



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Ecologia e Conservação da Biodiversidade Terrestre

Culminação de Estudos II

**Tema: Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies Endémicas no
Centro de Endemismo do Rovuma.**

Autora:

Pâmela Manhiça

Supervisores:

Prof^ª. Dra. Alice Massingue

Doutor Hugo Mabilana, eng.

Maputo, Julho de 2024



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Ecologia e Conservação da Biodiversidade Terrestre

Culminação de Estudos II

**Tema: Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies Endémicas no
Centro de Endemismo do Rovuma.**

Autora:

Pâmela Manhiça

Maputo, Julho de 2024

AGRADECIMENTOS

I Samuel 7: 12. Aí Samuel pegou uma pedra, pôs entre Mispa e Sem e disse: Até aqui o SENHOR Deus nos ajudou. Por isso deu a ela o nome de Ebenézer.

Verdadeiramente digo EBENÉZER porque até aqui o Senhor me ajudou. Foi uma longa caminhada, cheia de espinhos, alegria, aprendizado, paciência, esperança e perseverança. À Deus dou toda honra, glória e louvor pois foi nele que me fortaleci para não desistir da minha jornada acadêmica mesmo diante de vários desafios principalmente na fase de escrever minha monografia.

Estendo o meu profundo agradecimento ao meu anjo e pai espiritual Apóstolo Lourenço Luís Fole que tanto tem orado por mim, que à cada dia trás uma palavra de encorajamento, fé e força para não desistir, porque mesmo no silêncio Deus está trabalhando.

Aos meus Pais Sérgio Maurício e Dulce Bata agradeço de todo meu coração pelo grande sacrifício que fizeram para eu me formar, esta monografia dedico a eles porque é a recompensa de muitos anos de batalha.

Agradeço à Deus por ter colocado 2 ajudadores do meu destino (meus supervisores) Prof^a. Dra. Alice Massingue e Doutor Hugo Mabilana, eng, agradeço imenso pela paciência, atenção, disponibilidade, pelas correções, "por me ensinarem como pescar " e acima de tudo por nunca terem desistido de mim mesmo tendo motivos para o fazer.

Não menos importante agradeço às pessoas que fizeram para da minha caminhada acadêmica: Anastácia Maurício, Lucrécio Biquiza, Lucrécio Manhiça, Antonieta Tinga, Jeremias Bata, Agostinho Laquene, Fernanda Amado, Natália Avelino, Keite Mugabe e Ivone Uchoane.

Índice

Listas de Figuras	III
Lista de Tabelas	IV
Resumo.....	V
1. Introdução	1
2. Problema e Justificativa	3
3. Objectivos	5
4. Hipóteses	5
5. Revisão bibliográfica	6
6. Metodologia	15
8. Resultados	22
9. Discussão	28
10. Conclusão.....	32
11. Recomendações.....	33
12. Limitações.....	33
13. Referências Bibliográficas	34
14. Anexos	42

Listas de Figuras

Figura 1 <i>Brachystegia oblonga</i>	8
Figura 2 <i>Blepharis dunensis</i>	9
Figura 3 <i>Scorodophloeus torrei</i>	10
Figura 4 Mapa de localização geográfica da área de estudo.....	12
Figura 5 Plotagem da matriz de correlação no programa R Studio.....	22
Figura 6 Mapa dos pontos de ocorrência da GBIF e os novos pontos ocorrência.....	24
Figura 7 Mapas da Modelagem de distribuição potencial das espécies endêmicas no centro de endemismo do Rovuma.....	25
Figura 8 Mapa Binário com os pontos de ocorrência da <i>Brachystegia oblonga</i> , <i>Scorodophloeus torrei</i> e <i>Blepharis dunensis</i>	26
Figura 9 Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie <i>Blepharis dunensis</i> com o algoritmo de entropia máxima.....	41
Figura 10 Gráfico com resultados do teste de jackknife da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie <i>Blepharis dunensis</i> com algoritmo de entropia máxima.....	41
Figura 11 Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie <i>Brachystegia oblonga</i> como algoritmo de entropia máxima.....	42
Figura 12 Gráfico com resultados do teste de jackknife da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie <i>Brachystegia oblonga</i> com algoritmo de entropia máxima.....	42
Figura 13 Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie <i>Scorodophloeus torrei</i> com o algoritmo de entropia máxima.....	43
Figura 14 Gráfico com resultados do teste de jackknife da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie <i>Scorodophloeus torrei</i> com algoritmo de entropia máxima.....	43

Lista de Tabelas

Tabela 1 Camadas bioclimáticas extraídas do banco de dados do Worldclim, utilizadas nos procedimentos de otimização.....	16
Tabela 2 Variáveis de caracterização de propriedades do solo.....	17
Tabela 3 Variáveis ambientais selecionadas para modelagem de distribuição de espécie.....	19
Tabela 4 Contribuição das variáveis sócio ambientais na distribuição das espécies endémicas.....	23
Tabela 5 Avaliação do desempenho dos modelos para as três espécies endémicas.....	27

Resumo

No Centro de endemismo do Rovuma (CER), as alterações dos habitats naturais promovidas pela acção humana como: prática da agricultura, mineração e extração de madeira/recursos florestais estão a impulsionar o desflorestamento, fragmentação do habitats. Consideradas estas principais ameaças para as espécies endémicas como: *Blepharis dunensis*, *Brachystegia oblonga* e *Scorodophloeus torrei*, de acordo com a lista vermelha da IUCN essas três espécies estão nas categorias de ameaça como: criticamente em perigo -CR (*Brachystegia oblonga*) e em perigo-EN (*Scorodophloeus torrei* e *Blepharis dunensis*) e foram incluídas nessas categorias devido à sua distribuição limitada e populações reduzidas. Este estudo teve como os objectivos: Avaliar a influência das condições sócio ambientais na distribuição potencial de espécies endémicas no CER e identificar áreas de alta adequabilidade ambiental para as espécies, por forma a auxiliar as acções de conservação.

Foi usado o algoritmo de modelagem de distribuição de espécies: MaxEnt, afim de relacionar a ocorrência das espécies com as variáveis sócio-ambientais que refletem diferentes condições de temperatura, precipitação e sazonalidade.

Os resultados da modelagem possibilitou identificar variáveis ambientais com forte influência na distribuição das espécies como: a temperatura máxima do mês mais quente (bio_05), densidade do solo, textura do solo e pH do solo. Os mapas resultantes prevêm áreas de alta adequabilidade ambiental na faixa costeira do CER concretamente nos distritos de Moma, Pebane, Angoche, Mogincual, Mossuril e foram identificadas novas áreas potenciais para distribuição dessas espécies como o distrito Ilha de Moçambique e Mogovolas. O aumento da área adequada não significa necessariamente um benefício para as espécies, pois as alterações antrópicas na cobertura do solo podem impossibilitar a chegada e o estabelecimento de populações nas novas áreas adequadas.

Os modelos preditivos da modelagem foram avaliados pelo índice de AUC (área sob a curva) e pela influência das variáveis sobre a distribuição das espécies, esses modelos apresentaram um desempenho satisfatório dos índices AUC que variam de 0.857 à 0.957 respectivamente.

Palavras Chaves: espécie endémicas, variáveis ambientais, distribuição geográfica e áreas adequadas.

1. Introdução

Grande maioria das espécies têm distribuição restrita a uma determinada região, ou seja, são consideradas endémicas (Lomolino *et al.*, 2006). Em Moçambique, nas regiões fitogeográficas mais restritas (que albergam espécies endémicas) estão incluídas seis Centros de Endemismo Vegetal, a maior parte do país está incluída no Centro Regional de Endemismo Zambeziano, que está amplamente distribuído pelo sul da África tropical, Centros de Endemismo transfronteiriços mais restritos nomeadamente: (1) Rovuma; (2) Maputalandsensu lato, que subdividimos em (2a) Maputalandsensustricto (planície costeira a norte do Rio Limpopo), (2b) Serra do Libombo (Sub) Centro, e (2c) Inhambane (Sub-) Centro; (3) Afromontana Oriental, que subdividimos em (3a) Terras Altas Chimanimani-Nyanga (Manica) e (3b) Montanhas Mulanje-Namuli-Ribaue (White, 1983).

O Centro de Endemismo do Rovuma foi recentemente criado abrangendo a zona costeira das províncias de Cabo Delgado, Nampula e Zambézia (Darbyshire *et al.*, 2019). O Centro de Endemismo do Rovuma é notável pelo seu elevado número de endemias um pouco mais de 110 espécies, um reflexo das altas taxas de renovação de espécies entre manchas de floresta costeira seca dentro desta região fitogeográfica, com muitas espécies restritas a poucos ou mesmo blocos florestais únicos. (Timberlake *et al.*, 2011 e Odorico *et al.*, 2022).

