolfo Reis Cristo

ANÁLISE DOS FATORES AMBIENTAIS QUE DETERMINAM
O PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DA RIQUEZA DE ESPÉCIES
ARBÓREAS ENDÊMICAS E AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO NA
MATA ATLÂNTICA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do ABC, como requisito para obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental. Linha de pesquisa: Sistemas Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Diana Sarita Hamburger
Coorientador: Prof. Dr. Márcio de Souza Werneck

Santo André - SP
2019

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Cristo, Rodolfo Reis

Análise dos fatores ambientais que determinam o padrão de distribuição da
riqueza de espécies arbóreas endêmicas e ameaçadas de extinção na Mata Atlântica /
Rodolfo Reis Cristo. — 2019.

48 fts. : il.

Orientadora: Diana Sarita Hamburger
Coorientador: Márcio de Souza Werneck

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santo André, 2019.

1. Biodiversidade. 2. riqueza de espécies. 3. modelagem ambiental. I.
Hamburger, Diana Sarita. II. Werneck, Márcio de Souza. III. Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2019. IV. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do(a) autor(a) e com a anuência do(a) orientador(a).

Santo André/SP

27 de fevereiro de 2020

Assinatura do(a) autor(a):

Rodolfo Reis Custó

Assinatura do(a) orientador(a):

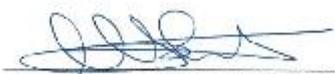
[Assinatura]

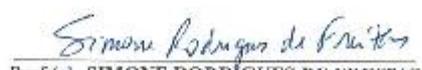


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Teresinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato, RODOLFO REIS CRISTO realizada em 11 de Dezembro de 2019:


Prof.(a) ANGELA TERUMI FUSHITA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC


Prof.(a) SIMONE RODRIGUES DE FREITAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Prof.(a) ANDREA DE OLIVEIRA CARDOSO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Prof.(a) ANDRE ETEROVIC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC


Prof.(a) DIANA SARITA HAMBURGER
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Presidente

* Por ausência de membro titular, foi substituído pelo membro suplente descrito acima: nome completo, instituição e assinatura

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Diana Sarita Hamburger, pelos ensinamentos, auxílio, dedicação e apoio ao longo do projeto.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Márcio de Souza Werneck, pela fundamental contribuição, aprendizado e disponibilidade ao longo da pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental pela contribuição em minha formação.

Aos meus familiares José Antônio Cristo, Josefa Reis Santos Cristo, Vanessa Reis Cristo e Verônica Reis Cristo pelo apoio e incentivo constante.

A minha companheira Mariana Akiko Facchinato pela parceria, dedicação e apoio constante.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)- Código de Financiamento 001.

RESUMO

Estudos, pesquisas e projetos em conservação da biodiversidade têm sido fundamentais no âmbito global devido à intensa degradação dos ecossistemas. Como estratégia para definir ações de conservação cita-se, dentre outras, a identificação e localização de espécies ameaçadas por meio de Listas Vermelhas segundo critérios da IUCN (International Union for Conservation of Nature). A meta do presente estudo foi avaliar a relação entre as variáveis ambientais e a distribuição espacial da riqueza de espécies de árvores endêmicas e ameaçadas da Mata Atlântica incluídas na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. A Mata Atlântica foi foco do presente estudo, por ser um dos *hotspots* mais significativos em termos endêmicos e por possuir a melhor amostragem de dados de espécies ameaçadas da flora. Foram consideradas variáveis ambientais acerca da heterogeneidade ambiental, clima, solo, uso e cobertura da terra e categoria de manejo para avaliar sua influência na distribuição espacial da riqueza de espécies. Para tal foram utilizados o banco de dados interativo (NeoTropTree) e a coleção de dados Mapbiomas. Com esses dados, foram realizadas análises de correlação espacial e modelos de regressão foram selecionados pelo critério de informação Akaike (AIC) a fim de obter as variáveis ambientais mais preditoras da riqueza de espécies. Os resultados sugerem uma maior relevância da riqueza de espécies em extensas áreas de floresta natural e de proteção integral, considerando a influência do clima na determinação dos padrões de riqueza de espécies arbóreas endêmicas ameaçadas. Outros fatores relacionados à heterogeneidade ambiental também contribuíram para predição da riqueza de espécies.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Árvores endêmicas e ameaçadas, Variáveis ambientais, riqueza de espécies, AIC.

ABSTRACT

Studies, research and projects on biodiversity conservation at the global level have been fundamental due to the intense degradation of ecosystems. As a strategy to define conservation actions, mention is made, among others, to the identification and location of endangered species through Red Lists according to IUCN (International Union for Conservation of Nature) criteria. The aim of the present study was to evaluate the relationship between environmental variables and the spatial distribution of the richness of endemic and threatened tree species in the Atlantic Forest included in the Red List of Brazilian Flora. The Atlantic Forest was the focus of the present study, as it is one of the most significant hotspots in endemic terms and for having the best data sampling of threatened flora species. Environmental variables regarding environmental heterogeneity, climate, soil, land use and cover and protected areas category were considered to assess their influence on the spatial distribution of species richness. For this, the interactive database (NeoTropTree) and the Mapbiomas data collection were used. With these data, spatial correlation analyzes were performed and regression models were selected using the Akaike Information Criterion (AIC) in order to obtain the most predictive environmental variables of species richness. The results suggest a greater relevance of species richness in extensive areas of natural forest and integral protection, considering the influence of the climate in determining the patterns of endemic and threatened tree species richness. Other factors related to environmental heterogeneity also contributed to the prediction of species richness.

Keywords: Atlantic Forest, endemic and threatened trees, environmental variables, species richness, AIC.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3.1. Área de estudo e base de dados.....	5
3.2. Análise dos dados.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
7. APÊNDICES.....	32
8. MATERIAL SUPLEMENTAR.....	35

1. INTRODUÇÃO

Quando uma espécie sofre decréscimo em sua população a ponto de colocar em risco a sua persistência em um ambiente ou ecossistema, diz-se que esta espécie está ameaçada. Atualmente, o risco de extinção incide como resultado de atividades humanas ou, em escala muito menor, por causas naturais (Primack; Rodrigues, 2001). Como estratégia para definir ações de conservação está a identificação e localização de espécies ameaçadas através de Listas Vermelhas (CNCFlora, 2013).

As Listas de Espécies Ameaçadas (ou Listas Vermelhas) são feitas segundo critérios estabelecidos internacionalmente, com base em informações sobre o estado crítico em que a biodiversidade se encontra (Rodrigues, 2005). A vantagem da utilização das Listas Vermelhas como recurso para promover e definir políticas e planos estratégicos de conservação está em identificar áreas de interesse para conservação, e avaliar e monitorar as mudanças de estado da biodiversidade (Brummitt *et al.*, 2008).

No geral, os principais fatores que colocam tais espécies como ameaçadas são a sua distribuição restrita, a diminuição da população e a destruição do hábitat natural (Schatz, 2009). O estudo de Nakajima *et al.* (2012) reforça a fragilidade e a deficiência na gestão, proteção e conservação das espécies ameaçadas de extinção no Brasil, uma vez que faltam inventários florísticos e estudos para compreender a distribuição da maioria das espécies tropicais (Willis *et al.*, 2003).

Estas informações revelam a importância de se produzir tais listas para planos de conservação da biodiversidade. O Brasil participa da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), na qual foram estabelecidas as metas de Aichi para a biodiversidade 2011-2020. Essas metas possuem objetivos estratégicos que visam reduzir a perda de biodiversidade e as pressões diretas sobre ela, promover a utilização sustentável, melhorar a situação (status) da biodiversidade, proteger ecossistemas, espécies e diversidade genética, ressaltar os benefícios da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, e por fim, aprimorar e ampliar a implementação por meio de planejamento participativo, gestão de conhecimento e capacitação (Brasil, 2016).

Em resposta, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) publicou recentemente o documento denominado “Estratégias e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade” com o intuito de promover ações de forma integrada (MMA, órgãos vinculados, governos estaduais e locais, academia, sociedade civil e setor privado) na conservação da biodiversidade e utilização sustentável dos seus componentes, bem como na repartição justa e equitativa dos seus benefícios, tais como componentes do patrimônio genético e conhecimentos tradicionais associados (Brasil, 2017).

Com relação às espécies da flora ameaçada de extinção, o MMA propôs uma ampliação e fortalecimento dos planos de proteção e monitoramento das espécies ameaçadas, avaliando o estado de conservação e vulnerabilidades dessas espécies, bem como uma atualização das listas vermelhas de espécies ameaçadas com o objetivo final de reduzir a quase zero o risco de extinção até 2020 (Brasil, 2017).

Um importante instrumento para seleção de áreas prioritárias para conservação é a identificação de *hotspots* de biodiversidade, áreas que possuem alta biodiversidade e elevado nível de ameaça com grande perda de habitat e concentração de espécies endêmicas e ameaçadas (Myers, 1999). No Brasil, os *hotspots* de biodiversidade são os domínios fitogeográficos Cerrado e Mata Atlântica (Myers, 1999). A Mata Atlântica foi classificada como um dos domínios fitogeográficos mais significativos em termos endêmicos, juntamente com outras 33 áreas endêmicas localizadas nos trópicos. A maioria destas áreas encontra-se em países em desenvolvimento onde os recursos são escassos e existe grande ameaça para a conservação da área. Um levantamento recente indicou que a Mata Atlântica apresenta cerca de 15.004 espécies de árvores nativas (15.001 angiospermas e 3 gimnospermas), sendo 7.433 consideradas endêmicas (7.432 angiospermas e 1 gimnosperma), o que representa aproximadamente 50% de espécies endêmicas (**Zappi et al., 2015**).

Atualmente, a cobertura vegetal nativa do bioma Mata Atlântica representa um total de 28% (Rezende et al., 2018). No entanto, apenas 30% se encontra em áreas protegidas, sendo 9% em áreas de proteção integral, 21% em áreas de uso sustentável e o restante (70%) protegidos por outros

instrumentos legais que podem autorizar a intervenção e o desmatamento em determinadas situações (Rezende *et al.*, 2018, Brasil, 2012, Brasil, 2006).

Assim, medidas no âmbito da conservação são necessárias, visto que grande parte da vegetação nativa se encontra fora das unidades de conservação e, conseqüentemente, sujeitas a intervenções antrópicas diversas resultando na perda e fragmentação de habitats. A restauração florestal se torna fundamental para levar o estabelecimento de serviços ecossistêmicos essenciais e contribuir para a formação de corredores ecológicos que irão conectar fragmentos florestais e reduzir os processos de extinção de espécies em andamento, bem como futuramente permitir o deslocamento de espécies (Rezende *et al.*, 2018).

