



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas
Campus de Diadema



**Estudos taxonômicos e padrões de distribuição de espécies de
Croton do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil**

Gilce França Silva

Diadema, São Paulo, Brasil

Novembro - 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas
Campus de Diadema



Estudos taxonômicos e padrões de distribuição de espécies de *Croton* do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil

Gilce França Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade Federal de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Evolução.

ORIENTADORA: Prof.^a Dra. Maria Beatriz Rossi Caruzo

CO-ORIENTADOR: Prof.^o Dr. Thadeu Sobral de Souza

Diadema, São Paulo, Brasil

Novembro - 2019

Silva, Gilce França

Estudos taxonômicos e padrões de distribuição de espécies de *Croton* do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil / Gilce França Silva. – Diadema, 2019.

118 f.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2019.

Orientador: Maria Beatriz Rossi Caruzo

Co-Orientador: Thadeu Sobral de Souza

1. Unidades de Conservação. 2. Florística. 3. Modelagem de nicho ecológico. 4. Mudanças climáticas
I. Estudos taxonômicos e padrões de distribuição de espécies de *Croton* do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil.

CDD 583.69



**ATA DE REUNIÃO DA COMISSÃO JULGADORA DA DEFESA
DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aos quatorze dias do mês de novembro de dois mil e dezenove, reuniu-se no Anfiteatro José de Filippi, Rua Artur Riedel, 295 – Eldorado - Diadema, às 14h00, a Comissão Julgadora para a DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, solicitada por **GILCE FRANÇA SILVA**, aluna do Programa de Pós-Graduação em ECOLOGIA E EVOLUÇÃO, que apresentou a dissertação sob o título: “**Estudos taxonômicos e padrões de distribuição de espécies de *Croton* do Parque Nacional do Itatiaia, Brasil**”. A referida Comissão esteve constituída pelos Professores/Doutores:

- **Carla Poleselli Bruniera**
Universidade Federal de São Paulo

- **Inês Cordeiro**
Instituto de Botânica

- **Otávio Luís Marques da Silva**
Instituto de Botânica

A Presidente da Banca, **Profa. Dra. Maria Beatriz Rossi Caruzo**, iniciou a sessão, dando a palavra à candidata, que dispôs de trinta a cinquenta minutos, no máximo, para expor sua dissertação. A seguir, deu a palavra aos Professores, para a arguição. Cada examinador dispõe de trinta minutos, no máximo, para arguição, bem como ao candidato, para resposta. Após a candidata ter respondido todas às arguições em tempo hábil, os membros da Banca Examinadora emitiram seus Pareceres:

Profs. Drs.:

Carla Poleselli Bruniera *Carla Bruniera* Aprovada (X) Reprovada ()

Inês Cordeiro *Inês Cordeiro* Aprovada (X) Reprovada ()

Otávio Luís Marques da Silva *Otávio Luis M. Silva* Aprovada (X) Reprovada ()



Serviço Público Federal
Universidade Federal de São Paulo
Pró – Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa




Em face dos referidos pareceres, a Comissão Julgadora considera a aluna **GILCE FRANÇA SILVA**, APROVADA (Aprovada / Reprovada) a receber o título de MESTRE EM CIENCIAS pela **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO**. E por estarem de acordo, assinam a presente ata.

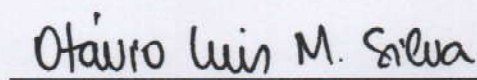
Diadema, 14 de novembro de 2019.



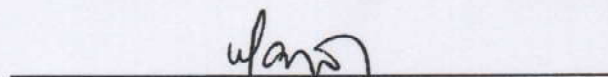
Carla Poleselli Bruniera



Inês Cordeiro



Otávio Luís Marques da Silva



Maria Beatriz Rossi Caruzo (Orientadora)

Dedico a minha mãe, Eliana Ribeiro França e minha irmã, Dâmaris França Silva, por estarem ao meu lado nessa jornada chamada vida...

...e as destemidas mulheres da minha família, em especial a matriarca, minha avó Lídia Ribeiro França.

”Desistir...eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça”.

Cora Coralina

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação não teria sido possível sem a colaboração e o estímulo de algumas pessoas que foram fundamentais para a realização desse sonho, as quais eu gostaria, de expressar toda a minha gratidão e apreço por contribuírem direta ou indiretamente para que esta tarefa se tornasse uma realidade.

Em primeiro lugar, à minha orientadora Prof.^a Dra. Maria Beatriz Rossi Caruzo pela pessoa e profissional que é, pela cordialidade com que sempre me recebeu, pelo empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho, e também pela liberdade de ação que muito contribuiu para o meu desenvolvimento pessoal. Obrigado por acreditar em mim e pelo incentivo!

Ao meu co-orientador Prof.^o Dr. Thadeu Sobral de Souza pelo conhecimento compartilhado, e mesmo a partir de outras instituições, pela fundamental ajuda durante a realização deste trabalho. Muito obrigada!

À Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução, pela sua excelência e aos professores da pós-graduação, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca examinadora, Prof.^a Dra. Inês Cordeiro e Prof.^a Dra. Carla Poleselli Bruniera, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Em especial ao Dr. Otávio Luis Marques da Silva cujo apoio, amizade e generosidade, foram notáveis para o alcance dos objetivos dessa dissertação, e sem os quais essa tarefa teria sido muito mais árdua. A você, minha eterna gratidão!

Aos meus amados amigos Thiago Simão Gomes, Roger Azevedo da Costa e Fernando Augusto Medeiros por sempre me incentivarem a desbravar novas conquistas, por acreditarem em mim, mesmo quando eu mesma duvido, e por apoiarem e compreenderem o meu isolamento. Muito obrigada por fazerem parte da minha vida!

Às minhas amigas e irmãs de orientação Amanda da Paixão Noronha Pereira, por sua paciência e carinho nas tantas vezes em que recorri a você para decifrar os pormenores do universo *Croton*, e Ana Angélica Cordeiro de Sousa, por sua bondade e alegria contagiante, sobretudo por sua disposição em coletar no Parque Nacional do Itatiaia. Serei eternamente grata por toda ajuda durante a realização deste trabalho, vocês foram fundamentais!

Às amigas que fiz ao longo do mestrado, Simone Soares da Silva por sua cumplicidade, determinação e dedicação em aprender, e Marcela Inácio da Silva por compartilhar comigo as dificuldades, as dores e as alegrias da modelagem de nicho ecológico. Eu quero levá-las para o resto da vida!

Aos colegas do programa de pós-graduação, Jade Lima, Thais Issi, Cláudia Giaquinto, Guilherme Cavicchioli, Gustavo Gaspari, Henrique Chinarelli, Igor Morais, Josimaria Cardoso, Wellington Palhares, Letícia Dutra, Rogério Barros, Ana Almeida, Christopher Oliveira, Renata Ribeiro e Vinicius Góes. Conviver com vocês ao longo desses dois anos foi sensacional!

Estendo meus agradecimentos ao Instituto de Botânica de São Paulo e aos pesquisadores que lá atuam, principalmente por ser um dos lugares que eu mais amo na cidade de São Paulo.

Aos curadores e demais funcionários dos herbários HRJ, MBM, RB, R, RFA, SP, SPF e SPSF, nos quais eu fui gentilmente recebida, e ao Sr. Léo Nascimento, gerente do Parque Nacional do Itatiaia, por todo o apoio durante os trabalhos de campo.

Quero agradecer a minha família pelo apoio, em especial aos meus pais e minhas irmãs por seu amor incondicional, e por entenderem as minhas faltas e momentos de afastamento e reclusão. Muito obrigada por fazerem de mim, quem sou!

Por fim, e não menos importante, sem jamais esquecer que **numa sociedade que exalta homens ignorantes, ser uma mulher estudada é um ato revolucionário!**

Sumário

Introdução geral.....	15
Referências bibliográficas	21
Capítulo I. Diversidade de <i>Croton</i> (Euphorbiaceae) no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil.....	26
Resumo	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e métodos	29
Resultados e discussão	31
Agradecimentos	44
Referências	45
Capítulo II. Uso da modelagem de nicho ecológico na predição dos padrões de distribuição futura das espécies de <i>Croton</i> L. (Euphorbiaceae) ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil	52
Resumo	53
Abstract.....	54
Introdução.....	55
Material e métodos	56
Resultados e discussão	61
Conclusão	83
Agradecimentos	83
Referências	84
Considerações finais.....	91
Material suplementar	93
Anexo I.....	104
Anexo II.....	112

Índice de figuras e tabelas

Capítulo I. Diversidade de *Croton* (Euphorbiaceae) no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil

Figura 1: Localização do Parque Nacional do Itatiaia.....32

Figura 2: Distribuição das espécies *Croton alchorneicarpus*, *C. campanulatus* e *C. vulnerarius* no Parque Nacional do Itatiaia.....34

Figura 3: Distribuição das espécies de *Croton dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus* e *C. organensis* no Parque Nacional do Itatiaia.....35

Figura 4: a-d. *Croton alchorneicarpus* - a. frutos imaturos; b. flor estaminada; c. glândulas acropeciulares; d. inflorescência com flores estaminadas e frutos. e-g. *C. campanulatus* - e. inflorescência com flores estaminadas; f. flor estaminada; g. glândulas acropeciulares; h. látex avermelhado. i-l. *C. dichrous* - i. fruto e flor estaminada; j. flor pistilada; k. superfície adaxial glabra ou escassamente coberta por tricomas simples; l. superfície adaxial lepidota. Fotos G.F. Silva, exceto a-b./e-h. S. S. Silva.....52

Figura 5: a-b. *Croton floribundus* - a. flores pistiladas; b. desprovida de glândulas. c-e. *C. lundianus* - c. frutos; d. inflorescência com flores estaminadas; e. glândulas acropeciulares. f-i. *C. organensis* - f. flores pistiladas; g. flor estaminada; h. frutos. i-l. *C. vulnerarius* - i. fruto imaturo; j. flor estaminada; k. glândulas acropeciulares; l. látex avermelhado. Fotos G.F. Silva, exceto a- e. S. S. Silva.....53

Tabela 1: Espécies de *Croton* do Parque Nacional do Itatiaia e sua distribuição na reserva.....33

Tabela 2: Comparação entre *Croton vulnerarius*, *C. novi-friburgi* e *C. hecatonandrus*.....45

Capítulo II. Uso da modelagem de nicho ecológico na predição dos padrões de distribuição futura das espécies de *Croton* L. (Euphorbiaceae) ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil

Figura 1: Localização do Parque Nacional do Itatiaia.....61

Figura 2: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton alchorneicarpus* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....66

Figura 3: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton campanulatus* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....67

Figura 4: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton dichrous* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....68

Figura 5: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie <i>Croton organensis</i> encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....	69
Figura 6: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie <i>Croton vulnerarius</i> encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....	70
Figura 7: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie <i>Croton floribundus</i> encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....	71
Figura 8: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie <i>Croton lundianus</i> encontrada no Parque Nacional do Itatiaia.....	72
Figura 9: Representação gráfica dos valores encontrados em relação às variáveis ambientais.....	75
Figura 10: Modelos preditivos da espécie <i>C. dichrous</i>	76
Figura 11: Modelos preditivos da espécie <i>C. alchorneicarpus</i>	77
Figura 12: Modelos preditivos da espécie <i>C. campanulatus</i>	78
Figura 13: Modelos preditivos das espécies <i>Croton alchorneicarpus</i> e <i>C. dichrous</i>	79
Figura 14: Modelos preditivos das espécies <i>Croton floribundus</i> e <i>C. lundianus</i>	80
Figura 15: Modelos preditivos para o ano 2070 (RCP 8.5) das espécies <i>Croton floribundus</i> e <i>C. lundianus</i>	81
Figura 16: Modelos preditivos das espécies <i>Croton organensis</i> e <i>C. vulnerarius</i>	82
Figura 17: Mapa com os pontos de ocorrência das espécies do gênero <i>Croton</i> encontradas no PNI e seu entorno.....	86
Tabela 1: Valores de correlação (<i>loadings</i>) de cada uma das 19 variáveis bioclimáticas com cada um dos eixos obtidos através da análise fatorial.....	98
Tabela 2: Lista com os registros de ocorrência das espécies analisadas.....	99
Tabela 3: Variáveis ambientais que mais contribuíram para a construção dos modelos.....	73
Tabela 4: Valores máximos e mínimos obtidos na análise das variáveis ambientais predictoras em relação às sete espécies do gênero <i>Croton</i> encontradas no Parque Nacional do Itatiaia.....	108
Anexo I: Mapas comparativos da distribuição atual no Brasil das espécies do gênero <i>Croton</i> ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia (modelos construídos com resolução de 30 arco-segundo (~1km x 1km), com as variáveis bioclimáticas, de solo e relevo, utilizando a análise fatorial e a análise de componentes principais (PCA - <i>Principal Component Analysis</i>).....	109

Anexo II: Mapas comparativos da distribuição atual no Brasil das espécies do gênero <i>Croton</i> ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia (modelos construídos com resolução de 30 arco-segundo (~1km x 1km) e predições para os cenários futuros anos 2050 e 2070 (RCP 8.5).....	117
--	------------

Resumo

O estabelecimento de unidades de conservação (UCs) tem sido uma das estratégias mais amplamente utilizadas na proteção da biodiversidade. O Parque Nacional do Itatiaia (PNI), o primeiro Parque Nacional brasileiro e um dos mais importantes do país, abriga elevado número de espécies e, mesmo com os diversos estudos florísticos já realizados, novos táxons continuam sendo descritos para a região. Embora o estabelecimento de UCs possa diminuir a perda da biodiversidade no cenário atual, o efeito do aquecimento global futuro também deve ser considerado em estratégias de conservação mais eficientes, uma vez que podem mudar padrões de distribuição das espécies, diminuindo assim a eficiência de proteção da biodiversidade pelas UCs. O Brasil possui mais de 46 mil espécies de plantas, algas e fungos conhecidos e, dentre as angiospermas, Euphorbiaceae é uma das mais diversas do país, sendo o megadiverso *Croton* L. o gênero mais representativo da família na região. A primeira etapa do presente trabalho teve por objetivo, realizar o tratamento taxonômico das espécies de *Croton* ocorrentes no PNI e avaliar o estado de conservação das mesmas, como forma de entender a importância do parque na conservação dessas espécies. Assim, encontramos sete espécies do gênero no PNI: *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus*, *C. organensis* e *C. vulnerarius*. A segunda etapa do trabalho teve como objetivos determinar os padrões de distribuição das espécies de *Croton* ocorrentes no PNI e entender os efeitos das mudanças climáticas futuras na distribuição dessas espécies utilizando-se bancos de dados de biodiversidade e algoritmos que combinam registros biológicos com dados ambientais espaciais, os chamados modelos de nicho ecológico (*Ecological Niche Modeling* - ENM) e modelos de distribuição de espécies (*Species Distribution Modeling* - SDM). Os resultados aqui obtidos sugerem que haverá redução das áreas climaticamente adequadas para todas as espécies estudadas, incluindo a perda de adequabilidade em algumas regiões dentro do PNI. Contudo, também indicam que o parque parece ser uma das regiões geográficas que manterão áreas climaticamente adequadas para a ocorrência das espécies *Croton* no futuro.

Palavras-chave: unidades de conservação, florística, modelagem de nicho ecológico, mudanças climáticas

Abstract

The establishment of protected areas (PAs) has been one of the most widely used strategies for biodiversity protection. The Itatiaia National Park (INP), the first Brazilian National Park and one of the most important in the country, has a high number of species and, even with the various floristic studies already done, new taxa are still being described for the region. Although the establishment of PAs may decrease biodiversity loss in the current scenario, the effect of future global warming should also be taken into account in more efficient conservation strategies, as they may change species distribution patterns, thereby decreasing the efficiency of species protection of biodiversity by PAs. Brazil has more than 46,000 known plant species and, among the Angiosperms, Euphorbiaceae is one of the most diverse in the country, being the megadiverse *Croton* L. the most representative genus of the family in the region. The first part of the present work had an objective the taxonomic treatment of *Croton* species occurring in the INP and to evaluate their conservation status, as a way to understand the importance of the park in the conservation of these species. Thus, we find seven species of the genus in the INP: *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus*, *C. organensis* and *C. vulnerarius*. The second part of the work aimed to determine the distribution patterns of *Croton* species occurring in the INP and to understand the effects of future climate change on the distribution of these species using biodiversity databases and algorithms that combine biological records with environmental data Ecological Niche Modeling (ENM) and Species Distribution Modeling (SDM). The results obtained here suggest that there will be a reduction in climatically adequate areas for all species studied, including loss of suitability in some regions within the INP. However, they also indicate that the park appears to be one of the geographic regions that will maintain climatically adequate areas for future *Croton* species to occur.

Key-words: protected areas, floristic, ecological niche modeling, climate changes

Introdução geral

Segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica (MMA, 2000) a biodiversidade pode ser definida como:

“A variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) é um tratado da Organização das Nações Unidas, ratificado pelos países que integram essa iniciativa, e representa um dos mais importantes instrumentos internacionais relacionados ao meio ambiente. No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) é o órgão responsável pela implementação da CDB.

Em seu artigo 8º, a CDB indica que cada parte¹ deve *“estabelecer um sistema de áreas protegidas ou áreas onde medidas especiais precisem ser tomadas para conservar a diversidade biológica”*. De acordo com o Artigo 2º área protegida pode ser entendida como *“área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação”*.

Dessa forma, o estabelecimento de Unidades de Conservação tem sido uma estratégia amplamente utilizada para a proteção da biodiversidade. Nos estudos realizados por Bruner *et al.*, (2001), Le Saout *et al.*, (2013), Venter *et al.*, (2014), Butchart *et al.*, (2015) foi verificado que mesmo existindo variação na forma, do local, da extensão e do tipo de manejo, as unidades de conservação cumprem o seu propósito na proteção da biodiversidade. Contudo, somente o estabelecimento de áreas protegidas não é suficiente para garantir a persistência da biodiversidade a longo prazo por não considerar a mudança climática global futura (Rodrigues *et al.*, 2004). As Unidades de Conservação são geograficamente estáticas ao longo do tempo, enquanto as espécies tendem a modificar sua distribuição geográfica como resultado direto das mudanças climáticas. Sendo assim, a eficiência das Unidades de Conservação ao longo do tempo não é constante. Portanto, as estratégias de conservação da biodiversidade, da eficiência e do estabelecimento de Unidades de Conservação devem considerar não só os índices atuais de diversidade, mas também os possíveis efeitos das mudanças climáticas futuras sobre a biodiversidade (Terribile *et al.* 2012). Além disso, segundo Rodrigues *et al.* (2004), para garantir a sua eficácia, a estratégia de conservação,

deve considerar também fatores como a complexidade dos ecossistemas naturais, a diversidade genética e filogenética, e os processos ecológicos e evolutivos envolvidos.

Segundo o último levantamento disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (CNUC/MMA, 2019), existem no Brasil 2.309 Unidades de Conservação das quais 742 estão na categoria de Proteção Integral e 1567 na categoria de Uso Sustentável. O SNUC define que as Unidades de Proteção Integral têm por objetivo preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, já nas Unidades de Uso Sustentável é permitido o uso sustentável de parte dos recursos naturais. Dentre essas Unidades de Conservação está o Parque Nacional do Itatiaia (PNI), a primeira Unidade de Conservação estabelecida no Brasil e um dos mais importantes Parques do país. O PNI foi estabelecido em 1937 e está localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro, na tríplice fronteira dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Maurenza *et al.*, 2018). O Parque abriga um elevado número de espécies e, mesmo com os diversos estudos faunísticos e florísticos já realizados (p.e. Lima; Guedes-Bruni, 2004; Morim, 2006; Monteiro; Guimarães, 2008; Mezabarba *et al.*, 2013), novas espécies ainda vem sendo descritas na região (p.e. Caruzo *et al.*, 2008; Pessoa; Alves, 2015; Barberena; Gonzaga, 2016).

A Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica, em sua COP6 (Haia 2002), lançou um programa intitulado Estratégia Global para a Conservação de Plantas (*Global Strategy for Plant Conservation - GSPC*) que fornece uma estrutura de metas orientadas para confrontar a perda de diversidade de plantas e alcançar os objetivos da CDB. A estratégia Global para a Conservação de Plantas é um programa focado em diminuir o ritmo de extinção das plantas no planeta, com ações a serem desenvolvidas em conjunto com governos, instituições de pesquisa, organizações intergovernamentais, universidades, organizações não governamentais e o setor privado (Martins *et al.*, 2017).

Contudo, embora as estratégias de conservação tentem combater a perda da biodiversidade vegetal baseado no cenário climático e geográfico atual, o efeito do aquecimento global também deve ser levado em consideração nas decisões conservacionistas (Terribile *et al.*, 2012; Pecl *et al.*, 2017). Isso porque o aquecimento global tem causado a modificação do padrão de distribuição de muitas espécies, com o aumento da ocorrência de espécies invasoras e alteração da distribuição das espécies (Bellard *et al.*, 2014) o que resulta na diminuição da diversidade funcional e filogenética (Pecl *et al.*, 2017).

Os impactos causados pelas mudanças no padrão geográfico de distribuição das espécies resultam também em efeitos diretos no funcionamento dos ecossistemas. Apesar das crescentes evidências e das implicações envolvidas do aquecimento global afetando os seres humanos, as atuais políticas internacionais não conseguem efetivamente diminuir as emissões de gases do efeito estufa, que mesmo que fossem cessadas no presente momento, exigiria enormes esforços de adaptação dos sistemas humanos para o enfrentamento dos efeitos mais graves da redistribuição de espécies geradas pelas mudanças climáticas. Logo, os serviços ecossistêmicos providos pela biodiversidade irão ser completamente modificados pelo efeito direto das mudanças climáticas sobre o padrão de distribuição das espécies (Pecl *et al.*, 2017).

Além do efeito direto do aquecimento global na biodiversidade, as lacunas de (des)conhecimento sobre a biodiversidade também podem atrapalhar as estratégias de conservação (Hortal *et al.*, 2015). No Brasil, uma das iniciativas, tanto para aumentar o conhecimento sobre a diversidade vegetal como para alcançar uma das principais metas do GSPC, foram os projetos *Lista de Espécies da Flora do Brasil* (2008-2015) e *Flora do Brasil online* (*Flora do Brasil 2020* em construção), que tentam abranger quase que a totalidade de espécies de plantas, algas e fungos encontrados no país, além de apresentar descrições morfológicas de todos esses taxa (BFG, 2018).

De acordo com a *Flora do Brasil online* (*Flora do Brasil 2020*, em construção), existem mais de 46 mil espécies de plantas, algas e fungos no país. Dentre as angiospermas, que somam mais de 33 mil espécies (BFG, 2018), as Euphorbiaceae estão entre as 10 famílias mais diversas com aproximadamente 950 espécies descritas ao longo de todos os domínios fitogeográficos, sendo *Croton* L. o gênero mais representativo da família na flora brasileira e o 4º mais diverso dentre as Angiospermas ocorrentes no país (BFG, 2015; *Flora do Brasil 2020*, em construção).

Croton é um gênero megadiverso, com cerca de 1200 espécies (Govaerts *et al.*, 2000; Berry *et al.*, 2005), e um dos mais abundantes na composição das vegetações abertas e secundárias na América do Sul (Gomez-Pompa, 1971). Os principais centros de diversidade do gênero se localizam no Brasil, nas Antilhas, no México e em Madagascar (Burger; Huft, 1995; Berry *et al.*, 2005). No Brasil, o gênero está representado por cerca de 300 espécies, dentre as quais aproximadamente 240 são endêmicas a algumas regiões do país, englobando espécimes com diferentes formas de vida incluindo ervas, subarbustos, arbustos a árvores, que

podem ser encontradas em vegetações abertas ou em matas secas e úmidas (*Flora do Brasil*, 2020, em construção).

A variabilidade intraespecífica ou a plasticidade fenotípica resulta na capacidade dos organismos em modificar sua fisiologia ou morfologia em decorrência da interação com diferentes ambientes. Essa característica está funcionalmente ligada ao nicho ecológico das espécies e aos processos ecológicos e evolutivos envolvidos (Violle; Jiang, 2009; Boucher *et al.*, 2013). De acordo com Croizat (1940, 1941), *Croton* devido a sua variabilidade genética possui uma grande plasticidade morfológica intraespecífica em resposta a dois principais fatores: variações altitudinais e fatores edáficos.

Ainda assim, *Croton* é um gênero monofilético (Berry *et al.* 2005; van Ee *et al.*, 2011) e pode ser reconhecido em campo pelo látex não-leitoso avermelhado ou incolor, indumento de tricomas estrelados ou lepidotos, folhas que apresentam frequentemente glândulas no ápice do pecíolo junto à lâmina foliar, que quando senescentes tornam-se alaranjadas ou avermelhadas, inflorescências terminais em tirso geralmente com flores pistiladas proximais e estaminadas distais, estames encurvados no botão e pétalas das flores pistiladas geralmente reduzidas (Webster, 1993, 1994; Berry *et al.*, 2005; Caruzo, 2005).

Certamente por seu grande número de espécies e grande diversidade morfológica, diferentes sistemas de classificação para o gênero já foram criados (Baillon, 1864, 1858; Müller, 1866, 1873; Webster, 1993). No entanto, mesmo com os recentes estudos filogenéticos, baseados em dados moleculares, a classificação infragenérica de *Croton* ainda não está totalmente resolvida (Berry *et al.*, 2005; Riina *et al.*, 2009; Caruzo *et al.*, 2011; van Ee *et al.*, 2011).

No estudo mais recente sobre a filogenia do gênero *Croton* no Novo Mundo, van Ee *et al.* (2011) utilizaram quatro marcadores moleculares (o plastidial trnLF, o mitocondrial *rps3* e os nucleares ITS e *EMB2765*) e reconheceram 31 seções para o gênero, as quais foram distribuídas em quatro subgêneros: *Quadrilobi*, *Adenophylli*, *Geiseleira* e *Croton*. Outros estudos têm contribuído para estimar a variabilidade genética e a filogenia de algumas dessas linhagens do gênero (p. e. Silvestrini *et al.* 2013; Scaldaferrri *et al.* 2014; Rocha *et al.* 2016; Oliveira *et al.* 2016; Arevalo *et al.* 2017; Haber *et al.* 2017).

Apesar do crescente número de trabalhos envolvendo o gênero *Croton*, principalmente em floras regionais (Cordeiro, 1992; Murillo-A, 1999; Lima; Pirani, 2003; Caruzo; Cordeiro,

2007; Secco, 2008; Silva *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 1988), muitas espécies ainda apresentam problemas de circunscrição com pouco conhecimento sobre a biogeografia e o seu *status* de conservação. Além disso, inexistem estudos sobre os potenciais efeitos das mudanças climáticas futuras sobre a distribuição geográfica das espécies de *Croton*.

Os fatores climáticos determinam o limite de distribuição potencial das espécies. Subordinado a eles estão às barreiras edáficas, já que o clima exerce significativa influência na formação pretérita dos solos (Sambamurty, 2005). Além disso, a distribuição das espécies vegetais é influenciada pelas três zonas latitudinais (zonas polares, temperadas e tropicais), que são simétricas em relação ao equador (Sambamurty, 2005).

Atualmente, dois aspectos são fundamentais para a modelagem espacial: i) os bancos de dados com ocorrência de espécies em escala global (resultado de projetos globais de integração de coleções biológicas) e ii) algoritmos matemáticos que combinam os registros biológicos e dados ambientais espaciais para estimar áreas de distribuição potencial de espécies, os chamados modelos de nicho ecológico (*Ecological Niche Modeling* - ENM) e modelos de distribuição de espécies (*Species Distribution Modeling* - SDM) (Guisan *et al.*, 2013; 2017; Soberón *et al.*, 2017). Essas duas técnicas, portanto, são capazes de gerar informações para diminuir as lacunas referente a distribuição geográfica da biodiversidade e aumentar a eficiência de estratégias conservacionistas.

O nicho ecológico foi definido por Hutchinson (1957) como um conjunto de condições e recursos ecológicos necessários para a sobrevivência de uma espécie, e que pode ser representado por um espaço ecológico-ambiental multidimensional. De acordo com Soberón *et al.* (2017), dentre os fatores que determinam a distribuição geográfica das espécies, estão a tolerância ambiental (nicho fundamental), as interações biológicas dependente de densidade (polinizadores, dispersores, competidores, predadores, etc.) e as possibilidades ou limitações de dispersão em períodos tempo relevantes. No entanto, os efeitos desses fatores ocorrem em escalas geográficas diferentes, sendo, portanto, em escala ampla estudado apenas o efeito ambiental sobre a distribuição potencial de espécies (com base na estimativa do nicho fundamental) e os efeitos de escala fina (interações bióticas) que são considerados como ruídos na escala nas quais as espécies se distribuem (Ruídos Eltonianos - veja Pearson; Dawson, 2003).

Segundo Sobral-Souza *et al.*, (2015, 2018) a modelagem de nicho e a inferência de padrões de distribuição de espécies, têm sido também considerada uma estratégia relevante na

conservação da biodiversidade em cenários climáticos temporalmente explícitos, no qual, as simulações climáticas podem prever mudanças na distribuição potencial de espécies e avaliar a eficácia das atuais áreas protegidas ao longo do tempo.

Baseado nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: 1) Realizar o tratamento taxonômico das espécies do gênero *Croton* que ocorrem no Parque Nacional do Itatiaia - PNI; 2) Determinar os padrões de distribuição das espécies de *Croton* ocorrentes no PNI e entender quais os efeitos das mudanças climáticas futuras na distribuição dessas espécies; 3) Avaliar o estado de conservação das espécies de *Croton* ocorrentes no PNI como forma de prever a importância do PNI na conservação das espécies; 4) Ampliar o conhecimento sobre a taxonomia, morfologia e distribuição geográfica de *Croton* na Floresta Atlântica.

Assim, as seguintes hipóteses foram testadas neste trabalho: 1) A distribuição das espécies de *Croton* está diretamente relacionada à variação altitudinal na área do PNI; 2) O PNI tem fundamental importância na conservação das espécies lá ocorrentes, principalmente daquelas com distribuição restrita; 3) As mudanças climáticas futuras terão um impacto negativo na distribuição das espécies de *Croton*, com a redução de área de ocorrência das espécies no parque. Como os objetivos e as hipóteses estão debruçados em diferentes áreas do conhecimento e possuem diferentes finalidades, esta dissertação foi estruturada em dois capítulos.

No Capítulo I: Diversidade de *Croton* (Euphorbiaceae) no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil, foi realizado o levantamento, o tratamento taxonômico com a elaboração da chave de identificação, a determinação dos padrões de distribuição e avaliação do estado de conservação das espécies do gênero *Croton* ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia - PNI.

No Capítulo II: Uso da modelagem de nicho ecológico na predição dos padrões de distribuição futura das espécies do gênero *Croton* L. (Euphorbiaceae) ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil, foi determinada a importância do PNI na conservação das espécies do gênero *Croton* ao inferir os possíveis impactos das mudanças climáticas na distribuição e conservação das espécies, além de ampliar o conhecimento sobre a distribuição geográfica de espécies de *Croton* na Floresta Atlântica.

Referências bibliográficas

- BAILLON, H. Euphorbiaceés Americaines. **Adansonia**, v. 4, p. 257–377, 1864.
- BAILLON, M. H. **Etude générale du groupe des Euphorbiacées**. [s.l.] Victor Masson, 1858.
- BARBERENA, F. F. V. A.; GONZAGA, D. R. A new species of Epidendrum (Orchidaceae) from the Brazilian Atlantic forest of Espírito Santo. **Plant Ecology and Evolution**, v. 148, n. 1, p. 128–133, 2016.
- BELLARD, C. et al. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 12, p. 1376–1386, 2014.
- BERRY, P. E. et al. Molecular Phylogenetics of the Giant Genus Croton and Tribe Crotoneae (Euphorbiaceae Sensu Stricto) Using Its and Trn L- Trn F Dna. **American Journal of Botany**, v. 92, n. 9, p. 1520–1534, 2005.
- BFG. Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, p. 1513–1527, 2018.
- BOUCHER, F. C. et al. Unravelling the architecture of functional variability in wild populations of Polygonum viviparum L. **Functional Ecology**, v. 27, p. 382–391, 2013.
- BRUNER, A. G. et al. Effectiveness of parks in protecting biological diversity. **Science**, v. 291, n. January, p. 125–128, 2001.
- BURGER, W.; HUFT, M. Flora Costaricensis. **Fieldiana Bot.**, v. 36, p. 169, 1995.
- BUTCHART, S. H. M. et al. Shortfalls and Solutions for Meeting National and Global Conservation Area Targets. **Conservation Letters**, v. 8, n. 5, p. 329–337, 2015.
- CARUZO, M. B. R. **Estudo taxonômico e biogeográfico do gênero Croton L. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2005.
- CARUZO, M. B. R.; RIINA, R.; CORDEIRO, I.; BERRY, P. E. Croton campanulatus (Euphorbiaceae s.s.), a new species from the Brazilian Atlantic rain forest. **Brittonia**, v. 60, n. 3, p. 261–264, 2008.
- CARUZO, M. B. R. **Sistemática de Croton sect. Cleodora (Euphorbiaceae s. s.)**. Tese

(Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2010.

CARUZO, M. B. R.; CORDEIRO, I. Sinopse da tribo Crotonae Dumort. (Euphorbiaceae s.s.) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 34, n. 4, p. 571–585, 2007.

CNUC/MMA. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Ministério do Meio Ambiente. Tabela consolidada das Unidades de Conservação. **Ministério do Meio Ambiente**, p. 1, 2019.

CORDEIRO, I. Flora da Serra do Cipo, Minas Gerais: Euphorbiaceae. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, v. 13, p. 169–217, 1992.

CROIZAT, L. Thirty-five new species of american Croton. **Arnold Arboretum**, v. XXI, 1940.

CROIZAT, L. Preliminaries for the study of Argentine and Uruguayan species of Croton. **Darwiniana**, n. Agosto 1941, p. 417–462, 1941.

Flora do Brasil 2020 em construção. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>.

GOMEZ-POMPA, A. Posible Papel de la Vegetacion Secundaria en la Evolucion de la Flora Tropical Author(s): Arturo Gomez-Pompa Published by: The Association for Tropical Biology and Conservation Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2989816>. **Biotropica**, v. 3, n. 2, p. 125–135, 1971.

GOVAERTS, R.; FRODIN, D. G.; RADCLIFFE-SMITH, A. **World Checklist and Bibliography of Euphorbiaceae 2 (and Pandaceae)**. [s.l.] The Royal Botanic Gardens, Kew, 2000.

GUISAN, A. et al. Predicting species distributions for conservation decisions. **Ecology Letters**, v. 16, n. 12, p. 1424–1435, 2013.

GUISAN A, THUILLER W, ZIMMERMANN N. Habitat Suitability and Distribution Models With Applications in R. Ecology, Biodiversity and Conservation. Cambridge: Cambridge University Press. p. 462, 2017.

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.

HUTCHINSON, G. E. **Concluding Remarks**. Cold Spring Harb Symp Quant Biol.

Anais...1957

LE SAOUT, S. et al. Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 803–805, 2013.

LIMA, L. R.; PIRANI, J. R. O gênero *Croton* L. (Euphorbiaceae) na Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, v. 21, n. 2, p. 299–344, 2003.

LIMA, W. G.; GUEDES-BRUNI, R. R. *Myrceugenia* (Myrtaceae) ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v. 55, n. 85, p. 73–94, 2004.

MARTINS, E.; LOYOLA, R.; MARTINELLI, G. Challenges and Perspectives for Achieving the Global Strategy for Plant Conservation Targets in Brazil. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 2, p. 347–356, 2017.

MAURENZA, D. (Org.) et al. **Lista da Flora das Unidades de Conservação Estaduais do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2018.

MEZABARBA, V. et al. Ericaceae do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n. 1, p. 115–130, 2013.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Convenção sobre Diversidade Biológica. p. 32, 2000.

MONTEIRO, D.; GUIMARÃES, E. F. Flora do Parque Nacional do Itatiaia — Brasil: *Peperomia* (Piperaceae). **Rodriguésia**, v. 59, n. 1, p. 161–195, 2008.

MORIM, M. P. Leguminosae arbustivas e arbóreas da floresta atlântica do Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil: padrões de distribuição. **Rodriguésia**, v. 57, n. 1, p. 27–45, 2006.

MÜLLER, J. Euphorbiaceae. **Linnaea**, v. 34, p. 1–224, 1866.

MÜLLER, J. Euphorbiaceae. In: **Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.)**. [s.l: s.n.]. v. 11(2)p. 43–104.

MURILLO-A, J. Composición y distribución del género *Croton* (Euphorbiaceae) en Colombia, com cuatro especies nuevas. **Caldasia**, v. 21, n. 2, p. 141–166, 1999.

PEARSON, R. G.; DAWSON, T. P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? **Global Ecology and**

Biogeography, v. 12, p. 361–371, 2003.

PECL, G. T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v. 355, n. 6332, 2017.

PESSOA, E.; ALVES, M. Three new species of *Campylocentrum* (Vandaeae, Orchidaceae) from Brazil. **Phytotaxa**, v. 217, n. 3, p. 265–272, 2015.

ROCHA, T. O. et al. Estimate of genetic diversity in cassutinga (*Croton heliotropiifolius*) based on molecular markers. *African Journal of Biotechnology*, v. 15, n. 13, p. 518–523, 2016.

RODRIGUES, A. S. L. et al. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. **Nature**, v. 428, p. 640–643, 2004.

SAMBAMURTY, A. V. S. S. **Taxonomy of Angiosperms**. New Delhi: I. K. International Pvt Ltd, 2005.

SCALDAFERRI, M. M. et al. Comparison of protocols for genomic DNA extraction from velame pimenta (*Croton linearifolius*), a native species to the Caatinga, Brazil. *African Journal of Biotechnology*, v. 12, n. 30, p. 4761–4766, 2013.

SECCO, R. S. **Sinopse das espécies de Croton L. (Euphorbiaceae) na Amazônia brasileira: um ensaio taxonômico**. 1ª ed ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2008.

SILVA, J. S. et al. Sinopse das espécies de *Croton* L. (Euphorbiaceae) no estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 441–453, 2010.