O aumento da população humana, o desflorestamento e a fragmentação dos habitats são consideradas sérias ameaças à biodiversidade, a medida que o desenvolvimento e a exploração dos recursos naturais, prática de actividade de mineração se expandem na região do centro de endemismo do rovuma (Timberlake, 2011). Estas perdas alteram a integridade estrutural e o funcionamento dos ecossistemas, bem como contribuem com o aumento do número de espécies de plantas ameaçadas de extinção (Barlow *et al.*, 2016). As causas do desflorestamento estão intimamente ligadas à actividades humanas, que na maioria dos casos, expõem os serviços do ecossistema costeiro à riscos ambientais (Silva, 2020).

Consideradas estas principais ameaças que afectam a distribuição de espécies endémicas como: *Brachystegia oblonga*, *Scorodophloeus torrei* e *Blepharis dunensis*, os critérios de avaliação do estado de ameaça da IUCN para essas três espécies são: criticamente em perigo -CR (*Brachystegia oblonga*) e em perigo-EN (*Scorodophloeus torrei* e *Blepharis dunensis*), estas

espécies foram incluídas nessas categorias devido à sua distribuição limitada e populações reduzidas (IUCN, 2018). Embora áreas de ocorrência já estejam transformadas, ainda proporcionam condições adequadas para o surgimento de muitas espécies, que ocorrem principalmente em áreas perturbadas (Massingue *et al.*, 2022).

O estudo dos padrões de distribuição das espécies, ou seja, mapas que indicam uma distribuição potencial de espécies auxiliam no processo de identificação de prováveis locais de ocorrência. (Araújo, 2010 e Wander, 2018). Neste estudo foi usado a modelagem de distribuição de espécies que é um método com potencial para identificar novas áreas de distribuição, além de intensificar o combate contra a fragmentação e desflorestamento, pois sugere áreas para implantação de novas populações. Esta modelagem correlaciona variáveis ambientais (precipitação, temperatura, vegetação, elevação e outras variáveis) com dados de ocorrência de espécies, gerando informações para construções de mapas de endemismos, mapas de biodiversidade e indicativos de áreas prioritárias para conservação de espécies (Silva, 2022).

Dessa forma, este trabalho tem como objectivo prever áreas potencialmente adequadas para a distribuição das espécies endêmicas no centro de endemismo do Rovuma, de modo a estabelecer áreas prioritárias para a conservação que superem os potenciais impactos ambientais e antropogénicos da distribuição potencial das espécies.

2. Problema e Justificativa

No Centro de Endemismo do Rovuma, as actividades humanas afectam a distribuição das espécies e o seu próprio habitat, uma vez que a população local depende do solo e dos recursos naturais desse ambiente (Massingue *et al.*, 2022). Neste Centro de Endemismo foram identificadas várias espécies endémicas e manchas florestais com uma composição de espécies única. No entanto, existem ameaças graves devido ao crescimento da população humana que impulsiona o desflorestamento generalizado de florestas e conversão do uso da terra para produção agrícola de subsistência, bem como abertura de trilhas na vegetação (Timberlake *et al.*, 2011).

O desflorestamento e a conversão do uso da terra para actividade agrícola tradicional e principalmente para o cultivo de: mandioca (*Manihot esculenta*) na zona costeira causa abertura de trilhas na vegetação, afecta ecossistemas e espécies importantes sob ponto de vista da conservação (Silva, 2020 e Massingue *et al.*, 2022). O uso indevido do solo, a prática de extração indiscriminada dos recursos florestais e actividade de mineração resultam na degradação da cobertura vegetal e do solo, transformação da paisagem original em manchas de vegetação isoladas por uma matriz modificada. Aumentando a extensão de áreas desertificadas ou em processo de desertificação (MMA, 2017).

As mudanças ambientais, somadas ao desflorestamento têm um grande impacto nos processos ecológicos que agem sobre a biota e, portanto, se esses impactos persistirem ao longo do tempo, vai reduzir significativamente a quantidade de áreas adequadas para esses táxons no futuro. (Timberlake *et al.*, 2010, 2011; Darbyshire *et al.*, 2016). As espécies endémicas são um componente importante da gestão da biodiversidade e do capital natural de um país, e a sua distribuição constitui uma vantagem na melhoria da conservação de áreas nativas para a sustentação da existência dessas espécies endémicas (Marques, 2021).

Desse modo, planos de conservação em grandes escalas podem se basear no conhecimento da distribuição presente das espécies em questão Costa *et al.*, (2018), assim como na distribuição dos impactos existentes sobre as populações. Prever onde as espécies podem sofrer com consequências da fragmentação, por exemplo, pode permitir estabelecer regiões chave para a manutenção da conexão dos fragmentos (Tôrreset *et al.*, 2012).

Este estudo fornece novos dados indispensáveis para o estabelecimento de áreas com prioridade para conservação, como as Áreas-Chave para a Biodiversidade ou simplesmente (KBAs *Key Biodiversity Areas*), como também para à identificação das “Áreas Importantes de Plantas – IPAs (Silveira *et al.*, 2016). Portanto, os modelos de distribuição de espécies têm sido amplamente utilizados neste tipo de aplicações (Porfirio *et al.*, 2014).

Apresenta-se pergunta da pesquisa seguinte: **Como é que as variáveis sócio-ambientais podem determinar a distribuição potencial de espécies endêmicas no centro de endemismo do Rovuma?**

3. Objectivos

3.1 Geral:

- Avaliar a influência das condições sócio-ambientais na Distribuição de espécies endémicas no Centro de Endemismo de Rovuma.

3.2 Específicos:

- Identificar as variáveis sócio-ambientais que determinam a distribuição de espécies endémicas;
- Mapear as áreas de maior predominância de espécies endémicas no centro de endemismo do Rovuma;
- Identificar áreas de alta adequabilidade ambiental com potencial para a conservação.

1. Hipóteses

Fundamentação Teórica

Compreender os processos que moldam a distribuição das espécies é uma questão antiga e desafiadora em ecologia e evolução (Gillung, 2011). Vários factores são responsáveis pelos actuais padrões de distribuição, maior parte deles estão relacionados com as condições ambientais, a capacidade de dispersão da espécie e às exigências ecológicas das espécies. Este grupo de factores é conhecido como nicho (Wiens, 2011). Assim sendo, estes factores interferem na distribuição de espécies, e, provavelmente, determinam boa parte dessa distribuição (Soberón e Peterson, 2005).

H0: As variáveis sócias ambientais não influenciam o padrão de distribuição potencial de espécies endémicas no centro de endemismo do rovuma.

H1: As variáveis sócias ambientais influenciam o padrão de distribuição potencial de espécies endémicas no centro de endemismo do rovuma.

5. Revisão bibliográfica

5.1 Teoria de Nicho ecológico

A teoria do nicho ecológico, ecológico é a fundamentação para diversas técnicas de distribuição espacial de espécies (Peterson, 2011). Hutchinson (1957), implementou uma definição robusta do nicho como sendo um espaço de hipervolume n-dimensional, onde cada dimensão consiste em intervalos com condições ambientais ou recursos necessários a uma espécie sobreviver e se reproduzir, tais como: temperatura, humidade, salinidade, pH, recursos alimentares, locais para nidificação, intensidade luminosa, pressão predatória e densidade populacional.

O nicho fundamental de uma espécie pode ser estimado por dois métodos: (i) por “abordagem mecanicista”, baseada na medição ou modelagem da interação de indivíduos com parâmetros físicos do ambiente, tais como a temperatura e humidade entre outros, que, a partir de combinações, obtém-se resultados processados em plataformas de SIG (Sistema de Informações Geográficas) de regiões geográficas com potencialidade de ocorrência de um evento (Porter *et al.*, 2000; Porter, 2002). (ii) Pelo procedimento da “abordagem correlativa” em que são relacionadas as variáveis ambientais com maior associação na ocorrência real das espécies, onde a topografia, condições climáticas, edáficas e demais condições ecológicas são combinadas em plataformas SIG, para projeção de áreas apropriadas para o estabelecimento da espécie (Soberón e Peterson, 2005). Neste estudo foi usada a abordagem correlativa para a modelagem do nicho ecológicos das espécies que ocorrem no centro de endemismo do Rovuma.