Para o presente estudo foram consideradas as espécies arbóreas (angiospermas e gimnospermas) endêmicas da Mata Atlântica e consideradas ameaçadas de extinção conforme a Lista Vermelha feita pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora), criado no âmbito do Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ). A Lista completa contém 1544 espécies da flora ameaçada de extinção no domínio fitogeográfico Mata Atlântica (CNCFlora, 2013).

2. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência das variáveis ambientais na distribuição espacial da riqueza de espécies de árvores endêmicas da Mata Atlântica incluídas na Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção do CNCFlora. Com isso, têm-se como meta:

- Determinar quais variáveis relacionadas à heterogeneidade ambiental, clima, solo, uso e cobertura da terra e categoria de manejo são preditoras na distribuição espacial da riqueza das espécies arbóreas endêmicas e ameaçadas de extinção na Mata Atlântica;
- Produzir o modelo mais adequado com as variáveis ambientais deste estudo com base no método AIC e avaliar o impacto das variáveis no modelo;
- Avaliar a influência das variáveis ambientais considerando as espécies arbóreas endêmicas classificadas por categoria de ameaça.

Para isso, espera-se a ocorrência de maior riqueza de espécies em extensas áreas de floresta natural e elevado nível de proteção do ecossistema. Além disso, é esperada uma maior riqueza de espécies em áreas com temperatura e umidade elevada e solos mais férteis. Contudo, não é esperada uma influência diferenciada das variáveis preditoras de riqueza em relação ao nível de risco de extinção das espécies de acordo com as categorias de ameaça.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo e Base de Dados

A Mata Atlântica, como um dos *hotspots* da biodiversidade, é um exemplo de ocorrência de fatores que colocam espécies como ameaçadas, uma vez que a vegetação deste domínio fitogeográfico atualmente se encontra extremamente fragmentada, em sua maioria por pequenas manchas (menores que 50 hectares), o que dificulta a conservação da biodiversidade (Ribeiro *et al.* 2009).

A Serra do Mar é a que mais difere em relação às outras áreas, sendo a região que concentra os maiores fragmentos de floresta. Essa fragmentação florestal é resultado dos padrões de uso e ocupação da terra na região, na qual predominam a pecuária e a agricultura, mas também com uma crescente expansão das florestas plantadas (*Pinus* e *Eucalyptus*). Com isso, ocorreu a intensificação dos efeitos de borda nas florestas que comprometeu o estabelecimento de serviços ecossistêmicos essenciais e, conseqüentemente, a manutenção de espécies (Ribeiro *et al.* 2011).

Neves *et al.* (2017) relata a importância dos habitats marginais do domínio atlântico que incluem florestas de altitude elevada, florestas anãs de afloramentos rochosos, florestas ribeirinhas, florestas semidecíduas e restinga. Os habitats marginais representam quase metade das espécies endêmicas existentes da Mata Atlântica, porém pouco protegidos em relação a outras áreas.

Os tipos climáticos da Mata Atlântica variam de quentes e úmidos a moderadamente frios. Alvares *et al.* (2013) identificou os tipos de clima no

Brasil segundo a classificação climática de *Koppen*, a qual indicou que a maior parte da Mata Atlântica é classificada na zona climática tropical, que se caracteriza por verões chuvosos, e as regiões mais montanhosas classificadas na zona subtropical úmida com verões quentes sem estação seca ou inverno seco. Os índices pluviométricos anuais variam de 1000 a 1500 mm, com uma variabilidade espacial maior durante o outono e inverno no período seco.

O relevo também é diversificado, desde os tabuleiros terciários do Nordeste até as grandes escarpas basálticas em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. O intemperismo químico e a lixiviação, seguidos de uma pedogênese ativa sob cobertura florestal produziu latossolos amarelos e podzólicos vermelho-amarelados, sobrepondo-se a regolitos muito espessos. A variação da latitude (estende-se de 3° S a 30° S) e do relevo também contribuíram para as modificações estruturais da mata (Pereira, 2009).

Foram obtidos dados florísticos em 1478 *sites* da base de dados 'NeoTropTree' (Oliveira-Filho, 2017) (Figura 1), que se trata de um banco de dados interativo que possui 7485 *sites* georreferenciados da flora arbórea da região Neotropical (América do Sul e Central), com raio de 5 km cada site e que vincula informações por meio de listas de verificação sobre o registro de ocorrência de espécies arbóreas, além de informações geográficas (coordenadas), fitogeográficas (domínio e ecorregião), fisionômicas (fisionomia vegetal, faixa de elevação, deciduidade foliar, etc.), bioclimáticas e relacionadas ao substrato.

A partir do banco de dados 'NeoTropTree' foi feita uma busca que encontrou 280 espécies de árvores endêmicas do domínio fitogeográfico Mata Atlântica consideradas ameaçadas de extinção na lista elaborada pelo CNCFlora. Os registros de espécies arbóreas foram utilizados como objeto de estudo, pois este é o componente com o banco de dados taxonômico mais completo e preciso para este Domínio. O Domínio representa o conjunto natural em que há interação entre o clima e os elementos relevo ou vegetação determinantes. A Mata Atlântica foi escolhida por ser um *hotspot* de grande riqueza e elevado nível de ameaça, e por ser o domínio fitogeográfico com a melhor amostragem de dados. Foram extraídos da base de dados 'NeoTropTree' 4.629 registros de ocorrência de espécies de árvores endêmicas e ameaçadas de extinção no Domínio Atlântico.

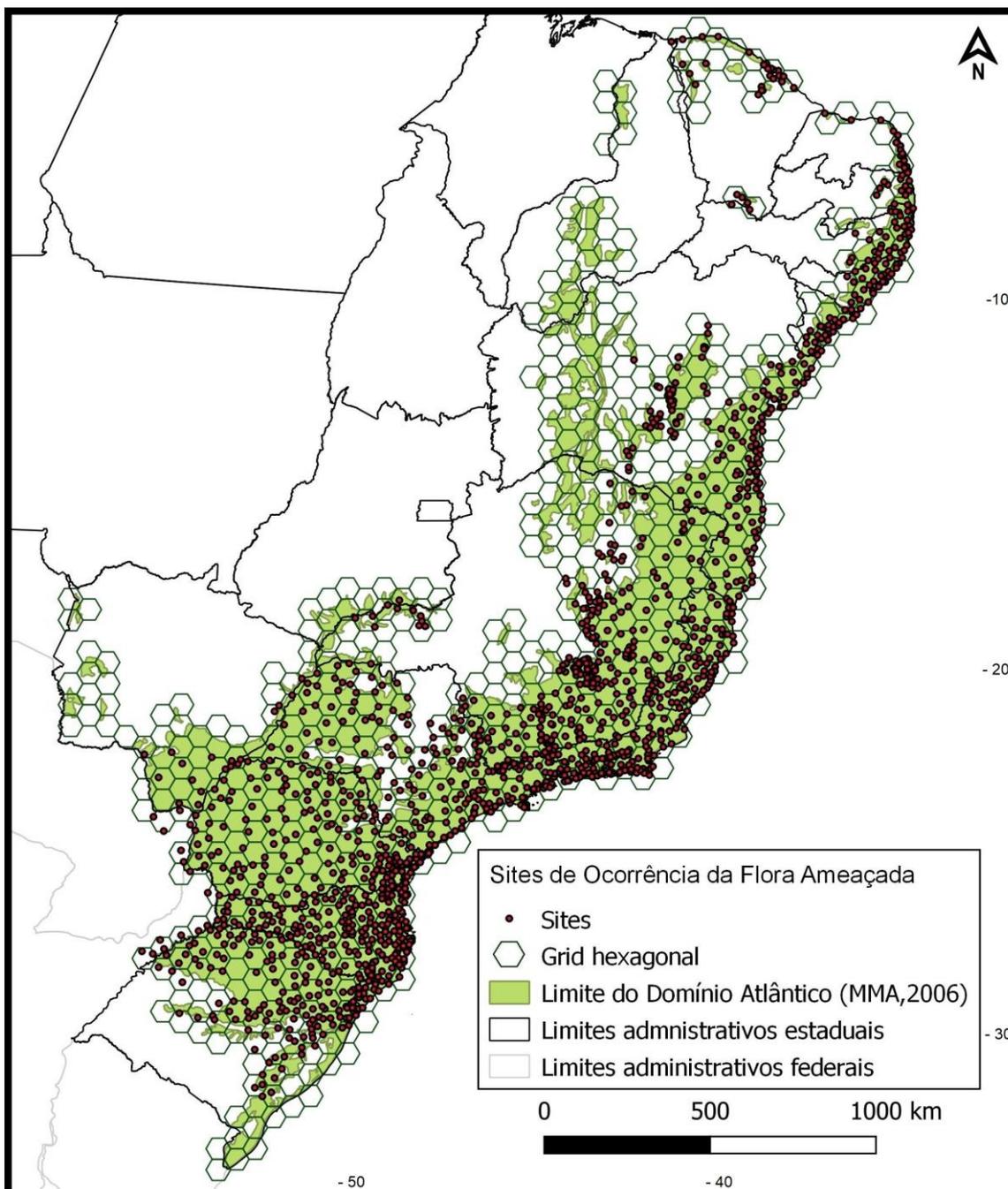


Figura 1: Distribuição dos 1478 *sites* da base de dados “NeoTropTree” (Oliveira-Filho, 2017), onde foram extraídos 4.629 registros de ocorrência da flora arbórea endêmica e ameaçada de extinção, inseridas em grids hexagonais contidas dentro dos limites do Domínio Atlântico.

3.2. Análise de Dados

A análise do banco de dados a partir dos registros de ocorrência georreferenciados da base de dados “NeoTropTree” foi realizada com a finalidade de se determinar um padrão de distribuição espacial da riqueza das espécies ao longo do território da Mata Atlântica em função de variáveis ambientais.

Para a manipulação destes dados foi utilizado um *grid* hexagonal com área máxima de 3600 km², a fim de se reduzirem erros de mapeamento e de amostragem em áreas pouco povoadas (Birch et al., 2007). A riqueza das espécies foi dada para cada célula do *grid* como o número total de espécies presentes, para em seguida serem plotadas em mapas elaborados em Sistema de Informações Geográficas (SIG). Foram definidos critérios para a classificação em dez classes de riqueza, pois atribuem intervalos naturais para dados contínuos, minimizando a soma da variação dentro de cada classe (Evans, 1977).