SILVESTRINI, M. et al. Cytogenetics and characterization of microsatellite loci for a South American pioneer tree species, *Croton floribundus*. *Genome*, v. 56, n. 12, p. 743–751, 2013.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J.; KLEIN, R. M. *Flora Ilustrada Catarinense*. **Flora Ilustrada Catarinense**, p. 62–137, 1988.

SOBERÓN, J.; OSORIO-OLVERA, L.; PETERSON, T. Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 88, n. 2, p. 437–441, 2017.

SOBRAL-SOUZA, T.; FRANCINI, R. B.; LIMA-RIBEIRO, M. S. Species extinction risk might increase out of reserves: Allowances for conservation of threatened butterfly *Actinote*

quadra (Lepidoptera: Nymphalidae) under global warming. **Natureza e Conservacao**, v. 13, n. 2, p. 159–165, 2015.

TERRIBILE, L.C. et al. Areas of climate stability of species ranges in the Brazilian cerrado: Disentangling uncertainties through time. **Natureza e Conservacao**, v. 10, n. 2, p. 152–159, 2012.

VAN EE, B. W.; BERRY, P. E.; RIINA, R. A revised infrageneric classification and molecular phylogeny of New World Croton (Euphorbiaceae). **Taxon**, v. 60, n. 3, p. 791–823, 2011.

VENTER, O. et al. Targeting Global Protected Area Expansion for Imperiled Biodiversity. **PLoS Biology**, v. 12, n. 6, 2014.

VIOLLE, C.; JIANG, L. Towards a trait-based quantification of species niche. **Plant Ecology**, v. 2, n. 2, p. 87–93, 2009.

WEBSTER, G. L. A provisional synopsis of the sections of the genus Croton (Euphorbiaceae). **Taxon**, v. 42, p. 793–823, 1993.

WEBSTER, G. L. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 81, n. 1, p. 33, 1994.

Capítulo I. Diversidade de *Croton* (Euphorbiaceae) no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil

Gilce França Silva¹, Maria Beatriz Rossi Caruzo^{1,2}

¹ Universidade Federal de São Paulo, ² Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente

Manuscrito submetido para publicação na revista *Rodriguésia*.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar o tratamento taxonômico e determinar os padrões de distribuição das espécies do gênero *Croton* ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia - PNI. O estudo taxonômico foi realizado com base em coleções de herbário, além de trabalhos de campo para entender a variabilidade morfológica das espécies em seu habitat natural. Encontramos sete espécies de *Croton* no PNI: *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus*, *C. organensis* e *C. vulnerarius*, das quais duas são endêmicas de florestas ombrófilas montanas da Serra da Mantiqueira, *C. alchorneicarpus* e *C. campanulatus*.

Palavras-chave: endemismo, florística, unidades de conservação, Floresta Atlântica.

Abstract

In this work, we provide the survey the taxonomic treatment and distribution of *Croton* species from Itatiaia National Park – INP. The taxonomic study was based on herbarium collections, besides fieldwork to understand the morphological variability of the species in their natural habitat. We found seven species of *Croton* at the INP: *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus*, *C. organensis* and *C. vulnerarius*, of which two are endemic of the montane wet forests of Serra da Mantiqueira - *C. alchorneicarpus* and *C. campanulatus*.

Key words: endemism, floristic, protected areas, Atlantic Forest.

Introdução

O Brasil possui a maior diversidade de plantas do mundo, com mais de 46 mil espécies já registradas (*Flora do Brasil 2020*, em construção). No entanto, ainda são necessários inventários para entender melhor a diversidade da flora local e a distribuição geográfica de muitas espécies (BFG 2015; 2018).

Entre as angiospermas, que representam mais de 33 mil espécies (BFG 2018), Euphorbiaceae é a nona família de plantas mais rica em espécies do país (BFG 2015). *Croton* é um gênero megadiverso, composto por cerca de 1200 espécies em todo o mundo (Govaerts *et al.* 2000; Berry *et al.* 2005), é considerado um dos gêneros mais abundantes em vegetação secundária da América do Sul (Gomez-Pompa 1971). No Brasil, é o gênero mais representativo de Euphorbiaceae, com cerca de 300 espécies, o que o enquadra como o quarto maior entre as angiospermas brasileiras (BFG 2015; *Flora do Brasil 2020*, em construção).

Mesmo com sua grande diversidade morfológica (Caruzo *et al.* 2011), *Croton* é considerado um táxon monofilético e suas espécies podem ser reconhecidas no campo por um conjunto de caracteres, incluindo tricomas estrelados ou lepidotos, inflorescências tirsóides, látex incolor ou avermelhado, frequentemente com glândulas peciolares e folhas senescentes alaranjadas (Berry *et al.* 2005; Riina *et al.* 2009; van Ee *et al.* 2011).

O principal objetivo deste trabalho foi descrever a diversidade de *Croton* no Parque Nacional do Itatiaia, a primeira reserva nacional do Brasil. Estudos realizados no parque indicam uma grande biodiversidade e altos níveis de endemismo, o que destaca a importância dessa reserva para a conservação da biodiversidade. Portanto, os inventários de biodiversidade nessa área são extremamente importantes para a preservação da biodiversidade da Floresta Atlântica.

Material e métodos

Este trabalho inclui breves descrições morfológicas, chave de identificação, comentários taxonômicos, período de floração e frutificação, estado de conservação e distribuição geográfica de todas as espécies de *Croton* encontradas no parque. Assim, o presente estudo contribui para o conhecimento do gênero na Floresta Atlântica, bem como

testa a importância do Parque Nacional do Itatiaia para a conservação das espécies de *Croton* que lá ocorrem.

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI) está localizado no sudeste do Brasil, entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (Fig. 1), com aproximadamente 30.000 ha (MMA / ICMBIO 2013). Está totalmente inserido no Domínio da Mata Atlântica, na parte mais alta da Serra da Mantiqueira. A altitude no parque varia de 540 a 2791 metros, o que levou a administração a dividi-lo funcionalmente em parte baixa e parte alta.

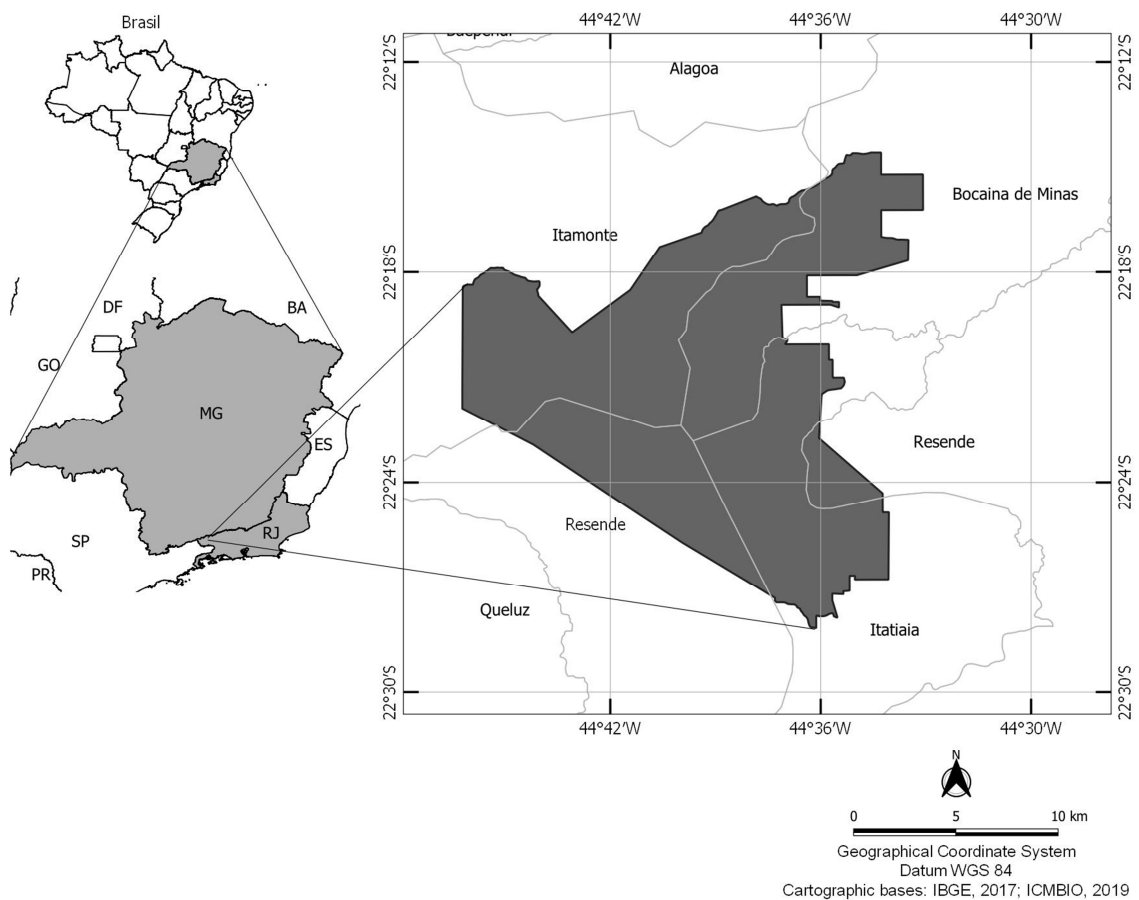


Figura 1: Localização do Parque Nacional do Itatiaia.

Este estudo foi baseado em observações de campo e na análise de coleções dos seguintes herbários: HRJ, HUFSP, MBM, RB, R, RFA SP, SPF e SPSF (abreviações de acordo com Thiers 2018, atualizadas continuamente). Além disso, foram consultados bancos de dados on-line com informações e imagens relevantes das coleções de herbário para as coleções-tipo e espécimes regulares (Reflora-Virtual Herbarium, JSTOR Global Plants, rede SpeciesLink e TROPICOS).

As características morfológicas foram analisadas sob estereomicroscópio e os termos utilizados na chave e nas descrições das espécies seguem Hickey (1973), Radford *et al.* (1974), Webster (1993) e Webster *et al.* (1996).

Durante as expedições de campo, adotamos a metodologia de “caminhamento” (Filgueiras *et al.* 1994) e todos os materiais foram herborizados seguindo técnicas tradicionais, como descrito em Mori *et al.* (1989). As amostras coletadas foram incluídas no herbário da Universidade Federal de São Paulo (HUFSP; abreviação de acordo com Thiers 2018, atualizada continuamente).

Os dados de ocorrência foram obtidos em campo com aparelho de Global Positioning System (GPS) ou obtidos de coleções de herbários. Os mapas de distribuição foram criados usando o QuantumGIS versão 3.6.2-Wien.

Para avaliar o estado de conservação das espécies de *Croton* ocorrentes no PNI utilizou-se o Geospatial Conservation Assessment Tool (<http://geocat.kew.org/>), ferramenta desenvolvida para realizar avaliações baseadas nos critérios de distribuição geográfica da lista vermelha da IUCN (International Union for Conservation of Nature), em que foram estimadas a EOO (Extensão de Ocorrência) e a AOO (Área de Ocupação) de cada espécie.

Resultados e discussão

Foram encontradas sete espécies de *Croton* no PNI, (Tabela 1). Todas as espécies arbóreas ocorrem na parte baixa do parque, em Floresta Ombrófila Densa Montana, exceto *C. alchorneicarpus* Croizat, encontrado apenas no mesmo tipo de vegetação na parte alta do parque. *Croton lundianus* (Didr.) Müll. Arg., uma espécie subarborescente invasora, foi encontrada apenas nas bordas da floresta na parte baixa do PNI, enquanto a outra espécie arbustiva, *C. dichrous* Müll. Arg., ocorre exclusivamente na região mais alta do parque, em campos de altitude (Figs. 2, 3).

Tabela 1: Espécies de *Croton* do Parque Nacional do Itatiaia e sua distribuição na reserva.

Espécies	Seção	Distribuição no PNI
<i>C. alchorneicarpus</i> Croizat	<i>Cyclostigma</i> Griseb.	Parte alta
<i>C. campanulatus</i> Caruzo & Cordeiro	<i>Cleodora</i> (Klotzsch) Baill.	Parte baixa

Espécies	Seção	Distribuição no PNI
<i>C. dichrous</i> Müll.Arg.	<i>Lamprocroton</i> (Müll. Arg.) Pax in Engler & Prantl.	Parte alta
<i>C. floribundus</i> Spreng.	<i>Lasiogyne</i> (Klotzsch) Baill.	Parte baixa
<i>C. lundianus</i> (Didr.) Müll.Arg.	<i>Geiseleria</i> (A. Gray) Baill.	Parte baixa
<i>C. organensis</i> Baill.	<i>Cleodora</i> (Klotzsch) Baill.	Parte baixa
<i>C. vulnerarius</i> Baill.	<i>Cyclostigma</i> Griseb.	Parte baixa

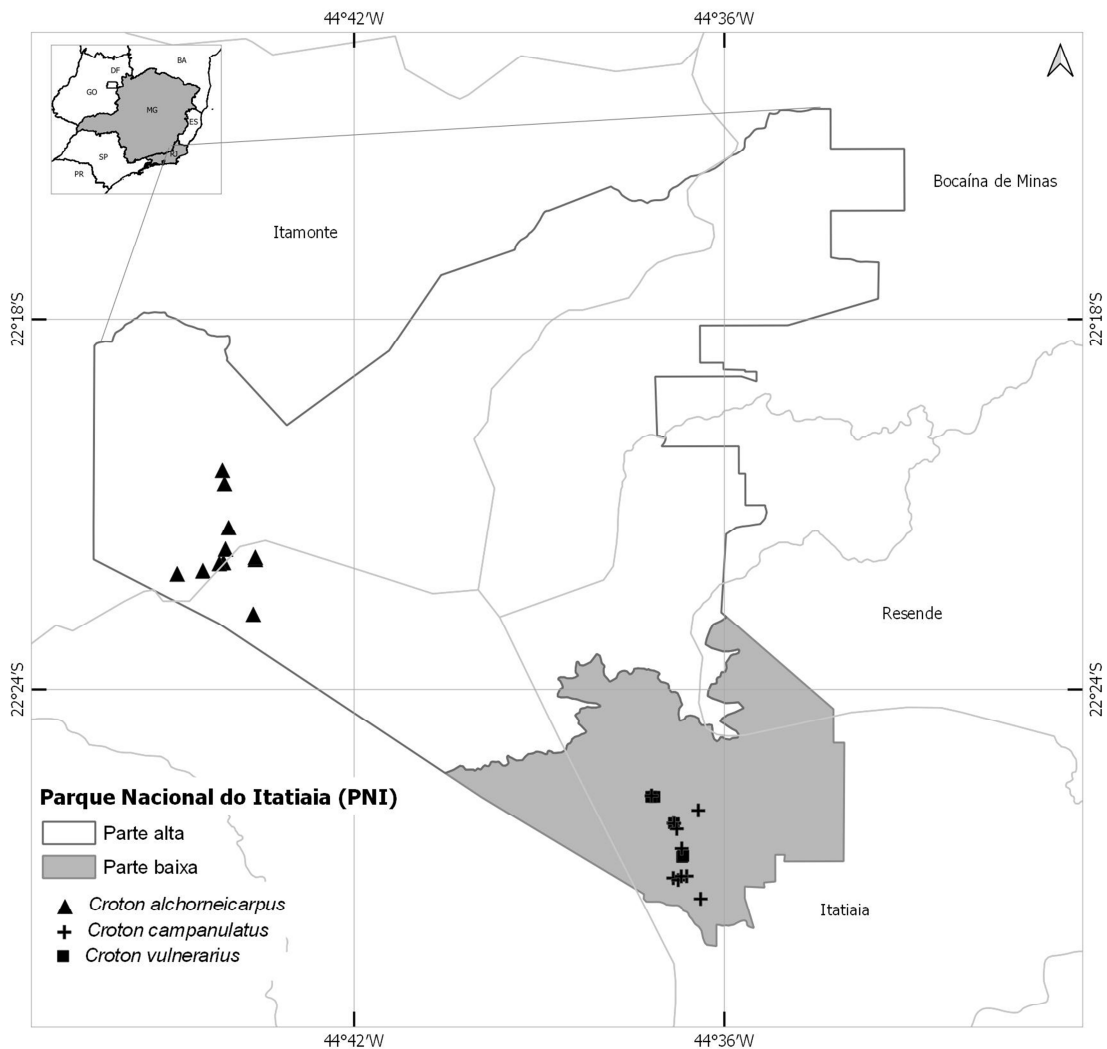


Figura 2: Distribuição das espécies *Croton alchorneicarpus*, *C. campanulatus* e *C. vulnerarius* no Parque Nacional do Itatiaia.

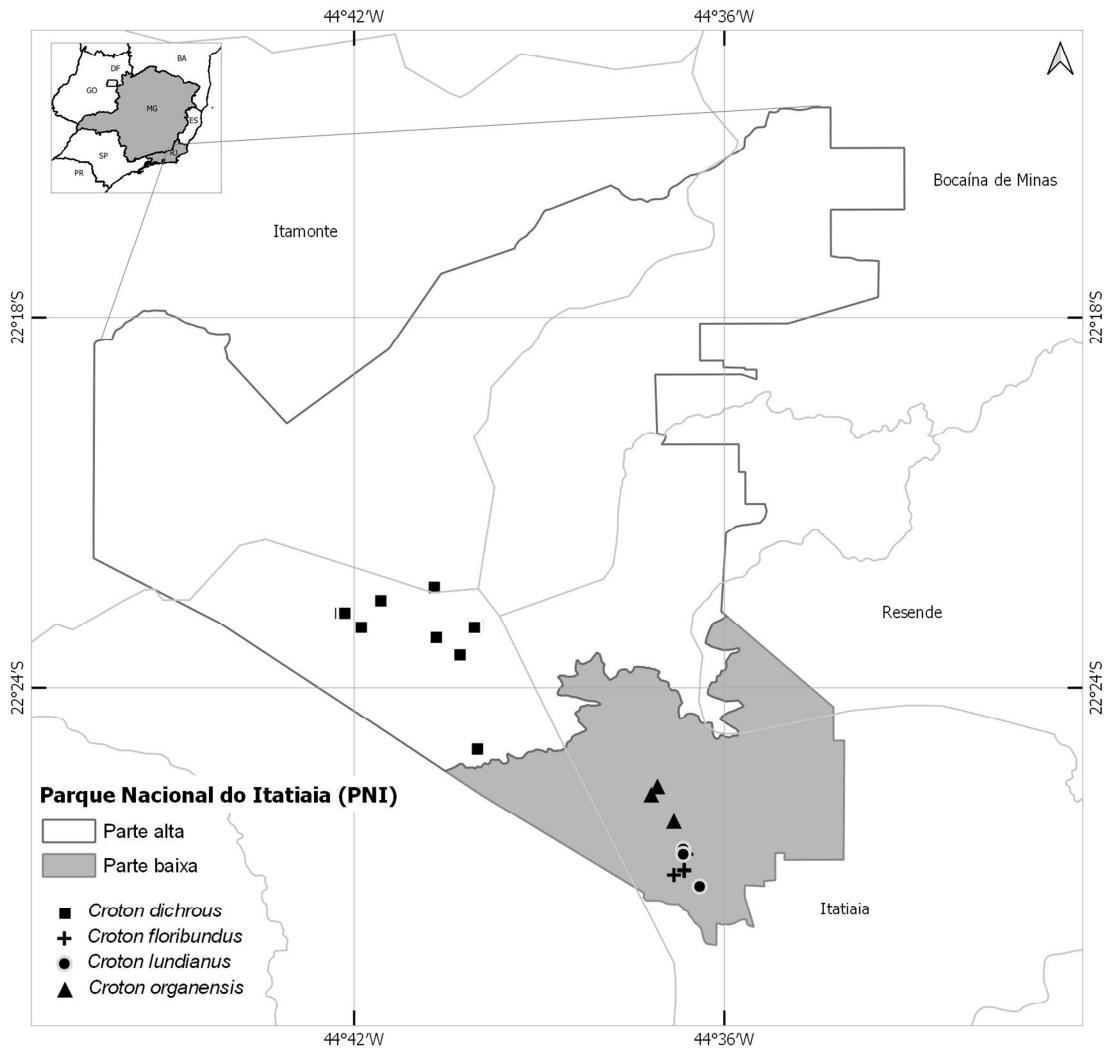


Figura 3: Distribuição geográfica das espécies de *Croton dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus* e *C. organensis* no Parque Nacional do Itatiaia.

Croton L., Sp. Pl. 2: 1004. 1753.

Subarbustos a árvores, monoicos; indumento de tricomas simples, estrelados, estrelado-porrectos, dendríticos, dendrítico-porrectos ou lepidotos. Folhas alternas, simples, inteiras, com margens inteiras a serrilhadas, geralmente com 1 (2) par (es) de glândulas acropioclulares ou basilaminares, sésseis a estipitadas, estípulas persistentes ou caducas. Tirso terminais; cimeiras com flores pistiladas proximais, e flores estaminadas distais. Flores estaminadas diclamídeas, com 7-120 estames encurvados no botão. Flores pistiladas monoclamídeas ou raramente diclamídeas (neste caso, as pétalas são extremamente

reduzidas); ovários 3-carpelar, 3-locular, 1-ovulado; estiletes 2-fidos a multifidos, livres ou unidos na base. Cápsulas septicida-loculicida; columela persistente; sementes lisas a verrucosas, com carúncula (Webster 1993; Burger & Huft 1995; Radcliffe-Smith 2001; Caruzo & Cordeiro 2007; Lima & Pirani 2008; van eE *et al.* 2011).

Chave de identificação para as espécies de *Croton* ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia

1. Subarbustos a arbustos de áreas abertas ou bordas de florestas ombrófilas montana.
 2. Indumento principalmente lepidoto. Folhas elípticas, margem inteira, sem glândulas no pecíolo *C. dichrous*
 - 2'. Indumento de tricomas estrelados e estrelado-porrectos. Folhas ovadas, margem dentada, com um par de glândulas acropeciulares *C. lundianus*
- 1'. Arvoretas a árvores de florestas ombrófilas montana.
 3. Folhas com glândulas acropeciulares.
 4. Indumento de tricomas lepidotos. Folhas de margem inteira. Flores com 20-25 estames. Flores pistiladas campanuladas *C. campanulatus*
 - 4'. Indumento de tricomas estrelados, estrelado-porrectos, dendríticos ou dendrítico-porrectos. Folha de margem serrada a inconspicuamente serrada. Flores com 30 ou mais estames. Flores pistiladas subcampanuladas.
 5. Ramos jovens densamente tomentosos ou pilosos. Folhas pilosas em ambas as faces; estípulas lanceoladas a lineares. Flores pistiladas subsésseis. Flores com 90-120 estames *C. vulnerarius*
 - 5'. Ramos jovens pubescentes. Folhas glabras na face adaxial e pubescentes na face abaxial; estípulas lanceoladas a lineares, foliáceas principalmente nos ramos jovens. Flores com 30-50 estames, flores pistiladas sésseis a pediceladas *C. alchorneicarpus*
 - 3'. Folhas desprovidas de glândulas acropeciulares ou com glândulas basilaminares inconspícuas.

6. Indumento de tricomas estrelados, estrelado-porrectos, estrelado-lepidotos e dendríticos. Folhas com margens serrilhadas; desprovidas de glândulas acropioclulares. Flores com 15-20 estames, flores pistiladas subcampanuladas, reduplicada-valvar. Fruto verrucoso. Sementes lisas. *C. floribundus*

6'. Indumento de tricomas simples, estrelados e dendríticos. Folhas com 2 glândulas basilaminares, inconspícuas. Flores com 10-15 estames, flores pistiladas ampuliformes, imbricadas. Fruto liso. Sementes estriadas *C. organensis*

1. *Croton alchorneicarpus* Croizat, Darwiniana 6: 451. 1944.

Fig. 4a-d

Arvoretas a árvores, 2-10 m alt., látex levemente amarelado a alaranjado; indumento esbranquiçado a ocráceo, com tricomas estrelados, estrelados-porrectos, dendríticos e dendríticos-porrectos. Folhas 4-19 x 2-10 cm, discolores, ovadas a cordadas, ápice longo acuminado, base obtusa a cordada, margem inteira a inconspicuamente serrilhada; indumento glabro na face adaxial, pubescente na face abaxial; nervação pinada, eucamptódroma; pecíolo com 2-16 cm compr., glândulas acropioclulares 2(4), curtamente estipitadas, pateliformes; estípulas lanceoladas a lineares, foliáceas principalmente quando no ápice dos ramos jovens, com 0,5-2 cm comp. Inflorescências 4-18 cm compr.; címulas proximais bissexuais, címulas distais unissexuais (estaminadas); brácteas lineares a lanceoladas; flores estaminadas rotáceas, pediceladas, estames 30-50; flores pistiladas 5-meras, subcampanuladas, subsésseis, sépalas levemente imbricadas; pétalas reduzidas, filiformes; ovário subgloboso, piloso; estiletos 4-fidos, unidos na base. Fruto subgloboso, ca. 1,5 cm compr., piloso; sementes subglobosas, estriadas, ca. 0,5 cm compr.

Material examinado selecionado: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional do Itatiaia, estrada para o Pico das Agulhas Negras, 2200 m, 3.XII.1996, bot., fl., fr., *S.J. Silva Neto et al.* 758 (RB, MBM); 16.XI.2007, , fl., fr., *L.R. Lima, R.R. Rodrigues* 471 (RB, SP). 16.XI.2007, fl., fr., *L. R. Lima, R.R. Rodrigues* 471 (RB, SP); MINAS GERAIS: Parque Nacional do Itatiaia, próximo ao Brejo da Lapa sentido pousadas, 22°20'29.41''S, 44°44'8.31''W, 1996 m, 20.XI.2018, fl., fr., *G.F. Silva et al.* 24 (HUFSP).

Croton alchorneicarpus é endêmico da Serra da Mantiqueira, ocorrendo nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, em Floresta Ombrófila Densa Montana (Santos *et al.* 2017). No PNI é encontrado apenas na parte alta, entre 1200 e 2320 m de altitude.

A espécie foi encontrada no PNI com flores nos meses de janeiro, fevereiro, outubro e novembro, e com frutos nos meses de fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro.

Croton alchorneicarpus foi aqui categorizado como quase ameaçado (NT). Essa classificação difere da classificação vulnerável (VU) estabelecida por Santos *et al.* (2017) e Oliveira (2014), pois foram atribuídos dois novos registros para a espécie, totalizando 13 localidades diferentes no país. Embora a presente avaliação não a qualifique em uma categoria de ameaça, a perda ou a destruição dos habitats em que a espécie ocorre provavelmente a qualificará em futuro próximo.

Croton alchorneicarpus é vegetativamente semelhante a *C. celtidifolius* Baill., o que levou a identificações errôneas em alguns materiais do PNI. Santos *et al.* (2017), listaram um conjunto de caracteres para distinguir ambas as espécies, como a forma das glândulas foliares (curtamente estipitadas em *C. alchorneicarpus* vs. estipitada, rara curtamente estipitadas em *C. celtidifolius*), número de estames (ca. 60 em *C. alchorneicarpus* vs. ca. 50 em *C. celtidifolius*), morfologia das sépalas pistiladas (oval em *C. alchorneicarpus* vs. oval-lanceolada em *C. celtidifolius*) e prefloração (ligeiramente imbricado em *C. alchorneicarpus* vs. valvar em *C. celtidifolius*).

2. *Croton campanulatus* Caruzo & Cordeiro, Brittonia 60 (3): 261. 2008.

Fig. 4e-h

Árvores, 8-10 m alt., látex avermelhado; indumento ferrugíneo, com tricomas lepidotos. Folhas 3-19 x 2-12 cm, discolores, ovais, ápice acuminado, base arredondada a truncada, margem inteira; indumento lepidoto em ambas as faces; nervação pinada, broquidódroma; pecíolo com 0.5-15 cm compr., glândulas acropioclulares 2(4), pateliformes; estípulas lineares a lanceoladas, 0.5-1 cm compr. Inflorescências 2-10 cm compr.; címulas proximais bissexuais e címulas distais unissexuais (estaminadas); brácteas lineares a lanceoladas; flores estaminadas campanuladas, pediceladas, estames 20-25; flores pistiladas 5-meras, campanuladas, subsésseis; sépalas imbricadas; pétalas reduzidas a inconspícuas glândulas ovóides (< 0.1 cm); ovário globoso, lepidoto; estiletos 4-fidos, ligeiramente unidos

na base. Fruto globoso, com aproximadamente 1 cm compr., lepidoto; cálice acrescente, cobrindo os frutos jovens, sementes elipsoides, lisas, ca. 0.5 cm compr.

Material examinado selecionado: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional do Itatiaia, Três Picos, 1200 m, 27.III.1995, fl., *R. Guedes et al. 2536* (RB, SPF, MBM). Ponte do Maromba, 11.VIII.1997, fr., *M.P.M. de Lima, 399, et al.* (SPF, RB); estrada do parque sentido Hotel Simon, 22°26'37.56''S, 44°36'40.46''W, 946 m, 22.XI.2018, fl., *G.F. Silva et al. 40* (HUFSP).

Croton campanulatus é endêmico do maciço do Itatiaia, na Serra da Mantiqueira, nos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (Caruzo & Cordeiro 2013). É encontrado exclusivamente em Floresta Ombrófila Densa Montana na parte baixa do PNI, entre 370 e 1200 m de altitude.

A espécie foi encontrada com flores nos meses de novembro a maio, e com frutos nos meses de abril, maio, agosto, novembro e dezembro.

Croton campanulatus encontra-se na categoria em perigo (EN B2ab [iii]), pois a espécie foi coletada em apenas quatro localidades distantes entre si, portanto, são preocupantes a área e a extensão de ocupação da espécie, especialmente se houver perda da qualidade desses ambientes. A presente classificação está de acordo com as estabelecidas anteriormente por Oliveira (2014) e Santos *et al.* (2017).

Em alguns herbários as coleções de *Croton campanulatus* do PNI foram erroneamente identificadas como *C. salutaris* Casar. De fato, ambas as espécies são semelhantes, mas podem ser distinguidas pelo número de estames (ca. 25 em *C. campanulatus* vs. ca. 15 em *C. salutaris*) e morfologia das flores pistiladas (campanuladas em *C. campanulatus* vs. ampuliforme em *C. salutaris*) (Caruzo *et al.* 2008, Caruzo & Cordeiro 2013, Santos *et al.* 2017).

3. *Croton dichrous* Müll. Arg., Linnaea 34: 105.

Fig. 4i-l

Arbustos, 0.5-2 m alt., látex não observado; indumento prateado, com tricomas lepidotos, raramente simples. Folhas 0.6-4 x 0.4-2 cm, discolores, elípticas, ovais a oval-

lanceoladas, ápice mucronado, base obtusa; margem inteira; indumento glabro ou esparsamente coberto por tricomas simples na face adaxial, lepidoto na face abaxial; nervação pinada, eucamptódroma; pecíolo 0.2-2 cm compr., desprovida de glândulas; estípulas caducas. Inflorescências 0.5-2 cm compr.; címulas proximais pistiladas e címulas distais estaminadas; brácteas lanceoladas; flores estaminadas rotáceas, pediceladas, estames 7-10; flores pistiladas 5-meras subcampanuladas, subsésseis; sépalas valvares; pétalas reduzidas, filiformes; ovário subgloboso, piloso; estiletes 2-fidos, livres. Fruto subgloboso, 0.4-0.8 cm compr., lepidoto; sementes subglobosas, lisas, 0.3-0.5 cm compr.

Material examinado selecionado: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, planalto de Itatiaia, 13.IX.1994, bot., fr., *M.P.M de Lima 287 et al.* (RB, SP, MBM); Resende, Parque Nacional do Itatiaia, trilha do Morro do Couto, 17.X.2017, fl., fr., *G. F. Silva, D. F. Silva, 9* (HUFSP).

Croton dichrous ocorre em campos de altitude do domínio da Mata Atlântica nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Neste último é encontrado apenas em campos de afloramentos rochosos da parte alta no PNI (Lima & Pirani 2008), entre 2000 e 2570 m de altitude.

Foi coletada com flores nos meses de fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, e com frutos nos meses de janeiro a junho, setembro a novembro.

Croton dichrous foi categorizado como de menor preocupação (LC). A espécie foi coletada em 13 localidades diferentes no país, e apesar de serem preocupantes sua área e extensão de ocupação, essas populações não se encontram severamente fragmentadas, o que não a qualifica nas categorias de ameaça no momento. Embora outras populações possam ser encontradas em diferentes áreas protegidas no sudeste do Brasil (p. e. Parque Estadual de Campos do Jordão, em Campos do Jordão, São Paulo), a diminuição da qualidade desses ambientes, representa uma ameaça no futuro. A presente avaliação é igual à classificação estabelecida por Oliveira (2014).

Vários espécimes de *Croton dichrous* foram erroneamente identificados como *C. splendidus* Mart. ex Colla. No entanto, como já apontado por Lima e Pirani (2008), podem ser distinguidas pelo indumento da folha (glabro na superfície adaxial, raramente estrigoso com tricomas simples em *C. dichrous* vs. tomentoso com tricomas estrelados na face adaxial em *C. splendidus*).

4. *Croton floribundus* Spreng., Syst. Veg. [Sprengel] 3: 873. 1826.

Fig. 5a-b

Árvores, 8-12 m alt., látex incolor, indumento esbranquiçado a ocráceo, com tricomas estrelados, estrelado-porrectos, estrelado-lepidotos e dendríticos. Folhas 3.5-26 x 1.5-13 cm, discolores, oval lanceoladas, ápice agudo a acuminado, base obtusa a arredondada, margem inteira; indumento hirsuto na face adaxial, pubescente na face abaxial; nervação pinada, broquidódroma; pecíolo 1-8 cm compr., desprovida de glândulas; estípulas lanceoladas, 0.5-2 cm compr. Inflorescências 5.5-30 cm compr.; címulas proximais pistiladas e címulas distais estaminadas; brácteas lanceoladas; flores estaminadas rotáceas, subsésseis a pediceladas, estames 15-20; flores pistiladas 5-meras, subcampanuladas, subsésseis a pediceladas sépalas reduplicadas-valvares; pétalas reduzidas, filiformes; ovário globoso, estrigoso; estiletos multifidos, unidos na base. Fruto subgloboso, 1-1.5 cm compr., verrucoso, estrigoso; sementes globosas lisas, 0.5-0.6 cm compr.

Material examinado selecionado: BRAZIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional do Itatiaia, bot., *C. Mello s.n.* (RB 66477); lote 30, 24.XII.1942, fl., *s.c.* 1055 (RB 83929); trilha próxima a Casa do Pesquisador, 22°27'2.85''S, 44°36'49.62''W, 786 m, 19.X.2017, bot., *G. F. Silva, D. F. Silva, 18* (HUFSP); beira da estrada do parque sentido piscina do Maromba, 22°26'57.73''S, 44°36'39.38''W, 871 m, 22.XI.2018, fl., *G.F. Silva, 45* (HUFSP).

Croton floribundus é amplamente distribuído no Brasil, popularmente conhecido como capixingui, onde pode ser encontrado nos estados do Tocantins, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná. É uma espécie pioneira, muito comum nas margens de florestas ombrófilas e semidecíduais e em formações secundárias nos domínios da Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado (Caruzo & Cordeiro 2007; Santos *et al.* 2017).

No PNI, essa espécie ocorre apenas na parte baixa, entre 780 e 1100 m de altitude. Vale ressaltar que, embora *Croton floribundus* seja uma espécie muito comum e amplamente distribuída, poucas coleções são conhecidas para a reserva (a maioria delas há mais de 50 anos).

A espécie foi encontrada no PNI com flores nos meses de janeiro, abril e de agosto a dezembro e com frutos nos meses de março a dezembro.

O estado de conservação de *Croton floribundus* foi classificado como menor preocupação (LC), por ser uma espécie amplamente distribuída e muito comum em sua área de ocorrência. A presente avaliação está de acordo com Oliveira (2014) e Santos *et al.* (2017).

Croton floribundus é morfologicamente semelhante a outras espécies arbóreas do gênero que ocorrem no Domínio da Mata Atlântica, no entanto, a espécie pode ser identificada principalmente pela ausência de glândulas peciolares ou basilaminares.

5. *Croton lundianus* (Didr.) Müll. Arg., Prodr. 15(2): 662. 1866.

Fig. 5c-e

Subarbustos, 0.5-0.9 m alt., látex não observado; indumento esbranquiçado com tricomas estrelados e estrelado-porrectos. Folhas 1.8-6.5 x 1-3.5 cm, elípticas a ovais, ápice agudo, base obtusa; margem denteada; indumento glabrescente na face adaxial e pubescente na face abaxial; nervação pinada, craspedódroma; pecíolo 0.3-2 cm compr., glândulas acropetiolares 2(4), pateliformes, estipitadas; estípulas lineares, 0.2-0.6 cm compr. Inflorescências 2-4 cm compr.; címulas proximais pistiladas e címulas distais estaminadas, separadas por uma área sem flores; brácteas lineares; flores estaminadas rotáceas, pediceladas, estames ca. 10; flores pistiladas 5(-6)-meras, campanuladas, subsésseis; sépalas valvares; pétalas reduzidas, filiformes; ovário subgloboso, piloso; estiletes 2-fidos, livres. Fruto subgloboso, 1 cm compr., piloso; sementes globosas, lisas, 0.3-0.4 cm compr.

Material examinado selecionado: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional do Itatiaia, abrigo III, 650 m, 6.XII.1995, fl., fr., *J. M.A Braga et al.* 3040 (RB); 22°27'13.16''S, 44°36'24.96''W, 823 m, 20.X.2017, fl., fr., *G. F. Silva, D. F. Silva, 21* (HUFSP).

Croton lundianus é uma espécie invasora, amplamente distribuída no Brasil. Popularmente conhecida como chá-de-periquito ou gervão-branco, pode ser encontrada em todos os domínios fitogeográficos brasileiros, em locais perturbados e nas bordas das florestas (Caruzo & Cordeiro 2007; *Flora do Brasil 2020* em construção). No PNI, a espécie foi encontrada exclusivamente na parte baixa, na Floresta Ombrófila Densa Montana entre 650 e 950 m de altitude.