5.2 Espécies Endémicas no Centro de Endemismo do Rovuma

De acordo com Darbyshire *et al.* (2019) Moçambique apresenta um nível de endemismo de plantas relativamente elevado, no total estão documentados 658 táxons (572 espécies), compreendendo 271 táxons estritamente endêmicos (235 espécies) e 387 táxons quase endêmicos (337 espécies), além disso, 105 táxons actualmente não descritos, mas potencialmente novos (98 espécies) acredita-se que estejam estritamente endêmicos ou quase endêmicos são observados. O número total de espécies de plantas vasculares nativas e naturalizadas em Moçambique foi considerado como ± 7.099 (Massingue *et al.*, 2022).

Dentre os 572 táxons classificados como estritamente endêmicos ou quase endêmicos inclui cinco gêneros que são estritamente restritos (*Baptorhachis*, *Emicocarpus*, *Gyrodoma*, *Icuria* e *Mcklethwaitia*) e dois gêneros são quase endêmicos (*Triceratella* e *Oligophyton*) que não estão distribuídas uniformemente por todo país (Darbyshire *et al.*, 2019 e Odorico *et al.*, 2022).

Segundo Darbyshire *et al.* (2019). 69% dos taxa encontra-se num dos quatro centros de endemismo transfronteiriços: o Centro do Rovuma, o Centro de Maputalandsensu lato e nas regiões montanhosas de Chimanimani-Nyanga e Mulanje-Namuli-Ribáuè. Cerca de 50% dos taxa foram avaliados quanto ao risco de extinção, estando mais da metade ameaçados globalmente (57% de endemismos) e 10% (17% de endemismos) foram incluídos na categoria Informação Insuficiente (DD), revelando que a maioria das plantas endêmicas de Moçambique necessitam de conservação urgente.

No Centro de Endemismo do Rovuma, é comum em algumas áreas espécie endémicas ameaçadas de extinção ao longo da costa das províncias da Zambézia e Nampula, este local alberga uma das duas subpopulações de *Brachystegia oblonga*, uma espécie Criticamente ameaçada (CR), *Scorodophloeus torrei* e *Blepharis dunensis*, pertencentes à categoria Em Perigo (EN), em que o último registo foi há pouco mais de 50 anos. As três espécies são estritamente endémicas de Moçambique (Darbyshire *et al.*, 2019). No entanto Massingue *et al.* (2022) observou a ocorrência desta espécie na zona costeira da Província da Zambézia em Moebase.

Brachystegia oblonga

Uma árvore que cresce em floresta semi-decídua em antigas dunas costeiras lineares, a 20-50 m de altitude. Historicamente são conhecidas duas subpopulações - uma perto do distrito de Moma, possivelmente extinta, e outra da Floresta de Gobene e da área do distrito de Maganja da Costa (IUCN, 2019). Nesta última área verificou-se em 2011 a ocorrência nos últimos remanescentes de floresta de dunas costeiras, onde existiam menos de 50 indivíduos. Apenas duas outras pequenas manchas de habitat adequado permanecem dentro de seu alcance. Estes não foram explorados e podem conter outros indivíduos desta espécie (IUCN, 2019).



Reino: Plantae

Clado: Angiopérmicas

Clado: Magnoliopsida

Clado: Eudicotiledóneas

Ordem: Fabales

Família: Fabaceae

Figura1. *Brachystegia oblonga*. Foto A. Massingue 2022

Ameaça

Imagens de satélite mostram que mais de 90% do habitat adequado foi destruído para o cultivo de palmares, cajueiros e Mangueiras. A transformação ocorreu desde 1940 (IUCN, 2019).

Blepharis dunensis

Blepharis dunensis é uma erva arbustiva com hastes de até um (1) metro de comprimento e flores lilás. É restrita a dunas costeiras e areias de praia, e a áreas adjacentes de floresta seca de *Brachystegiana* areia, a 0-10 m de altitude (Vollesen 2000, Vollesen 2013). Esta espécie está restrita à costa norte de Moçambique, ao longo de uma extensão da costa com menos de 300 km desde Quinga na Província de Nampula até Pebane na Província da Zambézia. Possui extensão de ocorrência (EOO) de 2.342 km² e área mínima de ocupação (AOO) de 16 km². Dado a reduzida área AOO e seu estado de conservação, esta espécie pode ser um alerta para um habitat crítico (IUCN, 2019).



Reino: Plantae

Clado: Angiospémicas

Clado: Magnoliopsida

Clado: Eudicotiledóneas

Ordem: Scrophulariales

Família: Acanthaceae

Figura 2. *Blepharis dunensis*. Foto A. Massingue, 2022

Ameaça

Esta espécie está ameaçada pela degradação e destruição do habitat das dunas onde elas ocorrem, ela pode ser tolerante a alguma perturbação e, portanto, é provável que persista em áreas de menor perturbação (IUCN, 2019).

A cidade de Angoche e a península circundante albergam aproximadamente 30.000 habitantes humanos (USAID-Moçambique 2013), resultando numa elevada pressão sobre os recursos naturais devido à procura de terras para praticar agricultura, explorar carvão e madeira. Há também mineração de areias pesadas a nordeste de Angoche (*The Mozambique Resources Post* 2014) com considerável perturbação e destruição do habitat evidentes no GoogleEarth (2019).

Scorodophloeus torrei

Scorodophloeus torrei é um arbusto ou árvore de cerca de vinte (20) metros de altura e ocorre na floresta costeira e matagal em solos arenosos e dunas, em Mombaça registrado em afloramentos graníticos, em elevações de 0-125 m de altitude (Burrows *et al.*, 2018).

Esta espécie é endêmica da costa norte de Moçambique, onde é registrada perto do distrito de Mombaça e entre o distrito de Angoche e o posto administrativo de Quinga, distrito de Liúpona Província de Nampula, e perto de do posto administrativo de Olinga, distrito da Maganja da Costa na Província da Zambézia. Ocorre ao longo de um trecho de mais de 600 km de litoral e tem uma extensão de ocorrência de 24.659 km² (EOO), usando o tamanho da célula de grade, mas as três subpopulações são amplamente espaçadas e isoladas. A área de ocupação (AOO) padrão de 2x2 km, é de apenas 24 km². Embora haja a suspeita de subestimativa do AOO devido à exploração botânica limitada em partes pelo seu acesso, a extensão máxima de áreas costeiras intactas a floresta dentro da distribuição desta espécie é estimada em menos de 50 km². Desta área, esta espécie ainda não foi encontrada na maior e mais bem pesquisada mancha florestal costeira existente (IUCN, 2020).



Reino: Plantae

Clado: Angiospérmicas

Clado: Magnoliopsida

Clado: Eudicotiledóneas

Ordem: Fabales

Família: Fabaceae

Figura 3. *Scorodophloeus torrei*. Foto A. Massingue, 2022.

Ameaça

Esta espécie está altamente ameaçada pela perda de habitat adequado em toda a sua extensão, com a grande maioria da floresta costeira agora destruída. A Floresta Gobene foi em grande parte destruída devido à exploração madeireira e ao desenvolvimento rural, restando apenas pequenos fragmentos e esta espécie foi registrada como sendo fortemente cortada para lenha em 2011 (Burrows *et al.*, 2018). Houve também uma perda considerável de floresta costeira e matagal nas proximidades de Angoche. A mineração de minerais raros nas areias a nordeste de Angoche (ver Mozambique ResourcesPost 2014) também está resultando em considerável perturbação e destruição do habitat, claramente evidente nas imagens do Google Earth (2023).

5.3 Área de Estudo

O Centro de Endemismo do Rovuma (do nordeste de Moçambique e sudeste da Tanzânia, uma extensão do anteriormente reconhecida como Centro Local Lindi na Tanzânia ou parte do centro mais amplo do endemismo swaheliano na África Oriental costeira). Estende-se ao longo da costa de Moçambique através das províncias de Cabo Delgado, Nampula e Zambézia, aproximadamente até ao sul da cidade de Quelimane e são apenas consideradas as províncias de Nampula e Zambézia que registram os maiores números de espécies endémicas. Estas duas províncias são adjacentes uma à outra e ambas combinam extensões significativas de vegetação costeira dentro do Centro de Endemismo do Rovuma e inselbergs e maciços associados à faixa mulanje-Namuli-Ribaue das montanhas e compreendem uma área de cerca de 2,506.95 km² com coordenadas (Burrows e Timberlake, 2011).