Com o uso de Sistema de Informações Geográficas foi possível associar as variáveis ambientais no *grid* hexagonal. Para isso, foram utilizadas 34 variáveis ambientais contidas nos *sites* de interesse obtidas no ‘NeoTropTree’ (Oliveira-Filho, 2017), na plataforma Mapbiomas (Projeto Mapbiomas, 2019) e no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA, 2019) (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis ambientais utilizadas no estudo, extraídas de Oliveira-Filho (2017), do Projeto Mapbiomas (2019) e do MMA (2019).

Variáveis Ambientais	Descrição / Base de dados
Altitude (m)	SRTM
Temperatura média anual (°C)	WorldClim bioclimática P1
Temperatura Média do intervalo diurno (°C)	WorldClim bioclimática P2
Isotermalidade (P2/P7)	WorldClim bioclimática P3
Sazonalidade da temperatura (°C)	WorldClim bioclimática P4
Temperatura máxima do mês mais quente (°C)	WorldClim bioclimática P5
Temperatura mínima do mês mais frio (°C)	WorldClim bioclimática P6

Taxa anual de temperatura (P5-P6) (°C)	WorldClim bioclimática P7
Precipitação anual (mm)	WorldClim bioclimática P12
Precipitação do mês mais chuvoso (mm)	WorldClim bioclimática P13
Precipitação do mês mais seco (mm)	WorldClim bioclimática P14
Precipitação sazonal (%)	WorldClim bioclimática P15
Hipersazonalidade	Combinação da classe de drenagem do solo, precipitação média anual e dos índices de excesso e deficit hídrico.
Duração do período de déficit hídrico (dias)	Extraído do Diagrama Climático de Walter
Severidade do déficit hídrico (mm)	Extraído do Diagrama Climático de Walter
Duração do período de excesso de água (dias)	Extraído do Diagrama Climático de Walter
Severidade do período de excesso de água (mm)	Extraído do Diagrama Climático de Walter
Potencial de evapotranspiração (mm)	Quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração na unidade de tempo.
Índice de aridez	Razão entre a precipitação anual e o potencial de evapotranspiração.
Cobertura de gramíneas (%)	Relacionada a frequência do fogo
Classe de textura do solo (%)	Percentual de areia no solo
Classe de drenagem do solo (%)	Baseado no Sistema de Classificação de Solos da Embrapa (2013)
Armazenamento de água no solo	Produto derivado da exposição da rocha, condição de drenagem e composição do solo.
Fertilidade do solo (%)	Percentual da saturação de bases totais
Exposição da rocha (%)	Percentual da superfície com rocha exposta

Índice Iflam (%)	Intervalo <i>fuzzy</i> para gradação de uso da terra.
Formação Florestal (%)	Extraído de Mapbiomas
Formação Savânica (%)	Extraído de Mapbiomas
Formação Campestre (%)	Extraído de Mapbiomas
Floresta Plantada (%)	Extraído de Mapbiomas
Agropecuária (%)	Extraído de Mapbiomas
Infraestrutura Urbana (%)	Extraído de Mapbiomas
Unidade de Conservação de Proteção Integral (%)	Extraído de MMA
Unidade de Conservação de Uso Sustentável (%)	Extraído de MMA

As variáveis bioclimáticas, derivadas a partir de tendências anuais de temperatura, precipitação e sazonalidade levam em conta fatores ambientais da região (Hijmans *et al*, 2005). Estas características foram encontradas no 'WorldClim', um banco de dados que possui um conjunto de camadas climáticas globais com uma resolução espacial de cerca de 1 quilômetro quadrado, cujos dados podem ser utilizados para mapeamento e modelagem espacial num SIG.

Para as variáveis bioclimáticas do Worldclim foram considerados dados mensais de temperatura e precipitação. As variáveis relacionadas ao déficit hídrico e ao excesso de água foram produzidas segundo os Diagramas Climáticos de Walter (conforme Oliveira-Filho, 2017). Esses dados foram importantes para relacionar as tendências climáticas particulares de cada região com a distribuição espacial da riqueza de espécies endêmicas e ameaçadas pela Mata Atlântica. As variáveis ambientais acerca do solo utilizaram a base de dados do Google Earth, Banco de Dados do Solo Mundial Harmonizado e uma combinação de outras variáveis (conforme Oliveira-Filho, 2017), por conta das imprecisões em função da heterogeneidade local do solo.

Para as variáveis ambientais acima mencionadas foram considerados valores de média na realização das análises que buscaram correlacionar a variação da distribuição espacial da riqueza de espécies com a variação de variáveis ambientais. Valores de amplitude e desvio padrão não foram

considerados, uma vez que a maior parte dos grids possuem dois ou menos sites para efeito de comparação.

As variáveis de uso e cobertura da terra foram obtidas da base de dados da plataforma 'Mapbiomas' (Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil) para o ano de 2017. O 'Mapbiomas' é uma iniciativa que envolve uma rede de colaboradores (ONGs, universidades e empresas de tecnologia) que processa e opera seus dados, organizados por biomas e temas transversais a partir do Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (<http://mapbiomas.org/>) (Projeto Mapbiomas, 2019). Foram extraídas as variáveis de Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Floresta Plantada, Agropecuária e Infraestrutura Urbana. Para cada variável foram considerados os valores de área com a utilização dos hexágonos como referência a fim de avaliar a influência da área total de cada uso e cobertura da terra com a distribuição espacial da riqueza de espécies.

Os dados georreferenciados com a indicação dos limites das unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável por todo o território nacional foram obtidos através do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, que se trata de um banco de dados oficial vinculado ao Ministério do Meio Ambiente com informações nacionais, estaduais e municipais a respeito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (MMA, 2019).

Com estas informações, foi realizada uma análise da relação entre as espécies endêmicas ameaçadas e as características da paisagem para determinar quais variáveis foram preditoras da riqueza de espécies. Para isso, efetuou-se a contagem das espécies endêmicas ameaçadas por hexágono com a finalidade de se fazer uma análise de regressão linear generalizada da família *Poisson*. Assim, utilizou-se a riqueza de espécies arbóreas ameaçadas como uma variável dependente e as características ambientais citadas acima como variáveis independentes do modelo, para prever quais fatores determinam locais com alta riqueza de espécies endêmicas e ameaçadas. Posteriormente, os modelos de regressão foram selecionados pelo Critério de Informação de Akaike. O Critério de Informação de Akaike (AIC) é a distância relativa esperada entre dois modelos probabilísticos, ou seja, uma distância entre o modelo verdadeiro, que geralmente é uma abstração, e o modelo proposto.

Quanto maior for a diferença dos AIC menos plausível é o modelo, de acordo com a distância de Kullback-Leibler. Assim, os modelos com a diferença maior do que 10 podem ser omitidos (Burnham & Anderson, 2002).

Para essa análise, determinaram-se quais variáveis foram preditoras na distribuição espacial da riqueza das espécies arbóreas ao longo da Mata Atlântica. Para as análises realizadas foi utilizado o RStudio, software para computação estatística e elaboração de gráficos (R Core Team, 2018). Para efetuar a análise de regressão linear generalizada foi utilizado o pacote *car* (*Companion to Applied Regression*), que fornece diversas funções aplicadas em modelos de regressão (Fox & Weisberg, 2019) e o pacote *bbmle* (*Tools for General Maximum Likelihood Estimation*), usado para simplificar a estimativa e análise da máxima probabilidade, utilizando o método AIC para produzir tabelas de resumo de critérios de informação para um conjunto de modelos (Bolker & R Core Team, 2017). Para a referida análise, foi elaborada uma matriz de dados que relaciona os *grids* hexagonais com a riqueza de espécies e os valores de média das 34 variáveis ambientais (Tabela 1) selecionadas para o modelo. Essa matriz de dados visa avaliar simultaneamente que condições levam a mudanças de distribuição espacial de riqueza de espécies.

Inicialmente as variáveis selecionadas no modelo foram ordenadas pelo método AIC. Em seguida, foi utilizado o coeficiente de correlação *Spearman*, que é um coeficiente não paramétrico para dados quantitativos e estatísticos para comparação de variáveis qualitativas que podem se associar positivamente ou negativamente no modelo (Borcard *et al.* 2011). Foram considerados valores de 0,7 para alta correlação entre duas variáveis, sendo excluída do modelo aquela variável com classificação inferior no comparativo entre elas.

Após a exclusão das variáveis com alta correlação entre si, produziu-se o modelo saturado com as variáveis restantes, e posteriormente foram criados os modelos de efeito nulo para cada variável, excluindo uma das variáveis em cada modelo criado. Caso tenha algum modelo sem alguma variável que foi melhor que o saturado, ele deve ser excluído e um novo modelo saturado criado. Quando o modelo saturado for melhor que os modelos com as variáveis excluídas, este seria usado para extração dos valores de desvio nulo e residual do modelo. Com esses valores, calculou-se o percentual explicativo do modelo,

isto é, o quanto da variação total dos dados foi explicada pelas variáveis ambientais.

A análise de regressão linear generalizada foi repetida com a utilização dos registros de espécies arbóreas endêmicas por categoria de ameaça (vulnerável, em perigo e criticamente em perigo) para avaliar a influência das variáveis ambientais na riqueza de espécies de acordo com as categorias de risco de extinção das espécies.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição espacial das espécies da Flora Ameaçada de Extinção na Mata Atlântica é bem heterogênea, com áreas mais próximas do litoral tendo alta concentração de riqueza de espécies, enquanto que à medida que se vai para o interior esta concentração é diminuída, até ficar bem reduzida na região centro oeste dos estados da Bahia, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Figura 3), além das áreas remanescentes de Mata Atlântica nos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte. As áreas no interior mais concentradas englobam os centros sul de Bahia e Minas Gerais.

O que pode ser comprovado a respeito da riqueza de espécies é que o número de registros do banco de dados está correlacionado com a concentração de registros, o que mostra que para cada *grid* a riqueza de espécies depende da amostragem realizada (Figura 2). Os valores de riqueza observada nos *grids* variam de 0 até 59 espécies e os *grids* mais ricos podem ser considerados *hotspots* de riqueza de espécies. O *grid* onde foi registrada a maior riqueza de espécies se localiza na região de Itabuna no sul da Bahia (Figura 3).