A espécie foi coletada no PNI com flores e frutos nos meses de maio e outubro a dezembro.

O estado de conservação de *Croton lundianus* foi considerado como de menor preocupação (LC), uma vez que a espécie é amplamente distribuída e muito comum em sua área de ocorrência, e essa classificação corresponde àquela estabelecida por Oliveira (2014).

Frequentemente, *Croton lundianus* é confundido com *C. glandulosus* L., outra espécie invasora muito comum. Ambas as espécies são semelhantes, mas podem ser facilmente distinguidas de acordo com Caruzo (2005) pela posição das címulas ao longo das inflorescências (contíguas em *C. glandulosus* vs. separadas por uma área sem flores em *C. lundianus*), tipo de glândulas do pecíolo (sésil a subsésil em *C. glandulosus* vs. curtamente estipitada a estipitada em *C. lundianus*) e pedicelo das flores estaminadas (sésil a subsésil em *C. glandulosus* vs. pedicelada em *C. lundianus*).

6. *Croton organensis* Baill., Adansonia 4: 325. 1864.

Fig. 5f-h

Árvores, 8-10 m alt., látex incolor; indumento castanho com tricomas simples, estrelados e dendríticos. Folhas 9-28 x 3-11 cm, discolores, oval-lanceoladas a elípticas, ápice acuminado, raramente agudo, base cordada, obtusa a cuneada, margem inconspicuamente serrada, indumento pubescente na face adaxial, densamente pubescente na face abaxial; nervação pinada, eucamptódroma; pecíolo 1-3 cm compr., glândulas basilaminares 2, inconspícuas; geralmente cobertas por tricomas estrelados, estípulas lineares, 1-2 cm compr. Inflorescências 15-30 cm compr.; címulas proximais bissexuadas e címulas distais unissexuais (estaminadas; brácteas lineares a lanceoladas; flores estaminadas rotáceas, pediceladas, estames 10-15; flores pistiladas 5-meras, ampuliformes, pediceladas; sépalas imbricadas; pétalas ausentes; ovário globoso, piloso; estiletos multifidos, unidos na base. Fruto elipsoide, 1-2 cm compr., pubescente; sementes costadas, 0.8-0.9 cm compr.

Material examinado selecionado: BRAZIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional do Itatiaia, 22°25'36"S, 44°37'5"W, 1054 m, 8.II.2015, fl. e fr., *R.G. Barbosa-Silva 440 et al.* (RB, SP); próximo ao Centro de visitantes, piscina do Maromba, 22°25'44.78"S, 44°37'11.19"W, 1130 m, 22.XI.2018, fl., *G.F. Silva et al. 42* (HUFSP).

Croton organensis é endêmico do domínio da Mata Atlântica, ocorre em Florestas Ombrófilas montanas da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, localizadas no sudeste do Brasil (Caruzo & Cordeiro 2013; Santos *et al.*, 2017). No PNI a espécie foi encontrada exclusivamente na parte baixa, entre 650 e 1130 m de altitude.

A espécie foi coletada com flores nos meses de fevereiro, outubro e novembro e com frutos nos meses de fevereiro a março.

Croton organensis Baill. foi classificado como menor preocupação (LC), considerando a sua extensão de ocorrência e que as populações não se encontram severamente fragmentadas. Ressalta-se que muitas de suas populações são encontradas em áreas protegidas (p. e. Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Teresópolis, Rio de Janeiro), e essa avaliação confirma a estabelecida por Oliveira (2014) e Santos *et al.* (2017).

7. *Croton vulnerarius* Baill., Adansonia 4: 328. 1864.

Fig. 5i-1

Arvoretas a árvores, 3-10 m alt., látex avermelhado; indumento ocráceo com tricomas estrelados, adpresso-estrelados e dendríticos. Folhas 6.5-23.5 x 4-14 cm, discolors, ovais a cordiformes, ápice acuminado a longamente acuminado, base cordada a obtusa, margem inconspicuamente serrada; indumento piloso na face adaxial, densamente piloso na face abaxial; nervação pinada, broquidódroma; pecíolo 1.5-9.5 cm compr., glândulas acropetiolares 2(4), pateliformes, estipitadas; estípulas lineares a lanceoladas, 0.5-2 cm compr. Inflorescências 5-30 cm compr.; címulas proximais bissexuadas e címulas distais unissexuais (estaminadas; brácteas lineares a lanceoladas; flores estaminadas rotáceas, pediceladas, estames 90-120; flores pistiladas 5-meras, subcampanuladas, subsésseis; sépalas imbricadas; pétalas reduzidas, filiformes; ovário subgloboso, estrigoso; estiletos multifidos, unidos na base. Fruto subgloboso, 1-1.5 cm compr., glabro; sementes elipsoides estriadas, 0.6 cm compr.

Material examinado selecionado: BRASIL. RIO DE JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional do Itatiaia, estrada para o abrigo Macieiras, 22°15';22°28'S, 44°34'; 44°45'W, 1300 m, 21.V.1996, fl., S.J.S Neto *et al.* 741 (RB, SP, MBM); estrada para a piscina do Maromba, ao longo da estrada, 22°26'10", 44°36'49,4", 950 m, 6.II.2006, fl., fr., R. Riina *et al.* 1524 (SP);

próximo ao Centro de visitantes, piscina do Maromba, 22°25'44.78''S, 44°37'11.19''W, 1130 m, 22.XI.2018, bot. e fr., *G.F. Silva et al.* 43 (HUFSP).

Croton vulnerarius é endêmico da Mata Atlântica brasileira, popularmente conhecido como sangue-de-boi, ocorre em florestas ombrófilas e semidecíduas (Santos *et al.* 2017). Foi encontrado apenas na parte baixa da reserva, entre 650 e 1300 m de altitude.

Foi coletado no PNI com flor, nos meses de fevereiro a abril, julho e agosto, e com frutos, nos meses de fevereiro, março e setembro a novembro.

O estado de conservação de *Croton vulnerarius* foi classificado como de menor preocupação (LC), considerando a sua extensão de ocupação e pelas populações não se encontrarem severamente fragmentadas. Muitas dessas populações crescem em áreas protegidas no sudeste do Brasil (p. E. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo - SP), assim, essa classificação está de acordo com as estabelecidas por Oliveira (2014) e Santos *et al.* (2017).

Algumas coleções de *Croton vulnerarius* do PNI foram identificadas como *Croton novi-friburgi* Müll.Arg. e *C. hecatonandrus* Müll.Arg. No entanto, ambas as espécies foram recentemente sinonimizadas sob *Croton vulnerarius* (Santos *et al.* 2017), o que aceitamos e seguimos neste estudo. Na *Flora brasiliensis*, Müller (1873) utilizou, basicamente, a morfologia das flores pistiladas e o tipo de indumento para diferenciar essas espécies (Webster 1993), contudo, essas características se sobrepõem entre *C. vulnerarius*, *C. novi-friburgi* e *C. hecatonandrus*, não sendo suficiente para tratá-las como táxons distintos (ver Tabela 2).

Tabela 2: Comparação entre *Croton vulnerarius*, *C. novi-friburgi* e *C. hecatonandrus*

Caracteres/ Espécie	<i>C. vulnerarius</i>	<i>C. novi friburgi</i>	<i>C. hecatonandrus</i>
Indumento	tricomas estrelados	tricomas estrelados, estrelado-fasciculados	tricomas estrelados, estrelado-porrectos
Folhas	ovais a cordiformes, ápice acuminado a longamente acuminado, base cordada a obtusas	ovais a cordiformes, ápice acuminado, base arredondada	ovais, ápice cuspidado a acuminado, base arredondada a cordada
Lâmina	12 x 6-7 cm	12-20 x 5-9 cm	15-18 x 8-9 cm
Pecíolo	1-7 cm	3-9 cm	1-5 cm

Caracteres/ Espécie	<i>C. vulnerarius</i>	<i>C. novi friburgi</i>	<i>C. hectanondrus</i>
Glândulas peciolares	2(4) estipitadas	2(4) estipitadas	4 estipitadas
Estípulas	subuladas	linear-subuladas	lineares-lanceoladas
Número de estames	ca. 100	ca. 100	100-120
Flores (♀)	séssil	séssil	subséssil
Lobos cálice (♀)	ovais	ovais a oblongos	oval-lanceolado
Estiletos	4-fidos	3-4-fidos	4-fidos

Agradecimentos

Agradecemos ao Sr. Léo Nascimento, gerente do Parque Nacional do Itatiaia, por todo o apoio durante os trabalhos de campo. Também agradecemos a todos os herbários citados por nos dar acesso às suas coleções.

Referências

- Berry PE, Hipp AL, Wurdack KJ, van Ee B & Riina R (2005) Molecular phylogenetics of the giant genus *Croton* and tribe Crotoneae (Euphorbiaceae sensu stricto) using ITS and trnL-trnF DNA sequence data. *American Journal of Botany* 92(9): 1520–1534.
- Barreto CG, Campos JB, Roberto DM, et al. (2013) Plano de Manejo: Parque Nacional do Itatiaia - Encarte 3. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).
- BFG - The Brazil Flora Group (2015) Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66: 1085–1113.
- BFG - The Brazil Flora Group (2018) Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia* 69: 1513–1527.
- Burger W & Huft M (1995) Flora Costaricensis. *Fieldiana Botany* 36: 1–169.
- Caruzo MBR (2005) Estudo taxonômico e biogeográfico do gênero *Croton* L. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- Caruzo MBR & Cordeiro I (2007) Sinopse da tribo Crotoneae Dumort. (Euphorbiaceae s.s.) no Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 34: 571–585.
- Caruzo MBR, Riina R, Cordeiro I & Berry PE (2008) *Croton campanulatus* (Euphorbiaceae s.s.), a new species from the Brazilian Atlantic rain forest. *Brittonia* 60: 261–264.
- Caruzo MBR, van Ee BW, Cordeiro I, Berry PE & Riina R (2011) Molecular phylogenetics and character evolution of the “sacaca” clade: Novel relationships of *Croton* section *Cleodora* (Euphorbiaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 60: 193–206.
- Caruzo MBR & Cordeiro I (2013) Taxonomic revision of *Croton* section *Cleodora* (Euphorbiaceae). *Phytotaxa* 121: 1–41.

- Filgueiras TS, Brochado AL, Nogueira PE & Guala II GF (1994) Caminhamento - um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. *Cadernos de Geociências* 2: 39-43.
- Flora do Brasil 2020 under construction. Available at <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Accessed on 04 May 2018.
- Gomez-Pompa A (1971) Possible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotropica* 3: 125-135.
- Govaerts R, Frodin DG, Radcliffe-Smith A (2000) World checklist and bibliography of Euphorbiaceae (and Pandaceae), 2. Royal Botanic Gardens, Kew. 420p.
- Hickey LJ (1973) Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany* 60: 17–33.
- IBGE (2012) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, Manuais Técnicos de Geociências, 1. 271p.
- JSTOR Global Plants. Available at <<https://plants.jstor.org/>>. Access provided by Federal University of Sao Paulo. Accessed on 17 June 2019.
- Lima LR & Pirani JR (2008) Revisão taxonômica de *Croton* sect. *Lamprocroton* (Müll. Arg.) Pax (Euphorbiaceae s.s.). *Biota Neotropica* 8: 177–231.
- MMA/ICMBIO (2013) Ministério do Meio Ambiente/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Plano de Manejo do Parque Nacional do Itatiaia. Vol 1; encartes 1, 2, 3 e 4. Brasília.
- Mori SA, Silva LAM, Lisboa G & Coradin L (1989) Manual de manejo do herbário fanerogâmico. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus. 2 ed. 104p.

- Oliveira AS (2014) Euphorbiaceae. Catálogo das espécies de plantas vasculares e briófitas do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at <<http://florariojaneiro.jbrj.gov.br>> Accessed on 04 May 2018.
- Radcliffe-Smith A (2001) Genera Euphorbiacearum. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Radford AE, Dickison WC, Massey JR & Bell CR (1974) Vascular Plant Systematics. Harper & Row Publishers, New York. 891pp.
- Reflora - Herbário Virtual. Available at <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>> Accessed on 20 May 2019.
- Riina R, Berry PE & van Ee BW (2009) Molecular Phylogenetics of the Dragon's Blood *Croton* Section *Cyclostigma* (Euphorbiaceae): A Polyphyletic Assemblage Unraveled. The American Society of Plant Taxonomists, Systematic Botany, 34(2):360-374.
- Santos RF, Riina R & Caruzo MBR (2017) Diversity of arborescent lineages of Crotonaeae (Euphorbiaceae) in the Brazilian Atlantic Rain Forest. Plant Systematics and Evolution 303: 1467–1497.
- SpeciesLink network. Available at < <http://www.splink.org.br/>>. Accessed on 20 May 2019.
- Thiers B (2018) [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available at <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Accessed on 27 May 2019.
- TROPICOS. Available at < <https://www.tropicos.org/>>. Accessed on 16 June 2019.
- van Ee BW, Berry PE & Riina R (2011) A revised infrageneric classification and molecular phylogeny of New World *Croton* (Euphorbiaceae). Taxon 60: 791–823.
- Webster GL (1993) A Provisional Synopsis of the Sections of the Genus *Croton* (Euphorbiaceae). Taxon 42: 793–823.

Webster GL, Del-Arco-Aguilar MJ & Smith BA (1996) Systematic distribution of foliar trichome types in *Croton* (Euphorbiaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 121: 41–57.

Lista de exsicatas

C. 100 (1); J. s/n (RB62075) (6); **Andrade, S.** 171 (2); **Angeli, C.** 55 (3); **Araujo, G. M.** 709 (4); **Barbosa-Silva, R. G.** 420 (1); 440 (6); **Barros, W. D.** 157 (6), 305 (7), 430 (6); **Barth, O. M.** I201 (7), I51 (4); **Bautista, H. P.** 292 (3); **Bernacci, L. C.** 1307 (4); **Brade, A. C.** s/n (HB25451) (6), (HB25460) (3); **Braga, J. M. A.** 1987 (2), 3040 (5), 3285 (6); **Camerih, A. M.** 26 (3); **Cardoso, J.** 235 (3); **Caruzo, M. B. R.** 92 (5), 122 (6), 123 (2), 185 (7), 187 (1), 196 (3); **Castellanos, A.** 21890 (7), 23330 (3); **Cervi, A.C.** 9611 (3); **Cordeiro, I.** 2990 (1), 2991 (3); **Duarte, A.** (RB60829) (2); **Eiten, G.** 6558 (3), 6676 (3); **Emmerich, M.** s/n (R158351) (7); **Ferreira, V. F.** 157 (2); **Forzza, R. C.** 3726 (3); **Fromm, E.** 144 (3); **Gehrt, G.** (SP4642) (4); **Giovane, L.** 34 (1); **Glaziou, s/n** (RB82954) (7); **Goes, M.** 124A (4); **Guedes, R.** 2536 (2); **Guedes, R. G.** 2306 (1); **Heringer, E. P.** 157 (4); **Keith, S.** 14531 (7); **Kuhlmann, M.** 254 (4); **Landrum, L. R.** 2109 (3), 2125 (3); **Lima, H. C.** 5769 (7), 6468 (3); **Lima, L. R.** 180 (5), 471 (1), 472 (3); **Lima, M. P. M.** 287 (3), 399 (2), 406 (3); **Lindeman, J.** 4119 (3), 5595 (3); **Lindeman, J. C.** 4202 (6), 5177 (3), 5586 (5); **Lobão, A.** 1735 (6); **Maas, P. J. M.** 3166 (5), 3191 (3), 3225 (7), 4119 (3); **Magnanini, C.** 122 (5); **Maia, V. F.** (R232953) (4); **Markgrat,** 3696 (3); **Martinelli, G.** 1078 (3), 7763 (3); **Mattos, J.** 8646 (4), 15200 (4); **Mello, C.** s/n (RB66479) (2), (RB66477) (4), (RB66478) (7); **Mourão, C.** 2908 (4); **Nadruz, M.** 3275 (1); **Nicolau, S. A.** 234 (3); **Occhioni, P.** 801 (2), 805 (5), 820 (1), 1477 (1), 8142 (2), 8153 (7), 8208 (1), 8682 (3), 8736 (1), 8941 (2), 9206 (1); **Oliveira, F.** 420 (3); **Pabst, G.** 8920 (3); **Pereira, C.** s/n (RFA18714) (1); **Pereira, E.** 44 (7), 55 (7), 6974 (2), 7574 (3); **Porto, C.** 2687 (3), 2715 (3); **Porto, P. C.** 2091 (3); **Porto, P. C.** s/n (RB20759) (3); **Povade,** 14650 (2); **Rawitscher, s/n** (SPF00016201) (2), (SPF00019652) (7); **Riina, R.** 1526 (1), 1527 (1), 1529 (1), 1523 (7), 1524 (7); **Rodrigues, E. H. A.** 8 (4); **S/col,** 1055 (4), (RB507481) (2); **Sampaio, A.** 4783 (7); **Santos, N.** 20 (3); **Santos, R. F.** 45 (2), 46 (2), 47 (7), 48 (2), 52 (6), 53 (1), 54 (1); **Santos, T. S.** 1395 (4); **Silva, G. F.** 1 (1), 2 (1), 3 (3), 4 (3), 5 (3), 6 (3), 7 (3), 8 (3), 9 (3), 10 (3), 11 (3), 12 (1), 13 (1), 14 (1), 15 (2), 16 (4), 17 (2), 18 (4), 20 (2), 21 (5), 22 (1), 23 (1), 24 (1), 25 (1), 26 (1), 27 (1), 28 (3), 29 (3), 30 (3), 31 (1), 32 (6), 33 (1), 34 (2), 35 (7), 36 (5), 37 (5), 38 (5), 39 (5), 40 (2), 41 (2), 42 (6), 43 (7), 44

(4), 45 (4); **Silva Neto, S. J.** 321 (7), 741 (7), 750 (7), 758 (1), 785 (6); **Silva Neto, S. J.** s/n (HB93705) (1); **Silvestre, M. S. F.** 83 (3); **Smith, C.** s/n (SP33218) (4); **Soares e Silva, I. H.** 171 (4); **Stickney, F.** 13 (3); **Strang, H.** 762 (3); **Sucre, D.** 5135 (3); **Sylvestre, L.** 9 (5), 912 (6); **Tamashiro, J. Y.** 604 (4); **Toledo, J.** 1959 (3); **Viegas, G. P.** 2379 (4).



Figura 4: a-d. *Croton alchorneicarpus* - a. frutos imaturos; b. flor estaminada; c. glândulas acropetolares; d. inflorescência com flores estaminadas e frutos. e-g. *C. campanulatus* - e. inflorescência com flores estaminadas; f. flor estaminada; g. glândulas acropetolares; h. látex avermelhado. i-l. *C. dichrous* - i. fruto e flor estaminada; j. flor pistilada; k. superfície adaxial glabra ou escassamente coberta por tricomas simples; l. superfície adaxial lepidota. Fotos G.F. Silva, exceto a-b./e-h. S. S. Silva.



Figura 5: a-b. *Croton floribundus* - a. flores pistiladas; b. desprovida de glândulas. c-e. *C. lundianus* - c. frutos; d. inflorescência com flores estaminadas; e. glândulas acropetolares. f-i. *C. organensis* - f. flores pistiladas; g. flor estaminada; h. frutos. i-l. *C. vulnerarius* - i. fruto imaturo; j. flor estaminada; k. glândulas acropetolares; l. látex avermelhado. Fotos G.F. Silva, exceto a-e. S.S. Silva.

Capítulo II. Uso da modelagem de nicho ecológico na predição dos padrões de distribuição futura das espécies de *Croton* L. (Euphorbiaceae) ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia, Brasil

Silva, Gilce F.¹; Caruzo, Maria Beatriz R.¹; Sobral-Souza, Thadeu².

¹ Universidade Federal de São Paulo; ² Universidade Federal de Mato Grosso

Manuscrito a ser submetido para publicação na revista Acta Botanica Brasilica.

Resumo

As mudanças climáticas futuras estão entre as principais ameaças a biodiversidade global. O estabelecimento de unidades de conservação tem sido uma estratégia amplamente utilizada para a proteção da biodiversidade, contudo, essas áreas são geograficamente e temporalmente estáticas, não acompanhando a modificação da distribuição potencial das espécies frente às mudanças climáticas futuras. Nesse sentido, a inferência dos padrões de distribuição de espécies tem sido demonstrada como uma forma eficiente de deduzir as dinâmicas na distribuição potencial das espécies em cenários climáticos futuros e têm servido como forma de avaliar a eficácia das atuais áreas protegidas na manutenção da biodiversidade. Aqui, nós inferimos o efeito das mudanças climáticas futuras sobre a distribuição das espécies do gênero *Croton* no Parque Nacional do Itatiaia (PNI) para os anos de 2050 e 2070, perante o cenário de emissão de carbono (RCP 8.5). Os pontos de ocorrência das sete espécies de *Croton* ocorrentes no PNI, as arbóreas *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. floribundus*, *C. organensis* e *C. vulnerarius*, e as arbustivas *C. dichrous* e *C. lundianus*, foram obtidos diretamente de coleções de herbários e bancos virtuais (p.e. *SpeciesLink*). Para a construção dos modelos de nicho foram utilizadas as variáveis bioclimáticas, de solo e de relevo, e para a inferência da distribuição geográfica atual e futura de cada uma das espécies utilizou-se a técnica de *ensemble* dos algoritmos Bioclim, *Maximum Entropy* (MaxEnt), *RandomForest* e *Support Vector Machines* (SVM). Nossos resultados sugerem que haverá redução das áreas climaticamente adequadas para todas as espécies estudadas, incluindo perda de adequabilidade em algumas regiões dentro do PNI. No futuro ainda são inferidas áreas climaticamente adequadas para as espécies estudadas dentro do PNI, e nossos resultados indicam que algumas destas espécies poderão ficar restritas a pequenas regiões dentro do parque devido à perda de áreas adequadas fora do PNI. Os resultados do presente trabalho poderão contribuir para a elaboração de estratégias voltadas a aprimorar a gestão e o manejo da biodiversidade do PNI.

Palavras-chave: biodiversidade, unidades de conservação, modelos de distribuição de espécies, mudanças climáticas.

Abstract

Future climate change is a major threat to global biodiversity. The establishment of protected areas has been a widely used strategy to protect biodiversity, however, these areas are geographically and temporally static, not following changes in species potential distribution under the future climate change. In this sense, the inference of species distribution patterns has been demonstrated an efficient way to deduce dynamics in the potential distribution of species in future climate scenarios and have served as a way of assessing the effectiveness of current protected areas in maintaining biodiversity. Here we infer the effect of future climate change on the distribution of *Croton* species in the Itatiaia National Park (INP) for the years 2050 and 2070 against the carbon emission scenario (RCP 8.5). The occurrence points of the seven INP *Croton* species, the trees *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. floribundus*, *C. organensis*, and *C. vulnerarius*, and shrubs *C. dichrous* and *C. lundianus*, were obtained directly from herbarium collections and virtual databases (e.g. SpeciesLink). To construct the niche models, the bioclimatic, soil and relief variables were used, and to infer the current and future geographic distribution of each species we used the algorithm ensemble technique the Bioclim, Maximum Entropy (MaxEnt), RandomForest and Support Vector Machines (SVM). Our results suggest that there will be a reduction in climatically appropriate areas for all species studied, including loss of suitability in some regions within the INP. In the future, climatically appropriate areas are still inferred for the species studied within the INP, and our results indicate that some of these species may be restricted to small regions within the park due to the loss of adequate areas outside the INP. The results of this work may contribute to the elaboration of strategies aimed at improving the management and management of the biodiversity of the INP.

Key-words: biodiversity, protected areas, species distribution models, climate changes.

Introdução

O aquecimento global tem causado a modificação do padrão de distribuição de muitas espécies, com o aumento da ocorrência de espécies invasoras e alteração da distribuição das espécies (Bellard *et al.* 2014), o que resulta na diminuição da diversidade funcional e filogenética. Os impactos causados pelas mudanças na distribuição das espécies resultam também em efeitos diretos no funcionamento dos ecossistemas (Pecl *et al.* 2017).

Uma das estratégias amplamente utilizada na proteção da biodiversidade tem sido o estabelecimento de unidades de conservação. Embora o método mais comum para definição de uma Unidade de Conservação (UCs), seja de que elas devem abranger áreas com maior diversidade de espécies (Cabeza & Moilanen, 2001), o presente cenário de altas taxas de perda de habitat, fragmentação e mudanças climáticas, exigem novas abordagens (Araújo *et al.* 2011).

Dentre as formas de avaliação da eficiência das UCs na proteção da biodiversidade em cenários de mudanças climáticas, está o uso da modelagem de nicho ecológico (*Ecological Niche Modeling* - ENM) (Onal & Briers, 2002; Cabeza, 2003; Cabeza *et al.* 2004), que utiliza dados de distribuição de muitas espécies para vários cenários climáticos futuros, e os sobrepõe, permitindo assim, identificar as áreas com altas taxas de riqueza, portanto os locais adequados para implantação de áreas protegidas (Araújo *et al.* 2004; Loyola *et al.* 2012), e a delimitação de Áreas Climaticamente Estáveis (*Climatically Stable Areas* - CSA), conforme propostas por Terribile *et al.* (2012). As CSAs são delineadas para identificar locais adequados à ocorrência de espécies em condições climáticas passadas, presentes e futuras (Terribile *et al.* 2012).

Segundo o último levantamento disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (CNUC/MMA, 2019), existem no Brasil 2.309 Unidades de Conservação. Dentre essas unidades de conservação está o Parque Nacional do Itatiaia (PNI), o primeiro e um dos mais importantes do país, criado em 1937 e localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Maurenza *et al.* 2018). O parque abriga uma rica biodiversidade e, mesmo com os diversos estudos florísticos já realizados (p.e. Lima & Guedes-Bruni 2004; Morim 2006; Monteiro & Guimarães 2008; Mezabarba *et al.* 2013), novas espécies ainda vem sendo descritas para a região (p.e. Caruzo *et al.* 2008; Pessoa & Alves 2015; Barberena & Gonzaga 2016).

As Euphorbiaceae estão entre as dez mais diversas com aproximadamente 950 espécies distribuídas em todos os domínios fitogeográficos. *Croton* L. o gênero mais representativo da família na flora brasileira é o quarto mais diverso dentre as Angiospermas ocorrentes no país (BFG 2015; *Flora do Brasil 2020*, em construção).

Está representado por cerca de 300 espécies, dentre as quais aproximadamente 240 são endêmicas a algumas regiões no país. No PNI ocorrem sete espécies do gênero, são elas: *C. alchorneicarpus* Croizat, *C. campanulatus* Caruzo & Cordeiro, *C. dichrous* Müll.Arg., *C. floribundus* Spreng., *C. lundianus* (Didr.) Müll.Arg., *C. organensis* Baill. e *C. vulnerarius* Baill. (Silva & Caruzo, *in prep.*).

As variáveis abióticas, tais como topografia (Oliveira-Filho *et al.* 1994), tipo de solo (Kotchetkoff-Henriques *et al.* 2005), drenagem (Arasato *et al.* 2009), ou bióticas, como as interações com as demais espécies podem determinar a estrutura de uma comunidade de plantas (José-Silva *et al.* 2018). De acordo com Rêgo *et al.* (2017), ao longo de um gradiente topográfico, as sementes do gênero do *Croton* apresentaram uma variabilidade de características biométricas em resposta às mudanças locais ambientais; Caruzo (2010) sugeriu que fatores edáficos (“tipos de solo”) devem desempenhar um papel fundamental na distribuição de espécies de *Croton*.

Assim, o presente trabalho teve como objetivos: 1) inferir o possível impacto das mudanças climáticas futuras na distribuição e conservação das espécies de *Croton* que ocorrem no PNI; e 2) determinar a importância do PNI na conservação das espécies. Para isso, as seguintes hipóteses foram testadas: 1) a variação altitudinal na área do PNI está diretamente relacionada à distribuição das espécies de *Croton* no local; 2) as mudanças climáticas futuras terão um impacto negativo de diminuição de área de ocorrência e de eficiência de conservação e 3) o PNI tem fundamental importância na conservação das espécies, principalmente daquelas com distribuição mais restrita.

Material e métodos

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI) está localizado no sudeste do Brasil, na fronteira dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, e está administrativamente dividido em parte alta e parte baixa (Fig. 1). As altitudes dentro do parque variam de 540 a 2791 metros, e as

declividades predominantes variam de 30 a 47%. Na área do Parque predominam cinco ordens de solos: o cambissolo (encostas); neossolo litólico (áreas mais elevadas, e/ou, com declividades mais acentuadas); argissolo, nitossolo e o latossolo que ocorrem em áreas relativamente planas do parque. A temperatura média na região varia entre 8° a 13°C, e a precipitação média anual é de 149 mm a 215 mm (Barreto *et al.* 2013).

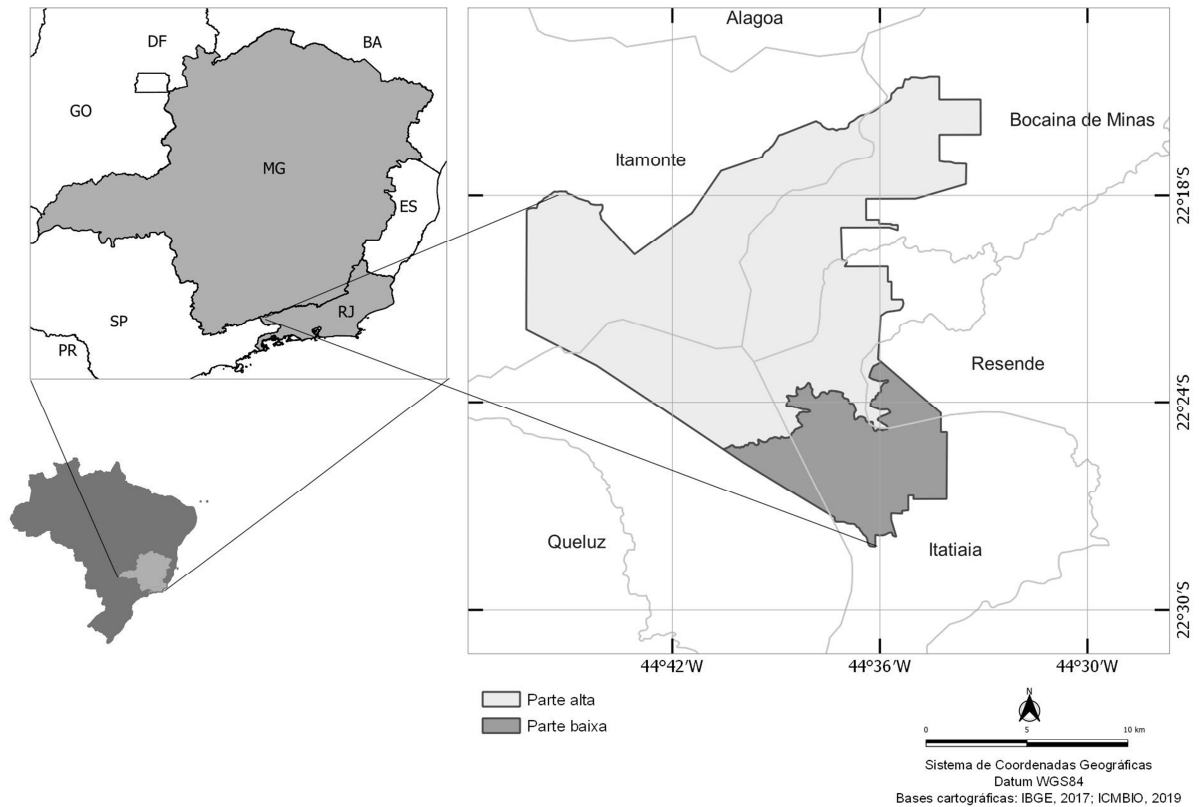


Figura 1: Localização do Parque Nacional do Itatiaia.

Como os modelos de nicho são baseados no conceito de nicho ecológico, os modelos devem ser construídos com todos os pontos de ocorrência conhecidos das espécies e englobar uma área de modelagem capaz de prever a dispersão da espécie ao longo do tempo (veja Barve *et al.* 2011). Logo, a maioria das espécies que ocorrem no Parque Nacional do Itatiaia possuem ocorrências conhecidas para além do PNI e, portanto, os modelos foram construídos com a delimitação geográfica do Brasil. Para a caracterização do gradiente climático encontrado no Brasil, foram utilizadas as variáveis bioclimáticas obtidas no WorldClim - *Global Climate Data version 2* (Fick & Hijmans 2017), com resolução de 30 arco-segundo (~1km x 1km no equador).

As variáveis climáticas do futuro foram obtidas a partir do AOGCMs (*Atmosphere-Ocean Global Circulation Models*) CCSM4 (*Community Climate System Model version 4*)

gerados pelo CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*), e foi selecionado o cenário de aquecimento global RCP 8.5 (Fick & Hijmans 2017).

Embora o objetivo do estudo seja mapear o efeito das mudanças climáticas no padrão de distribuição das espécies do gênero *Croton* ocorrentes no PNI, realizamos simulações com o incremento de variáveis ambientais que considerassem as características físico-químicas do solo e do relevo (declividade e elevação), uma vez que Croizat (1940, 1941) apontou que devido a sua variabilidade genética o gênero apresenta grande plasticidade morfológica intraespecífica quando exposto a duas principais interações com ambiente : as variações altitudinais e os fatores edáficos. Assim, para verificar a acurácia das predições atuais da distribuição potencial dessas espécies foram incluídas tais variáveis nos modelos (com resolução de 1km x 1km) a fim de compará-los com os modelos construídos somente com variáveis bioclimáticas. Dessa forma, uma das finalidades da modelagem de distribuição de espécies é verificar quais variáveis ambientais são mais importantes para as espécies cuja distribuição está sendo modelada.

As variáveis de solo foram obtidas no SoilGrids (<https://soilgrids.org>), e contemplam as seguintes características físico-químicas: Densidade a granel (terra fina) em kg m^{-3} (Bulk density); Teor de argila (0-2 micrômetros) fração de massa em % (Clay); Teor de areia (50-2000 micrômetros) fração de massa em % (Sand); Teor de carbono orgânico no solo (fração de terra fina) em g kg^{-1} (Organic carbon); pH do solo x10 em H_2O (pH); nas profundidades de 30cm (para as espécies arbustivas) e 1m (para as espécies arbóreas). As variáveis de relevo foram obtidas no EarthEnv (<http://www.earthenv.org/topography>), e consideram as seguintes características: Elevação (elevation); e Inclinação (slope); ambas com a resolução (1km x 1km).

Visto que as variáveis disponíveis possuem altas correlações entre si (Peterson *et al.* 2011), antes de gerar os modelos foi realizada a análise fatorial (Dias *et al.* 2007; Silva *et al.* 2012; Sobral-Souza *et al.* 2015) para a seleção das variáveis bioclimáticas que melhor explicam a variação climática com baixa correlação entre si, e para seleção das variáveis de solo e relevo foi utilizada a análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*). Todas as variáveis bioclimáticas (presente e futuro) e ambientais foram recortadas para mesma extensão utilizando os pacotes raster (Hijmans 2019) e rgdal (Bivand *et al.* 2019) para o R (Core Team 2019).

Para os pontos de ocorrência utilizou-se os registros de ocorrências georreferenciados das espécies encontradas no parque, obtidos das coleções depositadas nos herbários (Silva & Caruzo, *in prep.*) e dos bancos de dados speciesLink e do Jabot (Banco de Dados da Flora Brasileira), todas com um mínimo de 10 registros de ocorrências, já que os modelos são sensíveis a poucos pontos de ocorrência (Peterson *et al.* 2011, porém veja Pearson *et al.* 2007). Para os registros que não havia coordenadas geográficas da sua localização, se utilizou a coordenada centróide oficial do município, obtidas do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dessa forma, foi considerado somente um ponto de ocorrência da espécie por localidade. Na impossibilidade de confirmar a identificação do material examinado, o mesmo foi excluído do presente estudo.

Para inferir a distribuição potencial das espécies estudadas utilizou-se os algoritmos pertencentes às três classes de modelos: i) somente presença - Bioclim (Nix 1986); ii) de presença/*background* - *Maximum Entropy* – MaxEnt (Phillips & Dudík 2008) e *Support Vector Machines* (SVM) (Tax & Duin 2004); e iii) de presença e ausência RandomForest (Breiman 2001). Por fim, todos os modelos foram calibrados para o presente e projetados para o futuro (2050 – 2070 RCP 8.5 separadamente).

Para avaliar os modelos gerados, os pontos de ocorrência foram aleatorizados em dois grupos, treino e teste, que contêm 70% e 30% dos pontos de ocorrência, respectivamente. Contudo, os dois grupos são subconjuntos de um mesmo conjunto de dados (pontos de ocorrência), assim, realizou-se a aleatorização dos grupos cinco vezes por meio da técnica de *bootstrap*, como forma de diminuir a correlação entre os dados (Peterson *et al.* 2011). Sendo assim, foram gerados no total 60 modelos diferentes para cada espécie (5 aleatorizações x 4 algoritmos x 1 RCP x 3 períodos temporais). Após gerar os modelos, foram estimados os valores de corte (*threshold*) de cada modelo para cada espécie, como forma de transformá-los em mapas de presença e ausência, a partir do valor de máxima sensibilidade e especificidade. Utilizou-se esse *threshold*, pois ele maximiza os acertos de presença e de ausência (Liu *et al.* 2016). Depois de gerados os mapas de frequência para cada espécie, usamos os valores de LPT (*Lowest Presence Threshold*) para transformá-los em presença e ausência de cada espécie. Para avaliar cada um dos modelos gerados, estimou-se os valores de TSS (*True Skill Statistic*). Os valores de TSS variam de -1 a 1, onde valores negativos ou próximos a 0 indicam que os modelos não são estatisticamente diferentes de modelos gerados aleatoriamente e valores próximos de 1 indicam modelos excelentes, mas, assumiu-se que valores acima de 0.5 são considerados adequados (Allouche *et al.* 2006).