Localização do Centro de Endemismo do Rovuma

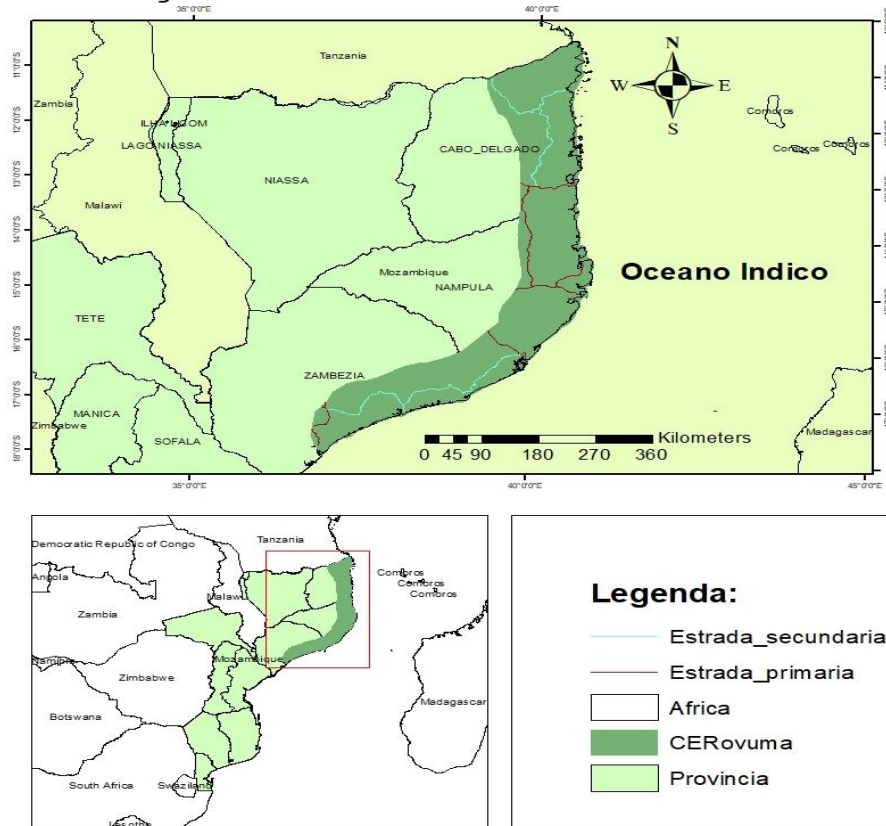


Figura 4. Mapa de localização da área de estudo. Mapa Mahinça, P. 2024.

Clima

No extremo nordeste da província de Cabo Delgado, a cerca de 484 km² de Pemba, no norte de Moçambique. O clima é considerado húmido seco, com temperatura média anual de 26,2 °C, pois a estação quente e chuvosa pode chegar a 35 °C, com uma precipitação anual que varia entre 800 a 1.000 mm. A área é caracterizada por um clima tropical semi-húmido, com uma estação chuvosa a partir de meados de Novembro a Março e uma estação seca de Abril a meados de Novembro (MICOA, 2012 e MAE, 2014).

Esta parte do norte de Moçambique encontra-se parcialmente na sombra da chuva de Madagáscar, por isso tem uma precipitação um pouco menor do que as áreas do país mais a sul ou centro da Tanzânia. (Clarke 2000b).

Vegetação

Esta secção faz parte do Mosaico Florestal Costeiro de Zanzibar-Inhambane, que possui um alto valor de biodiversidade e inclui também e vegetação herbácea alagada pequenos lagos e linhas de drenagem de gramíneas, áreas húmidas e matagais (Impacto, 2012) com reconhecida importância regional (Tabor *et al.*, 2010). Essa área também possui uma diversidade de espécies de répteis, aves, mamíferos e plantas (MAE, 2014).

A área costeira é caracterizada por remanescentes de floresta costeira das dunas, manchas remanescentes de floresta, também foram observadas mais para o interior, entre o lago e o córrego costeiro, mas com o andar do tempo foram perdidas. As espécies comuns encontradas nas florestas costeiras, incluem *Hymeneae verrucosa*, *Scorodophloeus torrei*, *Maprouneia africana*, *Croton pseudopulchellus*, *Garcinia livingstonei*, *Grewia occidentalis* e *Olax dissitiflora* (Massingue *et al.*, 2022).

É também colonizada por mata arbustiva costeira da Duna, mata rara de miombo. Onde pode-se encontrar espécies nestes tipos de vegetação como os arbustos *Strychnos madagascariensis*, *Strychnos spinosa*, *Xylothea tettensis*, *Coptos permalittorale*, *Olax dissitiflora*, *Mimosops*

obtusifolia, *Brachystegia oblonga*, *Hymenaea verrucosa*, *Drypetes natalensis* e *Croton pseudopulchellus* (Massingue *et al.*, 2022).

Rios

Na província de Cabo-Delgado incluem o rio Rovuma ao Norte, que também é a fronteira com a Tanzânia; a Oeste o Distrito de Nangade, a Sul o distrito de Mocímboa da Praia, a Leste o Oceano Índico. E também inclui uma pequena porção da parte Norte dos distritos de Nangade (oeste de Palma) e Mocímboa da Praia (sul de Palma) (MICOA, 2012 e MAE, 2014).

Na província de Nampula devido à sua localização em relação ao sistema pluvial, essa área é altamente influenciada pelos vales dos rios Mecubúri e Lúrio. Os vales dos rios são dominados por solos aluviais escuros e profundos (fuvisolos), de textura pesada a média, com drenagem moderada a fraca, sujeitos a inundações regulares (MAE, 2014).

Solos

Os solos são principalmente arenosos, predominantemente amarelos a castanho acinzentados. O distrito de Palma fica principalmente entre 80 e 180 m acima do nível do mar. Os solos são geralmente arenosos e particularmente mais pesados nas áreas costeiras mais baixas, apresentando baixa capacidade de retenção de água, baixa fertilidade e baixa coesão, o que os torna propensos à erosão, principalmente depois da vegetação ser removida e, portanto, os solos têm potencial agrícola que varia de baixo a moderado (Impacto, 2012).

6. Metodologia

6.1 Coletas de Dados

Neste estudo foi feito na base de dados secundários onde o levantamento botânico foi realizado, na zona costeira das províncias de Nampula e Zambézia, que ocorreu de 17 à 24 de janeiro e 18 de março à 8 de abril de 2022, cujo o objectivo principal era identificar espécies de plantas.

A amostragem foi realizada através do estabelecimento de transectos aleatórios ao longo da duna, acessíveis tanto de veículo como a pé. Foram ainda revistos os mapas da área, fornecidos pelo Departamento de Ambiente da empresa mineira Kenmare. Os pontos de amostragem identificados, foram localizados em campo, por meio de um Sistema de Posicionamento Global (GPS). Além disso, foram investigadas, áreas históricas de ocorrência de espécies endêmicas e/ou quase endêmicas, conhecidas deste local. Esses dados, foram obtidos de estudos anteriores, realizados na área, durante o Estudo de Impacto Ambiental e Social (EIAS) original, realizado em 2018. Relatórios de monitoramento em curso e dados associados de diversidade de plantas, mantidos em herbários. Todas as espécies de interesse de conservação, encontradas ao longo dos transectos, foram registradas e as referidas coordenadas anotadas.

Ao longo dos transectos, foram feitas observações, para identificar todas as espécies vegetais encontradas. Foram registadas as espécies listadas na Lista Vermelha da IUCN. Além disso, dentro dos transectos foram inseridos quadrados para avaliar a dominância das espécies.

Identificação de plantas

De acordo com Massingue *et al.* (2022), a maioria das espécies de plantas, foram identificadas em campo, usando literatura como Flora Zambesiaca e outras fontes relevantes, como a notável publicação "Árvores e Arbustos de Moçambique" (Burrows *et al.*, 2018), bem como outra literatura, nomeadamente: Palgrave (2002); Van Wyk (2000) e Oudtshoorn (2014). As espécies que não identificadas em campo, foram colhidas, para identificação por comparação com coleções dos herbários nacional (LMA) e da Universidade Eduardo Mondlane (LMU) em Maputo. O procedimento incluiu a construção de um herbário padrão resultante da coleção de plantas com flores, das áreas amostradas.

6.2 Dados de ocorrência

Fez-se uma revisão bibliográfica das espécies que ocorrem no centro de endemismo do rovuma, obteve-se um número total 160 espécies das quais foram selecionadas três espécies devido ao seu grau de ameaça, afim de realizar a modelagem de distribuição de espécies.

Foi possível obter 83 ocorrências das espécies através da plataforma Global Biodiversity Information Facility – GBIF (<https://www.gbif.org/>) e adicionalmente 53 ocorrências do trabalho de campo e foi unificado em um banco de dados 136 ocorrências.