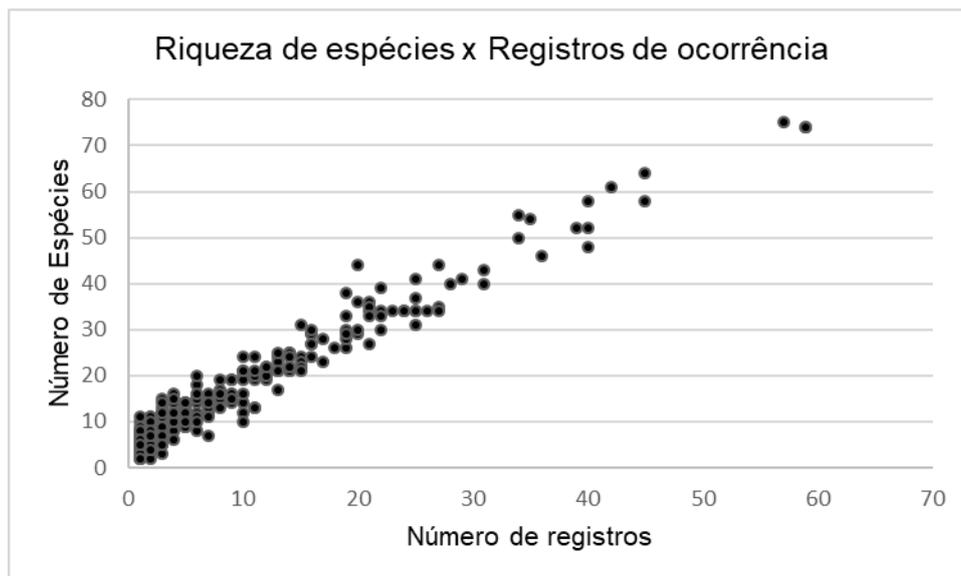


Figura 2: Correlação entre riqueza de espécies e o número de registros de espécies.

Outros *grids* de alta riqueza correspondem à: Chapada Diamantina, no centro da Bahia; rio Doce, no centro do Espírito Santo; Serra do Cipó, no centro de Minas Gerais; Serra dos Órgãos, no centro do Rio de Janeiro; Serra do Mar, no leste de São Paulo; e Serra Geral e Serra do Mar, no leste do Paraná (Figura 3). Vale ressaltar que as regiões da Chapada da Diamantina e Serra do Cipó que formam a Cadeia do Espinhaço apresentam uma riqueza de espécies bem superior e se destaca em relação aos demais *hotspots* de riqueza de espécies do interior.

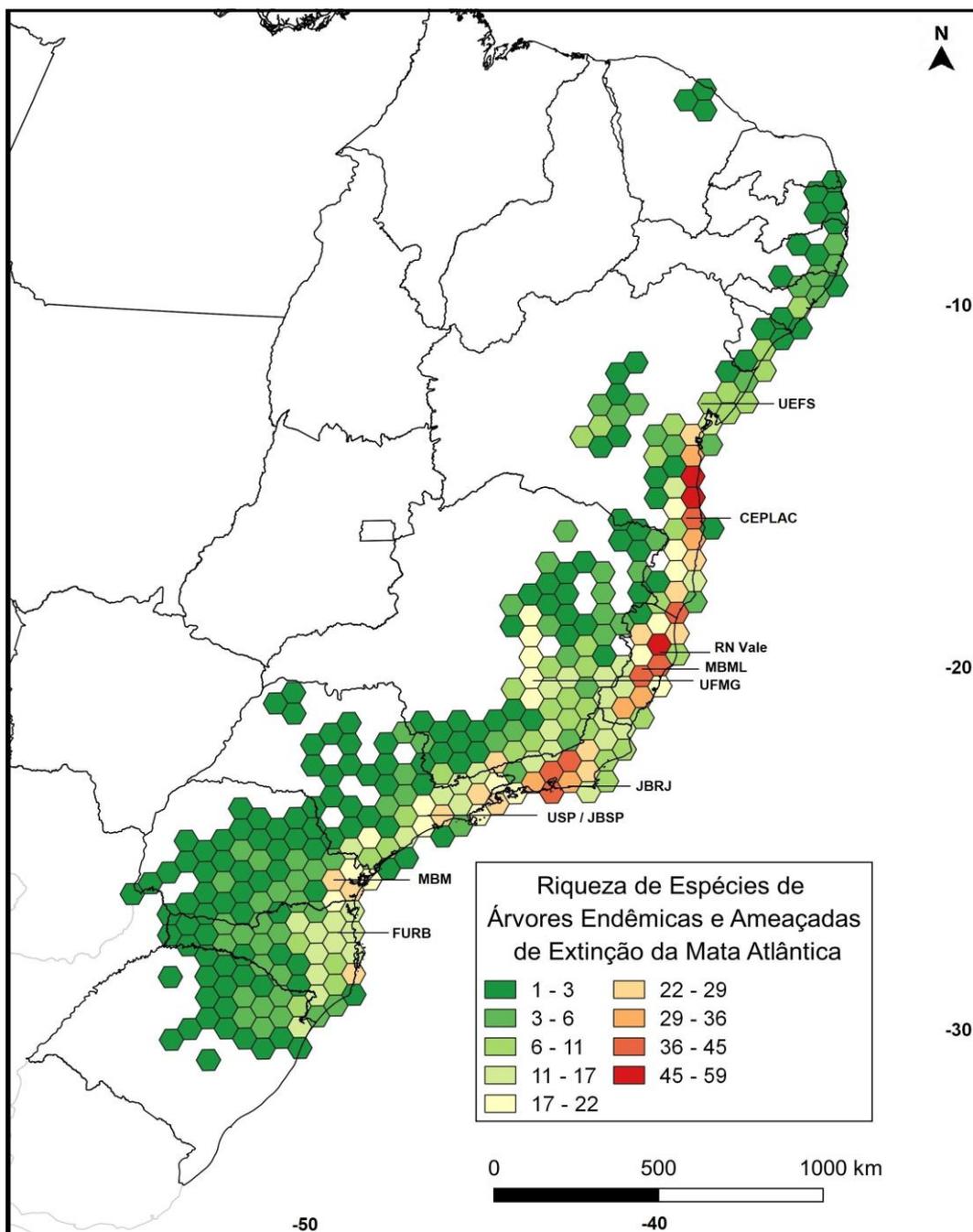


Figura 3: Distribuição da riqueza de espécies arbóreas endêmicas da Lista Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção do CNCFlora, com a indicação dos centros de pesquisa de plantas da Mata Atlântica: UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e USP (Universidade de São Paulo), Jardim Botânico de São Paulo (JBSB), UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira), Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), Museu de Biologia Professor Mello Leitão (MBML), Reserva Natural Vale, Museu Botânico Municipal (MBM) e o Herbário Dr. Roberto Miguel Klein (FURB).

As áreas mais ricas em espécies coincidem fundamentalmente com os centros de pesquisa pelo Brasil e áreas de interesse para conservação (Figura 3), como UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e USP (Universidade de São Paulo) na Serra do Cipó, Jardim Botânico de São Paulo (JBSP) na Serra do Mar, UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana) na Chapada Diamantina, CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) no sul da Bahia, Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) e Museu Nacional de História Natural no centro do Rio de Janeiro, Museu de Biologia Professor Mello Leitão (MBML), no centro do Espírito Santo, Reserva Natural Vale no município de Linhares no Espírito Santo, Museu Botânico Municipal (MBM) no sudeste do Paraná, e o Herbário Dr. Roberto Miguel Klein (FURB) no município de Blumenau em Santa Catarina.

O que se observa é uma concentração esperada na amostragem dos resultados, um “efeito museu” (Moerman & Estabrook, 2006), que é explicado historicamente por conta da facilidade de acesso e eficiência que pesquisadores e colecionadores encontram perto de suas instituições. Somado a isso, Ponder *et al.* (2001) demonstraram que a escolha de áreas prioritárias para conservação e indicação de centros de endemismo são afetados pela irregularidade das coletas.

Os *hotspots* de riqueza de espécies ameaçadas presentes na Mata Atlântica e encontrados no presente trabalho coincidem com os *hotspots* de riqueza de espécies endêmicas no mesmo Domínio (Werneck *et al.*, 2011), o que denota um viés amostral por conta de uma associação muito forte entre os centros de endemismo e o esforço de coleta. Mesmo assim, a amostragem serve como guia para a conservação de árvores endêmicas da Mata Atlântica.

Ainda assim, é perceptível que a maior parte da área de estudo está relativamente bem amostrada embora a riqueza de espécies endêmicas encontrada tenha sido baixa em algumas regiões da Mata Atlântica, dentre elas as áreas no centro-oeste dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e em áreas remanescentes nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (Figura 3). Alguns fatores estão atuando, como a carência de remanescentes de vegetação nativa onde ocorrem as espécies ameaçadas, devido a processos naturais e principalmente antrópicos, tais como a destruição do hábitat natural, o uso excessivo dos recursos naturais, a

introdução de espécies exóticas e a poluição (MMA, 2019). Além disso, pode ocorrer a ausência das espécies ameaçadas mesmo que seu habitat esteja presente, pois é um grupo seletivo e pequeno. Uma das estratégias para conservação dessas espécies está na criação de corredores ecológicos, que permitem a conectividade entre áreas remanescentes e promovem o manejo da paisagem (MMA, 2019).

Werneck *et al.* (2011) ressaltam a importância dos corredores de biodiversidade como unidade de gestão para conservação, onde a maioria das espécies endêmicas de angiospermas da Mata Atlântica estão cobertos por eles. No entanto, os autores alertam que do total de angiospermas endêmicas menos de um terço se encontram em áreas de proteção integral, o que afeta principalmente as espécies ameaçadas de extinção.

Os resultados da correlação existente entre a riqueza de espécies e as variáveis ambientais após a análise dos dados indicaram que 54,45% da variação total existente nos dados foi explicada pelas variáveis ambientais utilizadas no modelo mais adequado deste estudo. A Tabela 2 apresenta as 5 variáveis que melhor explicaram individualmente a distribuição espacial da riqueza de espécies após a análise de regressão e aplicação do critério de informação Akaike.

Tabela 2: Variáveis ambientais selecionadas mais explicativas e o tipo de interação (direta ou inversa) existente com a riqueza de espécies, após a análise de regressão linear generalizada da família *Poisson* e aplicação do critério de informação de Akaike (AIC). direta (+) inversa (-).