Após usar os *threshold*, foram obtidos os mapas de adequabilidade para cada espécie, utilizando a técnica de *ensemble* (Araújo & New 2007). Deste modo, primeiramente foram concatenados os cinco mapas dentro de cada algoritmo (réplicas), depois os quatro mapas resultantes de cada algoritmo em um único mapa, e por fim, foram concatenados dentro dos cenários propostos. Dessa forma, os valores de cada célula dos mapas consenso variou de 0 a 1 demonstrando a frequência com a qual cada célula foi predita como adequada entre os modelos gerados (veja Sobral-Souza *et al.* 2015).

As análises estatísticas e os modelos foram construídos no software livre RStudio versão 3.6.0, utilizando os pacotes: caret (Kuhn *et al.* 2019), colorRamps (Keitt 2012), corrplot (Wei & Simko 2017), data.table (Dowle & Srinivasan 2019), dismo (Hijmans *et al.* 2017), factoextra (Kassambara & Mundt 2017), FactoMineR (Le *et al.* 2008), kernlab (Karatzoglou *et al.* 2004), pacman (Rinker & Kurkiewicz 2017), psych (Revelle 2018), purrr (Henry & Wickham 2019), randomForest (Liaw & Wiener 2002), raster (), rJava (Urbanek 2019), RStoolbox (Leutner *et al.* 2019), tidyverse (Wickham 2017), usdm (Naimi *et al.* 2014), viridis (Garnier 2018) e os mapas de distribuição do presente e dos cenários futuros foram criados usando o QuantumGIS versão 3.6.2-Wien. Os arquivos em formato *shapefile* com o limite do Parque Nacional do Itatiaia foi obtido no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (<http://www.icmbio.gov.br> - atualizado em julho de 2019) e do Mosaico da Mantiqueira no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação do Ministério do Meio Ambiente - CNUC/MMA (<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>).

Ressalta-se que para a construção dos modelos preditivos do presente e que foram projetados para o cenário futuro foram utilizadas somente as variáveis bioclimáticas com resolução 30 arco-segundo (~1km x 1km), pois, quando construímos os modelos com as variáveis de solo e relevo, estes apresentaram predições incompatíveis com a biologia das espécies em estudo. Isso se deve possivelmente ao fato dessas variáveis permanecerem estáveis nas projeções futuras, e assim tenham mais peso nos cálculos realizados pelos algoritmos, enviesando as predições da distribuição potencial dessas espécies levando em consideração as variáveis de solo e relevo. Isso exclui os efeitos climáticos futuros, que é o principal objetivo desse trabalho.

Especificamente no PNI, para verificar a relação de ganho ou perda de áreas climaticamente adequadas, foram gerados mapas nos quais se observam que as espécies apresentaram diferentes respostas aos cenários de mudanças climáticas propostos.

Resultados e discussão

Com a análise fatorial (Tab. 1 - material suplementar) definiram-se seis variáveis bioclimáticas para construção dos modelos, são elas: Bio 2 (média mensal - temperatura máxima - temperatura mínima), Bio 4 (sazonalidade - temperatura), Bio 10 (temperatura média do trimestre mais quente), Bio 16 (precipitação do trimestre mais chuvoso), Bio 17 (precipitação do trimestre mais seco) e Bio 18 (precipitação do trimestre mais quente).

Foram obtidos 462 pontos de ocorrência para as sete espécies do gênero *Croton* encontradas no PNI (Tab. 2 - material suplementar). As predições geradas pelos modelos construídos foram aceitáveis para todos os algoritmos (Bioclim, MaxEnt, RandomForest e SVM), uma vez que os valores de TSS foram superiores a 0,5.

Os modelos de distribuição potencial para o presente mostram que as espécies se dividem em dois grupos: um formado pelas espécies *Croton alchorneicarpus* (Fig. 2), *C. campanulatus* (Fig. 3), *C. dichrous* (Fig. 4), *C. organensis* (Fig. 5) e *C. vulnerarius* (Fig. 6), que possuem distribuição restrita às regiões sul e sudeste do país, sendo que as espécies *C. alchorneicarpus* e *C. campanulatus* são endêmicas da Serra da Mantiqueira, e outro formado pelas espécies *C. floribundus* (Fig. 7) e *C. lundianus* (Fig. 8) que possuem ampla distribuição no Brasil.

C. alchorneicarpus Croizat

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

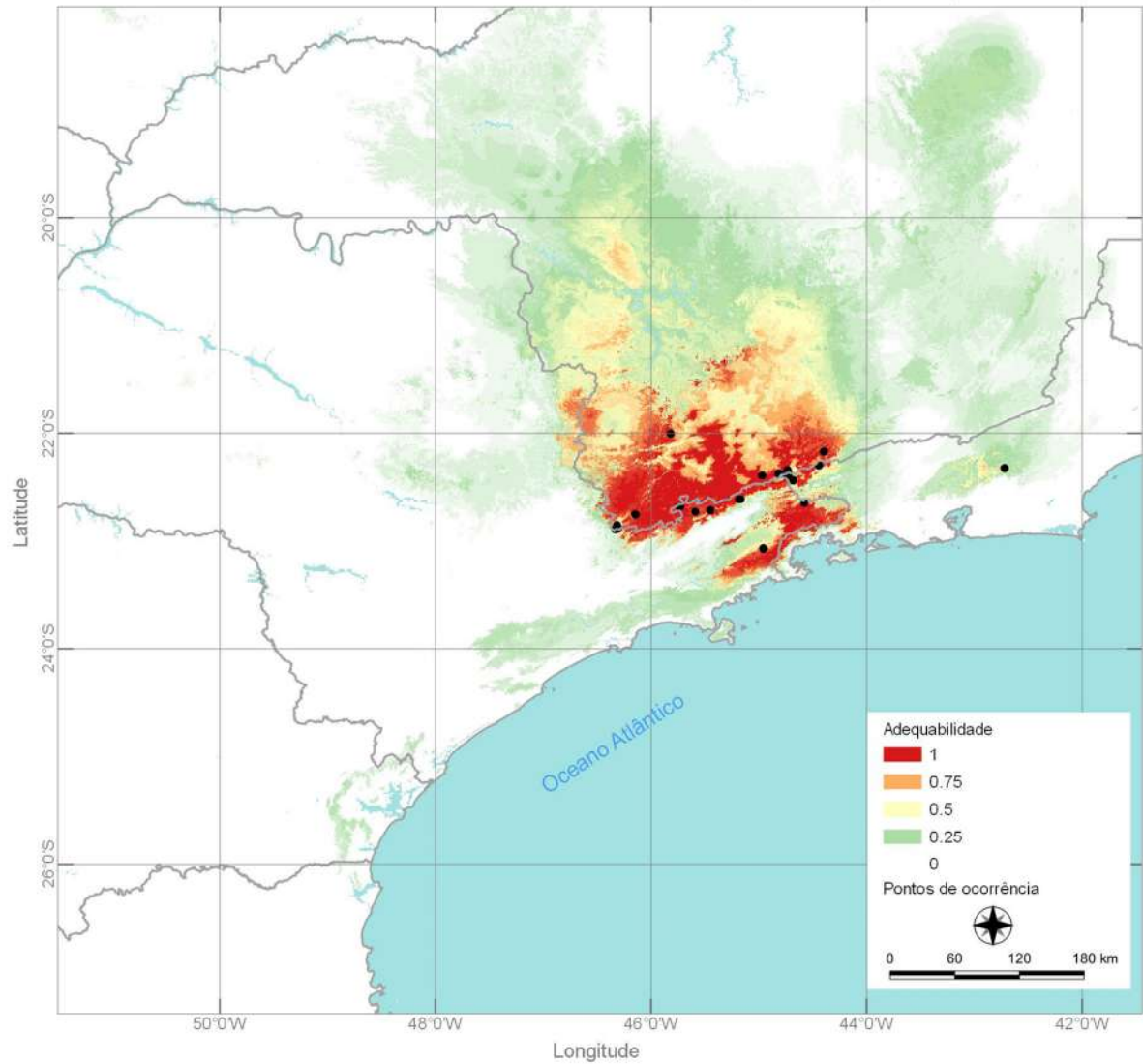


Figura 2: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton alchorneicarpus* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

C. campanulatus Caruzo & Cordeiro

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

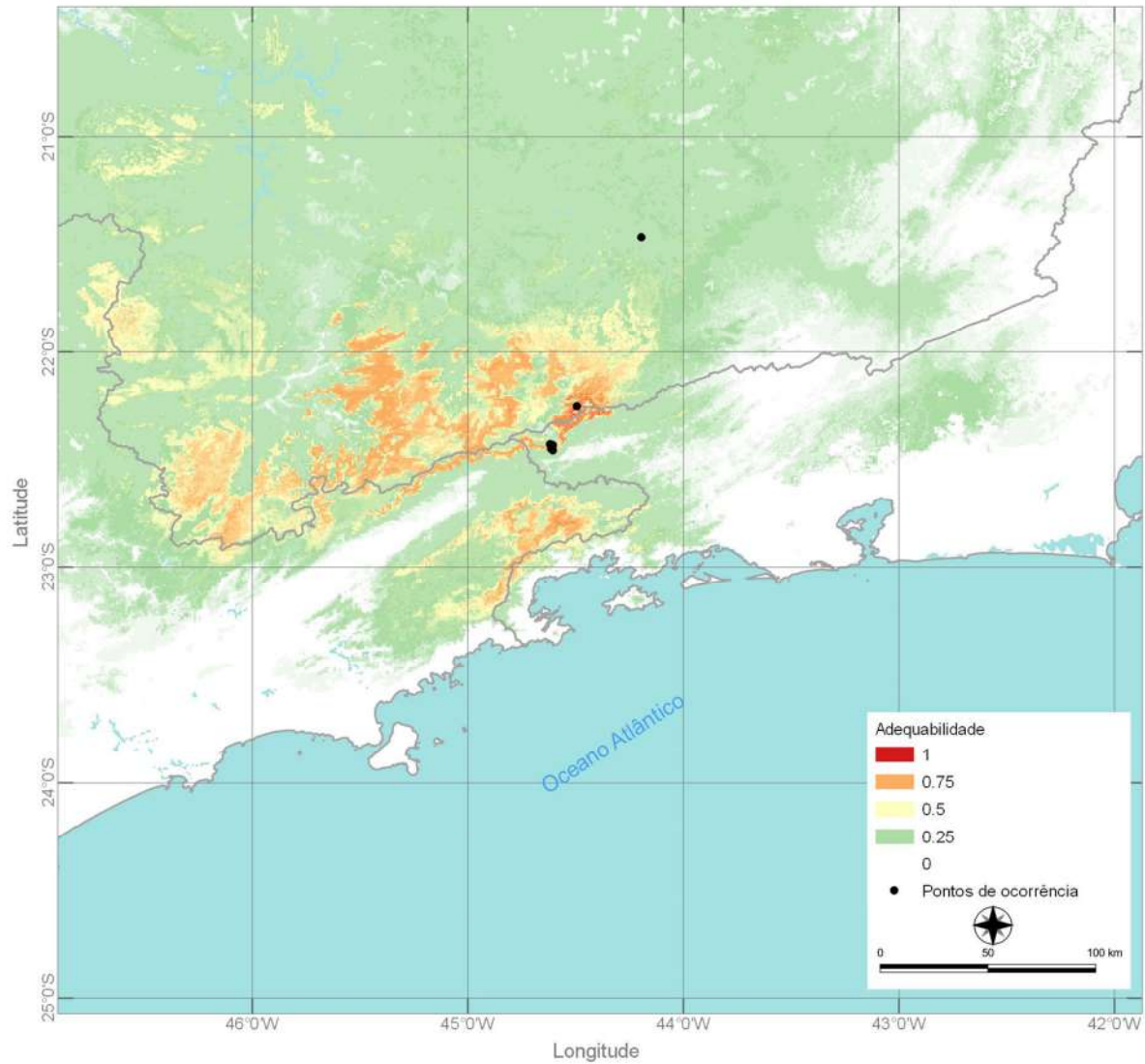


Figura 3: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton campanulatus* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

C. dichrous Müll. Arg.

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

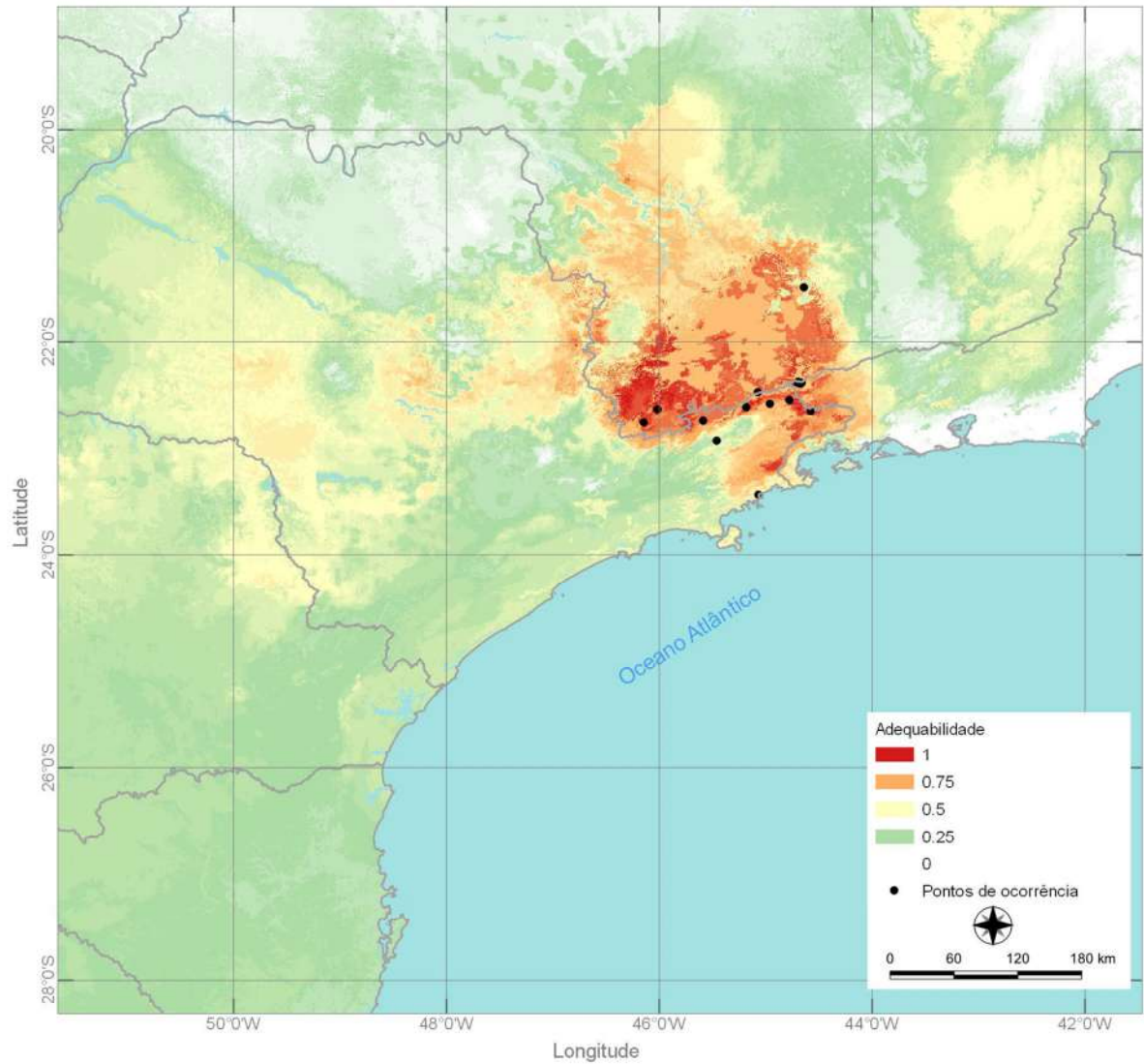


Figura 4: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton dichrous* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

C. organensis Baill.

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

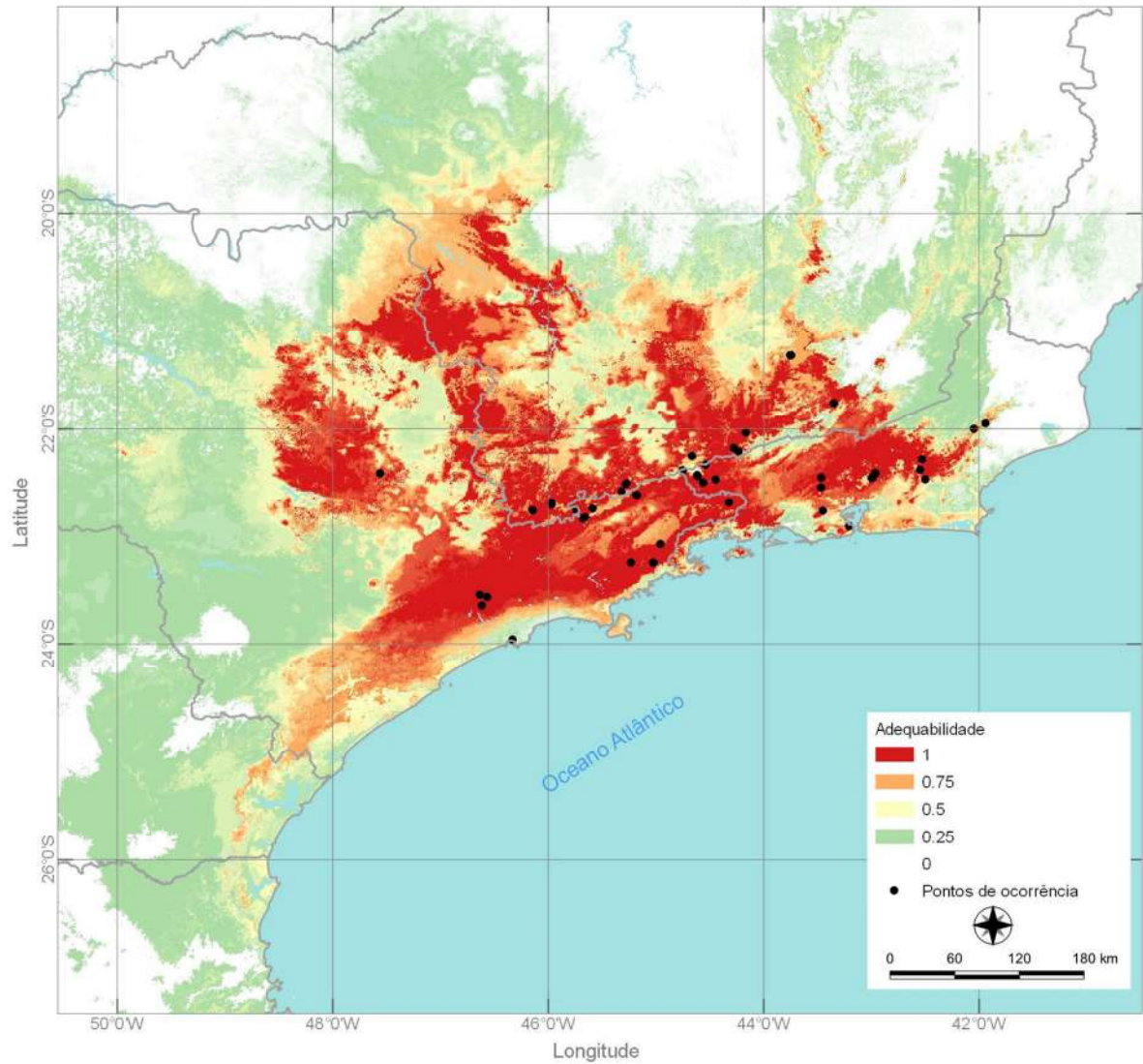


Figura 5: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton organensis* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

C. vulnerarius Baill.

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

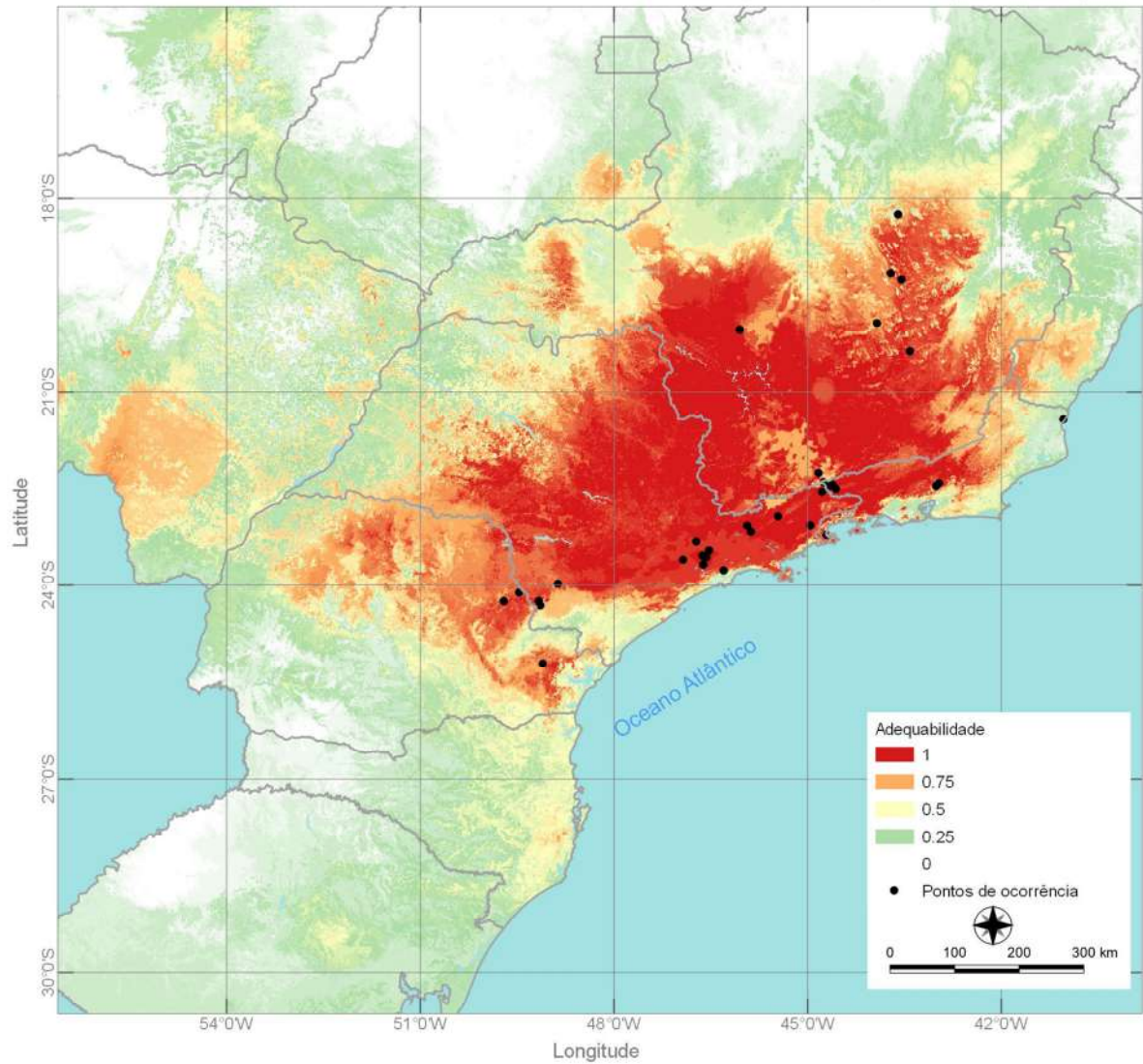


Figura 6: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton vulnerarius* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

C. floribundus Spreng.

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

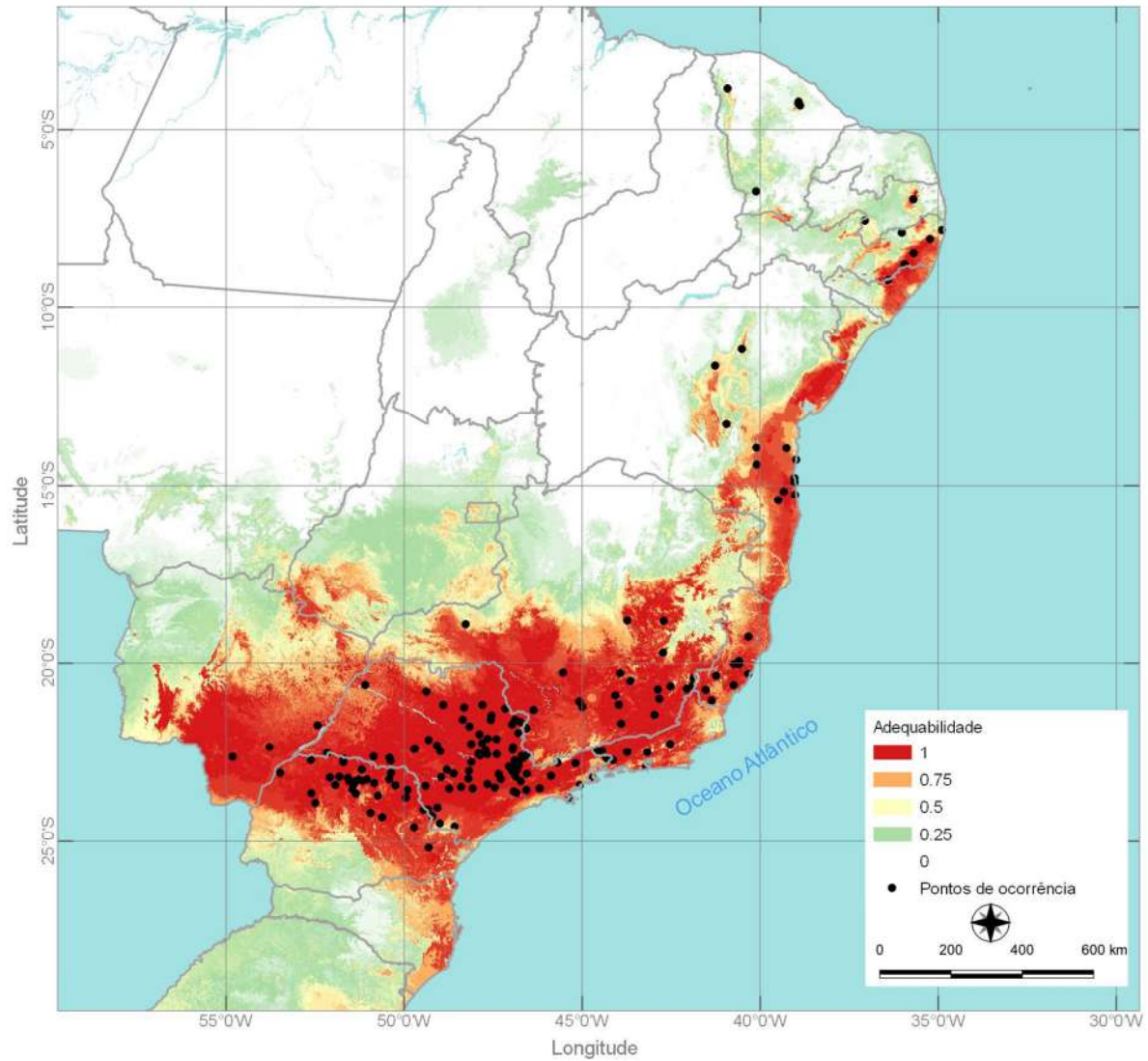


Figura 7: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton floribundus* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

C. lundianus (Didr.) Müll. Arg.

Presente

Análise fatorial (bioclimáticas) e PCA (solo e relevo) 1km

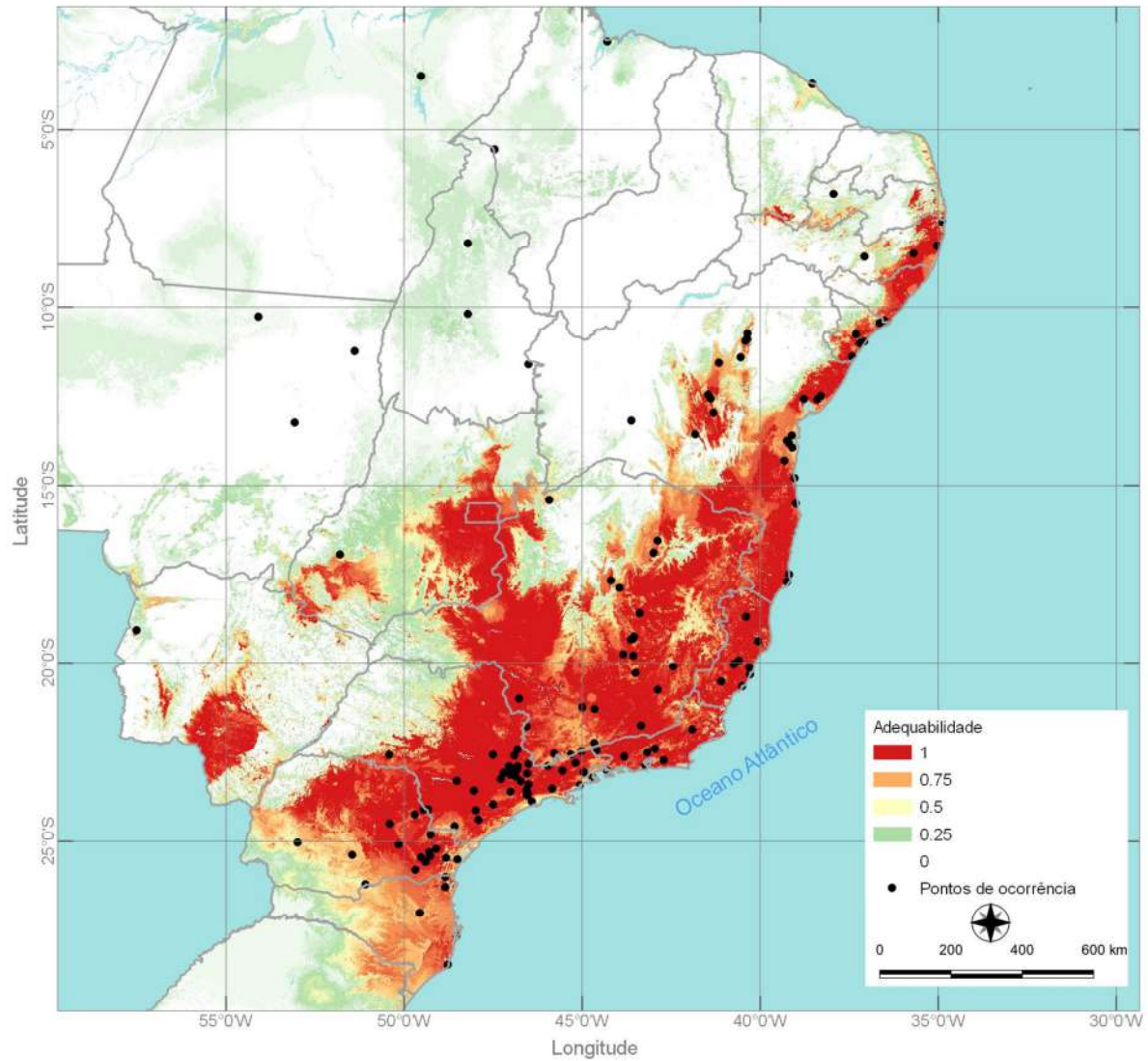


Figura 8: Modelo de distribuição potencial para o presente da espécie *Croton lundianus* encontrada no Parque Nacional do Itatiaia. Em vermelho estão às áreas preditas como adequadas para a ocorrência da espécie.

Desse modo, as variáveis que mais contribuíram para a construção dos modelos estão na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Variáveis ambientais que mais contribuíram para a construção dos modelos.

Contribuição das variáveis													
alc	%	cam	%	dic	%	flo	%	lun	%	org	%	vul	%
elev	53.9	bio18	28.7	bio18	55	bio04	46.5	bio04	33	bio04	36.3	bio04	36.1
bio18	22.4	elev	23.3	elev	26.3	bio10	13.4	elev	16.1	bio18	21.2	elev	15.1
bio04	11	bio04	12.1	bio04	13.6	bio17	9.4	sand30	10.1	bio10	11.6	sand100	11.5
bio17	4.3	slope	11.4	bio17	4.1	sand100	9	bio10	8.6	sand100	5.5	orgc100	9.5
slope	2.6	bio17	10.5	slope	0.3	Orgc100	4.6	pH30	7	orgc100	5.2	BD100	8.1

Legenda: **alc** - *Croton alchorneicarpus*; **cam** - *C. campanulatus*; **dic** - *C. dichrous*; **flo** - *C. floribundus*; **lun** - *C. lundianus*; **org** - *C. organensis*; **vul** - *C. vulnerarius*; **bio4** (sazonalidade - temperatura), **bio10** (temperatura média do trimestre mais quente), **bio17** (precipitação do trimestre mais seco); **bio18** (precipitação do trimestre mais quente); **BD** (bulkdensity - densidade a granel (terra fina) em kg m⁻³); **sand** (teor de areia (50-2000 micrômetros) fração de massa em %); **orgc** (organiccarbon - teor de carbono orgânico no solo (fração de terra fina) em g kg⁻¹); **pH** (pH do solo x10 em H₂O); **elev** (elevação); **slope** (inclinação); **100** (profundidade - 1m); **30** (profundidade - 30cm).

Nota-se que as três variáveis que mais contribuíram para a construção dos modelos foram: bio04 (sazonalidade - temperatura), mesmo com porcentagens diferentes, contribuiu significativamente na construção de todos os modelos, seguida da variável elevação, com exceção dos modelos construídos para as espécies *Croton floribundus* e *C. organensis*, e por fim a variável bio18 (precipitação do trimestre mais quente) que mais contribuiu com os modelos das espécies *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. dichrous* e *C. organensis*.

Outro aspecto encontrado refere-se às duas espécies com ampla distribuição, *C. floribundus* e *C. lundianus*, nos quais foi possível observar que os modelos não predizem como adequadas áreas em que há pontos de ocorrência dessas espécies (Figs. 7 e 8). Ao compararmos todas as simulações realizadas, esse padrão não se altera (Anexo I). É possível que isso ocorra, pois: i) os modelos se ajustam bem aos dados, e não conseguem generalizar bem as predições; ii) no processo de aleatorização esses pontos tenham sido utilizados somente para teste, e não para construção dos modelos, devido ao agrupamento de muitos deles; e iii) há um possível viés nos resultados dos modelos por influência de *outliers*, pois devido ao seu caráter atípico esses pontos tenham sido ignorados pelos algoritmos e não foram contemplados nas projeções.

A Figura 9 apresenta a distribuição dos valores obtidos referente à resposta das sete espécies do gênero *Croton* encontradas no Parque Nacional do Itatiaia em relação às variáveis ambientais preditoras (Tab. 4 - material suplementar).

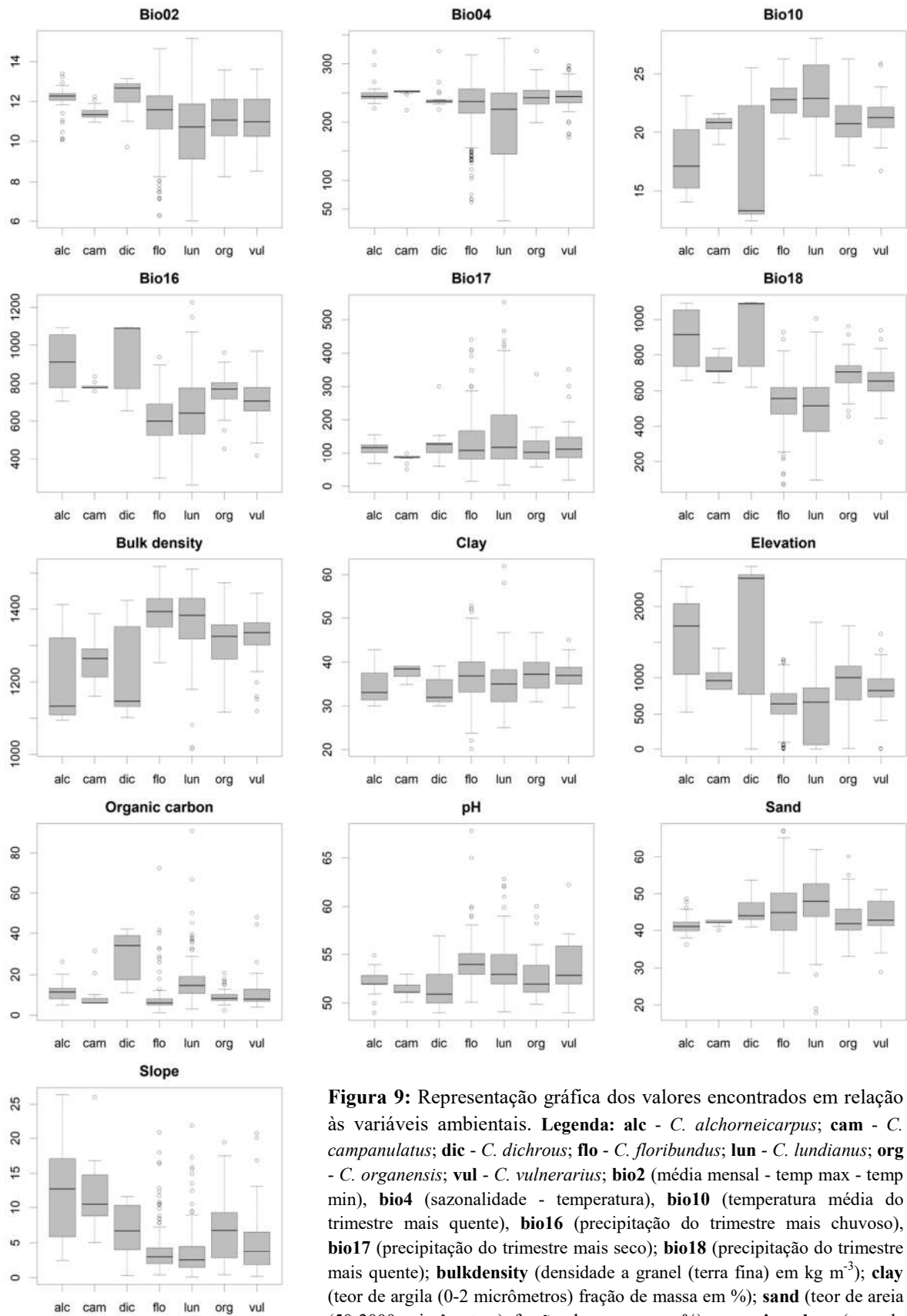


Figura 9: Representação gráfica dos valores encontrados em relação às variáveis ambientais. **Legenda:** **alc** - *C. alchorneicarpus*; **cam** - *C. campanulatus*; **dic** - *C. dichrous*; **flo** - *C. floribundus*; **lun** - *C. lundianus*; **org** - *C. organensis*; **vul** - *C. vulnerarius*; **bio2** (média mensal - temp max - temp min), **bio4** (sazonalidade - temperatura), **bio10** (temperatura média do trimestre mais quente), **bio16** (precipitação do trimestre mais chuvoso), **bio17** (precipitação do trimestre mais seco); **bio18** (precipitação do trimestre mais quente); **bulkdensity** (densidade a granel (terra fina) em kg m^{-3}); **clay** (teor de argila (0-2 micrômetros) fração de massa em %); **sand** (teor de areia (50-2000 micrômetros) fração de massa em %); **organiccarbon** (teor de carbono orgânico no solo (fração de terra fina) em g kg^{-1}); **pH** (pH do solo x10 em H_2O); **elevation** (elevação); **slope** (inclinação). Os valores atípicos (*outliers*) foram representados por círculos vazios.