6.3 Variáveis Ambientais

Para a realização da modelagem de nicho ecológico foram escolhidas camadas ambientais contendo dados com potencial relevância biológica para a ocorrência. 19 camadas de variáveis bioclimáticas foram obtidas no banco de dados Worldclim (<http://www.worldclim.org/>) com resolução espacial de 1 km (tabela 1).

Tabela 1. Camadas bioclimáticas extraídas do banco de dados do Worldclim, utilizadas nos procedimentos de otimização

Sigla	Variáveis climáticas e ambientais
bio1	Temperatura média anual - °C
bio2	Varição Diurna Média de Temperatura - °C
bio3	Isotermalidade - °C
bio4	Sazonalidade da Temperatura - °C
bio5	Temperatura máxima do mês mais quente - °C
bio6	Temperatura mínima do mês mais frio - °C
bio7	Amplitude térmica anual - °C
bio8	Temperatura média do trimestre mais húmido - °C
bio9	Temperatura média do trimestre mais seco - °C
bio10	Temperatura média do trimestre mais quente - °C
bio11	Temperatura média do trimestre mais frio - °C
bio12	Precipitação Anual – mm

bio13	Precipitação do mês mais chuvoso – mm
bio14	Precipitação do mês mais seco – mm
bio15	Sazonalidade da Precipitação – mm
bio16	Precipitação do trimestre mais chuvoso – mm
bio17	Precipitação do trimestre mais seco – mm
bio18	Precipitação do trimestre mais quente – mm
bio19	Precipitação do trimestre mais frio – mm

Adicionalmente, dezassete (17) variáveis de caracterização de propriedades do solo foram obtidas da base de dados SoilGrids (informações globais sobre o solo em grade), do International Soil Reference and Information Centre (ISRIC – World Soil Information) (ISRIC, 2017). O sistema SoilGrids utiliza método para o mapeamento da distribuição espacial das características do solo para o planeta inteiro, diferenciadas em seis níveis de profundidade padrão, obtidas a partir de observação da terra e demais informações ambientais (tabela 2). (ISRIC, 2017).

Tabela 2. Variáveis de caracterização de propriedades do solo

Variáveis de caracterização de propriedades do solo

pH

Teor de carbono orgânico do solo

Densidade aparente

Teor de fragmentos grossos

Teor de areia

Teor de silte

Teor de argila

Capacidade de troca catiónica (CTC)

Nitrogênio total

Densidade de carbono orgânico do solo

Estoque de carbono orgânico

Com finalidade de proporcionar uma melhor caracterização do nicho fundamental, onde a espécie tem ocorrência comprovada, foram incluídas ainda as variáveis de Declividade, disponível na base de dados *EarthEnv*, a densidade populacional disponível em <https://www.ine.gov.mz/censo-2017>, o índice de influência humana disponível em <https://cmr.earthdata.nasa.gov/search/concepts/C179001808-SEDAC.html> e a variável uso e cobertura de terra disponível em <https://esa.worldcover.org/en>. Essas variáveis são aplicáveis para as técnicas de sensoriamento remoto, utilização na avaliação de tendências em biodiversidade, ecossistemas e clima (Amatulli *et al.*, 2018).

7. Análise de dados

Após a obtenção das variáveis sócio ambientais fez-se o recorte de todas as variáveis para a área de estudo (máscara) no formato TIF, e inseriu-se o recorte das camadas ambientais no programa ENVI afim de se obter os valores das distâncias das camadas ambientais. E usando o programa Excel criou-se uma matriz com todos valores das variáveis. Foram selecionadas algumas variáveis que apresentassem forte correlação pelo teste de correlação de Pearson (2005), usando os pacotes Correlation e Corrplot, visando às de maior relevância biológicas para espécies endêmicas ($r > 0,7$) (Dormann *et al.*, 2013). Este procedimento foi realizado para minimizar a utilização de variáveis redundantes após análise de correlação no programa R studio (**Tabela 3**). Ao final desse processo, foi obtido um mapa mostrando a distribuição geográfica potencial das espécies modeladas.

Tabela 3. variáveis ambientais selecionadas para modelagem de distribuição de espécie.

Sigla	Variáveis climáticas e ambientais
bio_5	Temperatura máxima do mês mais quente - °C
bio_13	Precipitação do mês mais chuvoso – mm
bio_17	Precipitação do trimestre mais seco – mm
IFH	Índice de influência humana
Pop2015	Densidade populacional no ano 2015
pH	Pontes de hidrogénio
Cobertura de terra	Uso e cobertura de terra
	Fragmento grosseiro/textura do solo
	Densidade do solo
	Declive

Feito a seleção das variáveis ambientais, inseriu-se as ocorrências das espécies no formato CSV, as variáveis recortadas foram guardadas na mesma pasta no formato ASCII e posteriormente inseridas no programa MAXENT versão 7.0.

Para validação dos modelos, foram executadas 500 réplicas no MaxEnt, usando a análise bootstrap com 25% dos pontos definidos como pontos de teste e o restante como treino. As métricas utilizadas para validação foram a AreaUnderthe ROC Function (AUC) calculado pelo próprio MaxEnt, o True Skill Statistics (TSS) correspondente ao threshold Maximum training sensitivity plus specificity (Trindade, 2019).

Os arquivos de saída DAT do MaxEnt (*_only.dat) foram exportados para o **ArcGIS 9.3**, onde foram construídos mapas de melhor resolução que os gerados pelo MaxEnt.

7.1 Modelagem

Para gerar os modelos de distribuição de espécies utilizou-se o programa Maximum Entropy Species Distribution Modelling (MaxEnt) na versão 7.0, desenvolvido por Phillips *et al.*, (2006). O algoritmo MaxEnt estima a probabilidade de ocorrência da espécie por meio da distribuição de probabilidade da máxima entropia e apresenta a probabilidade de ocorrência em uma escala contínua de 0 a 1, permitindo analisar as diferenças entre as áreas de distribuição da espécie (Metz, 1986). O mesmo algoritmo foi testado e comparado com outros modelos onde se concluiu que os resultados são mais robustos, devido ao maior acerto nas previsões e destaca-se ainda o facto de necessitar apenas de dados de presença para modelar toda a área de estudo, juntamente com as informações ambientais (Phillips *et al.*, 2006).

O modelo de máxima entropia capaz de estimar a probabilidade de ocorrência das espécies apresenta como base o cálculo de distribuição de máxima entropia (Phillips *et al.*, 2006):

$$S(\mathbf{p}) = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$$

Onde $S(\mathbf{p})$ - entropia máxima da variável aleatória p ; i - constante de ajuste dimensional, n - número total de categorias ou estados, p_i - distribuição de probabilidade.

7.2 Avaliação da contribuição das variáveis sócio ambientais

O cálculo do índice AUC e o teste estatístico *Jackknife* foram calculados pelas ferramentas de pós-análise disponíveis no programa MaxEnt. Este índice é amplamente utilizado para estimar a precisão preditiva de modelos distributivos derivados a partir de dados de presença de espécies. Ou seja, qual variável apresenta maior influência na distribuição das espécies (anexo I) (Phillips e Dudík, 2008).

7.3 Avaliação de modelos

Os modelos gerados nas projeções de pontos de ocorrência foram avaliados com base nos valores de AUC, que resume em um único valor o gráfico referente a curva ROC (área abaixo da curva característica de operação (Matias, 2022)). Os valores de AUC podem ser classificados como

excelente (1,0 – 0,9), bom (0,9 – 0,8), médio (0,8 – 0,7), mau (0,7 – 0,6) e muito mau (0,6 – 0,5) conforme descrito por METZ, 1986. Desse modo, valores de AUC mais próximos de 1 indicam as regiões de máxima entropia, sendo essas as áreas com nicho ecológico mais provável para a ocorrência da espécie considerando as variáveis bioclimáticas utilizadas no modelo (Phillipset *al.*, 2006).

7.4 Mapas de Distribuição Potencial das Espécies Endêmicas

Utilizou-se para análise da modelagem, um software **ArcGIS 9.3** num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os pontos de presença foram sobrepostos às áreas de ocorrência previstas para avaliar o desempenho dos modelos.

Para cada *pixel*, o MaxEnt indica um valor numérico que varia de 0-1, melhor definido como adequabilidade ambiental e não como probabilidade de ocorrência, sendo representado nos mapas por meio de uma escala de cor crescente, onde os tons mais escuros constituem uma maior adequabilidade ambiental da espécie em estudo (Pearson *et al.*, 2007).