Variável Ambiental	AIC	Δ AIC	Pr ($> z $)
Formação Florestal (+)	3626,4	0	0,001
Temperatura média do intervalo diurno (+)	3645,9	19,5	0,001
Fertilidade do solo (-)	3662,2	35,9	0,001
Temperatura mínima (+)	3902,7	276,4	0,001
Unidade de Conservação de Proteção Integral (-)	3939,8	313,4	0,001

Algumas variáveis ambientais tiveram interação direta com a riqueza de espécies e foram significativas para o modelo saturado mais adequado, como por exemplo, a temperatura média do intervalo diurno e a temperatura mínima que foram maiores à medida que a riqueza de espécies foi maior (Figura 4).

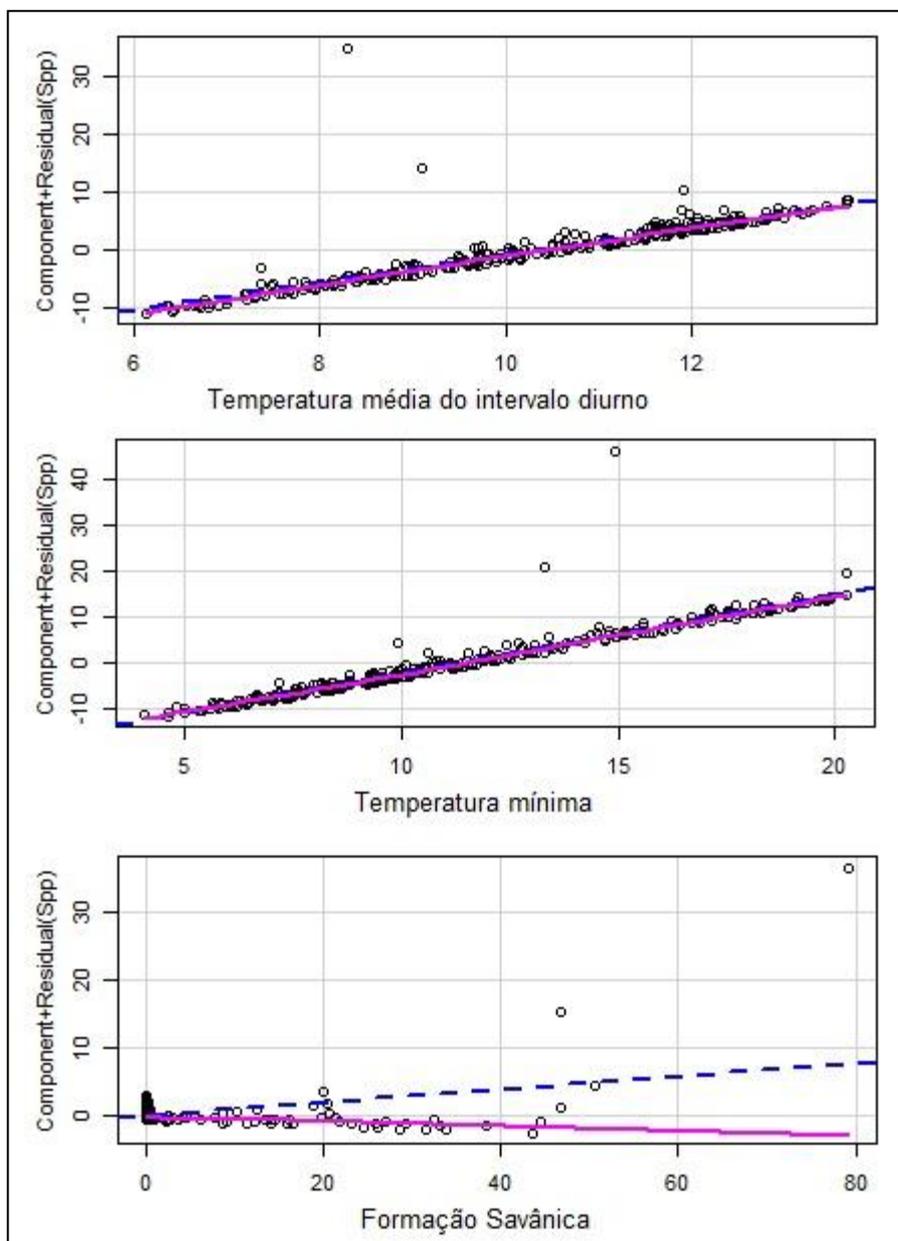


Figura 4: Variáveis ambientais significativas do modelo saturado que tiveram interação direta com a riqueza de espécies.

Outras variáveis ambientais tiveram interação inversa com a riqueza de espécies e também foram significativas para o modelo. É o caso da temperatura máxima e da isothermalidade, que mesmo não tendo um peso elevado quando analisadas individualmente, contribuíram significativamente quando considerado o modelo saturado mais adequado (Figura 5).

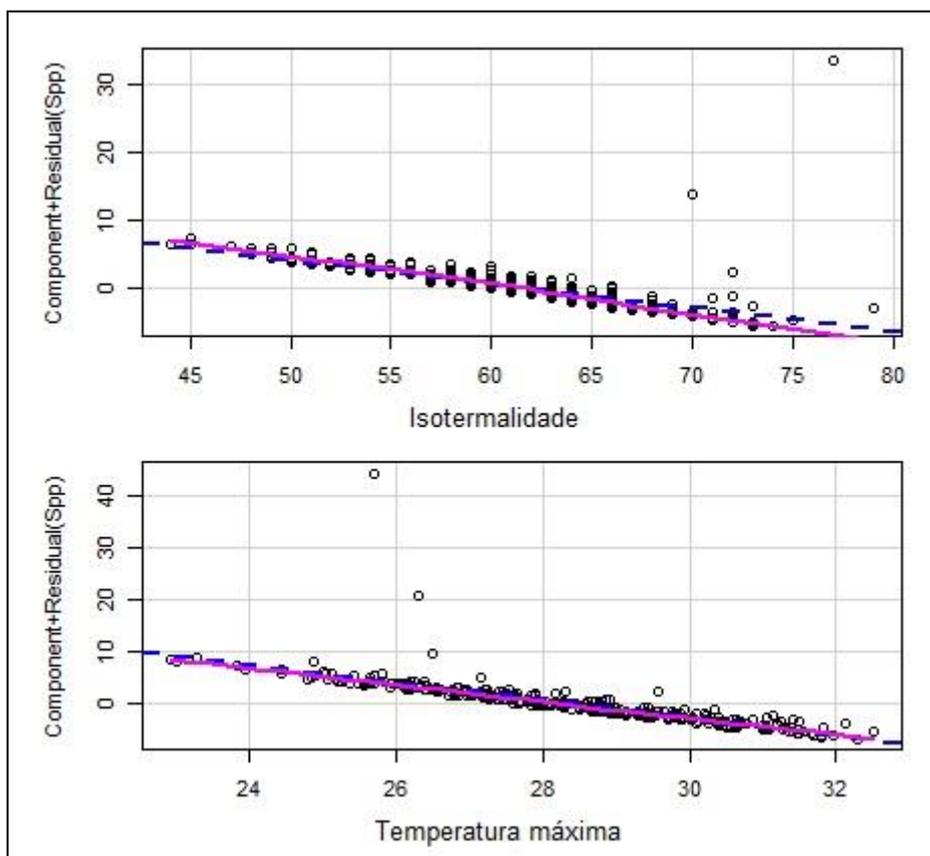


Figura 5: Variáveis ambientais significativas do modelo saturado que tiveram interação inversa com a riqueza de espécies.

No entanto, a maioria das variáveis ambientais que tiveram interação direta ou inversa com a riqueza de espécies não contribuíram significativamente para o modelo saturado mais adequado, mesmo aquelas variáveis que tiveram um elevado potencial explicativo individual, como a formação florestal e a fertilidade do solo (Figura 6).

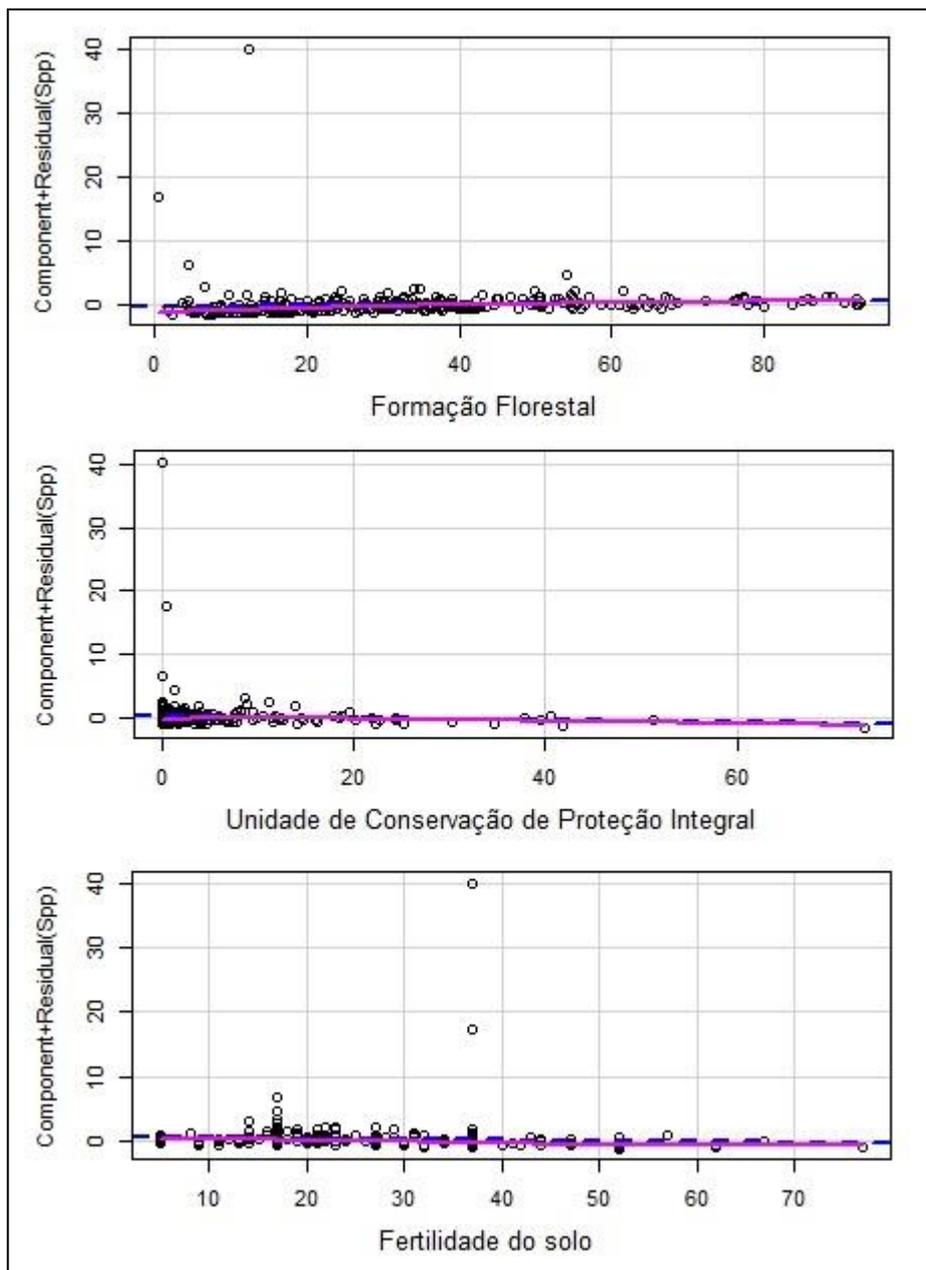


Figura 6: Variáveis ambientais que não foram significativas no modelo saturado que tiveram interação tanto direta quanto inversa com a riqueza de espécies.