Em relação à distribuição das espécies no Parque Nacional do Itatiaia nota-se que a variação altitudinal na área da reserva está diretamente relacionada à distribuição das espécies de *Croton* no local, onde as espécies *C. alchorneicarpus* e *C. dichrous*, ocorrem apenas na parte alta do parque, e as espécies *C. campanulatus*, *C. floribundus*, *C. lundianus*, *C. organensis* e *C. vulnerarius* ocorrem somente na parte baixa do PNI.

Contudo, na análise dos modelos preditivos do presente, construídos com as variáveis bioclimáticas, foi possível observar que as espécies *C. alchorneicarpus* e *C. dichrous* não ocorrem em áreas que os modelos predizem como climaticamente adequadas, ao compararmos com os modelos gerados com as variáveis de solo e relevo, observa-se que a distribuição da espécie *Croton dichrous* apresenta um ajuste às áreas de ocorrência conhecidas dentro da reserva, ou seja, a acurácia da predição da distribuição atual da espécie apresenta dependência dessas variáveis (Fig. 10).

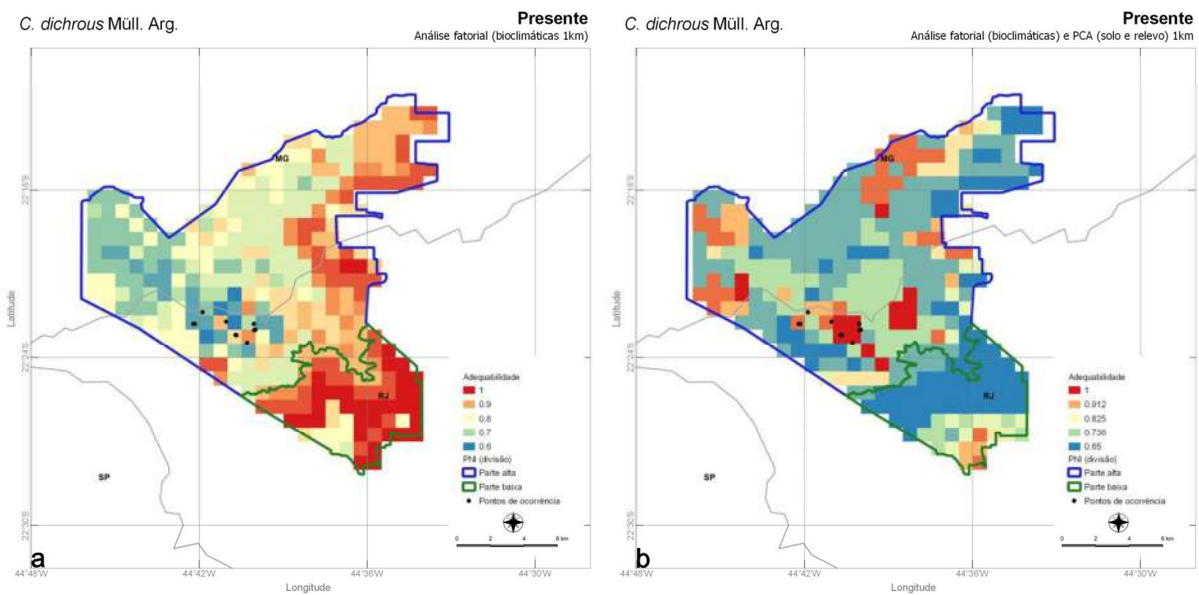


Figura 10: Modelos preditivos da espécie *C. dichrous*, **a** - modelo construído somente com as variáveis bioclimáticas; **b** - modelo construído com as variáveis bioclimáticas, solo e relevo (resolução de 30 arco-segundo ~1km x 1km).

Embora, esse padrão não seja observado nos modelos de *Croton alchorneicarpus*, não há razão para desqualificar a sua capacidade preditiva, visto que, os algoritmos inferem o nicho fundamental das espécies relativo às variáveis preditoras fornecidas, portanto não levam em consideração os mecanismos de dispersão da espécie, as barreiras ecológicas ou as interações, que poderiam explicar sua presença ou ausência em determinadas áreas. A inexistência de registros de ocorrência na parte baixa do parque, as quais são preditas como adequadas pelos modelos pode representar: i) existe o efeito das interações bióticas, que

devido a escala em que elas ocorrem, não foram utilizadas na construção dos modelos, os chamados Ruídos Eltonianos (Hortal *et al.* 2015; Pearson & Dawson 2003), e ii) há a necessidade de se aumentar os esforços de coleta (Fig. 11).

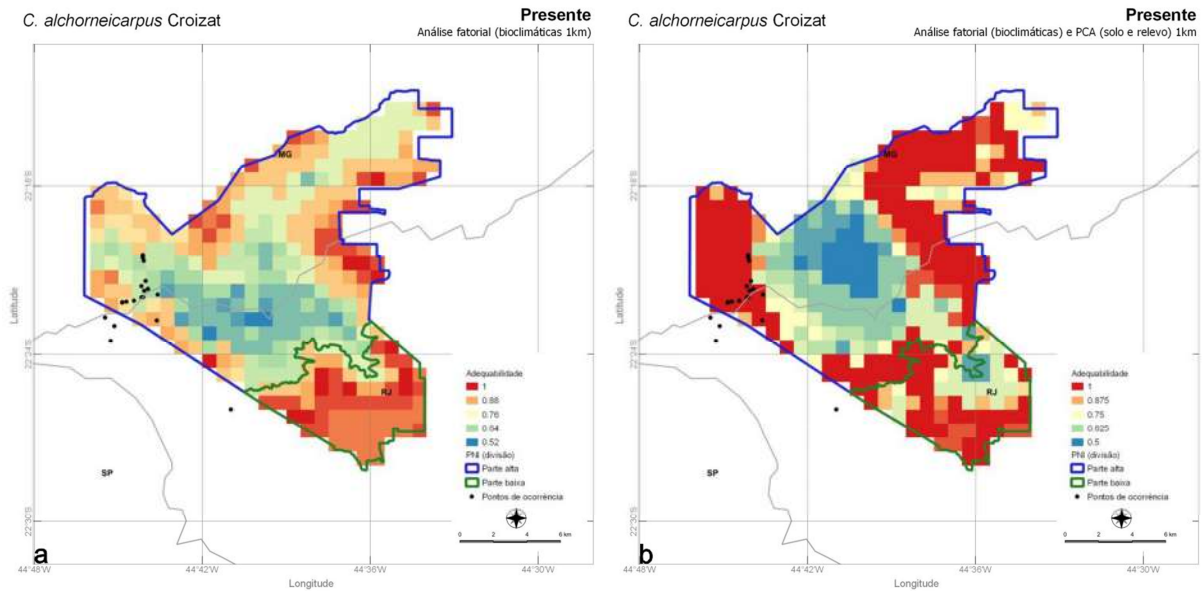


Figura 11: Modelos preditivos da espécie *C. alchorneicarpus*, **a** - modelo construído somente com as variáveis bioclimáticas; **b** - modelo construído com as variáveis bioclimáticas, solo e relevo (resolução de 30 arco-segundo ~1km x 1km).

Outra limitação para os métodos utilizados foram os registros de ocorrência da espécie *Croton campanulatus*, os quais ocorrem em apenas quatro localidades diferentes, e o maior número de pontos concentra-se no Parque Nacional do Itatiaia. Os modelos mais ajustados foram os construídos para o presente (Fig. 12), tendo em vista que os modelos apresentaram baixo poder de generalizar as predições para os cenários de mudanças climáticas futuros.

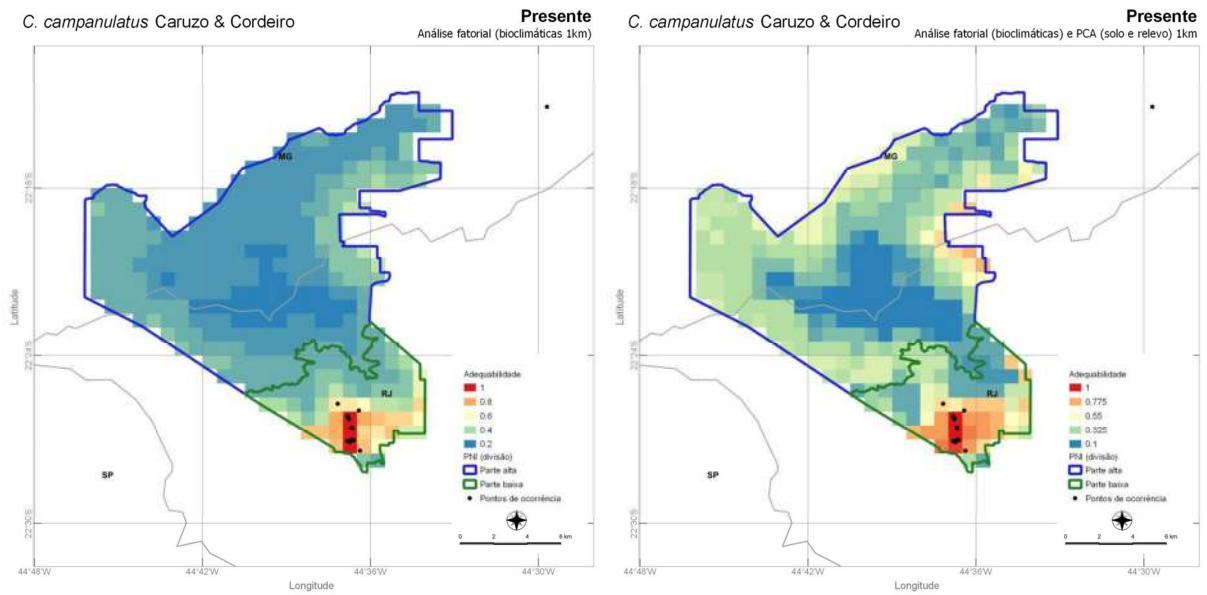


Figura 12: Modelos preditivos da espécie *C. campanulatus*, **a** - modelo construído somente com as variáveis bioclimáticas; **b** - modelo construído com as variáveis bioclimáticas, solo e relevo (resolução de 30 arco-segundo ~1km x 1km).

Ao compararmos a área de distribuição potencial dos modelos do presente com as áreas com adequabilidade climática nos cenários futuros para cada espécie, observa-se uma diminuição geral dessas áreas para todas as espécies. Apesar dessa tendência negativa, sua magnitude varia dependendo da espécie e do cenário, variando entre a diminuição mais drástica de *Croton alchorneicarpus*, *C. dichrous* e *C. organensis*, a mais moderada de *C. lundianus*, embora, o cenário projetado para o ano de 2070 com RCP 8.5, cujo aumento de temperatura previsto está entre 3,2 a 5,4°C (dados do IPCC) seja o mais extremo para todas as espécies, nenhuma delas perde totalmente a sua área de distribuição, mas estas estariam restritas a poucas áreas com adequabilidade climática (Anexo II).

Para as espécies *Croton alchorneicarpus* e *C. dichrous*, considerando que os modelos gerados para o presente não preveem como adequadas as áreas onde as espécies ocorrem na parte alta do parque, o ganho de áreas com adequabilidade climática nessa região é baixo, já a perda de adequabilidade é significativa para ambas (Fig. 13).

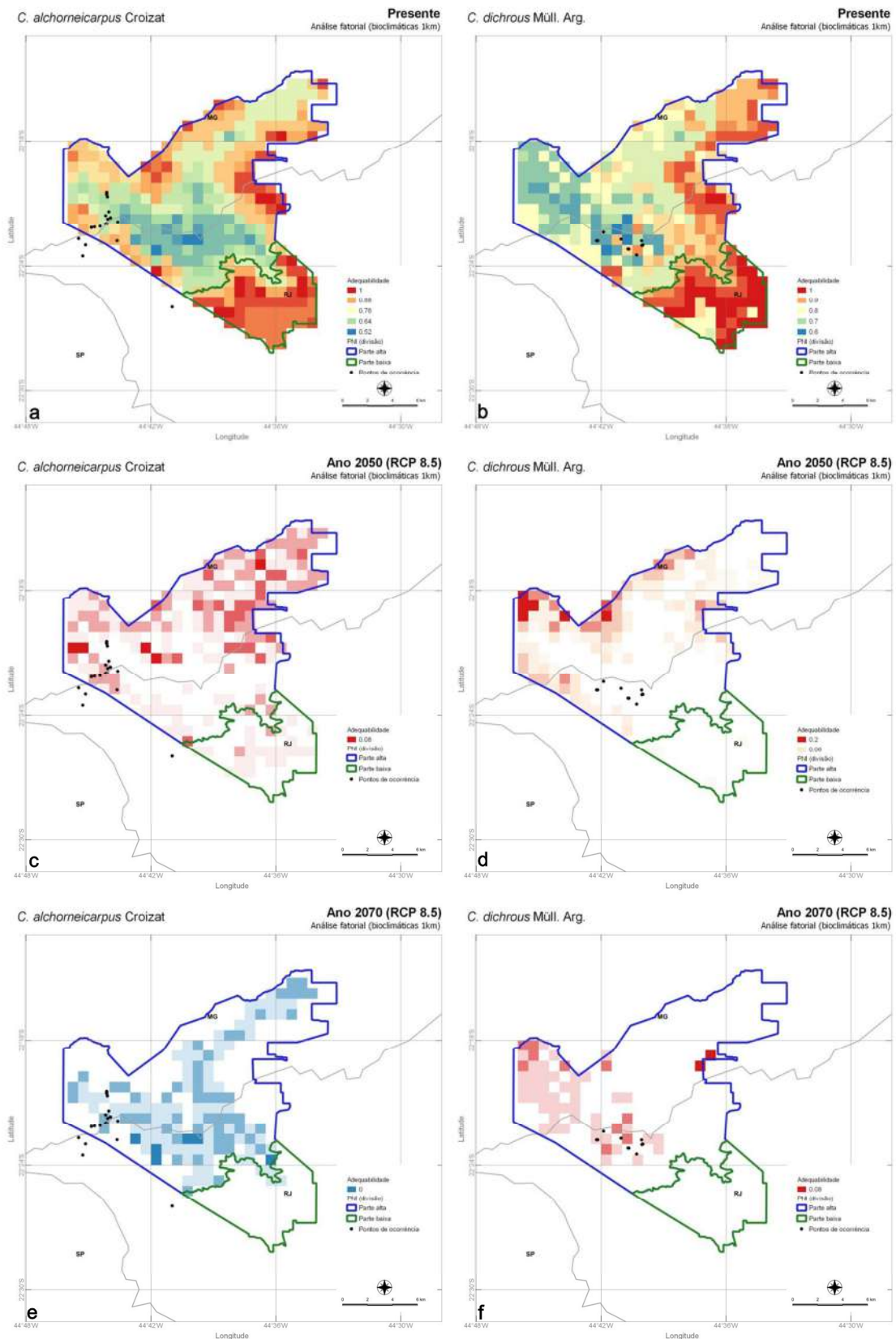


Figura 13: a-b - modelos preditivos das espécies *Croton alchorneicarpus* e *C. dichrous* (em vermelho estão às áreas preditas como climaticamente adequadas para ocorrência das espécies no presente); c-d - modelos preditivos para o ano 2050 (RCP 8.5); e-f - modelos preditivos para o ano 2070 (RCP 8.5), em vermelho estão às áreas em que haverá ganho de adequabilidade; as demais gradações o ganho será menor ou nulo; as áreas em branco refletem a perda de adequabilidade. Todos os modelos foram construídos somente com as variáveis bioclimáticas.

As duas espécies com ampla distribuição no país apresentaram padrões distintos na área do parque, *Croton floribundus* (Figs. 14 e 15) que no presente possui sua área de ocorrência somente na parte baixa do parque, nos cenários futuros têm suas áreas com adequabilidade climática expandida para porções da reserva diferentes das atuais, porém, há uma redução considerável dos pontos climaticamente adequados e *C. lundianus* (Figs. 14 e 15) apresentou reduções drásticas nas áreas climaticamente adequadas para a ocorrência da espécie em ambos os cenários propostos (anos 2050 e 2070 RCP 8.5). Por tratar-se de uma espécie ruderal, ressalta-se que esse padrão apresentado nos modelos da espécie podem não refletir exatamente seu comportamento frente às projeções futuras.

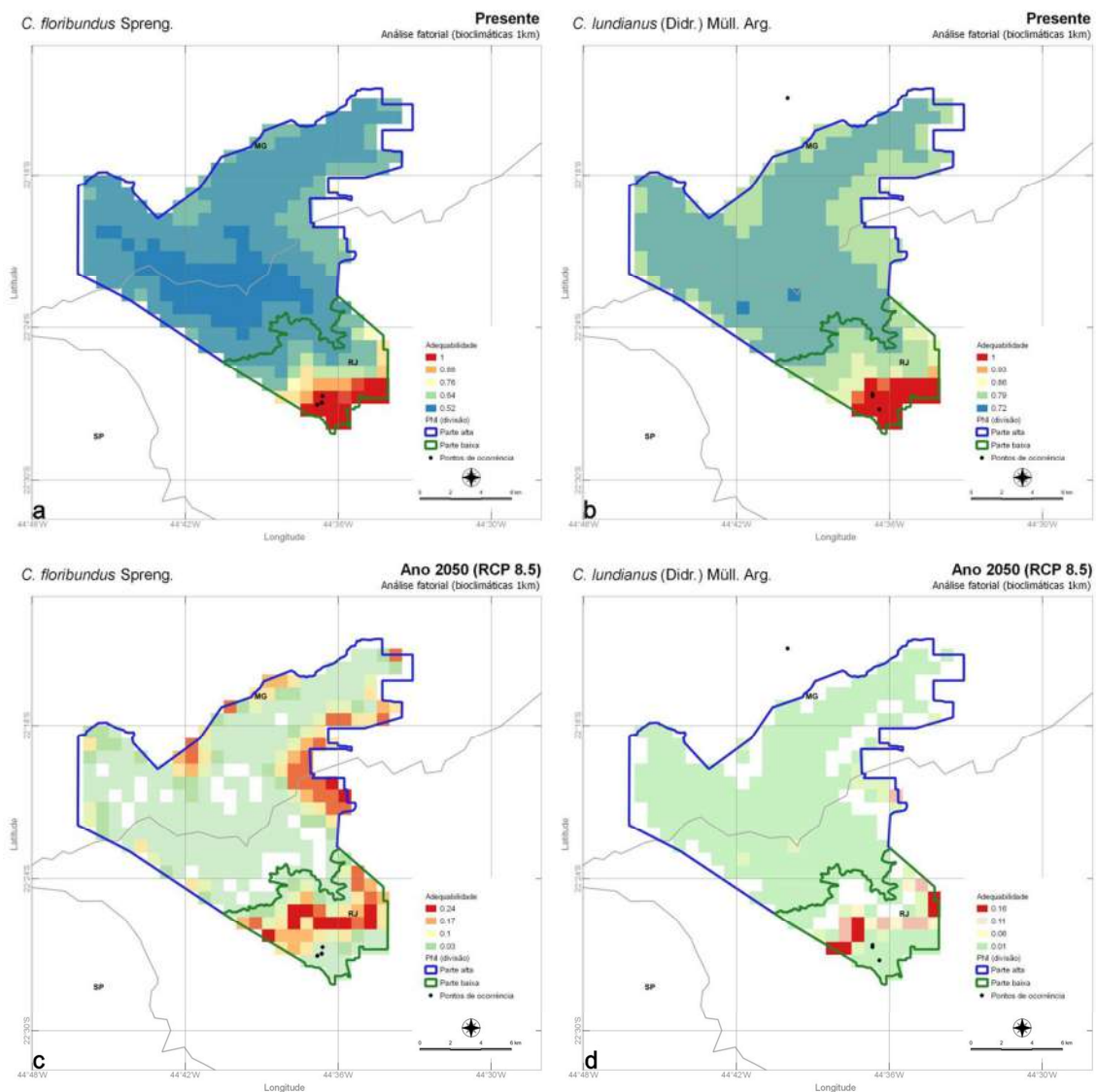


Figura 14: a-b - modelos preditivos das espécies *Croton floribundus* e *C. lundianus* (em vermelho estão às áreas preditas como climaticamente adequadas para ocorrência da espécie no presente); c-d - modelos preditivos para o ano 2050 (RCP 8.5), em vermelho estão as áreas em que haverá maior ganho de adequabilidade, as demais gradações o ganho será menor, e as áreas em branco refletem a perda de adequabilidade. Todos os modelos foram construídos somente com as variáveis bioclimáticas.

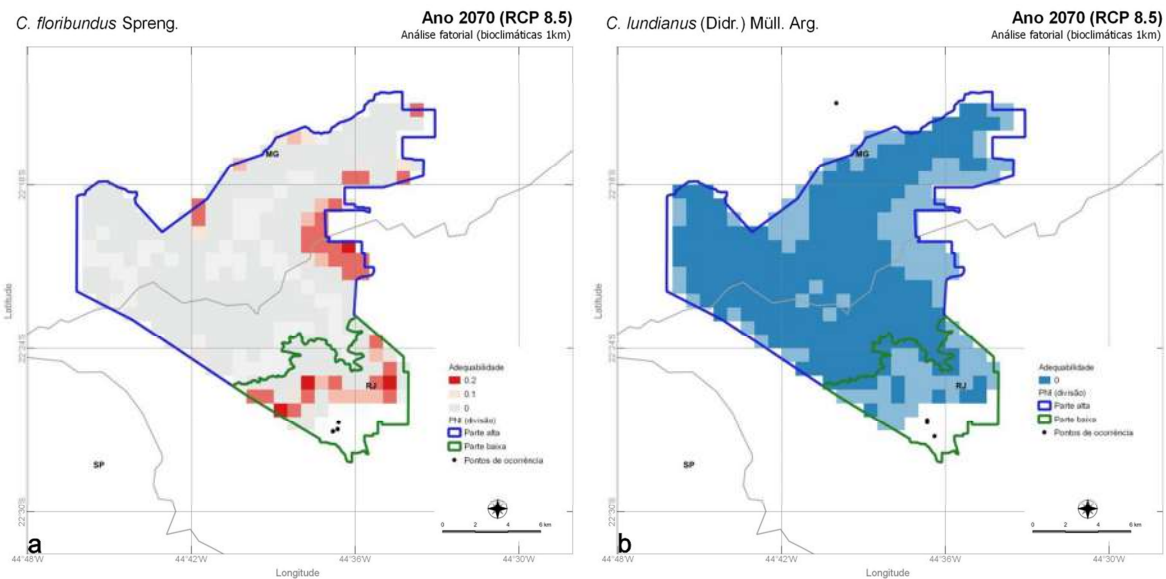


Figura 15: a-b - modelos preditivos para o ano 2070 (RCP 8.5) das espécies *Croton floribundus* e *C. lundianus* em vermelho estão às áreas em que haverá maior ganho de adequabilidade, as demais gradações o ganho será menor ou nulo, e as áreas em branco refletem a perda de adequabilidade. Os modelos foram construídos somente com as variáveis bioclimáticas.

As predições para *Croton organensis*, em todos os cenários, sugerem que a atual área de ocorrência da espécie perderá adequabilidade climática, e o ganho será somente na parte alta da reserva, onde não há registro de ocorrência da espécie (Fig. 16). Para *C. vulnerarius*, os modelos também indicam que o maior ganho de adequabilidade será na parte alta do parque, contudo, a parte baixa da reserva, a atual área de ocorrência da espécie não perderá por completo sua adequabilidade (Fig. 16).

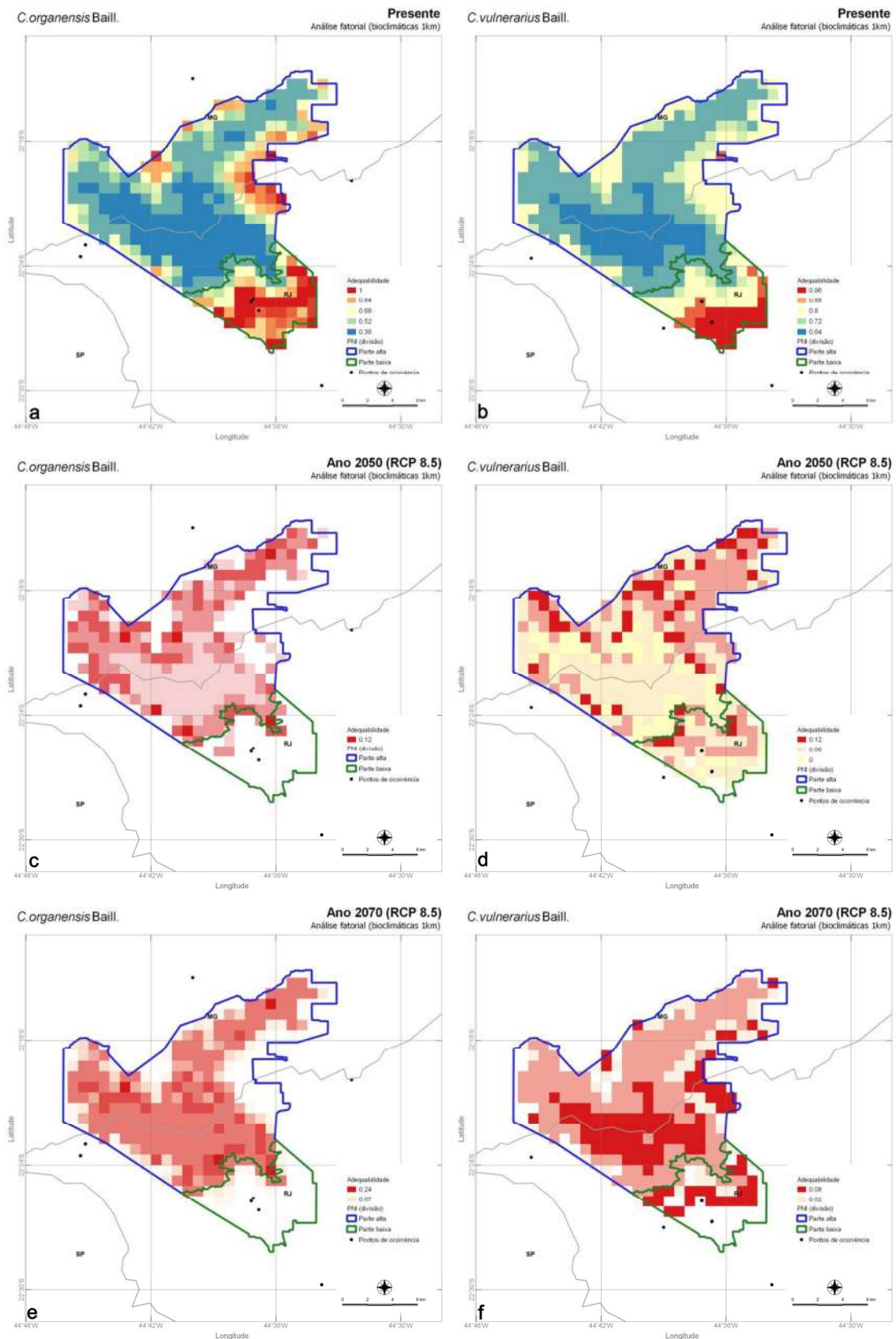


Figura 16: a-b - modelos preditivos das espécies *Croton organensis* e *C. vulnerarius* (em vermelho estão as áreas preditas como climaticamente adequadas para ocorrência das espécies no presente); c-d - modelos preditivos para o ano 2050 (RCP 8.5); e-f - modelos preditivos para o ano 2070 (RCP 8.5), em vermelho estão as áreas em que haverá maior ganho de adequabilidade, as demais gradações o ganho será menor, e as áreas em branco refletem a perda de adequabilidade. Todos os modelos foram construídos somente com as variáveis bioclimáticas.

Atualmente, o PNI apresenta predominantemente três fitofisionomias, ordenadas segundo as variações das faixas altimétricas, são elas: i) Floresta Ombrófila Densa Submontana, localizada nas encostas dos planaltos até 550 m de altitude; ii) Floresta Ombrófila Densa Montana, localizada no alto dos planaltos entre 550 m até 1.500 m de altitude; e iii) Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana, localizada acima dos 1.500 m de altitude, e nas regiões mais elevadas do parque ocorrem os Campos de Altitude (Barreto *et al.* 2013). Nessas regiões as comunidades e as interações entre as plantas já se encontram estabelecidas, logo, se os modelos preditivos apontam que as espécies, que hoje ocorrem somente na parte baixa do parque, apresentam a tendência de ocupar áreas mais elevadas, estas poderão competir com outras espécies ali pré-estabelecidas. Embora, haja registros de simpatria entre as espécies do gênero (Lima & Pirani 2008; Caruzo 2010; Santos *et al.* 2017; Santos 2016; Caruzo *et al.* 2019), essa condição poderia representar uma barreira para a permanência dessas espécies nessas áreas, pois, o compartilhamento de polinizadores por espécies simpátricas pode provocar o fluxo de pólen interespecífico, e isso afeta a aptidão reprodutiva das espécies, com o aparecimento de híbridos estéreis ou com aptidão reduzida (Santos 2016; Barrett & Harder, 1996; Armbruster & Herzig 1984).

De acordo com Antonelli & Sanmartín (2011), existe uma tendência natural das espécies de plantas conservarem as características de seu nicho ao longo do tempo evolutivo, processo definido por Wiens & Donoghue (2004) como conservadorismo do nicho. Contudo, no conceito de nicho proposto por Hutchinson (1957), existe uma correspondência recíproca entre o espaço de nicho multidimensional e os espaços físicos em que as espécies ocorrem, a chamada dualidade de Hutchinson, na qual, segundo Colwell & Rangel (2009) ao longo dos períodos evolutivos, o nicho se expande e se contrai devido às mutações, seleções e derivas genéticas sob as diversas condições variáveis do espaço físico, refletindo ou não na distribuição geográfica das populações. Essa dualidade é usada nos modelos preditivos, quando estes utilizam as características ambientais dos locais onde uma espécie ocorre no presente para modelar seu nicho e projetar sua distribuição potencial em locais ambientalmente similares, incluindo locais em que possam ocorrer no futuro (Colwell & Rangel 2009).

Tendo em vista que, as espécies de plantas utilizam os recursos inorgânicos do solo, luz solar, água e dióxido de carbono de formas diferentes, e por vezes limitantes (Turnbull *et al.* 2013; Turnbull 2014), e que o nicho dessas espécies não sofrerá grandes alterações no período avaliado, uma das estratégias para manutenção dessas populações poderá ser mover-

se, pois segundo Donoghue (2008) pode ser mais simples para as espécies migrarem para uma outra área do que desenvolverem adaptações para os locais onde se encontram. Mesmo que as plantas permaneçam imóveis durante a maior parte de seu ciclo de vida, as populações se movem quando as sementes são dispersas e estas se estabelecem em locais distantes da planta-mãe. Dessa forma, as mudanças nas distribuições gerais das espécies ocorrem como resultado do acúmulo de movimentos individuais e de mortalidade, entretanto há espécies que não conseguem localizar regiões com clima adequado em toda a paisagem, e estas estão destinadas a uma eventual extinção (Corlett & Westcott 2013).

Corlett & Westcott (2013) avaliaram a capacidade das plantas de acompanhar as mudanças climáticas, e constataram que a distância máxima que uma população pode percorrer em um determinado período de tempo depende principalmente do número de eventos de dispersão e da distância percorrida por cada evento. Para a maioria das espécies os eventos de dispersão acontecem entre 1 a 30 anos, quando acontece a primeira reprodução (Moles *et al.* 2004), e a maior parte das sementes são dispersas entre 10 e 1500 m da planta-mãe, embora espécies com sementes pequenas dispersas pelo vento ou por pássaros e morcegos alcancem distâncias superiores a 1500 m (Kinlan & Gaines 2003; Bullock 2012 *apud* Corlett & Westcott 2013).

As espécies do gênero *Croton* utilizam duas formas de dispersão, a primária autocórica, caracterizada pela deiscência explosiva dos frutos, e a secundária zoocórica, que ocorre devido à atração de formigas pela carúncula ou elaiossomo, presente nas sementes (Webster 1994; Passos & Ferreira 1996; Lôbo *et al.* 2011). No entanto, essas duas formas possuem limitações espaciais para dispersão das sementes, sendo a autocoria até distâncias máximas de 3 a 4 m, e a zoocoria de 1 a 2,5 m (Passos & Ferreira 1996).

Embora um modelo ajustado aos dados atuais projete sensivelmente as novas condições ambientais, as atuais restrições climáticas e geográficas que definem a distribuição das espécies do gênero *Croton* encontradas no PNI refletem seus limites biofísicos, processos ecológicos e genéticos, e padrões fenológicos, e as mudanças climáticas podem alterar essas características, tornando-as assim, barreiras para o estabelecimento dessas espécies em outros locais preditos como adequados.

Sobral-Souza *et al.* (2018) utilizaram os dois métodos (ENM e CSA) para inferir a eficiência das áreas protegidas existentes na Mata Atlântica, e constataram que a rede de reservas implantadas nesse Domínio, por terem sido criadas em regiões com alta

fragmentação florestal, apresentam menor eficiência na conservação de Áreas Climaticamente Estáveis, o que pode afetar em longo prazo a proteção da biodiversidade nessas áreas.

Segundo Lapola *et al.* (2019), enquanto permanecer superficial o conhecimento dos efeitos das mudanças climáticas na distribuição das espécies e nas respostas da comunidade e do ecossistema, a vegetação nativa remanescente do Brasil dentro e fora de Unidades de Conservação (UCs) estará sob ameaça. O mesmo estudo aponta ainda, que há uma notável falta de planejamento em relação à adaptação de áreas protegidas às mudanças climáticas no Brasil, apesar do país ter instituído o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - PNA (<https://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao>).

De acordo com Corlett & Westcott (2013) as regiões montanhosas podem ser exceções às fragmentações antrópicas de habitats, e ainda que exista competição entre comunidades vegetais existentes e heterogeneidade topográfica e edáfica, estas atuam como refúgios para as espécies. Assim, o Parque Nacional do Itatiaia tem fundamental importância na conservação das espécies do gênero *Croton* que ocorrem em sua região, principalmente para *C. campanulatus* que possui a maioria dos seus registros dentro do parque. Com exceção das espécies *C. floribundus* e *C. lundianus*, que possuem ampla distribuição no Brasil, às demais espécies apresentam considerável número de registros na região do PNI e seu entorno (Fig. 17). O Parque Nacional do Itatiaia, juntamente com outras sete unidades de conservação, que abrangem parte dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, integram ainda o Mosaico da Mantiqueira (Lei Federal nº 9.985 de 2000; art. 26), um importante instrumento de ordenamento territorial para a conservação do patrimônio natural e cultural da região (Detzel *et al.* 2018).