Os mapas de adequabilidade foram transformados em mapas binários de presença/ausência utilizando como *threshold* o valor correspondente à saída Cloglog do Maxent (0.4). Este é o valor mínimo determinado para os pixels considerados com condições ótimas para as espécies (Phillipset *al.*, 2017). Foi ainda estimado a área do nicho potencial para cada espécie.

Nos mapas resultantes da modelagem, os *rasters* de adequabilidade de cada espécie foram reclassificados em cinco classes, que variaram de 0 a 1 com intervalos de classe igual a 2, nomeadamente: área altamente adequada (0.8 - 1), área muito adequada (0.6 - 0.8), área adequada (0.4 - 0.6), área pouco adequada (0.2 - 0.4) e área inadequada (0 - 0.2).

Os mapas possuem cores para indicar a probabilidade prevista de áreas com condições ambientais propícias para a espécie se desenvolver, a cor vermelha indica alta probabilidade (0.8 a 1) de condições adequadas para a espécie, azul indicando condições típicas onde a espécie é encontrada e tons mais escuros de vermelho indicando baixa probabilidade prevista de condições adequadas.

8. Resultados

8.1 Matriz de correlação no programa R studio

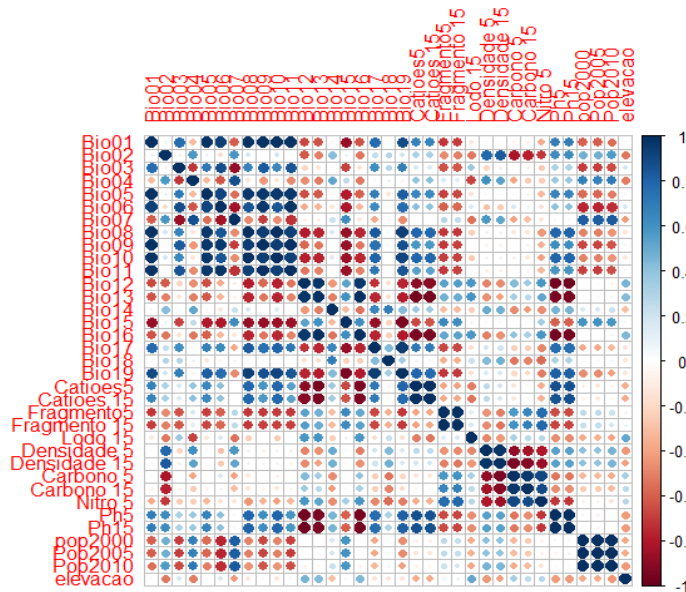


Figura 5: Plotagem da matriz de correlação no programa R studio.

A correlação é o indicador que varia em -1 e 1, sendo que quanto mais próximos desses extremos, mais forte será a correlação das variáveis. Quanto mais próximos de -1 (cor vermelha) significa que as variáveis possuem uma correlação negativa. Os pontos azul escuro e vermelho escuro na matriz revelam que houve uma correlação forte positiva entre as variáveis, as cores azul e vermelho claro significa uma correlação fraca negativa entre as variáveis, e os pontos com cores diferentes de azul e vermelho significa que não houve nenhuma correlação.

Dentre as variáveis consideradas altamente correlacionadas (correlação acima de 0.7), foram selecionadas apenas aquelas com maior nível de influência para o modelo, como resultado, foi obtido um conjunto de 10 variáveis. Entretanto, as variáveis antropogênicas apresentaram uma correlação fraca negativa, ainda assim, foram selecionadas para modelagem dada a proximidade dos assentamentos humanos nos locais de ocorrência das espécies endêmicas.

8.2 Contribuição das variáveis sócio ambientais na distribuição das espécies endêmicas

As variáveis ambientais que demonstraram maior relevância para as três espécies endêmicas foi a temperatura máxima do mês mais quente (bio_5) para *Blepharis dunensis* e *Brachystegia oblonga*, enquanto quea *Blepharis dunensis* e *Scorodophloeus torrei* foram fortemente influenciada pela densidade do solo. A *Brachystegia oblonga* foi fortemente influenciada pela textura do solo e pH do solo.

As variáveis antropogénicas não tiveram a mesma influência para todas espécies, no caso da *Brachystegia oblonga* não foi influenciada por nenhuma variável antropogénica, no entanto, a *Blepharis dunensis* foi influenciada pela variável do índice de influência humana e a *Scorodophloeus torrei* foi fortemente influenciada pela variável uso e cobertura de terra (tabela 5 e anexo I).

Tabela 4. Contribuição das variáveis sócio ambientais na distribuição das espécies endêmicas

Espécie	Variáveis	Contribuição (%)
<i>Blepharis dunensis</i>	bio_05	46.4%
	Densidade do solo	21.8%
	IIH	13%
<i>Brachystegia oblonga</i>	textura do solo	32.4%
	pH do solo	18.1%
	bio_05	12.9%
<i>Scorodophloeus torrei</i>	Densidade do solo	24%
	bio_17	16.6%
	cobertura de terra	14.9%

8.3 Mapas de ocorrência das espécies no centro de endemismo do Rovuma

Por meio da coleta de dados de ocorrência das espécies na plataforma GBIF e dados colectados na expedição coordenada pela Prof. Alice Massingue, foi possível obter a distribuição actual das espécies *Brachystegia oblonga*, *Scorodophloeus torrei* e *Blepharis dunensis* (Figura 6).

As espécies co-ocorrem nas mesmas áreas tanto no passado como no presente, tendo a sua distribuição no passado no distrito de Mongincual, Angoche e Pebane (*Blepharis dunensis* e *Scorodophloeus torrei*), onde apresentava 30 pontos de ocorrência, tendo reduzido a sua área de distribuição nesses distritos por conta do desflorestamento induzida pelo uso insustentável da terra para a prática da agricultura, expansão urbana e actividade de mineração (Angoche) que é predominante naquela área (Laquene, 2024). Actualmente, as novas ocorrências no distrito de Moma (*Blepharis dunensis* e *Brachystegia oblonga*), Nacala velha, Monapo e Mossutil (*Brachystegia oblonga* e *Scorodophloeus torrei*) nestas novas áreas elas ainda co-ocorrem apresentando 121 pontos de ocorrência.

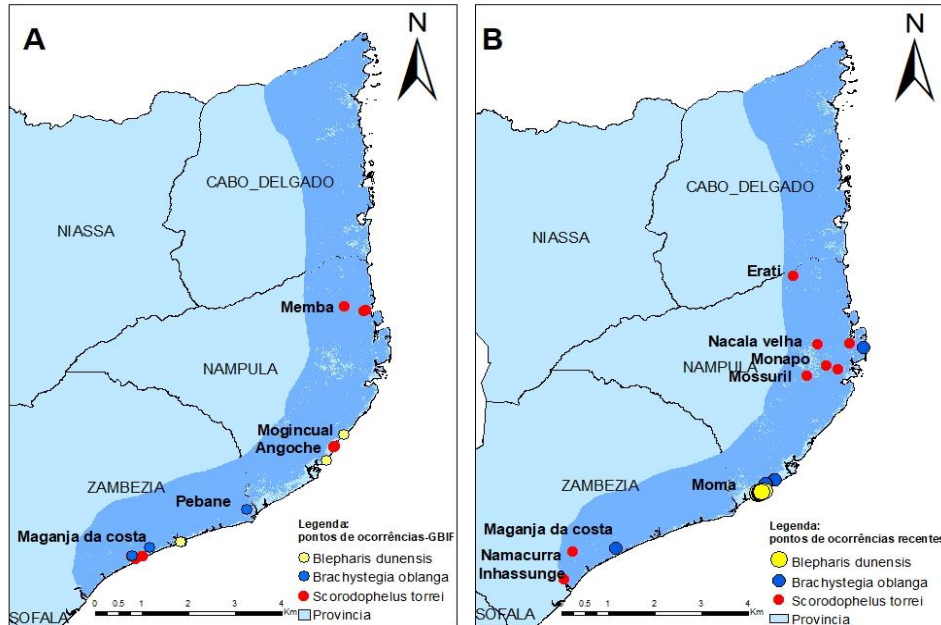


Figura 6: A – Mapa com os pontos de ocorrência da GBIF; B-Mapas com os novos pontos de ocorrência.

8.4 Mapa de Distribuição potencial de espécies endêmicas no Centro de Endemismo do Rovuma

A *Brachystegia oblonga* apresentou maior nicho potencial com uma extensão de ocorrência de 12.388,45 km², comparado com *Scorodophloeus torrei* que apresentou menor nicho potencial estimado de 1.743,54 km² e *Blepharis dunensis* extensão que compreende cerca de 3.530,51 km².