Dentre as variáveis selecionadas, algumas delas tiveram relação direta ou inversa com outras variáveis correlacionáveis e que foram suprimidas do modelo. É o caso da Formação Florestal que teve relação inversamente proporcional com a Agropecuária. A variável temperatura média do intervalo diurno teve relação direta com a de taxa anual de temperatura. A temperatura mínima estabeleceu relação direta com temperatura anual e inversa com taxa

anual de temperatura, sazonalidade da temperatura e altitude. A lista completa e um organograma com todas as variáveis ambientais utilizadas e sua respectiva classificação, incluídas aquelas suprimidas do modelo, estão apresentadas nos Apêndices I e II deste documento.

De um total de 34 variáveis utilizadas, 50% delas foram consideradas no modelo saturado com maior poder explicativo. Dois conjuntos de variáveis ambientais se destacaram para explicar o modelo: as variáveis relacionadas à cobertura da terra e as variáveis relacionadas ao clima.

Em relação ao conjunto de variáveis relacionadas à cobertura da terra, os resultados indicaram que áreas maiores de floresta natural, apresentaram uma maior riqueza de espécies arbóreas endêmicas e ameaçadas. É possível constatar o efeito da área na riqueza de espécies por conta de um ambiente mais estável, o que indica que áreas pequenas e muito fragmentadas encontram dificuldades na manutenção de mais espécies (Ricklefs, 2004), e conseqüentemente, na sustentação dos altos padrões de riqueza de espécies.

No que diz respeito à categoria de manejo dos ecossistemas, as áreas correspondentes às Unidades de Conservação de Proteção Integral apresentaram uma maior riqueza de espécies em relação às Unidades de Conservação de Uso Sustentável. A importância das Unidades de Conservação é destacada desde a Constituição Federal (Art. 225) onde é prevista a restauração de processos ecológicos essenciais, a preservação da diversidade e integridade do patrimônio genético, a proteção da fauna e flora e a definição dos espaços territoriais especialmente protegidos. A partir dela diversos mecanismos legais para proteção do meio ambiente foram criados até a definição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (Brasil, 2000) que classificou as Unidades de Conservação em função da preservação da natureza exclusivamente (Unidade de Conservação de Proteção Integral) e da compatibilização entre conservação da natureza e uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (Unidade de Conservação de Uso Sustentável) (Brasil, 2000). Os resultados indicaram a importância da criação de áreas de preservação, especialmente aquelas de proteção integral, que representam uma estratégia fundamental para manutenção dos recursos naturais e da riqueza biológica (Henry-Silva, 2005).

Em relação ao conjunto de variáveis climáticas, a temperatura média do intervalo diurno foi a mais preditiva da riqueza de espécies. A riqueza na composição florística do domínio atlântico já é conhecida e sua composição tem forte influência das variáveis térmicas e de precipitação na distribuição de espécies arbóreas, sendo possível explicar os padrões fitogeográficos existentes tanto em regiões costeiras quanto em sub-regiões do interior (Saiter *et al.*, 2015).

Esses padrões de distribuição podem ser explicados pela hipótese água-energia a qual diz que a riqueza de espécies é afetada principalmente pela disponibilidade de água e energia do sistema (Hawkins *et al.*, 2003). Esse modelo preconiza que a quantidade de água seria um fator limitante da riqueza de espécies em baixas latitudes, o que refletiria na dinâmica da fotossíntese, e conseqüentemente, limitaria a produção de recursos derivados desta (Hawkins *et al.*, 2003). Eiserhardt *et al.* (2011) testaram essa hipótese para palmeiras americanas e identificaram que mudança latitudinais graduais podem explicar a riqueza de espécies segundo a relação água e energia no ambiente, e não somente gradientes climáticos.

Cramer & Verboom (2016) também constataram que a variabilidade espacial da temperatura diurna foi a variável mais influente na riqueza de espécies, no entanto observaram que os modelos que tiveram um maior poder explicativo foram aqueles que incluíram variáveis edáficas, bióticas e de recursos, assim como heterogeneidades espaciais nas suas análises.

A fertilidade do solo também atuou fortemente como preditor de riqueza de espécies arbóreas, a qual já foi evidenciada experimentalmente por Dybzinski *et al.* (2008) através do aumento da produtividade na comunidade. A produtividade primária refere-se à quantidade de água e energia convertidas efetivamente em biomassa, o que torna um ambiente com riqueza de espécies vegetais mais produtivo por suportar mais os processos ecossistêmicos (Loreau *et al.*, 2001).

Outra variável influente no modelo relacionada à produtividade foi o potencial de evapotranspiração. Essa variável é considerada uma das mais explicativas da riqueza de plantas vasculares em modelos globais de distribuição de espécies (Kreft & Jetz, 2007). O potencial de evapotranspiração foi apontado como uma das variáveis ambientais dominantes para

determinação do padrão fitogeográfico em florestas na China (Wang; Tang; Fang, 2006), o que sugere que a disponibilidade de água tem efeito significativo sobre a composição florística.

Algumas variáveis mesmo não utilizadas no modelo final tiveram um potencial explicativo significativo para predição da riqueza de espécies arbóreas endêmicas e ameaçadas, sendo elas: sazonalidade da temperatura e altitude, ambas com relação inversamente proporcional à temperatura mínima.

A sazonalidade da temperatura teve resultado expressivo na análise, e para Neves *et al.* (2017) é o principal fator que caracteriza de norte a sul uma diferenciação florística em larga escala entre os habitats tropicais. A altitude, como variável regional, também teve influência significativa, sendo o seu gradiente considerado uma variável consistente na determinação de um padrão fitogeográfico e de riqueza em espécies arbóreas (Bacaro *et al.*, 2008, Rezende *et al.*, 2015).

De um modo geral, a riqueza de espécies teve maior influência das variáveis relativas à temperatura, cobertura da terra e fertilidade do solo. A análise do padrão de distribuição espacial da riqueza de espécies endêmicas por categoria de ameaça demonstrou similaridades com a análise geral considerando as categorias Vulnerável e Em Perigo (Tabela 3).

Tabela 3: Variáveis ambientais selecionadas mais explicativas, por categoria de ameaça e o tipo de interação (direta ou inversa) existente com a riqueza de espécies.

Vulnerável			
Variável ambiental	AIC	ΔAIC	Pr (> t)
Formação Florestal (+)	1326,0	0	<0,001
Temperatura média do intervalo diurno (-)	1346,9	20,9	<0,001
Fertilidade do solo (-)	1365,1	39,1	<0,001
Unidade de Conservação de Proteção Integral (+)	1376,5	50,5	0,049
Severidade do déficit hídrico (-)	1377,5	51,4	<0,001
Em perigo			
Variável ambiental	AIC	ΔAIC	Pr (> t)
Fertilidade do solo (-)	2157,6	0	0,008
Temperatura média do intervalo diurno (+)	2210,8	53,2	<0,001
Formação Florestal (+)	2245,0	87,4	0,0012
Sazonalidade da temperatura (-)	2303,7	146,1	<0,001
Classe de textura do solo (-)	2352,7	195,1	0,001
Criticamente em perigo			
Variável ambiental	AIC	ΔAIC	Pr (> t)
Altitude (-)	278,3	0	<0,001
Taxa anual de temperatura (-)	289,8	11,5	<0,001
Severidade do déficit hídrico (-)	292,7	14,3	<0,001
Exposição da rocha (+)	294,2	15,9	<0,001
Classe de drenagem do solo (+)	294,4	16,0	0,65

As espécies endêmicas das categorias Em Perigo e Vulnerável possuíam uma boa amostragem de dados (2785 e 1641 registros, respectivamente) e sua distribuição foi ampla por todo o bioma. As espécies da categoria criticamente em perigo tiveram resultado divergente dos demais por possuir uma distribuição restrita. Esse padrão de distribuição tem influência maior de variáveis regionais em função da altitude, em áreas de rocha exposta e de menor severidade do déficit hídrico.

O modelo proposto no presente estudo conseguiu determinar um padrão de distribuição espacial da riqueza de espécies arbóreas endêmicas

ameaçadas de extinção por meio da utilização de variáveis ambientais diversas. As variáveis do modelo saturado mais explicativo foram reduzidas pela metade, o que facilitou a interpretação dos dados e possibilitou a supressão de variáveis redundantes do modelo, além de determinar a contribuição de cada variável para o mesmo. Pôde-se constatar que as variáveis de temperatura tiveram uma contribuição significativa tanto direta quanto inversamente se analisarmos o modelo como um todo.

Devido à grande complexidade dos sistemas naturais decorrentes de questões evolutivas, interações bióticas e dispersões de espécies, os modelos de distribuição de espécies impedem que previsões de respostas biogeográficas sejam feitas com maior precisão. Mesmo assim, este modelo pode auxiliar no entendimento de como a riqueza de espécies arbóreas é distribuída espacialmente e quais fatores são mais atuantes sobre ela, e assim possibilitar a adoção de planos e estratégias para o manejo e conservação da biodiversidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados sugerem, como esperado, uma maior relevância da riqueza de espécies em extensas áreas de floresta natural considerando a influência do clima na determinação dos padrões de distribuição espacial da riqueza de espécies arbóreas endêmicas ameaçadas. Outras variáveis ambientais relacionadas à heterogeneidade ambiental (fertilidade do solo, altitude e potencial de evapotranspiração) também foram importantes na predição de riqueza de espécies.