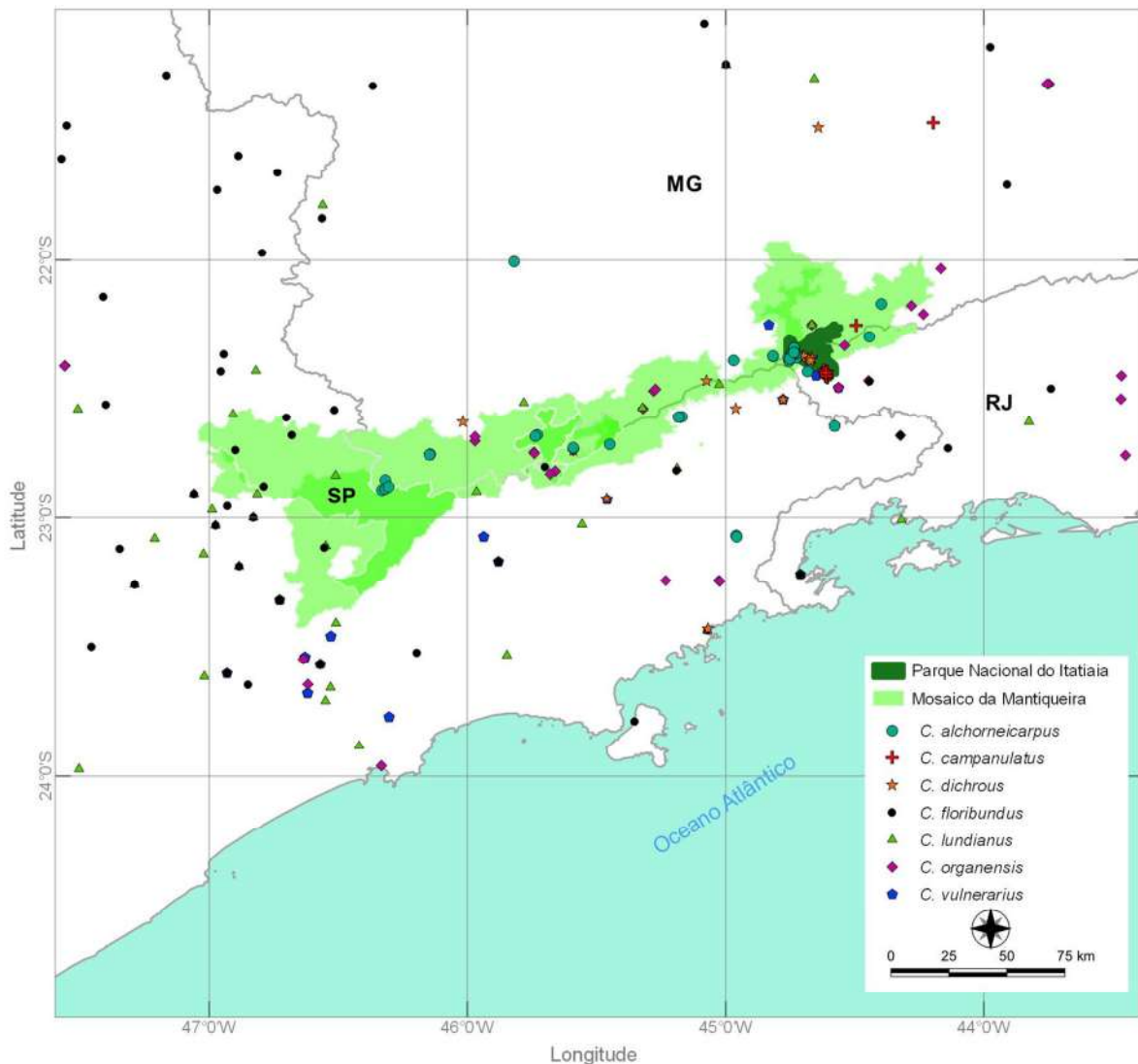


Figura 17: Mapa com os pontos de ocorrência das espécies do gênero *Croton* encontradas no PNI e seu entorno. O Mosaico de Unidades de Conservação da Serra da Mantiqueira engloba sete unidades de conservação de categorias diferentes, que estão justapostas ou sobrepostas, são elas: APA da Serra da Mantiqueira, FLONA de Lorena, FLONA de Passa Quatro, PARNA Itatiaia, APA Fernão Dias, PE Campos do Jordão, PE Mananciais de Campos do Jordão e PE Serra do Papagaio. **Legenda:** APA - Área de Proteção Ambiental; FLONA - Floresta Nacional; PARNA - Parque Nacional; PE - Parque Estadual.

O Parque Nacional do Itatiaia é uma unidade de conservação estabelecida há 82 anos, embora o seu plano de manejo tenha sido atualizado somente em março de 2012, não há recomendação de expansão ou incorporação de novas áreas ao Parque, ou de programas ou estratégias referentes às mudanças climáticas incorporadas ao planejamento da conservação da biodiversidade. Como qualquer estratégia de conservação integrada à mudança climática requer modelagem regional, os resultados do presente trabalho poderão contribuir para a elaboração de metas voltadas a aprimorar a gestão e o manejo da biodiversidade na área do Parque.

Conclusão

Os dados apresentados corroboram as hipóteses de que a distribuição das espécies de *Croton* está diretamente relacionada à variação altitudinal presente na área do PNI e, portanto o parque tem fundamental importância na conservação das espécies lá ocorrentes, principalmente daquelas com distribuição restrita. Os modelos preditivos construídos comprovam ainda, que as mudanças climáticas futuras terão um impacto negativo na distribuição das espécies de *Croton* presentes na área do PNI, e que estas ficarão restritas a pequenas regiões dentro da reserva.

Agradecimentos

Agradecemos ao Sr. Léo Nascimento, gerente do Parque Nacional do Itatiaia, por todo o apoio durante os trabalhos de campo. Também agradecemos a todos os herbários consultados por nos dar acesso às suas coleções.

Referências

- Ackerly DD, Loarie SR, Cornwell WK, et al. 2010. The geography of climate change: Implications for conservation biogeography. *Diversity and Distributions* 16: 476-487.
- Allouche O, Tsoar A, Kadmon R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232.
- Andrade WM, Lima EA, Rodal MJN, Encarnação CRF, Pimentel RMM. 2009. Influência da precipitação na abundância de populações de plantas da caatinga. *Revista de Geografia* 26: 161-184.
- Antonelli A, Sanmartín I. 2011. Why are there so many plant species in the Neotropics? *Taxon* 60: 403-414.
- Arasato LS, Amaral S, Ximenes AC. 2009. Densidade de Drenagem e HAND do SRTM para modelagem de distribuição de espécie de palmeira no Brasil. *Confere proceedings*: 5089-5097.
- Araújo MB, Alagador D, Cabeza M, Nogués-Bravo D, Thuiller W. 2011. Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters* 14: 484-492.
- Araújo MB, Cabeza M, Thuiller W, Hannah L, Williams PH. 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* 10: 1618-1626.
- Araújo MB, New M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 42-47.
- Armbruster WS, Herzig AL. 1984. Partitioning and Sharing of Pollinators By Four Sympatric Species of *Dalechampia* (Euphorbiaceae) in Panama. In: *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol 71: 1-16.
- Barberena FFVA, Gonzaga DR. 2016. A new species of *Epidendrum* (Orchidaceae) from the Brazilian Atlantic forest of Espírito Santo. *Plant Ecology and Evolution* 148: 128-133.
- Bariotakis M, Pirintsos SA. 2018. Mapping absences within the BAM concept: Towards a new generation of ecological and environmental indicators. *Ecological Indicators* 90: 564-568.
- Barreto CG, Campos JB, Roberto DM, et al. 2013. Plano de Manejo: Parque Nacional do Itatiaia - Encarte 3. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).
- Barrett SCH, Harder LD. 1996. Ecology and evolution of plant mating. *TREE* 11:73-79.
- Barve N, Barve V, Jiménez-Valverde A, et al. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222: 1810-1819.
- Beaumont LJ, Hughes L, Poulsen M. 2005. Predicting species distributions: Use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological Modelling* 186: 251-270.

- Bellard C, Leclerc C, Leroy B, et al. 2014. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Ecology and Biogeography* 23: 1376-1386.
- BFG. 2015. Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguesia* 66: 1085-1113.
- Bivand R, Keitt T, Rowlingson B. 2019. *rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library*. R package version 1.4-3. URL <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Blagitz M, Botosso PC, Bianchini E, Medri ME. 2016. Periodicidade do crescimento de espécies arbóreas da Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil. *Scientia Forestalis/Forest Sciences* 44:163-173.
- Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2000, Seção 1, p. 1.
- Breiman L. 2001. Random Forests. *Machine Learning* 45: 5-32.
- Brown DG. 1994. Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *Journal of Vegetation Science* 5: 641-656.
- Cabeza M, Araújo MB, Wilson RJ, Thomas CD, Cowley MJR, Moilanen A. 2004. Combining probabilities of occurrence with spatial reserve design. *Journal of Applied Ecology* 41: 252-262.
- Cabeza M, Moilanen A. 2001. Design of reserve networks and the persistence of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 242-248.
- Cabeza M. 2003. Habitat loss and connectivity of reserve networks in probability approaches to reserve design. *Ecology Letters* 6: 665-672.
- Carey PD, Brown NJ. 1994. The use of GIS to identify sites that will become suitable for a rare orchid, *Himantoglossum hircinum* L., in a future changed climate. *Biodiversity letters* 2: 117-123.
- Caruzo MBR, Pereira APN, Cordeiro I. 2019. *Croton* (Euphorbiaceae) in the State of São Paulo, Brazil: an update. *Hoehnea* 46: 1-7.
- Caruzo MBR, Riina R, Cordeiro I, Berry PE. 2008. *Croton campanulatus* (Euphorbiaceae s.s.), a new species from the Brazilian Atlantic rain forest. *Brittonia* 60: 261-264.
- Caruzo MBR. 2010. *Sistemática de Croton sect. Cleodora* (Euphorbiaceae s. s.). PhD Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chen IC, Hill JK, Ohlemüller R, Roy DB, Thomas CD. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333: 1024-1026.
- CNUC/MMA. 2019. Tabela consolidada das Unidades de Conservação. Cadastro Nacional de Unidade de Conservação. Ministério do Meio Ambiente. <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-georreferenciados.html>. 06 de outubro de 2019.
- Colwell RK, Rangel TF. 2009. Hutchinson's duality: The once and future niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(SUPPL. 2):

19651-19658.

- Corlett RT, Westcott DA. 2013. Will plant movements keep up with climate change? *Trends in Ecology and Evolution* 28: 482-488.
- Croizat L. 1940. Thirty-five new species of american Croton. *Arnold Arboretum* XXI.
- Croizat L. 1941. Preliminaries for the study of Argentine and Uruguayan species of Croton. *Darwiniana*: 417-462.
- Detzel VA, Baldim MM, Cit C, Lamberti SP. 2018. O Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira foi custeado com recursos da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (AGEVAP): 371 p.: II.
- Dias PF, Souto SM, Costa JR. 2007. Análise do comportamento de leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens de gramíneas tropicais. *Pesq Agropec Trop* 37: 31-37.
- Donoghue MJ. 2008. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 1549-11555.
- Dowle M, Srinivasan A. 2019. data.table: Extension of `data.frame`. R package version 1.12.2. <https://CRAN.R-project.org/package=data.table>
- Duarte A, Whitlock SL, Fish OC. 2018. Species Distribution Modeling. In: *Encyclopedia of Ecology*, 2nd Edition. Elsevier Inc. p. 1-10.
- Fick SE, Hijmans RJ. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302-4315.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. 06 de outubro 2019.
- García-Callejas D, Araújo MB. 2015. The effects of model and data complexity on predictions from species distributions models. *Ecological Modelling* 326: 4-12.
- Garnier S. 2018. viridis: Default Color Maps from 'matplotlib'. R package version 0.5.1. <https://CRAN.R-project.org/package=viridis>
- Guisan A, Theurillat J-P, Kienast F. 1998. Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science* 9: 65-74.
- Guisan A, Thuiller W, Zimmermann N. 2017. *Habitat Suitability and Distribution Models With Applications in R. Ecology, Biodiversity and Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Henry L, Wickham H. 2019. purrr: Functional Programming Tools. R package version 0.3.2. <https://CRAN.R-project.org/package=purrr>
- Hijmans RJ, Phillips S, Leathwick J, Elith J. 2017. dismo: Species Distribution Modeling. R package version 1.1-4. <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>
- Hijmans RJ. 2019. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.8-19. URL <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- Hortal J, Bello F, Diniz-Filho JAF, Lewinsohn TM, Lobo JM, Ladle RJ. 2015. Seven

- Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46: 523-549.
- Hutchinson GE. 1957. Concluding Remarks. In: *Cold Spring Harb Symp Quant Biol: Conference Proceedings*: 415-427.
- José-Silva L, Carvalho R, Martins B, et al. 2018. Improving the validation of ecological niche models with remote sensing analysis. *Ecological Modelling* 380: 22-30.
- Karatzoglou A, Smola A, Hornik K, Zeileis A. 2004. kernlab - An S4 Package for Kernel Methods in R. *Journal of Statistical Software* 11(9), 1-20. URL <http://www.jstatsoft.org/v11/i09/>
- Kassambara A, Mundt F. 2017. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Keitt T. 2012. colorRamps: Builds color tables. R package version 2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=colorRamps>
- Kinlan BP, Gaines SD. 2003. Propagule dispersal in marine and terrestrial environments: A community perspective. *Ecology* 84: 2007-2020.
- Kotchetkoff-Henriques O, Joly CA, Bernacci LC. 2005. Relação entre o solo e a composição florística de remanescentes de vegetação natural no Município de Ribeirão Preto, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 541-562.
- Kuhn M, Contributions from Wing J, Weston S, Williams A, Keefer C, Engelhardt A, Cooper T, Mayer Z, Kenkel B, the R Core Team, Benesty M, Lescarbeau R, Ziem A, Scrucca L, Tang Y, Candan C, Hunt T. 2019. caret: Classification and Regression Training. R package version 6.0-84. <https://CRAN.R-project.org/package=caret>
- Lapola DM, da Silva JMC, Braga DR, et al. 2019. A climate-change vulnerability and adaptation assessment for Brazil's protected areas. *Conservation Biology* 0: 1-11.
- Le S, Josse J, Husson F. 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. 10.18637/jss.v025.i01
- Leutner B, Horning N, Schwalb-Willmann J. 2019. RStoolbox: Tools for Remote Sensing Data Analysis. R package version 0.2.4. <https://CRAN.R-project.org/package=RStoolbox>
- Liaw A, Wiener M. 2002. Classification and Regression by randomForest. *R News* 2(3), 18--22.
- Lima LR de, Pirani JR. 2008. Revisão taxonômica de Croton sect. Lamprocroton (Müll. Arg.) Pax (Euphorbiaceae s.s.). *Biota Neotropica* 8: 177-231.
- Lima WG, Guedes-Bruni RR. 2004. Myrceugenia (Myrtaceae) ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro. *Rodriguésia* 55: 73-94.
- Liu C, Newell G, White M. 2016. On the selection of thresholds for predicting species occurrence with presence-only data. *Ecology and Evolution* 6: 337-348.
- Lôbo D, Tabarelli M, Leal IR. 2011. Relocation of Croton sonderianus (Euphorbiaceae) seeds

- by *Pheidole fallax* Mayr (Formicidae): A Case of Post-Dispersal seed protection by ants? *Neotropical Entomology* 40: 440-444.
- Loyola RD, Lemes P, Faleiro F V., Trindade-Filho J, Machado RB. 2012. Severe Loss of Suitable Climatic Conditions for Marsupial Species in Brazil: Challenges and Opportunities for Conservation. *PLoS One* 7.
- Maurenza D, Bocayuva M, Pougy N, Martins E, Martinelli G. 2018. Lista da Flora das Unidades de Conservação Estaduais do Rio de Janeiro. *CNCFlora: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro.
- Mezabarba V, Vianna Filho MDM, Borges RAX, Mansano VF. 2013. Ericaceae do Parque Nacional do Itatiaia, RJ, Brasil. *Hoehnea* 40: 115-130.
- Moles AT, Falster DS, Leishman MR, Westoby M. 2004. Small-seeded species produce more seeds per square metre of canopy per year, but not per individual per lifetime. *J Ecology* 92: 384-396.
- Monteiro D, Guimarães EF. 2008. Flora do Parque Nacional do Itatiaia - Brasil: *Peperomia* (Piperaceae). *Rodriguésia* 59: 161-195.
- Morim MP. 2006. Leguminosae arbustivas e arbóreas da floresta atlântica do Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil: padrões de distribuição. *Rodriguésia* 57: 27-45.
- Naimi B, Hamm Na, Groen TA, Skidmore AK, Toxopeus AG. 2014. usdm: “Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling.” *Ecography*, *37*, 191-203. doi: 10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x (URL: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>).
- Nix H. 1986. A Biogeographic Analysis of Australian Elapid Snakes. In: Longmore R (Ed) *Snakes: Atlas of Elapid Snakes of Australia*. Australia.
- Oliveira-Filho AT, Vilela EA, Carvalho DA, Gavilanes ML. 1994. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10: 483-508.
- Önal H, Briers RA. 2002. Incorporating spatial criteria in optimum reserve network selection. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 269: 2437-2441.
- Passos L, Ferreira SO. 1996. Ant Dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) Seeds in an Tropical Semideciduous Forest in Southeastern Brazil. *Biotropica* 28: 697.
- Pearson RG, Dawson TP. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Pecl GT, Araújo MB, Bell JD, et al. 2017. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355.
- Pessoa E, Alves M. 2015. Three new species of *Campylocentrum* (Vandaeae, Orchidaceae)

- from Brazil. *Phytotaxa* 217: 265-272.
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, et al. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Monographs in population biology, n 49. Princeton University Press.
- Peterson AT. 2001. Predicting Species Geographic Distributions Based on Ecological Niche Modeling. *The Condor* 103: 599-605.
- Phillips SJ, Dudík M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- R Core Team 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rêgo LVC, Gilbevan RA, D Ávilla RFLG, Souza RF, Lopes SF. 2017. Biometria das sementes de *Croton heliotropiifolius* Kunth. (Euphorbiaceae) em um gradiente topográfico no semiárido brasileiro. In: II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido - CONIDIS. Vol 1. João Pessoa.
- Revelle W. 2015. Package ‘psych.’ <http://personality-project.org/r/psych>.
- Revelle W. 2018. psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.8.12.
- Rinker TW & Kurkiewicz D. 2017. pacman: Package Management for R. version 0.5.0. Buffalo, New York. <http://github.com/trinker/pacman>
- Santos AS. Biologia reprodutiva e citogenética de espécies simpátricas de *Croton* L. (Euphorbiaceae). 2016. Master Thesis. Universidade Federal da Paraíba. Areia.
- Santos RF dos, Riina R, Caruzo MBR. 2017. Diversity of Arborescent Lineages of Crotonae (Euphorbiaceae) in the Brazilian Atlantic Rain Forest. Vol 303. *Plant Systematics and Evolution* 303: 1467-1497.
- Silva MRS, Júnior OAC, Martins ES, Mitja D, Filho HC. 2012. Análise fatorial multivariada aplicada a caracterização de áreas de ocorrência de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) na Bacia do Rio Cocal. *Sociedade & Natureza* 24: 267-281.
- Siqueira MF, Durigan G. 2007. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 233-243.
- Sobral-Souza T, Francini RB, Lima-Ribeiro MS. 2015. Species extinction risk might increase out of reserves: Allowances for conservation of threatened butterfly *Actinote quadra* (Lepidoptera: Nymphalidae) under global warming. *Natureza e Conservação* 13: 159-165.
- Sobral-Souza T, Vancine MH, Ribeiro MC, Lima-Ribeiro MS. 2018. Efficiency of protected areas in Amazon and Atlantic Forest conservation: A spatio-temporal view. *Acta Oecologica* 87: 1-7.
- Tax DMJ, Duin RP. 2004. Support vector data description. *Machine Learning* 54: 45–66.
- Terribile LC, Lima-Ribeiro MS, Araújo MB, et al. 2012. Areas of climate stability of species ranges in the Brazilian cerrado: Disentangling uncertainties through time. *Natureza &*

Conservação;10: 152-159.

- Turnbull LA, Levine JM, Loreau M, Hector A. 2013. Coexistence, niches and biodiversity effects on ecosystem functioning. *Ecology Letters* 16: 116-127.
- Turnbull LA. 2014. Ecology's dark matter: The elusive and enigmatic niche. *Basic and Applied Ecology* 15: 93-100.
- Urbanek S. 2019. rJava: Low-Level R to Java Interface. R package version 0.9-11. <https://CRAN.R-project.org/package=rJava>
- Webster GL. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81: 33.
- Wei T, Simko V. 2017. R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84). Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Wickham H. 2017. tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>
- Wiens JJ, Donoghue MJ. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 639-644.

Considerações finais

Somente o estabelecimento de unidades de conservação, embora muito importante para a conservação da biodiversidade, não garante a persistência das espécies presentes em seus limites, sobretudo por não considerar como ameaça, os efeitos das mudanças climáticas globais em sua gestão. Nesse cenário está o primeiro Parque Nacional estabelecido no Brasil, o do Itatiaia (PNI), que abriga uma rica biodiversidade, e entre esses organismos está o megadiverso gênero *Croton* L.

Assim, o Capítulo I teve como objetivos realizar o levantamento, o tratamento taxonômico, criar uma chave de identificação, avaliar o estado de conservação, determinar e entender quais fatores ambientais estão relacionados aos padrões de distribuição das espécies do gênero *Croton* ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia - PNI, os quais foram alcançados ao identificarmos as espécies *C. alchorneicarpus*, *C. campanulatus*, *C. dichrous*, *C. floribundus*, *C. lundianus*, *C. organensis* e *C. vulnerarius* e verificar que devido a heterogeneidade topográfica e edáfica presentes na área, essas espécies ocorrem em diferentes regiões dentro do parque. Dessa maneira, pode-se ampliar o conhecimento sobre a taxonomia, morfologia e distribuição geográfica de *Croton* na Floresta Atlântica.

Para inferir o possível impacto das mudanças climáticas na distribuição e conservação dessas espécies e determinar a importância da reserva na conservação das mesmas, o Capítulo II demonstrou através dos modelos preditivos construídos que dentre as espécies estudadas, algumas poderão sofrer extinções locais fora do Parque (Anexo II), e que estas ficarão restritas a pequenas regiões dentro da reserva.

Diante do caráter exploratório da modelagem de nicho ecológico e da complexidade de se associar tais predições ao comportamento dos organismos frente às projeções futuras das mudanças no clima, reconhecemos as limitações dos métodos aqui praticados, tendo em vista que eles são dependentes de um conjunto de variáveis abióticas que não consideram as interações biológicas que associadas a elas definem os padrões de distribuição das espécies, e somam-se a esses aspectos, as dificuldades associadas à resolução espacial dessas simulações.

No entanto, o presente estudo demonstra que o Parque Nacional do Itatiaia tem fundamental importância na conservação das espécies lá ocorrentes, principalmente daquelas com distribuição mais restrita, uma vez que as regiões montanhosas no Brasil, em geral sofrem menos com a fragmentação de habitats, e por trata-se de uma unidade de conservação

de proteção integral, a qual se aplicam restrições de uso. Considerando que qualquer estratégia de conservação integrada à mudança climática requer modelagem regional, os resultados do presente trabalho poderão contribuir para a elaboração de metas voltadas a aprimorar a gestão e o manejo da biodiversidade na área do Parque.

Material suplementar

Tabela 1: Valores de correlação (*loadings*) de cada uma das 19 variáveis bioclimáticas com cada um dos eixos obtidos através da análise fatorial.

Eixos/variáveis bioclimáticas	MR1	MR2	MR3	MR6	MR4	MR5
Temperatura média Anual	0.94	0.04	0.24	0.11	0.2	0.1
Média mensal (temp max - temp min)	0.1	0.51	0.08	0.84	0.01	0.15
Isotermalidade	0.62	0	0.41	0.03	0.61	0.09
Sazonalidade - temperatura	0.63	0.11	0.41	0.15	0.61	0.04
Temperatura máxima do mês mais quente	0.87	0.27	0.11	0.36	0.14	0.05
Temperatura mínima do mês mais frio	0.8	0.11	0.3	0.35	0.33	0.16
Faixa anual de temperatura	0.5	0.27	0.3	0.59	0.46	0.16
Temperatura média do trimestre mais chuvoso	0.86	0.11	0.15	0.08	0.1	0.13
Temperatura média do trimestre mais seco	0.81	0.07	0.29	0.15	0.26	0.29
Temperatura média do trimestre mais quente	0.96	0.05	0.12	0.07	0.06	0.19
Temperatura média do trimestre mais frio	0.87	0.05	0.31	0.12	0.35	0.11
Precipitação anual	0.23	0.58	0.73	0.06	0.18	0.14
Precipitação do mês mais chuvoso	0.3	0.05	0.93	0.07	0.11	0.03
Precipitação do mês mais seco	0.03	0.95	0.12	0.15	0.02	0.08
Sazonalidade - precipitação	0.19	0.89	0	0.11	0.07	0.08
Precipitação do trimestre mais chuvoso	0.31	0.08	0.94	0.05	0.13	0.06
Precipitação do trimestre mais seco	0.03	0.97	0.13	0.14	0.03	0.08
Precipitação do trimestre mais quente	0.22	0.32	0.16	0.12	0.05	0.86
Precipitação do trimestre mais frio	0.23	0.44	0.5	0.23	0.08	0.42

	MR1	MR2	MR3	MR6	MR4	MR5
SS	6.781	3.716	3.394	1.513	1.403	1.195
Proportion	0.357	0.196	0.179	0.080	0.074	0.063
Cumulative	0.357	0.552	0.731	0.811	0.885	0.948

Tabela 2: Lista com os registros de ocorrência das espécies analisadas.

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton alchorneicarpus</i> Croizat	Bocaina de Minas	-44,578341	-22,646490	RB454713
	Camanducaia	-46,144699	-22,755301	UEC120581
	Camanducaia/Distrito Monte Verde	-44,969639	-22,389798	SPSF032808
	Campos do Jordão	-44,958027	-23,074750	SPSF8010
	Campos do Jordão	-45,590000	-22,730000	SP32455
	Cunha	-44,959999	-23,070000	ESA71563
	Cunha/Serra do Mar	-46,146863	-22,756746	SP369773
	Estr. Itajubá-Piquete	-45,819167	-22,006111	RB209578
	Extrema	-45,450000	-22,716667	SP370567
	Extrema	-46,318298	-22,854700	UEC158851
	Extrema	-46,318611	-22,888056	RB754784
	Extrema	-46,331389	-22,892778	UEC149245
	Itamonte	-44,727222	-22,379722	SP404842
	Itamonte	-44,747778	-22,369167	HUEFS234646
	Itamonte	-44,747778	-22,368889	RB760313
	Itamonte	-44,816944	-22,374167	UEC138076
	Itatiaia	-44,736389	-22,359444	RFA42230
	Itatiaia	-44,732500	-22,361111	RB754809
	Itatiaia/PNI	-44,397306	-22,169608	RB635957
	Itatiaia/PNI	-44,735556	-22,342500	HUFSP000080
	Itatiaia/PNI	-44,735556	-22,341389	HUFSP000081
	Itatiaia/PNI	-44,735556	-22,341111	HUFSP000091
	Itatiaia/PNI	-44,735556	-22,340833	HUFSP000092
	Itatiaia/PNI	-44,736389	-22,366111	HUFSP000093
	Itatiaia/PNI	-44,740833	-22,368056	HUFSP000100
	Itatiaia/PNI	-44,745278	-22,368611	HUFSP000101
	Itatiaia/PNI	-44,752500	-22,383056	HUFSP000102
	Itatiaia/PNI	-44,726667	-22,364444	HUFSP000103
	Itatiaia/PNI	-44,733889	-22,356389	HUFSP000104
	Itatiaia/PNI	-44,734722	-22,362222	HUFSP000105
	Itatiaia/PNI	-44,735000	-22,344444	HUFSP000109
	Itatiaia/PNI	-44,735278	-22,365833	HUFSP000111
	Nova Friburgo	-42,720833	-22,322222	RB747411
	Passa Quatro	-46,306111	-22,880278	SP5398
	Piquete	-45,169998	-22,610001	UEC83975
	Piquete/Alto da Serra da Mantiqueira	-45,183569	-22,611167	SPF00116307
	Resende	-44,683056	-22,433056	K001181290
	Resende	-44,758056	-22,378056	RB760318
	Resende/PE da Pedra Selada	-44,443889	-22,296944	RB643251
	Rio de Janeiro	-44,754722	-22,391944	RB209791
São Bento do Sapucaí	-45,737139	-22,685287	SP279737	
São Bento do Sapucaí	-45,730000	-22,680000	UEC67314	
São José do Barreiro/Serra da Bocaina	-44,817222	-22,372500	SP442600	
<i>Croton campanulatus</i> Caruzo & Cordeiro	Itatiaia	-44,563333	-22,496111	GUA4466
	Itatiaia/PNI	-44,611111	-22,443611	HUFSP 000094
	Itatiaia/PNI	-44,611389	-22,450278	HUFSP 000096
	Itatiaia/PNI	-44,612222	-22,451389	HUFSP 000098
	Itatiaia/PNI	-44,613333	-22,436111	HUFSP 000112
	Itatiaia/PNI	-44,611389	-22,443056	HUEFS234651
	Itatiaia/PNI	-44,613611	-22,436111	SP384412
Itatiaia/PNI	-44,613720	-22,436100	NYBG_BR1085730	

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton campanulatus</i> Caruzo & Cordeiro	Itatiaia/PNI	-44,658330	-22,358330	NYBG_BR1085938
	Itatiaia/PNI	-44,446667	-22,468889	RB180401
	Itatiaia/PNI	-44,606389	-22,456667	SP476729
	Itatiaia/PNI	-44,610158	-22,450486	RB180401
	Itatiaia/PNI	-44,611500	-22,443000	SP476728
	Itatiaia/PNI	-44,613783	-22,451003	RB528171
	Itatiaia/PNI	-44,619650	-22,428608	SPF190245
	Itatiaia/PNI	-44,662222	-22,752780	RB348829
	Mirantão	-44,495000	-22,251667	R.B. Pineschi 348 (GUA)
	Piedade do Rio Grande	-44,196111	-21,468611	UB177612
Resende (Mirante da Luz)	-44,531288	-22,343578	SP476726	
<i>Croton dichrous</i> Müll. Arg.	Camanducaia/Monte Verde/Pedra do Selado	-46,146863	-22,756746	SP358140
	Campos do Jordão/PE do Campos do Jordão	-45,589202	-22,740092	SP202642
	Carrancas	-44,642000	-21,487000	UEC136103
	Córrego do Bom Jesus/Serra de São Domingos	-46,017909	-22,629922	SP370574
	Cruzeiro/Alto do Pico Itaguaré	-44,961732	-22,577750	SP290443
	Itatiaia/PNI	-44,684142	-22,378518	RB414395
	Itatiaia/PNI	-44,667439	-22,383603	HUFSP000082
	Itatiaia/PNI	-44,666869	-22,383147	HUFSP000083
	Itatiaia/PNI	-44,667636	-22,379842	HUFSP000086
	Itatiaia/PNI	-44,703700	-22,379822	HUFSP000085
	Itatiaia/PNI	-44,702775	-22,379822	HUFSP000087
	Itatiaia/PNI	-44,698153	-22,372942	HUFSP000088
	Itatiaia/PNI	-44,678556	-22,386392	HUFSP000089
	Itatiaia/PNI	-44,678039	-22,386478	HUFSP000090
	Itatiaia/PNI	-44,677864	-22,386478	HUFSP000106
	Itatiaia/PNI	-44,671633	-22,391156	HUFSP000107
	Passa Quatro/APA Serra da Mantiqueira	-45,075278	-22,469167	SP475906
	Pindamonhangaba/Alto de São José dos Alpes/Usina Isabel	-45,462049	-22,926669	SP279744
	Piquete	-45,183569	-22,611167	SP475905
	Queluz	-44,778477	-22,541844	SP312687
Resende/PNI	-44,666667	-22,383333	SP376875	
São José do Barreiro/PN da Bocaína	-44,578341	-22,646490	SP279731	
Ubatuba/PESM	-45,069000	-23,430000	UEC150175	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Abaré	-48,964400	-23,202000	UEC133789
	Águas de São Pedro	-47,876000	-22,599000	ESA050980
	Agudos	-48,990156	-22,474037	SP308502
	Aiuaba	-40,120000	-6,743000	EAC38364
	Alegre	-41,533000	-20,763000	VIES38612
	Alfredo Chaves	-40,749000	-20,635000	VIES16409
	Alto Caparaó/PN do Caparaó	-41,873084	-20,444361	SP263059
	Alvinlândia	-49,723000	-22,422000	UEC172055
	Amparo	-37,064775	-7,567212	SP48042
	Analândia	-47,660766	-22,128785	SPF203944
	Angatuba	-48,406760	-23,483987	SPSF045214
	Anhembi	-48,119000	-22,780000	UEC22065
	Apucarana	-51,460000	-23,550000	FURB1297

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Araponga	-42,520000	-20,666000	VIC15583
	Arapongas	-51,424000	-23,419000	ESA113109
	Araraquara	-48,170000	-21,790000	ESA033274
	Araruna	-52,499618	-23,928201	MBM289898
	Arataca	-39,341667	-15,173611	SP399724
	Arcos	-45,543632	-20,282563	SP370581
	Areia	-35,703391	-6,965515	SP83010
	Assaí	-50,841623	-23,372718	SP327581
	Assis	-50,417510	-22,662835	SPSF10825
	Atibaia	-46,555063	-23,116308	SP298796
	Avai	-49,316667	-22,166667	SP345918
	Avaré	-48,803333	-22,996111	SPSF044005
	Bananal	-44,323330	-22,682616	SPF00196753
	Bandeirantes	-50,371873	-23,092481	MBM195679
	Barroso	-43,975381	-21,176287	SP357793
	Bataguassu	-52,439278	-21,754222	SP332878
	Baturité	-38,884000	-4,328000	EAC26006
	Bauru/Jd Botânico de Bauru	-49,083001	-22,325123	SP327572
	Bela Vista do Paraíso	-51,194145	-22,992088	SP335147
	Boa Nova	-40,100000	-14,416667	SP364064
	Bofete	-48,183000	-23,033000	ESA091430
	Bom Sucesso de Itararé	-49,215000	-24,299000	UEC098273
	Bonito	-35,695000	-8,494000	NY777935
	Brotas	-48,119000	-22,280000	UEC84242
	Caarapó	-54,822000	-22,634000	UEC130766
	Cafeara	-51,715000	-22,792000	NY503442
	Califórnia	-51,358086	-23,666144	MBM136620
	Camacã	-39,496367	-15,417627	SP262248
	Cambé	-51,281015	-23,279464	MBM224132
	Campinas	-47,060156	-22,907343	SP40757
	Cândido Mota	-50,388393	-22,746926	SP297571
	Carangola/Morro da Torre	-42,066667	-20,733333	SP245740
	Cássia dos Coqueiros	-47,167106	-21,285000	SP298948
	Cerro Azul	-49,000000	-24,500000	NY504080
	Cianorte	-52,609151	-23,653813	SPSF036877
	Conceição do Castelo	-41,243000	-20,368000	VIES4721
	Congonhas do Norte	-43,739167	-18,813333	SPF00203071
	Corumbataí	-47,412000	-22,142000	ESA023146
	Cosmópolis	-47,348000	-23,121000	UEC172147
	Cotia	-46,931846	-23,603514	SP312916
	Descoberto/Reserva Biológica da Represa do Gama	-42,972069	-21,460204	SP348431
	Divinolândia	-46,736870	-21,661622	SP296944
Embú das Artes/Itatuba	-46,850860	-23,647313	SPSF035732	
Espera Feliz	-41,907000	-20,650000	VIES33189	
Franco da Rocha	-46,727875	-23,320303	SP257905	
Gália	-49,700000	-22,409000	UEC172052	
Guaratinguetá	-45,191600	-22,817425	SP305021	
Ibiporã	-51,058034	-23,269331	SP327583	
Igarassu	-34,906000	-7,834000	ASE17140	
Iguaraçu	-51,827000	-23,196000	VIES27607	
Iguatu	-38,933000	-4,263000	ESA41819	
Ilha Bela	-45,354057	-23,788653	SPSF051853	
Ilheús	-39,041389	-14,913611	SP378859	

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Ilhéus	-39,043184	-14,793320	SPF00185380
	Iperó	-47,666000	-23,400000	UEC105729
	Ipeúna	-47,719096	-22,437300	SP291900
	Iramaia	-40,950000	-13,285000	NY504072
	Itabirito	-43,932000	-20,301000	HUEFS141425
	Itacaré	-38,994842	-14,278249	SP370047
	Itapeva	-49,070000	-24,062222	SPSF42716
	Itararé	-49,336120	-24,112138	SP320463
	Itatiaia/PNI	-44,613783	-22,450792	RB66477
	Itatiaia/PNI	-44,613610	-22,450560	HUFSP000095
	Itatiaia/PNI	-44,610830	-22,449440	HUFSP000097
	Itatiaia/PNI	-44,610280	-22,445000	HUFSP000122
	Itatiaia/PNI	-44,610830	-22,449170	HUFSP000123
	Itatiba	-46,830000	-23,000000	UEC132903
	Itatinga	-48,613380	-23,104273	SP279742
	Itirapina	-47,819885	-22,253968	SP258676
	Itobi	-46,970000	-21,729000	UEC68877
	Itu	-47,290000	-23,260000	UEC137512
	Ituberá	-39,266389	-13,953611	MBM274970
	Ivinhema	-53,783333	-22,366667	MBM133518
	Jaboticabal	-48,320350	-21,254471	SP245635
	Jacobina	-40,518000	-11,180000	EAC3424
	Jaguariaíva	-49,725265	-24,611210	MBM354139
	Jequié	-40,109417	-13,944722	SP378804
	Jundiá do Sul	-50,249354	-23,437909	SP340874
	Jundiá/Serra do Japi	-46,885274	-23,187668	SP292221
	Lagoa Dourada	-44,071116	-20,918599	SP183474
	Lavras	-44,999931	-21,242870	SP40397
	Lima Duarte/PE do Ibitipoca	-43,910235	-21,708364	SP360745
	Limeira	-47,401940	-22,562194	SP232918
	Londrina/Floresta do Godoy	-51,162773	-23,312156	SP232493
	Lupionópolis	-51,701667	-22,688333	MBM337977
	Mandaguacu	-52,090000	-23,215000	DVPR1617
	Maringá	-51,938000	-23,425000	UEC57162
	Marliéria	-42,732000	-19,712000	VIC22714
	Matão	-48,360000	-21,600000	ESA037131
	Mendes	-43,739989	-22,499990	MBM404875
	Mimoso do Sul	-41,366000	-21,064000	VIES33707
	Mogi das Cruzes/PM da Serra do Itapety	-46,196760	-23,522707	SP346886
	Mogi Guaçu	-46,944474	-22,365720	SP292220
	Mogi Mirim	-46,956367	-22,432696	SP28331
Monte Alegre do Sul/Eex do IAC	-46,681194	-22,681129	SP287651	
Monte Belo	-46,367000	-21,326000	UEC68882	
Morro do Chapéu	-41,270000	-11,645000	HUEFS137314	
Morungaba	-46,790000	-22,879000	UEC197568	
Nova Friburgo	-42,530000	-22,281000	NY504085	
Ortigueira	-50,949000	-24,208000	CEN69631	
Ouro Branco	-43,652389	-20,512611	SP292076	
Pacoti	-38,925889	-4,224765	EAC39851	
Paranapanema	-48,739444	-23,529167	SPSF38899	
Paraty/APA Cairuçu	-44,710859	-23,219414	SPF00192820	
Pedreira	-46,900000	-22,739000	UEC137127	
Pereira Barreto	-51,099000	-20,629000	UEC48664	
Petrópolis	-43,178000	-22,504000	P05505245	