Analisando de forma comparativa os resultados obtidos para *Brachystegia oblonga*, *Blepharis dunensis* e *Scorodophloeus torrei* no modelo MaxEnt, observou-se que a área de distribuição é semelhante com a distribuição actual das espécies, contudo, nos modelos preditivos, ocorre a inclusão de novas áreas potenciais para as espécies como Ilha de Moçambique e Mogovolas.

As áreas estimadas pela modelagem de distribuição potencial como de maior adequabilidade ambiental para ocorrência das três espécies envolvem o distrito de Pebane Moma, Angoche, Mogincual (figura 7).

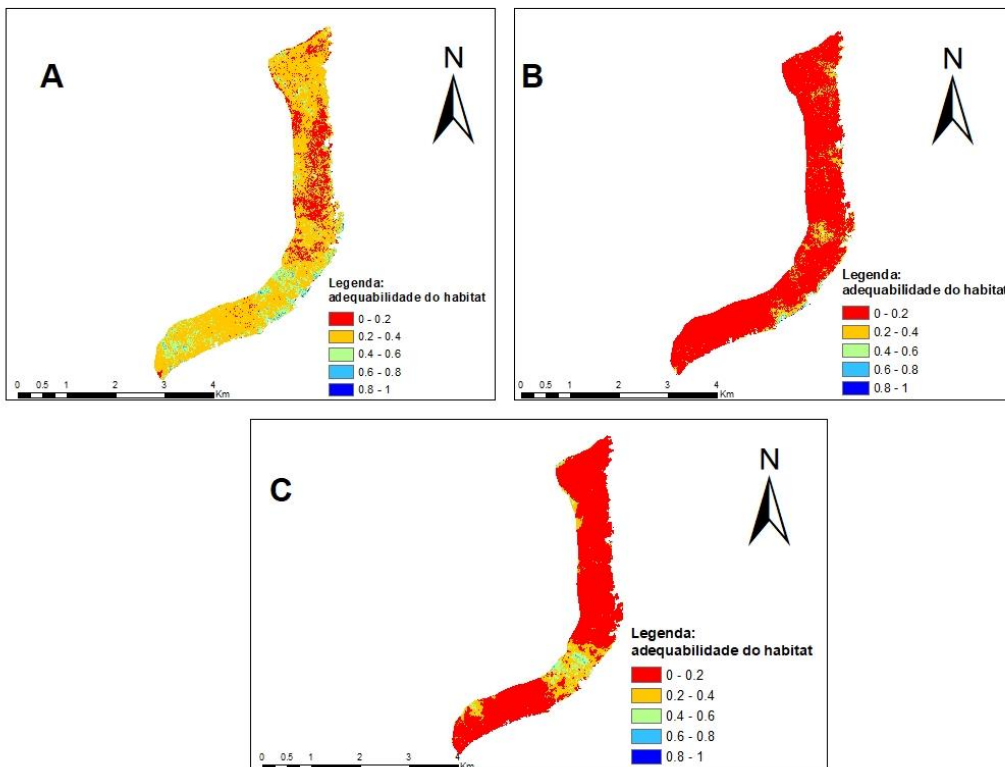


Figura 7: Mapas da modelagem de distribuição potencial das espécies endêmicas no Centro de Endemismo do Rovuma. A- *Brachystegia oblonga*; B-*Scorodophloeus torrei* e C-*Blepharis dunensis*.

8.5 Mapa Binário

Analisando o resultado apresentado, verifica-se que há algumas áreas de alta adequabilidade ambiental sem registro de ocorrência da espécie por perto, o que poderia sugerir áreas potenciais para novas coletas no futuro (Figura 8).

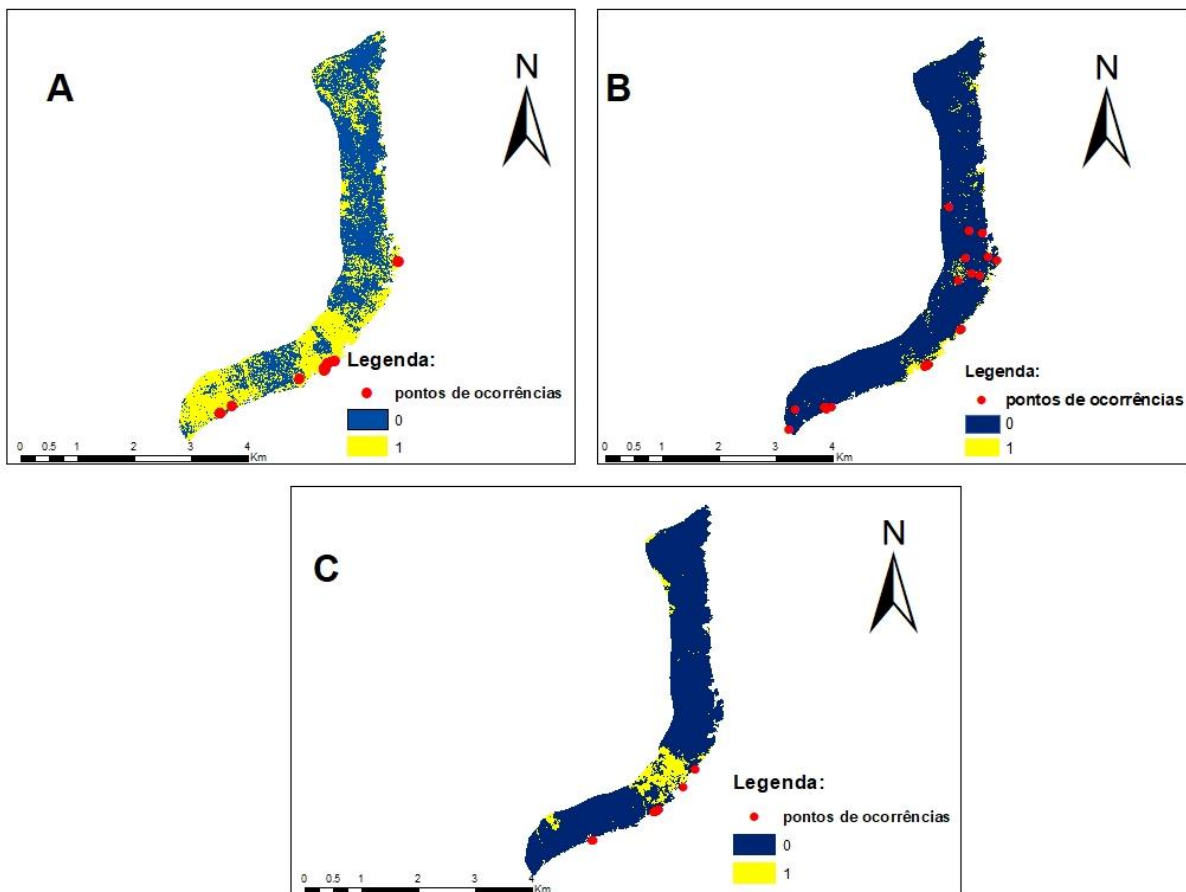


Figura 8: Mapa Binário com os pontos de ocorrência; A- *Brachystegia oblonga*; B- *Scorodophloeus torrei* e C-*Blepharis dunensis*. No mapa binário, as áreas de cor amarela (1) refletem a presença prevista para a espécie e cor azul (0) implica ausência da espécie.

8.5 Avaliação do desempenho dos modelos

As espécies *Blepharis dunensis* e *Scorodophloeus torrei* apresentaram bom desempenho com o valor de AUC acima de 0.90, enquanto que a *Brachystegia oblonga* obteve um desempenho médio (abaixo de 0.90), valores de AUC descritos na tabela abaixo e gráfico descrito no (anexo I).

Tabela 5. Avaliação do desempenho dos modelos para as três espécies endêmicas

Espécies	AUC
<i>Blepharis dunensis</i>	0.957
<i>Brachystegia oblonga</i>	0.857
<i>Scorodophloeus torrei</i>	0.945

9. Discussão

O número reduzido de registros dos dados de ocorrência ocorreu devido à exclusão das coordenadas e pela opção de se utilizar apenas as coordenadas originais. O grande desafio na utilização de dados de ocorrência disponíveis publicamente em plataformas virtuais como GBIF é a precisão de coordenadas.

Essa estratégia pode ter reduzido a abrangência, mas foi adotada a fim de garantir uma precisão maior que possibilitasse a utilização das variáveis ambientais em uma escala mais fina (1Km²).