Algumas hipóteses (área disponível, água-energia e produtividade primária) de forma integrada ajudaram a explicar os padrões espaciais de riqueza de espécies no presente estudo. Em relação a riqueza de espécies endêmicas por categoria de ameaça, os resultados divergiram do esperado para as espécies da categoria Criticamente em Perigo, que tiveram uma influência diferenciada devido a uma atuação maior de variáveis regionais por conta de sua distribuição restrita no bioma.

Os dados de registros de espécies arbóreas endêmicas e ameaçadas tiveram ampla distribuição por todo bioma e tiveram suas características

ambientais vinculadas em áreas satisfatoriamente bem amostradas. Em relação ao método, o uso da análise de correlação entre as variáveis e dos modelos de regressão linear possibilitou que as variáveis ambientais fossem reduzidas significativamente, o que tornou as variações do padrão de distribuição da riqueza de espécies mais explícitas e de melhor interpretação. Além disso, o modelo saturado possibilitou avaliar o quanto cada variável contribuiu para o modelo. Apesar da complexidade dos sistemas naturais, o modelo proposto pode ajudar na compreensão dos fatores ambientais envolvidos na busca por padrões macroecológicos de distribuição espacial da riqueza de espécies.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES C. A., STAPE J. L., SENTELHAS P. C., GONÇALVES J. L. M., SPAROVEK G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. *Meteorol Z* 22: 711–728, 2013.

BACARO, G. et al. The role of regional and local scale predictors for plant species richness in Mediterranean forests. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing With All Aspects Of Plant Biology*, [s.l.], v. 142, n. 3, p.630-642, nov. 2008.

BIRCH, C. P. D., OOM, S. P., BEECHAM, J. A. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. Elsevier, 2007.

BORCARD, D., GILLET, F., LEGENDRE, P. *Numerical Ecology with R*. New York: Springer, 2011.

BRASIL. Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, 2000.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Lei da Mata Atlântica, 2006.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Lei de Proteção da Vegetação Nativa, 2012.

BRASIL. 5º relatório nacional para a Convenção Sobre Diversidade Biológica / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Coordenador Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza. Brasília: MMA, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade – EPANB: 2016-2020 /Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, Departamento de Conservação de Ecossistemas.– Brasília, DF: MMA, 2017.

BOLKER, B. & R Development Core Team. bbmle: Tools for General Maximum Likelihood Estimation. R package version 1.0.20, 2017. <https://CRAN.R-project.org/package=bbmle>.

BROWN, J. H. & LOMOLINO, M.V. Biogeografia. 2nd ed. Funpec, Ribeirão Preto. 692p, 2006.

BRUMMITT, N. A., BACHMAN, S. P. & MOAT, J. F. Applications of the IUCN Red List: towards a global barometer for plant diversity. *Endangered Species Research* 6:127-135, 2008.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach. New York: Springer, 2002.

CNCFlora. Livro Vermelho da Flora do Brasil. Centro Nacional de Conservação da Flora, 2013.

CRAMER, M. D.; VERBOOM, G. A. Measures of biologically relevant environmental heterogeneity improve prediction of regional plant species richness. *Journal Of Biogeography*, [s.l.], v. 44, n. 3, p.579-591, 2016.

DYBZINSKI, R. et al. Soil fertility increases with plant species diversity in a long-term biodiversity experiment. *Oecologia*, [s.l.], v. 158, n. 1, p.85-93, 9 ago. Springer Science and Business Media LLC, 2008.

EISERHARDT, Wolf L. et al. Testing the Water–Energy Theory on American Palms (Arecaceae) Using Geographically Weighted Regression. *Plos One*, [s.l.], v. 6, n. 11, p.1-8, 3 nov. 2011.

EVANS, I. S. The selection of class intervals. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series* 2(1):98-124, 1977.

FOX, J. & WEISBERG, S. *An {R} Companion to Applied Regression*, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage, 2019. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>

HAWKINS, B. A., FIELD R., CORNELL, H. V. CURRIE, D. J. GUÉGAN, J.-F. KAUFMAN, D. M. KERR, J. T. MITTELBACH, G. G. OBERDORFF, T. O'BRIEN, E. M. PORTER, E. E. & TURNER, J. R. G. Energy, Water, and Broad-Scale Geographic Patterns of Species Richness. *Ecology* 84: 3105–3117, 2003.

HENRY-SILVA, G. G. A. A importância das unidades de conservação na preservação da diversidade biológica. *Revista LOGOS*, (12), 127-151, 2005.

HIJMANS, R. J., CAMERON, S. E., PARRA, J. L., JONES, P. G., JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25, 1965–1978, 2005.

KREFT, H.; JETZ, W. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, [s.l.], v. 104, n. 14, p.5925-5930, 2007.

LOREAU, M. *et al.* Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science (New York, N.Y.)* 294: 804–808, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Biomas, acessado em 02 de fevereiro de 2019, através do link: [<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>].

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, acessado em 12 de julho de 2019, através do link: [<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>].

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Projeto Corredores Ecológicos - PCE, acessado em 13 de setembro de 2019, através do link: [<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/programas-e-projetos/projeto-corredores-ecologicos>].

MOERMAN, D.E. & ESTABROOK, G.F. The botanist effect: counties with maximal species richness tend to be home to universities and botanists. *Journal of Biogeography* 33:1969–1974, 2006.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. Oxford, v. 403, p.853-858. 22 dez. 1999.

NAKAJIMA, J. N., JUNQUEIRA, T. V., FREITAS, F. S., TELES, A. M. Comparative analysis of red lists of the Brazilian flora: Asteraceae. *Rodriguésia* 63(1):039-054, 2012.

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*, [s.l.], v. 23, n. 8, p.898-909, 2017.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. NeoTropTree, Flora arbórea da Região Neotropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação. Universidade Federal de Minas Gerais. (<http://www.neotropree.info>), 2017.

PEREIRA, A. B. Mata atlântica: uma abordagem geográfica. *Nucleus*. São Paulo, v. 6, p.27-53, 2009.

PONDER, W. F., CARTER, G. A., FLEMONS, P. & CHAPMAN, R. R. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology*, 15:648-657, 2001.

PRIMACK, R. & RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. São Paulo: Vozes, 2001.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção [versão] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 17 de abril de 2019, através do link: [<http://mapbiomas.org>].

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>, 2018.

REZENDE, V. L. *et al.* Tree species composition and richness along altitudinal gradients as a tool for conservation decisions: the case of Atlantic semideciduous forest. *Biodiversity And Conservation*, [s.l.], v. 24, n. 9, p.2149-2163, 2015.

REZENDE, C.L., SCARANO, F.R., ASSAD, E.D., JOLY, C.A., METZGER, J.P., TABARELLI, M., FONSECA, G.A., MITTERMEIER, R.A. From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic. *Perspect. Ecol. Conserv*, 2018.

RIBEIRO M. C., METZGER J. P., MARTENSEN A. C., PONZONI F. J., HIROTA M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol Conserv* 142:1141–1153, 2009.

RIBEIRO M. C., MARTENSEN A. C., METZGER J. P., TABARELLI M., SCARANO F., FORTIN M. J. The Brazilian Atlantic Forest: A Shrinking Biodiversity Hotspot. In: Zachos F., Habel J. (eds) *Hotspots de biodiversidade*. Springer, Berlim, Heidelberg, 2011.

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

RODRIGUES, A. S. L., PILGRIM, J. D., LAMOREUX, J. F., HOFFMANN, M. & BROOKS, T. M. The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 21(2):71-76, 2005.

SAITER, F. Z. *et al.* Floristic units and their predictors unveiled in part of the Atlantic Forest hotspot: implications for conservation planning. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, [s.l.], v. 87, n. 4, p.2031-2046, 2015.

SCHATZ, G. E. Plants on the IUCN Red List: setting priorities to inform conservation. *Trends in Plant Science* 14(11):638-642, 2009.

WANG, X., TANG, Z., FANG, J. Climatic Control on Forests and Tree Species Distribution in the Forest Region of Northeast China. *Journal Of Integrative Plant Biology*, [s.l.], v. 48, n. 7, p.778-789, 2006.

WERNECK, M. S., SOBRAL, M. E. G., ROCHA, C. T. V., LANDAU, E. C., STEHMANN, J. R. Distribution and Endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest. *Natureza & Conservação* 9(2):188-193, 2011.

WILLIS, F., MOAT, J. & PATON, A. Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from eastern and southern tropical Africa. *Biodiversity and Conservation* 12: 1537–1552, 2003.

WORLD CLIM - <http://www.worldclim.org/>

ZAPPI, Daniela C. *et al.* Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, [s.l.], v. 66, n. 4, p.1085-1113, 2015.

7. APÊNDICE I

A tabela abaixo mostra uma lista com todas as variáveis ambientais utilizadas no estudo e sua respectiva classificação individual, incluídas aquelas suprimidas do modelo.

Variável Ambiental	AIC	Δ AIC
Formação Florestal	3626,4	0
Temperatura média do intervalo diurno	3645,9	19,5
Fertilidade do solo	3662,2	35,9
Taxa anual de temperatura	3798,1	171,7
Agropecuária	3846,1	219,8
Temperatura mínima	3902,7	276,4
Sazonalidade da temperatura	3933,1	306,7
Unidade de Conservação de Proteção Integral	3939,8	313,4
Altitude	3940,3	313,9
Potencial de evapotranspiração	3949,3	322,9
Unidade de Conservação de Uso Sustentável	3954,4	328,1
Classe de textura do solo	3990,3	363,9
Severidade do déficit hídrico	3997,5	371,1
Temperatura média anual	4002,4	376,1
Duração do período de déficit hídrico	4005,8	379,4
Formação Savânica	4009,9	383,5
Infraestrutura urbana	4036,9	410,5
Índice de aridez	4044,4	418,1
Hipersazonalidade	4057,3	431,0
Armazenamento de água no solo	4084,8	458,4
Cobertura de gramíneas	4088,9	462,6
Isotermalidade	4090,2	463,8
Precipitação anual	4096,0	469,7
Formação Campestre	4103,1	476,8
Precipitação do mês mais úmido	4104,7	478,3
Severidade do período de excesso de água	4108,5	482,1
Floresta Plantada	4114,8	488,5

Índice Iflam	4128,5	502,2
Duração do período de excesso de água	4128,6	502,3
Exposição da rocha	4129,0	502,6
Temperatura máxima	4129,4	503,1
Precipitação Sazonal	4131,0	504,6
Classe de drenagem do solo	4131,8	505,4
Precipitação do mês mais seco	4132,0	505,6

Tabela 3: Lista completa das variáveis ambientais utilizadas no modelo (verde) e sua respectiva classificação, incluídas as variáveis excluídas do modelo (vermelho), após a análise de regressão linear generalizada da família *poisson*, aplicação do critério de informação de Akaike (AIC) e seleção do modelo saturado mais adequado.