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Pindorama/EE de Pindorama	-48,905638	-21,185988	SP279775
	Piracicaba	-47,675111	-22,570361	SP292083
	Pitangueiras	-51,585768	-23,230304	MBM117363
	Poços de Caldas	-46,564000	-21,838000	UEC23456
	Pombos	-35,234000	-8,083000	AES14062
	Quatiguá	-49,913000	-23,567000	NY504078
	Quebrangulo	-36,420000	-9,250000	NY1096380
	Querência do Norte	-53,487041	-23,086529	MBM357699
	Resende/PNI	-44,443613	-22,471184	SP102893
	Ribeirão Preto	-47,805476	-21,184835	SP40153
	Rio Branco do Sul	-49,316714	-25,190165	MBM186001
	Rio Claro	-44,139406	-22,731727	SP24572
	Rio de Janeiro	-43,207000	-22,902000	NY3075390
	Rolândia	-51,362780	-23,313592	MBM224131
	Sabáudia	-51,552000	-23,317000	FURB39884
	Santa Amélia	-50,423459	-23,268157	MBM189149
	Santa Leopoldina	-40,593128	-20,049414	SP476586
	Santa Maria de Jetibá	-40,746000	-20,040000	VIES16496
	Santa Rita do Passa Quatro/ARIE Cerrado			
	Pé-de-Gigante	-47,573500	-21,607333	SP319925
	Santa Teresa	-40,598998	-19,937714	SP274898
	Santo Antônio do Pinhal	-45,700000	-22,804000	HUEFS83413
	São Benedito do Sul	-35,951000	-8,808000	UEC115331
	São Carlos	-47,889000	-22,010000	UEC190920
	São Jerônimo da Serra	-50,741000	-23,727000	CEN38016
	São João da Boa Vista	-46,796351	-21,972011	SP4642
	São João das Laranjeiras	-50,863306	-22,627056	SP297595
	São José do Rio Pardo	-46,888266	-21,596103	SP296945
	São José do Rio Preto	-49,381348	-20,812637	SP350104
	São José dos Campos	-45,880000	-23,170000	VIC11006
	São Paulo	-46,570383	-23,567387	SP246921
	São Pedro	-47,914033	-22,548888	SP304610
	São Roque	-48,080000	-23,523000	UEC80504
	São Simão	-47,553353	-21,479723	SP64456
	Sengés	-49,463000	-24,113000	UEC196795
	Serra Negra	-46,701791	-22,612694	SP254064
	Socorro	-46,516667	-22,583333	SPF00147815
	Sorocaba	-47,457853	-23,499323	SP33218
	Taguaí	-49,405771	-23,449814	SP279745
	Taquaritinga do Norte	-36,027000	-7,907000	HUEFS231292
Telêmaco Borba	-50,623123	-24,328686	RB00654234	
Teodoro Sampaio/PE do Morro do Diabo	-52,171195	-22,531007	SP279735	
Terra Rica	-52,624671	-22,724365	MBM339957	
Tiradentes	-45,083333	-21,087222	SPF00092582	
Tomazina	-49,955152	-23,779045	MBM205966	
Torre de Pedra	-48,200000	-23,250000	SP258947	
Ubajara	-40,921000	-3,854000	EAC3907	
Ubatuba/PEIA	-45,072091	-23,435965	SPSF046639	
Uberlândia	-48,277000	-18,918000	UEC59556	
Uruçuca (Coord prox Una/BA)	-39,026110	-15,265090	SP429441	
Valinhos	-46,931000	-22,956000	UEC151471	
Viçosa	-42,881000	-20,753000	VIC377	
Vinhedo	-46,976476	-23,030538	SP359089	
Virginópolis	-42,714804	-18,825140	SP392262	

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton lundianus</i> (Didr.) Müll. Arg.	Visconde do Rio Branco	-42,840000	-21,010000	VIC6236
	Vitória	-40,337000	-20,319000	VIES15641
	Alcobaça	-39,194214	-17,518933	SP268776
	Angatuba	-48,526417	-23,313383	SP296917
	Angra dos Reis	-44,319627	-23,009116	SP68294
	Araucária	-49,401940	-25,591645	MBM40012
	Areia Branca	-37,313363	-10,758192	SP339424
	Assis	-50,425722	-22,581556	SPSF035868
	Atibaia	-46,549000	-23,110000	UEC55006
	Bocaiuva do Sul	-49,105787	-25,214902	MBM39990
	Bonito	-35,695000	-8,494000	NY777938
	Botucatu	-46,511000	-22,837000	HUEFS178587
	Botumirim	-43,000278	-16,909722	SP405109
	Bragança Paulista	-46,815000	-22,908333	SP74528
	Buenópolis	-43,956944	-17,895556	SPF00164155
	Buíque	-37,074000	-8,585000	UEC175118
	Cabo de Santo Agostinho	-35,034000	-8,286000	HUEFS115932
	Cabreúva	-47,023000	-23,141000	ESA022038
	Caeté	-43,570000	-19,806000	NY1027053
	Caiapônia	-51,810000	-16,956000	VIC3562
	Camaçari	-38,300000	-12,483000	HUEFS1584
	Camamú	-39,103000	-13,944000	HUEFS42336
	Campinas	-47,060156	-22,907343	SP7247
	Campo Bonito	-52,996870	-25,039634	MBM85228
	Campo Largo	-49,528841	-25,459491	MBM41616
	Canavieiras	-39,005000	-15,513000	NY1019648
	Capela	-37,084000	-10,964000	ASE21388
	Caravelas	-39,253382	-17,733371	SPF00185381
	Castelo	-41,100556	-20,520556	SP423580
	Cerro Azul	-49,261000	-24,823000	HUEFS174343
	Conceição do Mato Dentro	-43,583333	-19,333333	SPF00076814
	Cruzeiro	-45,026000	-22,484000	UEC73791
	Cubatão/Parque Caminhos do Mar	-46,420032	-23,883839	SP297650
	Cunha/PESM	-44,958027	-23,074750	SPSF16941
	Curitiba	-49,273000	-25,428000	ASE12605
	Delfim Moreira	-45,323000	-22,575000	FURB36241
	Diamantina (Coord BA)	-43,623972	-13,186361	SPF00155801
	Dianópolis	-46,512000	-11,602000	CEN52867
	Florianópolis	-48,543000	-27,683000	FLOR61333
	Formoso	-45,929722	-15,410556	SP328382
	Fortaleza	-38,543000	-3,717000	EAC1132
	Franco da Rocha/Parque do Juqueri	-46,727875	-23,320303	SPF00166595
	Garuva	-48,849842	-26,022076	MBM71720
Gaúcha do Norte	-53,079000	-13,242000	ESA072167	
Grão Mogol	-42,888013	-16,566495	SP476541	
Guarapari	-40,511000	-20,658000	VIES9285	
Guarapuava	-51,463431	-25,393592	MBM329434	
Guaratinguetá	-45,189000	-22,809000	NY504221	
Guarulhos	-46,509722	-23,408889	SPSF052789	
Ibirama	-49,567000	-27,040000	FURB43152	
Igrapiúna	-39,198000	-13,821000	HUEFS198467	
Ilhéus	-39,043184	-14,793320	MBM284267	

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton lundianus</i> (Didr.) Müll. Arg.	Imperatriz	-47,466667	-5,550000	SP131222
	Indaiatuba	-47,212309	-23,081646	SP269873
	Iporanga	-48,590000	-24,579000	UEC46566
	Iracemópolis	-47,510000	-22,580000	ESA013558
	Itapetininga	-48,046143	-23,587873	SP64776
	Itapira	-46,820000	-22,430000	ESA018666
	Itararé	-49,336120	-24,112138	SP101720
	Itatiaia/PNI	-44,666670	-22,250000	RB333867
	Itatiaia/PNI	-44,606667	-22,453611	HUFSP000099
	Itatiaia/PNI	-44,611111	-22,445000	HUFSP000114
	Itatiaia/PNI	-44,611111	-22,443611	HUFSP000117
	Itatiba	-46,830000	-23,000000	UEC4614
	Itu	-47,290000	-23,260000	UEC068681
	Ituberá	-39,250000	-13,750000	NY1132222
	Itutinga	-44,657000	-21,298000	UEC23104
	Jaboticatubas/PN da Serra do Cipó	-43,635556	-19,348056	SPF00150994
	Jacobina	-40,365278	-10,900556	SP359759
	Jacuí	-46,776000	-21,005000	UEC131256
	Jaguariaíva	-49,705000	-24,251000	FLOR20739
	Japaratuba	-36,525000	-10,375000	ASE35444
	Joaquim Felício	-44,194167	-17,692778	SPF00147642
	Joinville	-48,849409	-26,304518	JOI2526
	Juiz de Fora	-43,348817	-21,760924	SP367563
	Jundiaí/EE Jundiaí	-46,885274	-23,187668	SP279752
	Ladário	-57,520000	-19,087778	SP367817
	Laguna	-48,781389	-28,483586	MBM125305
	Lapa	-49,689444	-25,814722	MBM410551
	Lavras	-44,999000	-21,245000	VIC12586
	Lençóis	-41,394031	-12,564063	SPF00152263
	Linhares	-40,065306	-19,398106	SPF196736
	Marcelândia	-54,100000	-10,270000	ESA038050
	Miguel Calmon	-40,554000	-11,407000	HUEFS57772
	Morretes	-48,831539	-25,478482	MBM354140
	Morro do Chapéu	-41,162000	-11,563000	HUEFS150146
	Mucugê	-41,318889	-12,965833	SP363431
	Nilo Peçanha	-39,112986	-13,604494	SPF00165987
	Nova Venécia	-40,400000	-18,710000	VIES40912
	Ouro Preto	-43,508000	-20,287000	VIC11696
	Pacatuba	-36,651000	-10,453000	ASE3886
	Palmas	-48,215833	-10,191389	SPF00147251
	Palmeiras/Morro do Pai Inácio	-41,466667	-12,450000	SPF00037811
	Paraizópolis (Paraisópolis)	-45,781704	-22,555193	SP19162
	Paranaguá	-48,509000	-25,520000	UEC75772
	Paraty	-44,710859	-23,219414	SP447370
	Petrópolis/Itaipava	-43,177337	-22,510599	RB192057
	Pindobaçu	-40,360000	-10,741000	HUEFS81244
	Piraí	-43,825000	-22,629000	VIC10049
Poços de Caldas	-46,561000	-21,787000	UEC33350	
Ponta Grossa	-50,161000	-25,094000	FURB40855	
Raul Soares	-42,452000	-20,101000	VIC11724	
Registro	-47,916667	-24,400000	SP139853	
Rio de Contas	-41,826667	-13,572500	SP385326	
Rio de Janeiro/Pedra do Desengano	-43,227875	-22,876652	SPF00165204	

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton lundianus</i> (Didr.) Müll. Arg.	Salesópolis/Caraguatatuba	-45,847177	-23,531793	SP225635
	Santa Luzia	-43,850007	-19,767617	SP54832
	Santa Luzia do Itanhy	-37,425000	-11,385000	ASE25599
	Santa Maria de Jetibá	-40,746000	-20,040000	VIES19002
	Santa Teresa	-40,598998	-19,937714	SP274845
	Santana do Riacho	-43,546667	-19,264111	SP356412
	Santo Amaro	-38,774000	-12,574000	HUEFS44876
	Santo André	-46,530874	-23,657510	SP193271
	Santo Antônio de Posse	-46,909000	-22,600000	UEC24799
	São Bernardo do Campo	-46,550257	-23,710305	SP276492
	São Cristóvão	-37,206000	-11,014000	ASE28607
	São Domingos	-37,942603	-6,815925	SP373754
	São Félix do Araguaia	-51,395000	-11,234000	ESA38051
	São Fidelis	-41,913333	-21,866944	SP489002
	São Gabriel da Cachoeira	-67,083643	-0,136463	INPA86884
	São José dos Campos	-45,964722	-22,898333	SPF00098707
	São Luís/Reserva CAEMA	-44,297919	-2,531886	SP333104
	São Paulo	-46,570383	-23,567387	SP366432
	Saúde	-40,418551	-10,941105	SP261969
	Sengés	-49,463000	-24,113000	MBM133737
	Serra	-40,307000	-20,128000	VIES13672
	Serro	-43,388631	-18,604442	MBM241891
	Sete Barras	-47,994167	-24,141389	SPF00159425
	Tanguá	-42,714000	-22,730000	INPA212563
	Tapiraí/UHE Barra	-47,505288	-23,973148	SPSF048377
	Taubaté	-45,556609	-23,026556	SP138689
	Tefé	-64,708420	-3,348372	SPF00185399
	Tejucupapo	-34,894488	-7,603074	SP314488
	Teresópolis	-42,965000	-22,412000	INPA212579
	Tibagi	-50,411470	-24,513288	SP332954
	Tucuruí	-49,533333	-3,500000	INPA 114752
	Tupiratins	-48,215833	-8,214167	SPF00147252
Ubaitaba	-39,322547	-14,310436	MBM230556	
Ubatuba	-45,072091	-23,435965	SP267958	
União da Vitória	-51,090610	-26,228435	MBM25270	
Valinhos	-46,990000	-22,970000	NY504239	
Vargem Grande	-47,019648	-23,615303	UEC166343	
Viçosa	-42,881000	-20,753000	VIC16629	
Vila Velha	-40,292000	-20,329000	VIES2403	
Vinhedo	-46,976476	-23,030538	SPSF029920	
<i>Croton organensis</i> Baill.	Antônio Carlos	-43,755641	-21,318580	SPF00148603
	Bananal	-44,468333	-22,820833	RB209790
	Bananal/EE de Bananal	-44,323330	-22,682616	SP447561
	Bom Jardim de Minas	-44,166667	-22,033333	RB545043
	Camanducaia	-46,146863	-22,756746	SP162915
	Campos do Jordão/PE Instituto Florestal	-45,589202	-22,740092	SP237472
	Cunha/PE da Serra do Mar	-45,023333	-23,246389	SP341053
	Delfim Moreira	-45,272596	-22,502009	SP75881
	Itatiaia/PNI	-44,666670	-22,250000	RB333866
	Itatiaia/PNI	-44,752664	-22,383239	HUFSP000125
	Juiz de Fora	-43,348817	-21,760924	SPF00148604
	Miguel Pereira	-43,466667	-22,450000	RB476973
	Nova Friburgo	-42,549056	-22,376194	SP384409

Espécie	Local	Coordenadas		Nº tombo
		Longitude	Latitude	
<i>Croton organensis</i> Baill.	Nova Friburgo	-42,050000	-22,000000	R183816
	Nova Iguaçu	-43,468611	-22,540278	SP447340
	Paraíso	-45,970833	-22,686944	SP370660
	Passa-Vinte	-44,231049	-22,208977	MBM274631
	Petrópolis	-43,177337	-22,510599	RB137885
	Piquete/Alto da Serra do Mar	-45,183569	-22,611167	SP269868
	Resende	-44,756611	-22,392528	SP476627
	Resende	-44,619775	-22,429106	HUFSP000110
	Resende	-44,613611	-22,436111	SP476627
	Rio Claro	-47,560000	-22,409000	SP13728
	Rio de Janeiro	-43,207000	-22,902000	P05566091
	Santa Maria Madalena	-41,941944	-21,949167	RB558272
	Santo Antônio do Pinhal	-45,679279	-22,831193	SP398155
	São Paulo/PE das Fontes do Ipiranga	-46,570383	-23,567387	SP204173
	Sapucaí-Mirim	-45,740926	-22,751596	SP200317
	Teresópolis	-42,986667	-22,448889	RB233439
	Teresópolis/PN da Serra dos Órgãos	-42,962957	-22,409005	RB441539
	Belo Horizonte	-43,926453	-19,937524	MBM258704
	Bocaiúva do Sul	-49,105787	-25,214902	MBM136644
	Bom Sucesso de Itararé	-49,143762	-24,318263	SP488654
Cotia	-46,931846	-23,603514	SP356407	
Cunha	-44,959000	-23,069000	UEC29093	
Diadema	-46,619000	-23,680000	UEC111746	
Diamantina	-43,600000	-18,249000	UEC198197	
Engenheiro Paulo de Frotin	43,567500	-22,504722	RB674605	
<i>Croton vulnerarius</i> Baill.	Franco da Rocha/PE do Juqueri	-46,727875	-23,320303	SPF00166596
	Guarulhos	-46,529000	-23,459000	UEC111550
	Itamonte	-44,756056	-22,393806	SP476630
	Itapeva	-49,166667	-24,250000	SPF00103537
	Itararé	-40,366667	-24,350000	RB675917
	Itatiaia/PNI	-44,611389	-22,445528	SP476739
	Itatiaia/PNI	-44,611111	-22,445000	HUFSP000113
	Itatiaia/PNI	-44,619722	-22,445000	HUFSP000121
	Jaguariá	-49,712186	-24,253057	MBM03112
	Mariana	-43,416140	-20,374493	SPSF9251
	Paraty	-44,710859	-23,219414	SP370659
	Pindamonhagaba	-45,459735	-22,930408	SP270633
	Queluz	-44,778477	-22,541844	SPF00106552
	Raul Soares	-42,454168	-20,101959	RB528252
	Santana do Riacho	-43,546667	-19,264111	SPF00150991
	Santo André	-46,303867	-23,772044	SP426239
	São José do Barreiro	-46,053000	-20,039000	UEC151705
	São José dos Campos	-45,937000	-23,075000	VIC10888
	São Paulo	-46,570383	-23,567387	SPF00011298
	Sengés	-49,473019	-24,116810	MBM279204
Teresópolis	-42,962957	-22,409005	SPF00155737	
Teresópolis/PN da Serra dos Órgãos	-42,962957	-22,409005	R158223	

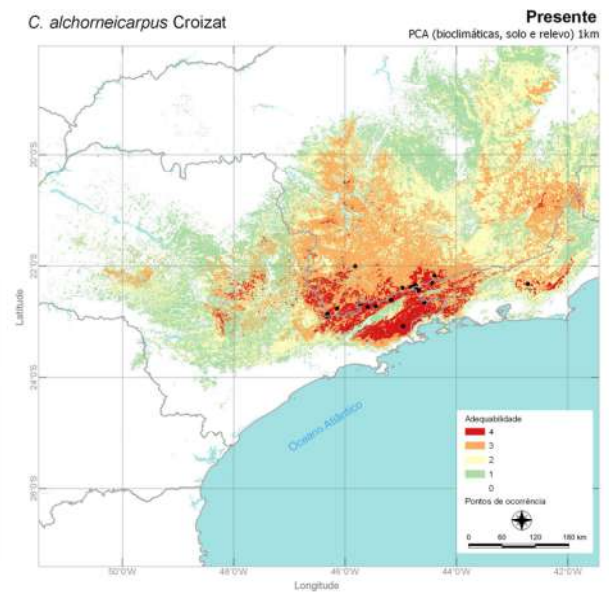
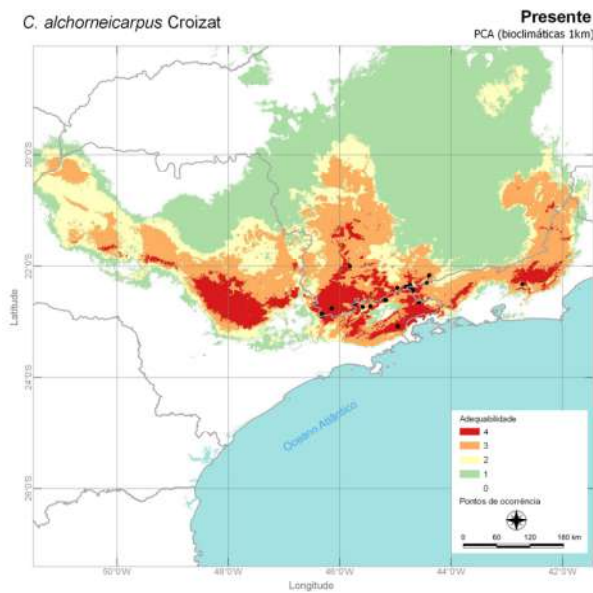
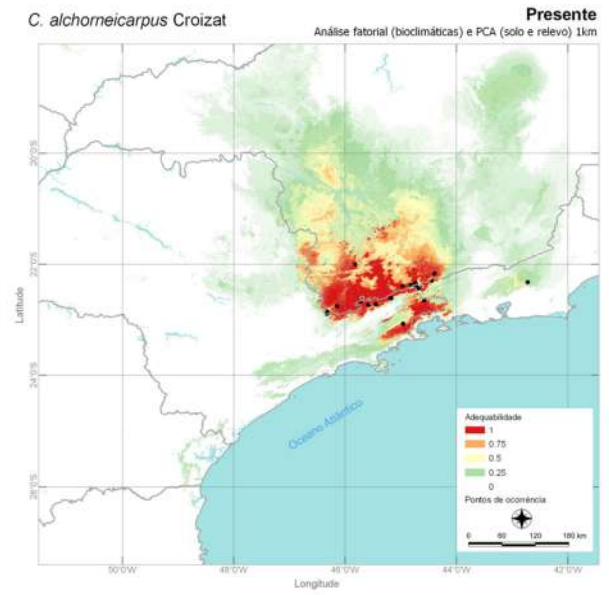
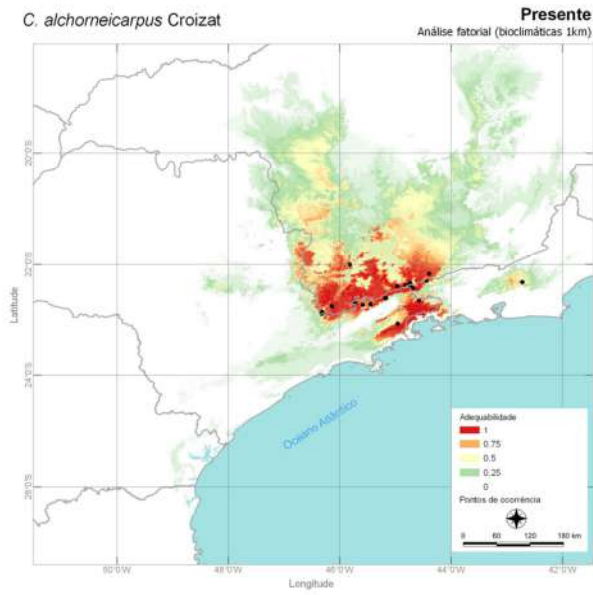
Tabela 4: Valores máximos e mínimos obtidos na análise das variáveis ambientais predictoras em relação às sete espécies do gênero *Croton* encontradas no Parque Nacional do Itatiaia.

Espécie/Variável	<i>C. alchorneicarpus</i>		<i>C. campanulatus</i>		<i>C. dichrous</i>		<i>C. floribundus</i>		<i>C. lundianus</i>		<i>C. organensis</i>		<i>C. vulnerarius</i>	
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Bio02 (°C)	13,37	10,06	12,23	10,98	13,14	9,71	14,64	6,24	15,17	6,03	13,56	8,27	13,62	8,53
Bio04 (°C - mm)	321,14	223,50	254,07	220,58	322,12	221,55	315,81	61,55	344,17	29,81	322,12	199,97	296,60	173,01
Bio10 (°C)	23,17	14,03	21,63	18,95	25,50	12,43	26,32	19,45	28,08	16,37	26,32	17,20	25,93	16,73
Bio16 (mm)	1092,00	704,00	836,00	759,00	1096,00	654,00	937,00	298,00	1228,00	263,00	961,00	455,00	968,00	419,00
Bio17 (mm)	155,00	68,00	100,00	50,00	301,00	60,00	439,00	15,00	553,00	4,00	337,00	57,00	351,00	19,00
Bio18 (mm)	1092,00	659,00	836,00	646,00	1096,00	620,00	926,00	70,00	1005,00	97,00	961,00	455,00	936,00	313,00
Bulk density (kg m⁻³)	1411,70	1094,80	1387,40	1159,50	1423,50	1102,30	1519,00	1251,51	1512,50	1014,70	1474,50	1117,90	1443,40	1120,00
Clay (% em peso)	42,90	30,10	39,00	34,90	39,00	30,10	52,80	20,20	61,90	25,00	46,80	31,00	45,10	29,70
Elevation	2284,50	525,50	1421,00	837,00	2566,50	3,00	1260,00	4,00	1776,50	4,00	1729,00	9,50	1618,00	4,00
Organic carbon (g kg⁻¹)	26,20	5,00	31,40	6,00	42,10	11,00	72,20	1,10	90,80	3,10	20,70	2,30	48,20	3,90
pH	5,49	4,90	5,30	5,01	5,69	4,90	6,78	5,01	6,28	4,91	6,00	4,99	6,22	4,90
Sand (% em peso)	48,60	36,20	42,90	40,00	53,70	40,90	67,00	28,70	62,00	17,90	60,10	33,10	51,10	28,90
Slope	26,29	2,45	25,98	5,06	11,56	0,33	20,82	0,35	21,77	0,08	19,40	0,41	20,72	0,20

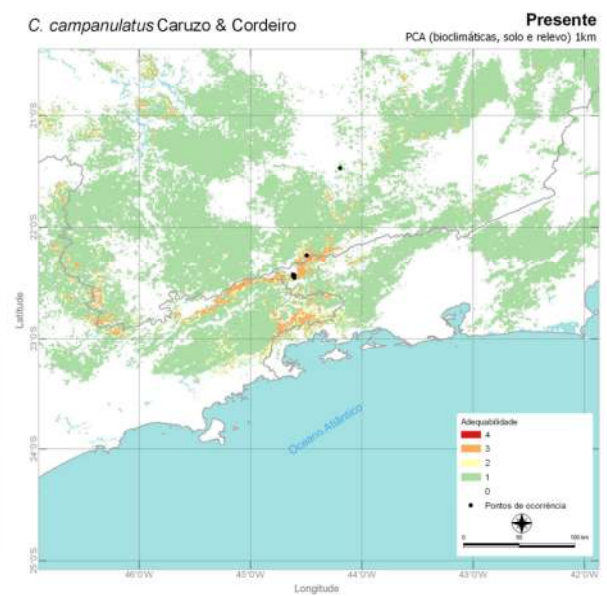
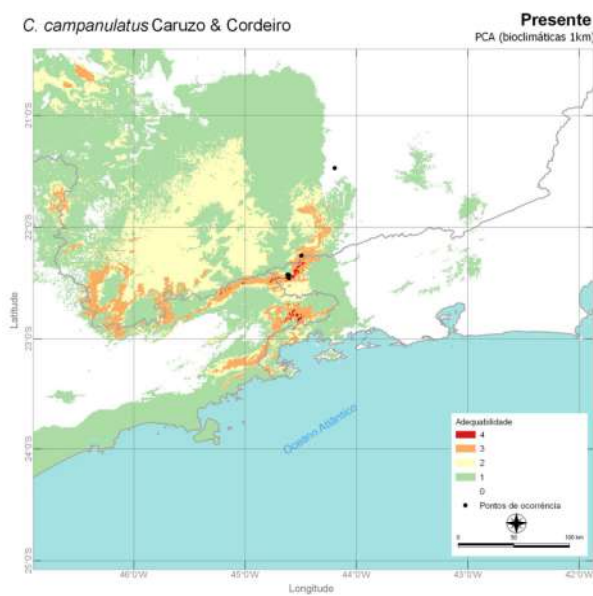
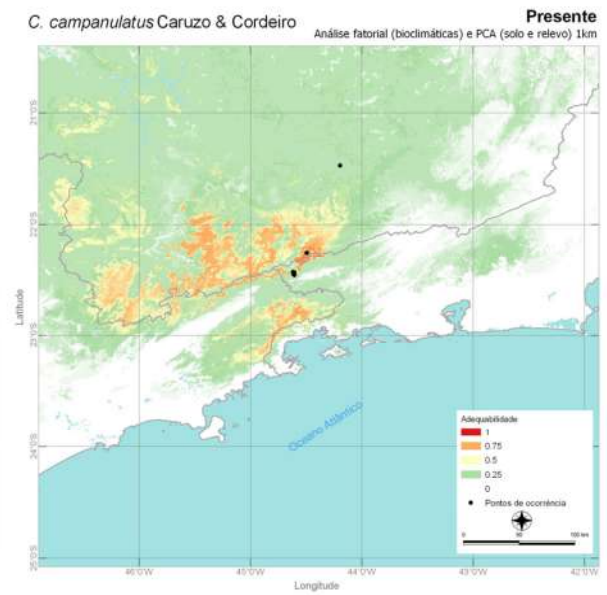
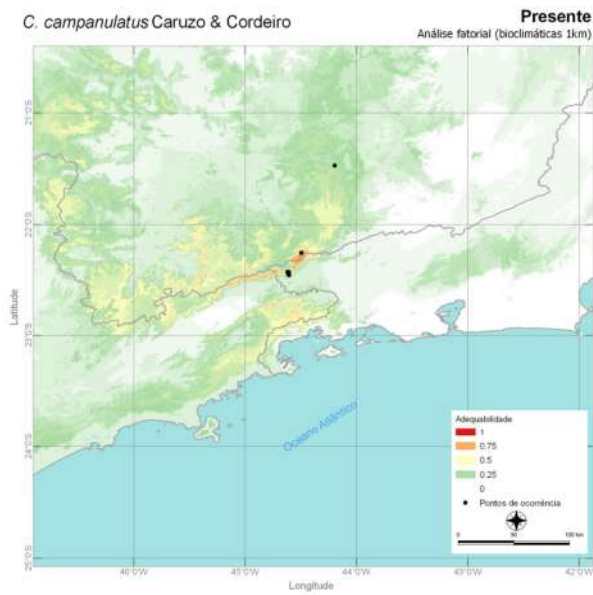
Legenda: ↑valor máximo; ↓ valor mínimo; **bio2** (média mensal - temp max - temp min), **bio4** (sazonalidade - temperatura), **bio10** (temperatura média do trimestre mais quente), **bio16** (precipitação do trimestre mais chuvoso), **bio17** (precipitação do trimestre mais seco); **bio18** (precipitação do trimestre mais quente); **bulkdensity** (densidade a granel (terra fina) em kg m⁻³); **clay** (teor de argila (0-2 micrômetros) fração de massa em %); **sand** (teor de areia (50-2000 micrômetros) fração de massa em %); **organiccarbon** (teor de carbono orgânico no solo (fração de terra fina) em g kg⁻¹); **pH** (pH do solo x10 em H₂O - corrigido); **elevation** (elevação); **slope** (inclinação); **100** (profundidade - 1m); **30** (profundidade - 30cm).

Anexo I

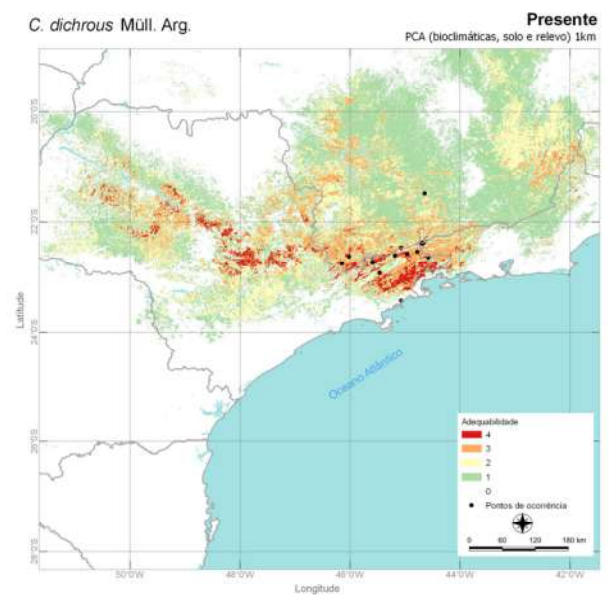
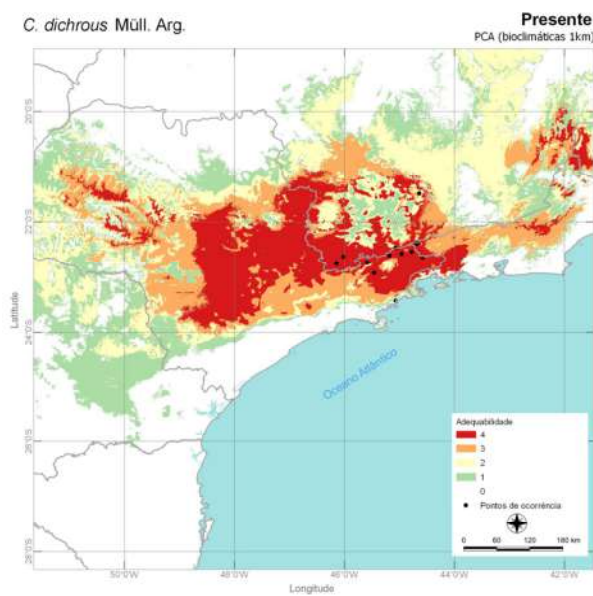
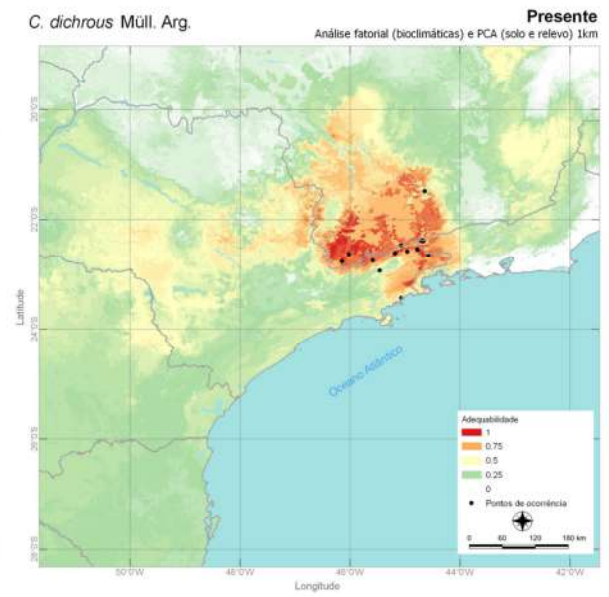
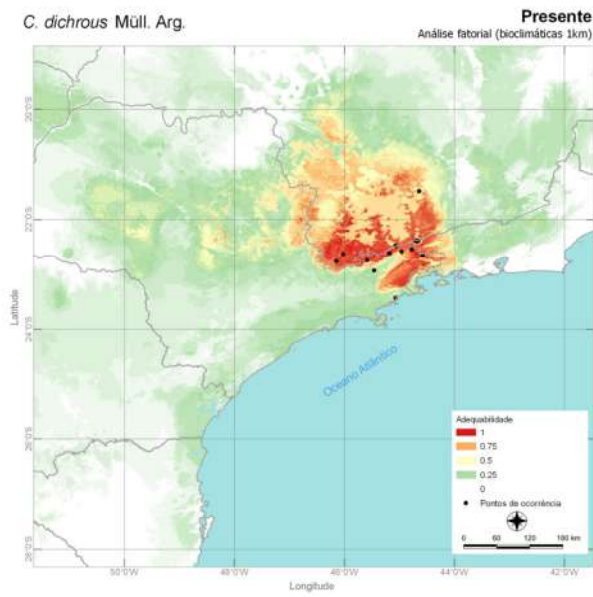
Mapas comparativos da distribuição atual no Brasil das espécies do gênero *Croton* ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia (modelos construídos com resolução de 30 arco-segundo (~1km x 1km), com as variáveis bioclimáticas, de solo e relevo, utilizando a análise fatorial e a análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*).



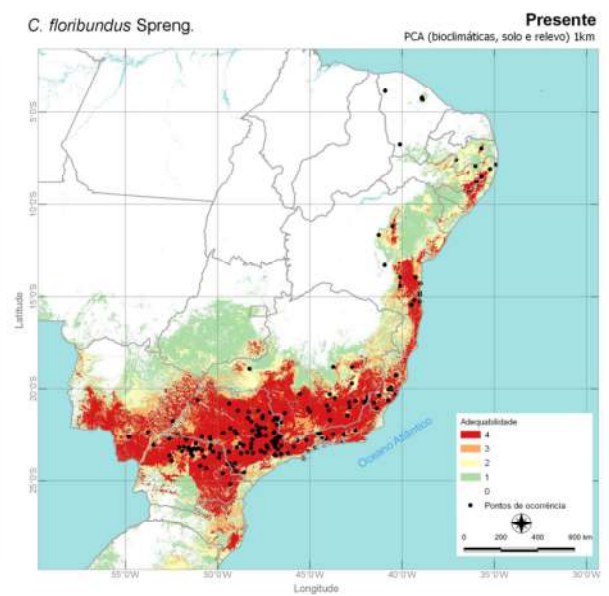
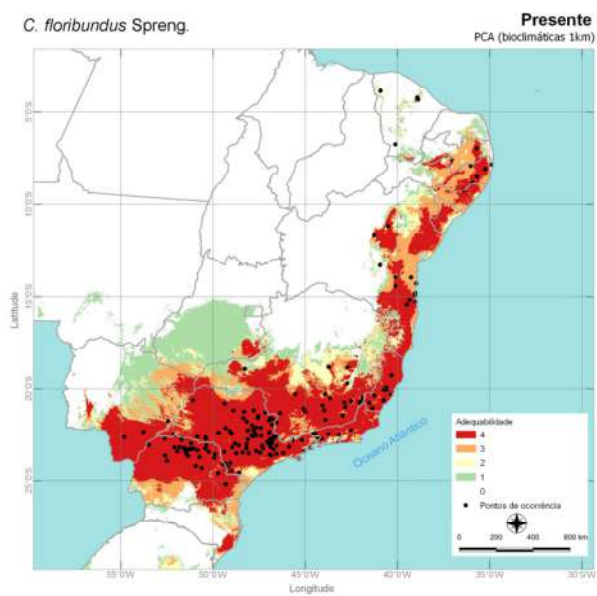
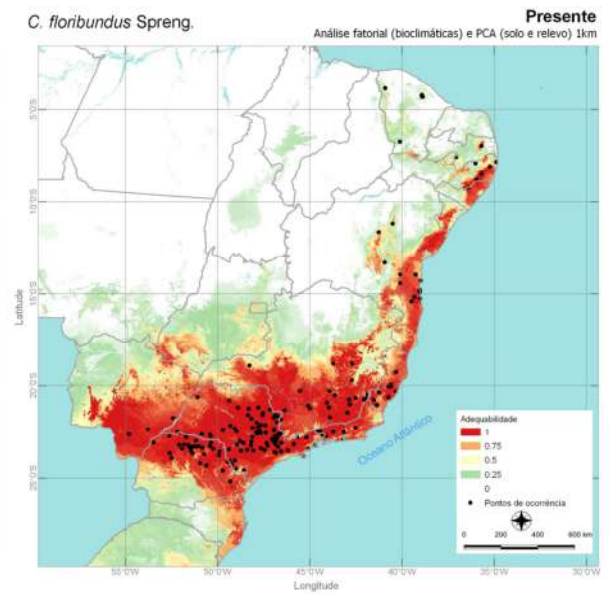
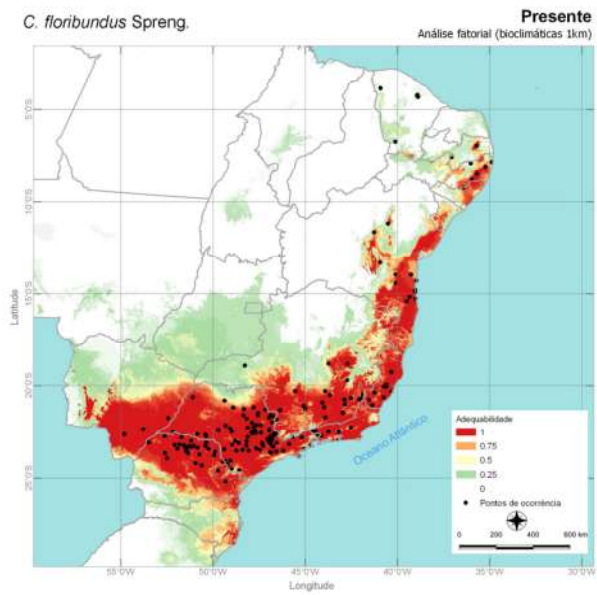
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. alchorneicarpus*.



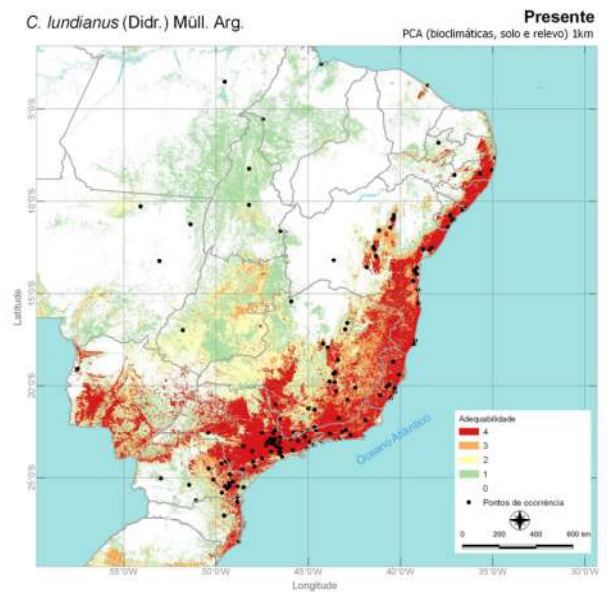
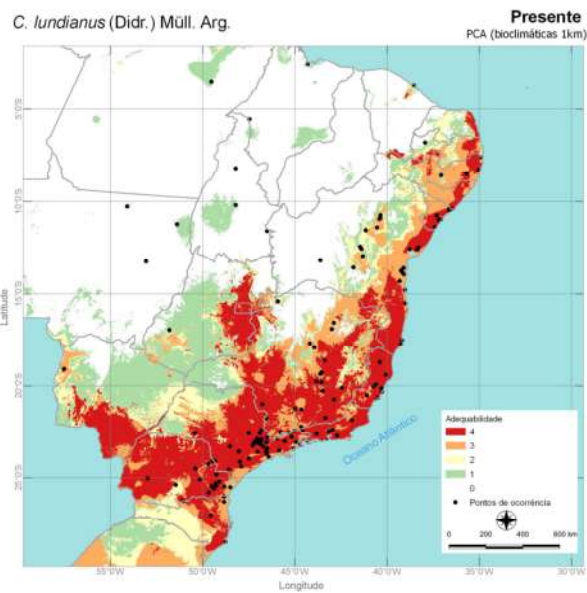
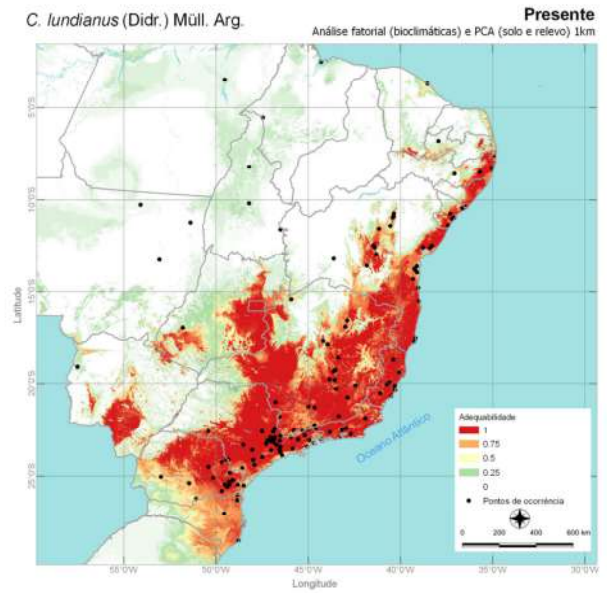
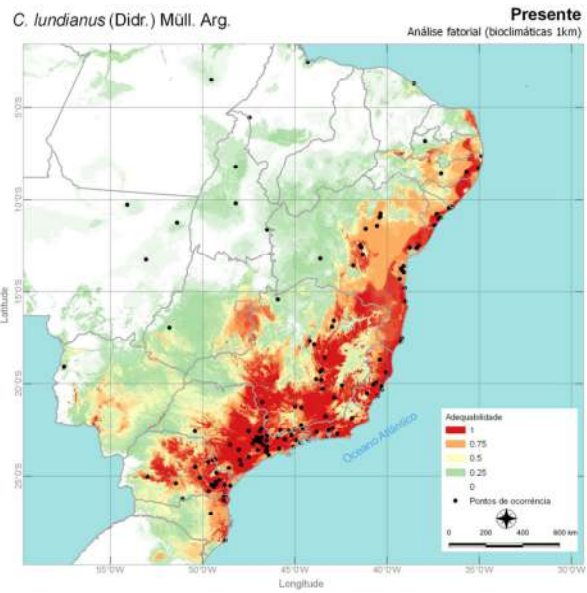
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. campanulatus*.



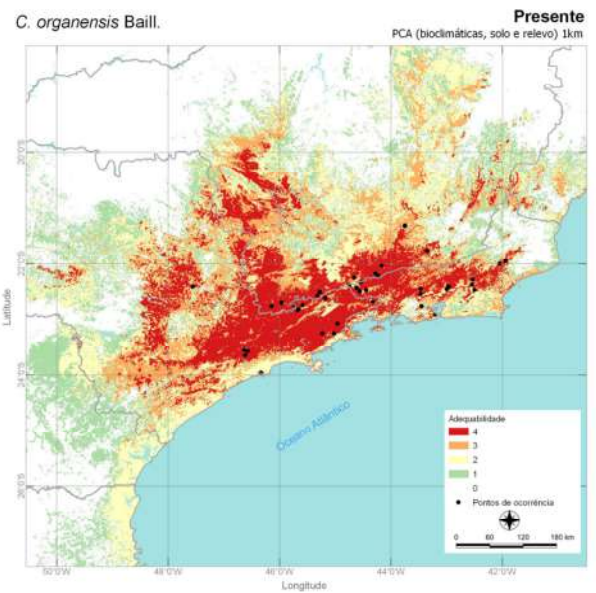
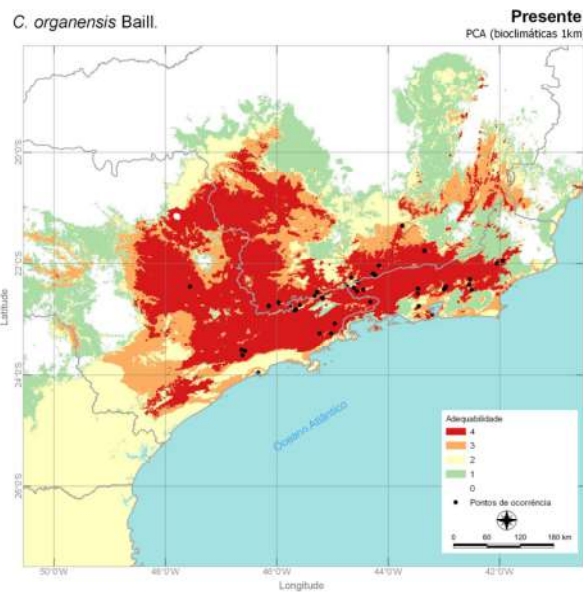
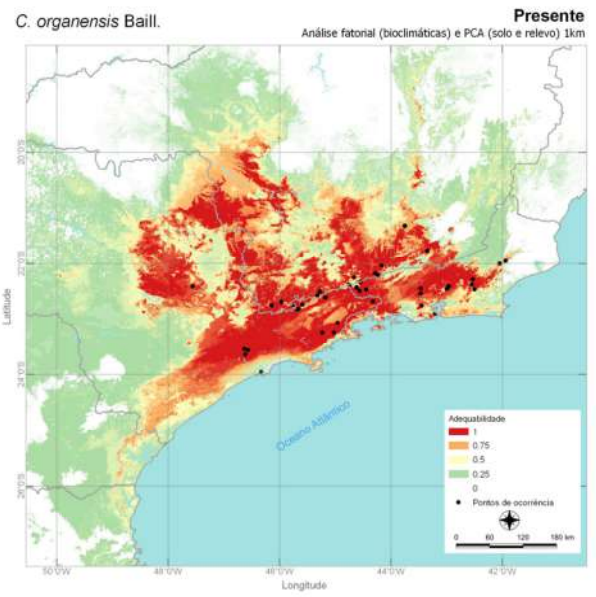
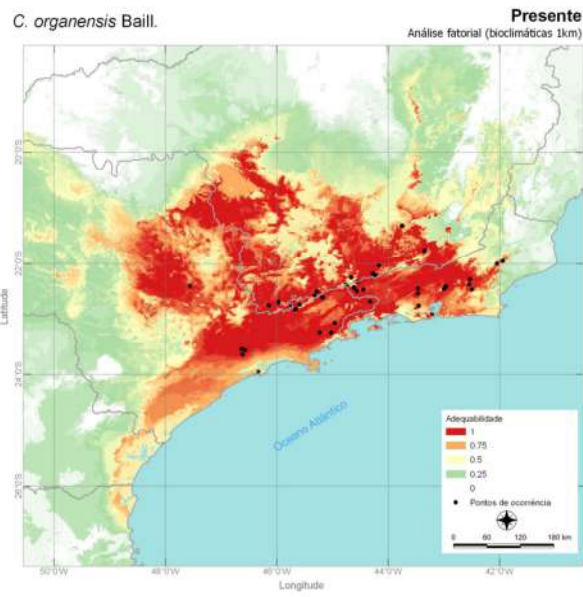
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. dichrous*.



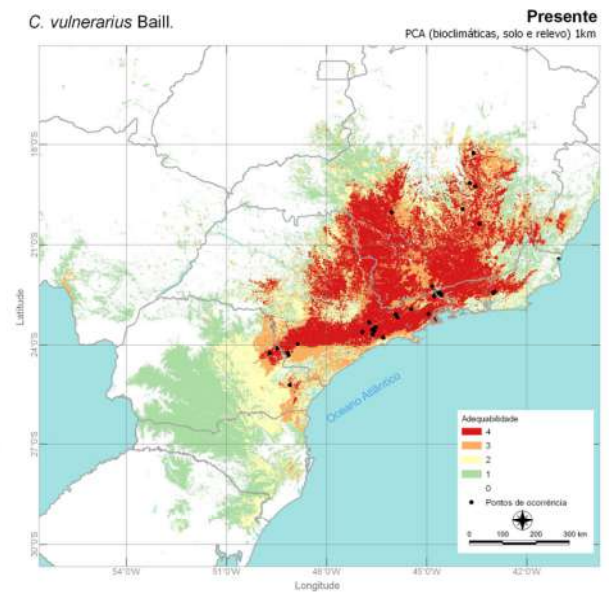
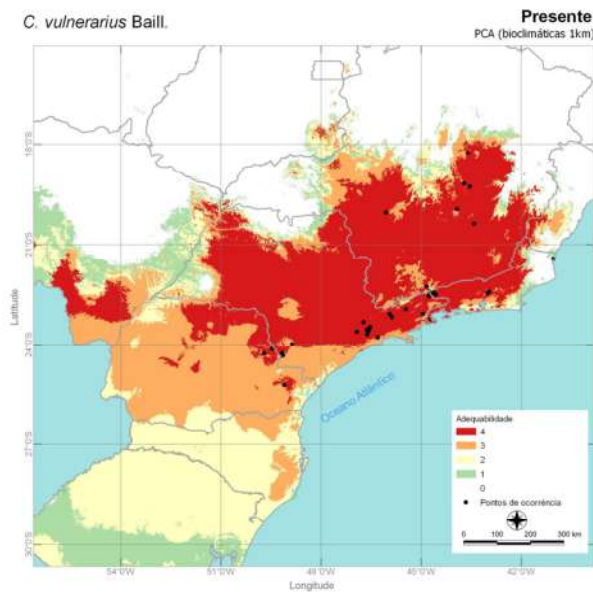
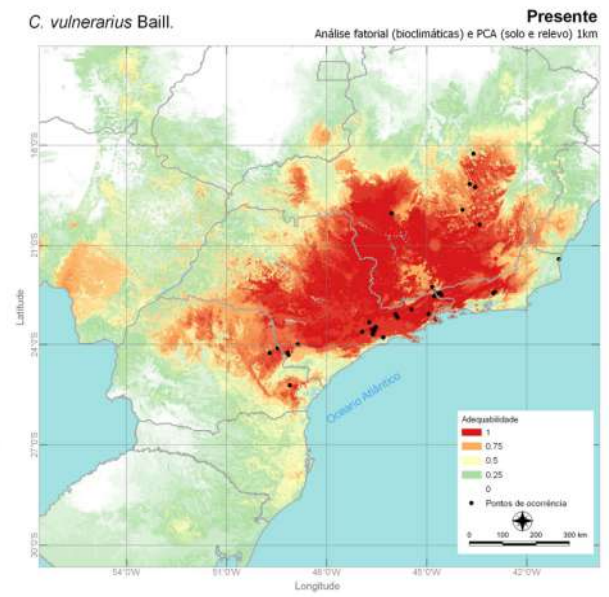
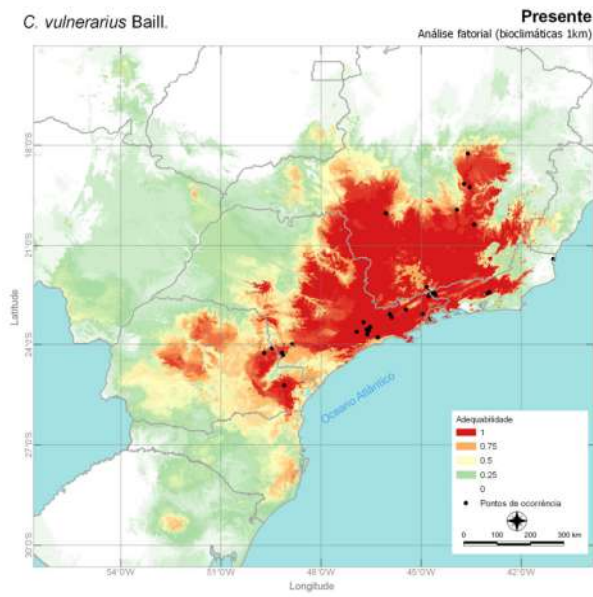
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. floribundus*.



Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. lundianus*.



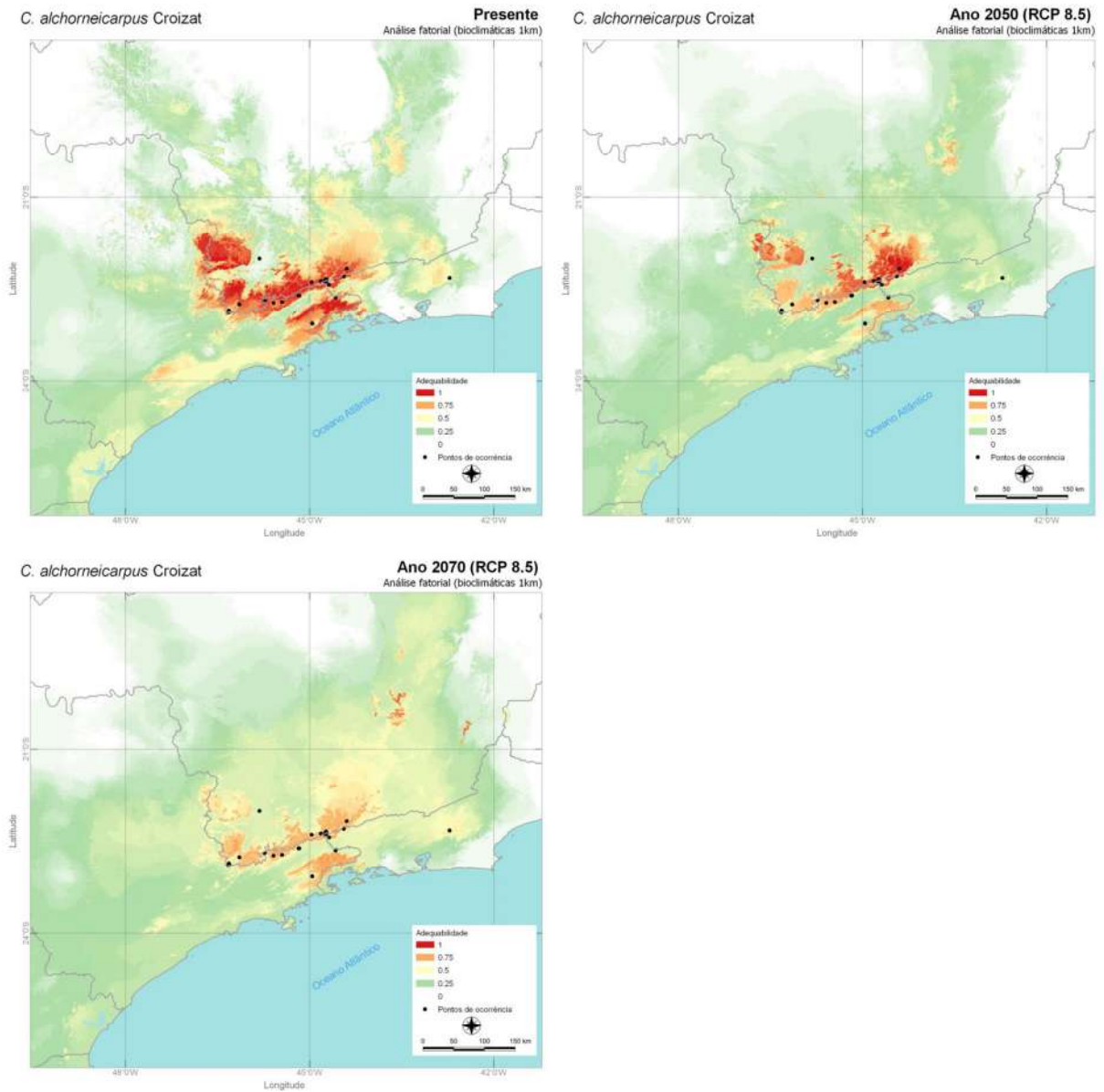
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. organensis*.



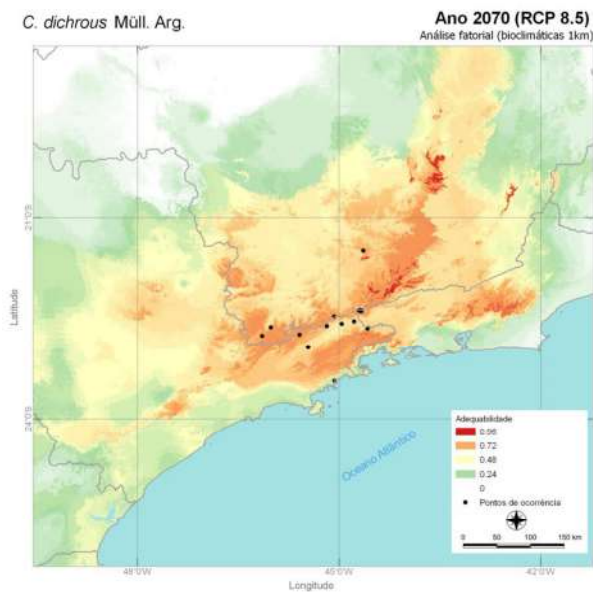
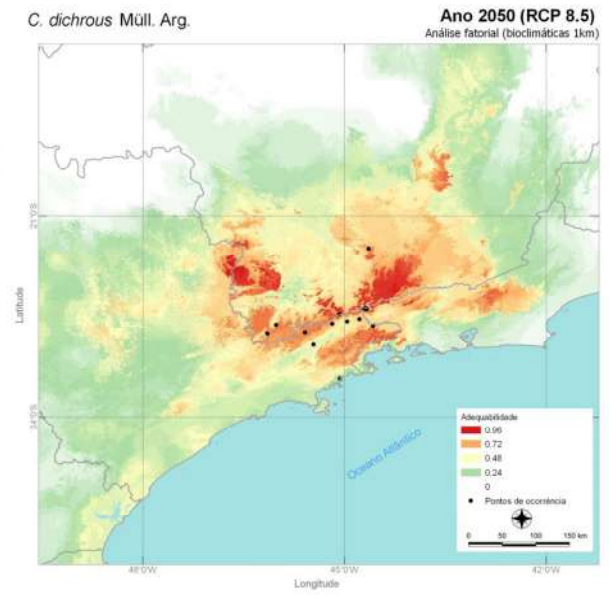
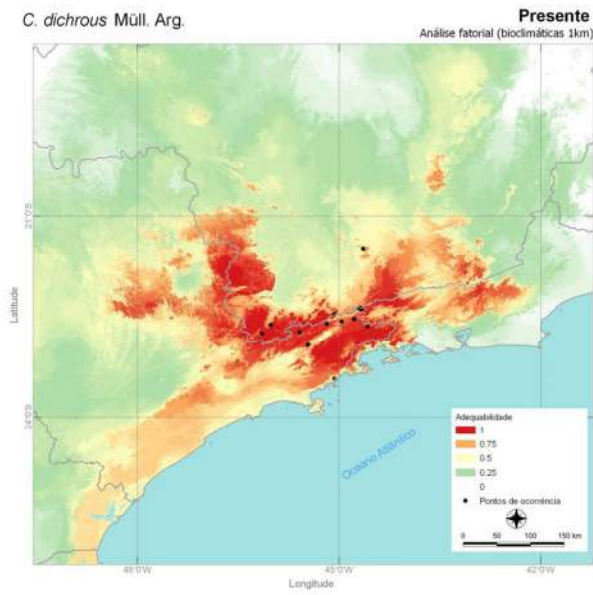
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência das espécies *C. vulnerarius*.

Anexo II

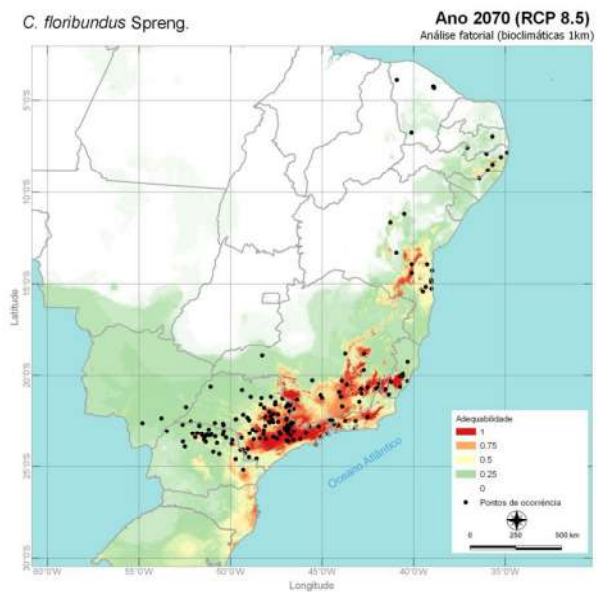
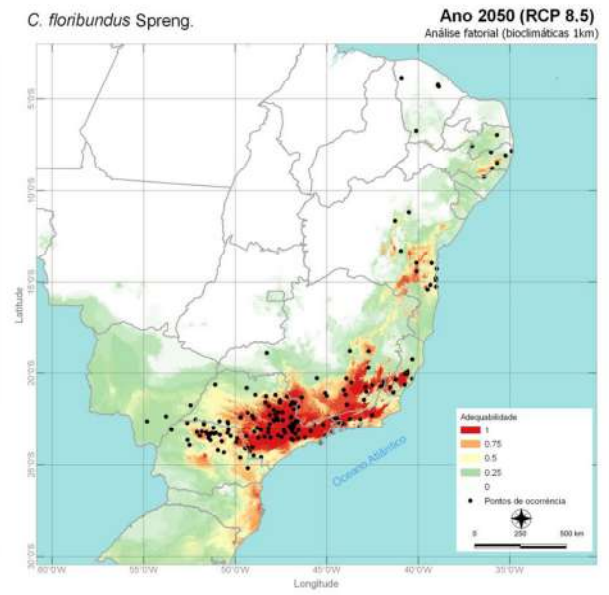
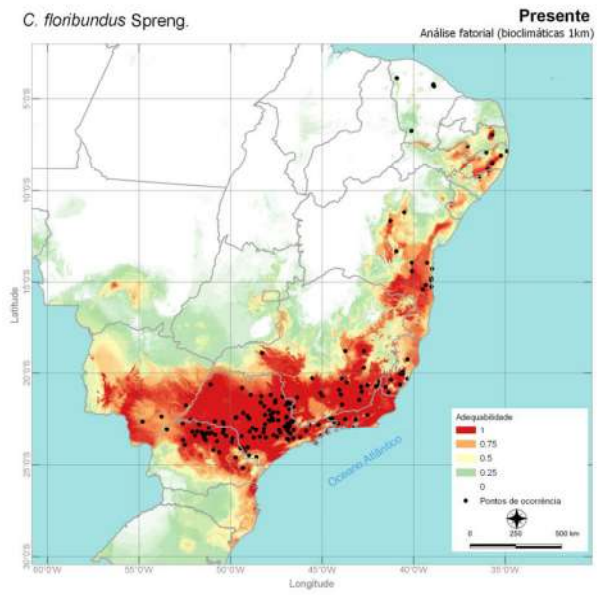
Mapas comparativos da distribuição atual no Brasil das espécies do gênero *Croton* ocorrentes no Parque Nacional do Itatiaia (modelos construídos com resolução de 30 arco-segundo (~1km x 1km) e predições para os cenários futuros anos 2050 e 2070 (RCP 8.5).



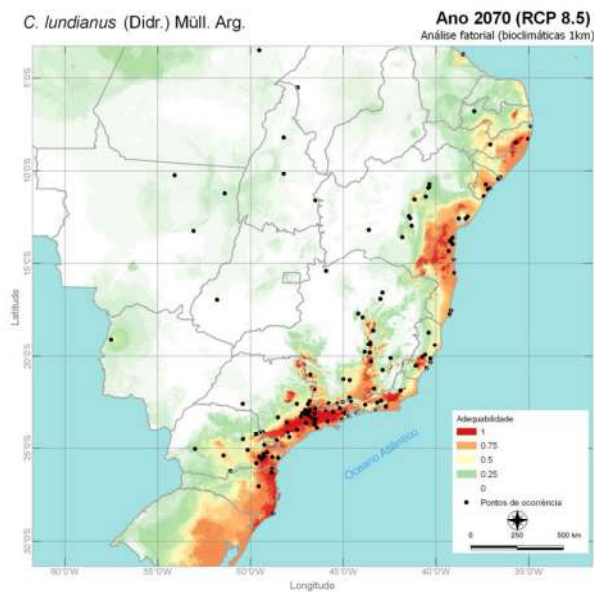
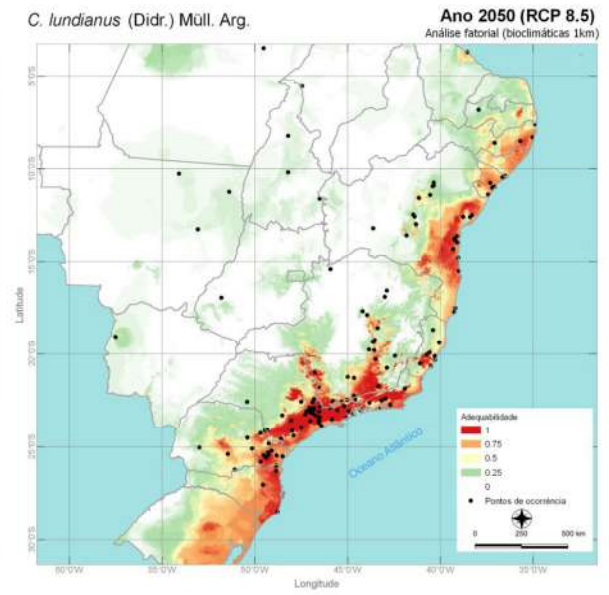
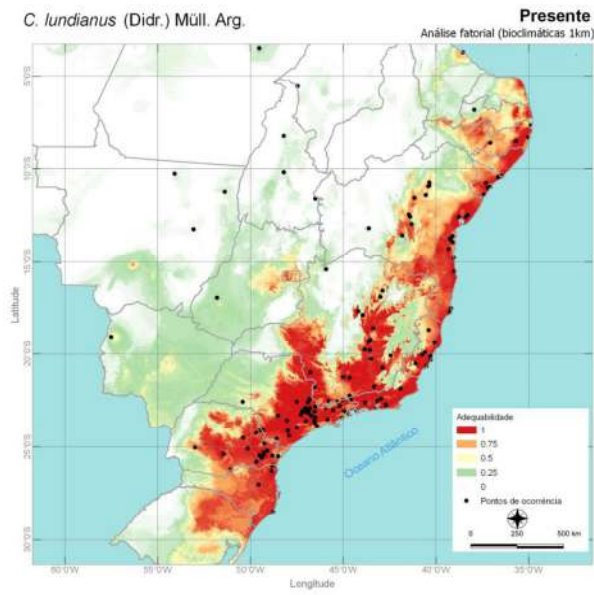
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência da espécie *C. alchorneicarpus*.



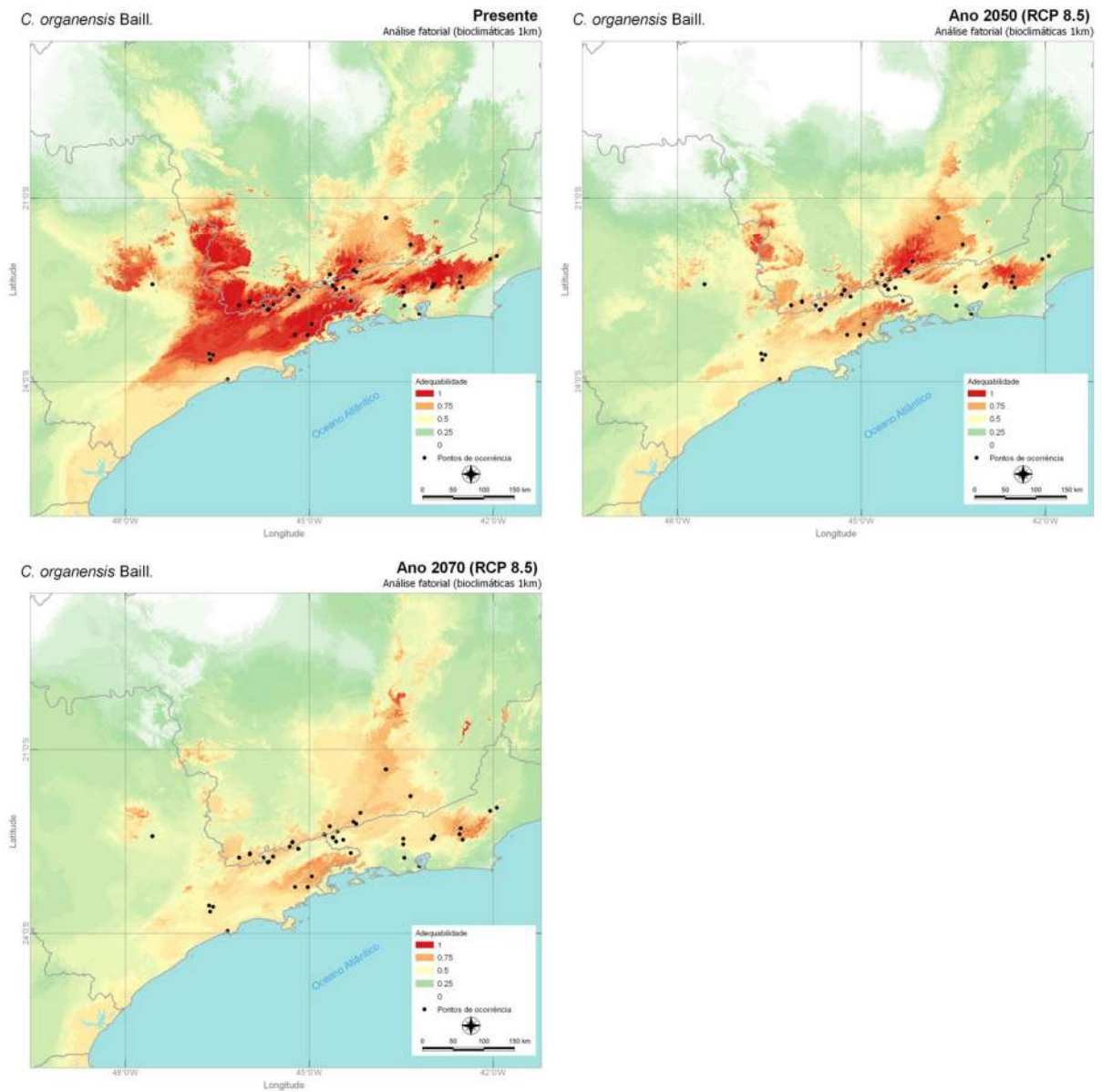
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência da espécie *C. dichrous*.



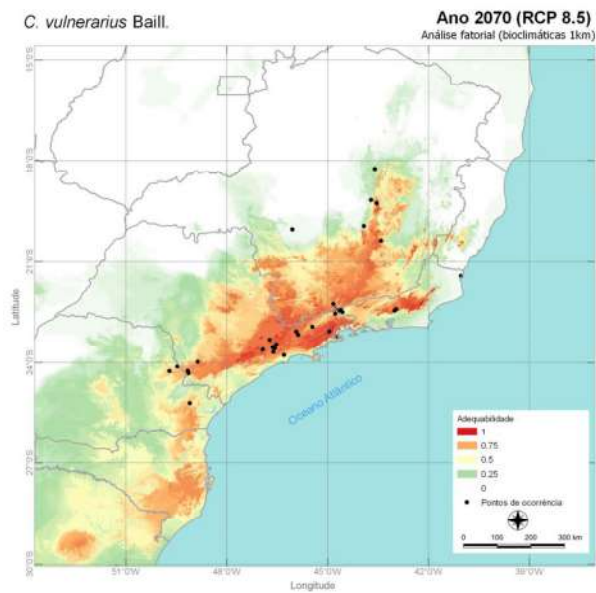
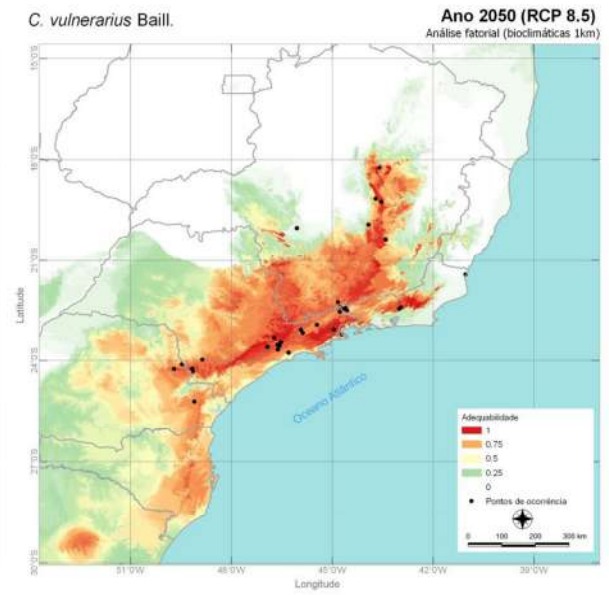
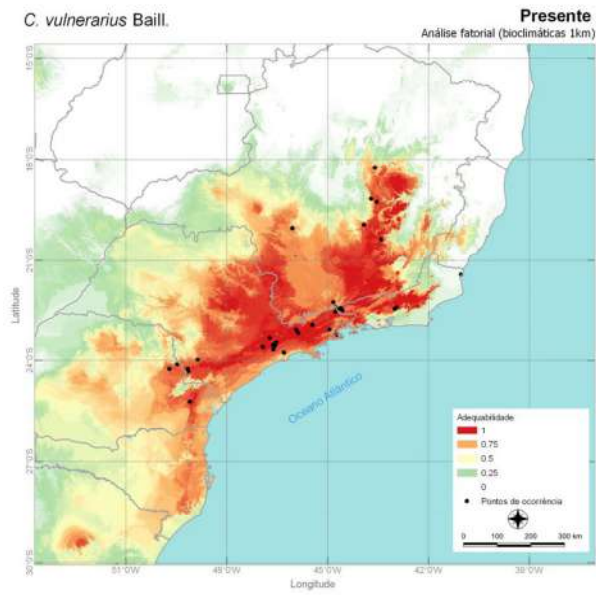
Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência da espécie *C. floribundus*.



Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência da espécie *C. lundianus*.



Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência da espécie *C. organensis*.



Legenda: Em vermelho estão as áreas previstas com maior adequabilidade climática para a ocorrência da espécie *C. vulnerarius*.