APÊNDICE II



Organograma das variáveis correlacionáveis após a análise de regressão linear generalizada da família *poisson* e aplicação do critério de informação de Akaike (AIC) com as variáveis seleccionadas (verde), as variáveis desconsideradas (vermelho) e as variáveis removidas (amarelo) depois de seleccionado o melhor modelo saturado. (+) relação positiva entre as variáveis (-) relação negativa entre as variáveis (*) variável removida anteriormente.

8. MATERIAL SUPLEMENTAR

O quadro abaixo mostra o script elaborado no RStudio para análise de todo o conjunto de dados:

```
install.packages("bbmle")
install.packages("car")
library(bbmle)
library(car)

setwd("E:/Projeto Rodolfo")

AICRDA<-read.csv(file.choose(),header=T, sep=";", row.names=1)# arquivo
Dados.csv
AICRDA<- DadosUso2end2
#AICRDA<- Dadoscr/Dadosvu/Dadosen/Dadosend

#Rodar os testes individualmente
test00 = glm(Spp~1, data = AICRDA, family = "poisson")
test01 = glm(Spp~Isoterm, data = AICRDA, family = "poisson")
test02 = glm(Spp~TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")
test03 = glm(Spp~TempDiu, data = AICRDA, family = "poisson")
test04 = glm(Spp~DiasExcAgua, data = AICRDA, family = "poisson")
test05 = glm(Spp~PrecUm, data = AICRDA, family = "poisson")
test06 = glm(Spp~lflam, data = AICRDA, family = "poisson")
test07 = glm(Spp~DurDefHid, data = AICRDA, family = "poisson")
test08 = glm(Spp~FertSolo, data = AICRDA, family = "poisson")
test09 = glm(Spp~ClasDrenagSolo, data = AICRDA, family = "poisson")
test10 = glm(Spp~RochaExp, data = AICRDA, family = "poisson")
test11 = glm(Spp~Alt, data = AICRDA, family = "poisson")
test12 = glm(Spp~CobGram, data = AICRDA, family = "poisson")
test13 = glm(Spp~TempAn, data = AICRDA, family = "poisson")
test14 = glm(Spp~TempSazon, data = AICRDA, family = "poisson")
test15 = glm(Spp~TempMin, data = AICRDA, family = "poisson")
test16 = glm(Spp~TxAnualTemp, data = AICRDA, family = "poisson")
test17 = glm(Spp~PrecAn, data = AICRDA, family = "poisson")
test18 = glm(Spp~PrecSec, data = AICRDA, family = "poisson")
test19 = glm(Spp~PrecSaz, data = AICRDA, family = "poisson")
test20 = glm(Spp~GravDefHid, data = AICRDA, family = "poisson")
test21 = glm(Spp~SevExcAgua, data = AICRDA, family = "poisson")
test22 = glm(Spp~HiperSaz, data = AICRDA, family = "poisson")
test23 = glm(Spp~PET, data = AICRDA, family = "poisson")
test24 = glm(Spp~Aridez, data = AICRDA, family = "poisson")
test25 = glm(Spp~ClasTextSolo, data = AICRDA, family = "poisson")
test26 = glm(Spp~ArmAguaSolo, data = AICRDA, family = "poisson")
test27 = glm(Spp~FormSavan, data = AICRDA, family = "poisson")
test28 = glm(Spp~FormFlorest, data = AICRDA, family = "poisson")
test29 = glm(Spp~FIPlantada, data = AICRDA, family = "poisson")
```

```

test30 = glm(Spp~FormCamp, data = AICRDA, family = "poisson")
test31 = glm(Spp~Agropec, data = AICRDA, family = "poisson")
test32 = glm(Spp~InfraUrbana, data = AICRDA, family = "poisson")
test33 = glm(Spp~UCUS, data = AICRDA, family = "poisson")
test34 = glm(Spp~UCPI, data = AICRDA, family = "poisson")

AICctab(test00, test01, test02, test03, test04, test05, test06, test07, test08,
        test09, test10, test11, test12, test13, test14, test15, test16, test17, test18,
        test19, test20, test21, test22, test23, test24, test25, test26, test27, test28,
        test29, test30, test31, test32, test33, test34,
        base = T, weights = T, delta = T)

#variáveis selecionas após correlação em ordem de AICc:
#FormFlorest (28), TempDiu (03), FertSolo (08), TempMin (15), UCPI (34), PET (23)
UCUS (33), ClasTextSolo (25), GravDefHid (20), FormSavan (27), InfraUrbana (32),
ArmAguaSolo (26), CobGram (12), Isoterm (01), PrecAn (17), FormCamp (30),
PrecUm (05), FIPlantada (29), Iflam (06), RochaExp (10), TempMax (02)

Dados<-read.csv(file.choose(),header=T, sep=";", row.names=1)# arquivo
Dados.csv

cor(DadosUso2end2[3:36], method=c("spearman")) #resultado no colsole
CorrelacaoCateg<- cor(DadosUso2end2[3:36], method=c("spearman")) #resultado
no Environment

AICctab(test00, test28, test03, test08, test15, test34, test23, test33, test25, test20,
test27, test32, test26, test12, test01, test17, test30, test05, test29, test06, test10,
test02, base = T, weights = T, delta = T)

#####
## Variables Exploration ##
#####

#Modelo saturado com as variáveis acima

SatMod=
glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+
GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+Prec
An+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax,
    data = AICRDA, family = "poisson")
AICctab(SatMod, test00, base = T, weights = T, delta = T)

#O modelo saturado deve ser melhor que o modelo de efeito nulo
#Se for melhor, deve ser rodado de novo e excluindo uma variável por vez

#-FormFlorest
Excl00=glm(Spp~TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+
GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+
FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA,
family = "poisson")

```

#-TempDiu

Excl01=glm(Spp~FormFlorest+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-FertSolo

Excl02=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-TempMin

Excl03=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-UCPI

Excl04=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-PET

Excl05=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-UCUS

Excl06=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-ClasTextSolo

Excl07=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-GravDefHid

Excl08=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-FormSavan

Excl09=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-InfraUrbana

Excl10=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-ArmAguaSolo

Excl11=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-CobGram

Excl12=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-Isoterm

Excl13=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-PrecAn

Excl14=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-FormCamp

Excl15=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+PrecUm+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-PrecUm

Excl16=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+FIPlantada+lflam+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")

#-FIPlantada

Excl17=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+ClasTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+

```
ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+Iflam+RochaExp+
TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")
```

#-Iflam

```
Excl18=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+Cl
asTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+
ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Rocha
Exp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")
```

#-RochaExp

```
Excl19=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+Cl
asTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+
ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+
TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")
```

#-TempMax

```
Excl20=glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+PET+UCUS+Cl
asTextSolo+GravDefHid+FormSavan+InfraUrbana+
ArmAguaSolo+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+FIPlantada+Iflam+
RochaExp, data = AICRDA, family = "poisson")
```

#Comparação entre estes modelos com as variáveis excluídas

```
AICctab(SatMod, test00, Excl00, Excl01, Excl02, Excl03, Excl04, Excl05, Excl06,
        Excl07, Excl08, Excl09, Excl10, Excl11, Excl12, Excl13, Excl14, Excl15, Excl16,
        Excl17, Excl18, Excl19, Excl20, base = T, weights = T, delta = T)
```

#Caso tenha algum modelo sem alguma variável que foi melhor que o saturado,
#eles devem ser excluídos e criado um novo modelo saturado

```
SatMod02<-
```

```
glm(Spp~FormFlorest+TempDiu+FertSolo+TempMin+UCPI+ClasTextSolo+GravDef
Hid+FormSavan+InfraUrbana+CobGram+Isoterm+PrecAn+FormCamp+PrecUm+Ifla
m+RochaExp+TempMax, data = AICRDA, family = "poisson")
```

#Comparação entre esses modelos com as variáveis excluídas

```
AICctab(SatMod, SatMod02, test00, Excl00, Excl01, Excl02, Excl03, Excl04, Excl05,
        Excl06, Excl07, Excl08, Excl09, Excl10, Excl11, Excl12, Excl13, Excl14, Excl15,
        Excl16, Excl17, Excl18, Excl19, Excl20, base = T, weights = T, delta = T)
```

#Se o modelo saturado 2 for melhor usar ele.

#verificar o modelo para extrair os valores de Null deviance e Residual deviance
#para calcular o D²

```
summary(SatMod02)
```

#summary(SatMod02) #caso este modelo seja melhor

```
#D2 = ((3013.1-1372.3)/3013.1)*100
```

```
#D2 = 0,5445554412399 ou 54,45%
```

```

#plot of partial residuals

#Deve-se extrair os resíduos parciais do modelo e plotar isso como uma matriz
#Usar o modelo mais adequado
rparm = as.data.frame(residuals(SatMod02, type = "partial")) # matrix de resíduos
parcial

#Partição do desvio explicado (quanto cada variável contribui para o D²)
#usar o valor do r2 ajustado
summary(lm(rparm$FormFlorest~AICRDA$FormFlorest)) #0.0004954
summary(lm(rparm$TempDiu~AICRDA$TempDiu)) #0.742
summary(lm(rparm$FertSolo~AICRDA$FertSolo)) #-0.001386
summary(lm(rparm$TempMin~AICRDA$TempMin))#0.8815
summary(lm(rparm$UCPI~AICRDA$UCPI))#-0.0007455
summary(lm(rparm$ClasTextSolo~AICRDA$ClasTextSolo))#0.0123
summary(lm(rparm$GravDefHid~AICRDA$GravDefHid))#-0.001776
summary(lm(rparm$FormSavan~AICRDA$FormSavan))#0.1505
summary(lm(rparm$InfraUrbana~AICRDA$InfraUrbana))#-0.003057
summary(lm(rparm$CobGram~AICRDA$CobGram)) #0.002991
summary(lm(rparm$Isoterm~AICRDA$Isoterm)) #0.4413
summary(lm(rparm$PrecAn~AICRDA$PrecAn)) #0.006325
summary(lm(rparm$FormCamp~AICRDA$FormCamp))#-0.002541
summary(lm(rparm$PrecUm~AICRDA$PrecUm)) #0.009648
summary(lm(rparm$Iflam~AICRDA$Iflam)) #-0.002816
summary(lm(rparm$RochaExp~AICRDA$RochaExp)) #0.02812
summary(lm(rparm$TempMax~AICRDA$TempMax)) #0.6193

```