9.1 Contribuição das variáveis na distribuição de espécies endêmicas

Foi possível observar que as variáveis ambientais como: a temperatura máxima do mês mais quente (bio_5), precipitação do trimestre mais seco (bio_17), textura do solo, densidade do solo e pH do solo que mais contribuíram para os resultados em todos os modelos utilizados, isso significa que essas variáveis são as que mais apresentaram maior ganho ao serem usadas de forma isolada nos modelos preditivos dentre várias variáveis utilizadas nesse estudo para a distribuição das espécies endêmicas. Variáveis relacionadas com a variação da temperatura também foram destaque em estudos envolvendo modelagem de distribuição de espécies no Cerrado brasileiro (Coelho *et al.*, 2016 e Nabout *et al.*, 2016).

De acordo com Santos *et al.* (2013) as propriedades físico-químicas do solo (pH e textura do solo), clima e topografia mostraram influência na estrutura da vegetação bem como no comportamento da distribuição de espécies arbóreas no ecossistema do restinga. E o pH do solo também é importante para composição de espécies e esse factor é provavelmente controlado pela precipitação (Muhate, 2004).

A temperatura apresenta uma grande contribuição na distribuição entre o componente arbóreo das florestas e os limites de tolerância a altas ou baixas temperaturas de certas espécies, bem como a níveis de precipitação, e essas variáveis são muito importantes para as espécies que habitam nas florestas costeiras e são grandemente utilizados para definir a distribuição geográfica de espécies endêmicas a determinadas condições ambientais (Faria *et al.*, 2012)

Costa *et al.* (2018) em seus estudos realça a importância da inclusão de variáveis relacionadas a duas grandes mudanças globais (climática e de uso do solo) em modelos de distribuição futura das espécies, principalmente daquelas ameaçadas de extinção.

As variáveis antropogénicas tiveram menor contribuição ou ganhos em todos os modelos utilizados, vários estudos feitos por Alexandre *et al.* (2013) foram analisados, e as variáveis antropogénicas seleccionadas como preditoras mais importantes para a modelagem representaram factores que influenciam negativamente a distribuição das espécies ameaçadas, causando fragmentações de habitat e mudanças climáticas, o que converge com resultados obtidos neste estudo. Isso pode alterar os resultados de estudos sobre modelagem de nicho (Giannini, 2012).

Quanto mais variáveis melhor será a precisão da previsão da retração ou expansão de estudos de modelagem, além de variáveis bioclimáticas, dados quantitativos de exploração da espécie, informações de locais onde a espécie é explorada e importância da exploração da espécie nesses locais são variáveis importantes para agregar um estudo de modelagem de nicho (Silva, 2022).

Portanto, a obtenção de dados e a realização de estudos de modelagem se tornam cada vez mais importantes, pois são informações geradas rapidamente e são fundamentais para direccionar acções conservacionistas (Giannini, 2012).

9.3 Influencia das actividades antropogénicas na distribuição de espécies endémicas

A concentração de espécies de endémicas no Centro de Endemismo do Rovuma coloca em risco a perpetuação dessas espécies, que continuam vulneráveis sob pressão antrópica, especialmente pelo extrativismo e prática de agricultura (Massingue *et al.*, 2022). As distribuições prováveis tanto para *Blepharis dunensis*, *Brachystegia oblonga* e *Scorodophloeus torrei* podem também sofrer alterações devido à influência antrópica por serem espécies intensivamente utilizadas, seus estoques sofrem constantes alterações, e severos declínios populacionais têm sido registrados nestas populações em pequenos fragmentos de floresta costeiras (Massingue *et al.*, 2022).

Peso embora as variáveis antropogénicas apresentaram menor contribuição nos modelos preditivos, as actividades humanas e as mudanças ambientais influenciam directamente as comunidades biológicas podendo alterar seus recursos naturais, a sua estrutura, a disponibilidade de nutrientes e as condições físicas do ambiente acima e abaixo do solo ocasionando perda do

habitat e da biodiversidade. (Bello *et al.*, 2013). Acima do solo, o aumento do dióxido de carbono atmosférico, as mudanças de temperatura e precipitação e a disponibilidade de podem ocasionar mudanças na composição taxonómica e funcional da comunidade de plantas (Bezerra, 2017).

De acordo com Bezerra (2017), essas actividades antropogénicas impõem filtros ambientais que interferem na distribuição das espécies, e a complexa interacção dinâmica dessas actividades com as variáveis ambientais condicionam o actual padrão de distribuição das espécies e explica a ausência de organismos em habitats aparentemente adequados. E a perda da biodiversidade em um ecossistema amplamente fragmentado e com cobertura vegetal reduzida poderá implicar ameaças às espécies nativas endémicas de flora, inclusive sob riscos de extinção (Teixeira, 2022).

9.4 Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies Endémicas

Os mapas de distribuição geográfica potencial gerados para espécies de endémicas foram considerados satisfatórios e podem ser interpretados como uma aproximação razoável da distribuição potencial das espécies. Outros estudos também mostraram que, de facto, o algoritmo MaxEnt geralmente fornece bons resultados (de Coelho *et al.*, 2016). Os resultados foram influenciados pelos pontos de ocorrência, variáveis ambientais, algoritmo e técnicas de validação (Pearson *et al.*, 2007).

A distribuição geográfica da *Blepharis dunensis* e *Brachystegia oblonga* era conhecida apenas para distrito de Maganja da costa e Pebane, respectivamente, e actualmente ambas co-ocorrem no distrito de Moma, isso devido a intensas práticas agricultura (estas áreas foram destruídas para o cultivo de palmares, cajueiros e Mangueiras), exploração de carvão e madeira, há também mineração de minerais raros nas areias a nordeste de Angoche, a *Scorodophloeus torrei* era conhecida também em Maganja da costa, Angoche e Memba, mas, à exploração de madeira e o desenvolvimento rural, fez com que restassem apenas pequenos fragmentos e esta espécie foi registrada como sendo fortemente cortada para lenha em 2011 (Burrows *et al.*, 2018).

Segundo os resultados da modelagem, a distribuição geográfica pode abranger maior parte dos distritos da zona costeira do centro de endemismo do rovuma. No entanto, embora essas áreas de

ocorrência já estão transformadas, ainda oferecem condições adequadas para o surgimento de muitas espécies, que ocorrem principalmente em áreas perturbadas (Massingue *et al.*, 2022).

Com isso, vale ressaltar que locais de não ocorrência das espécies nos mapas gerados, não indicam necessariamente inadequabilidade ambiental para estas espécies, isso deve-se a relativa inabilidade dos modelos em prever a distribuição potencial de uma espécie em locais onde não foi amostrada. Por isso a importância de obter vários registros com ampla distribuição (Sousa *et al.*, 2016).

De acordo com Costa *et al.* (2018) na modelagem preditiva é importante referir que o aumento de área climaticamente adequada não significa necessariamente um benefício para determinadas espécies, pois as alterações antrópicas na cobertura do solo podem impossibilitar a chegada e o estabelecimento de populações nas novas áreas adequadas.

9.5 Avaliação do desempenho modelos

Todos os modelos gerados apresentaram um excelente desempenho de acordo com os parâmetros de validação fornecidos pelo Maxent, mesmo para as espécies que possuíam poucos pontos de ocorrência, os modelos apresentaram valores de AUC (*Area under curve*) satisfatórios.

Alguns estudos já mostraram que os valores de AUC tendem a serem maiores para espécies que possuem uma distribuição mais restrita. Espécies endêmicas, como o caso da *Balfourodendronriedelianum*, possuem uma melhor predição comparada às espécies cosmopolitas, pois se tratam de dados mais consistentes em relação às condições favoráveis do habitat, o que auxilia o desenvolvimento de modelos preditivos (Costa *et al.*, 2018).

10. Conclusão

Os modelos de distribuição potencial da espécie apresentaram bom desempenho, com resultados distantes da previsão aleatória. Os mapas apresentados mostraram não somente variação na extensão das áreas consideradas ambientalmente adequadas, como também mudanças das áreas entre si, revelando locais antes não previstos pelos modelos de distribuição potencial actual. No entanto, a adição de outras variáveis contribuiu com a predição e a interpretação da distribuição geográfica das espécies.

As variáveis ambientais que demonstraram maior relevância para as três espécies endêmicas foram a temperatura máxima do mês mais quente (bio_5) para *Blepharis dunensis* e *Brachystegia oblonga*, no entanto, a *Blepharis dunensis* e *Scorodophloeus torrei* foram fortemente influenciada pela variável densidade do solo. A *Brachystegia oblonga* é a única espécie que foi fortemente influenciada por duas variáveis de solo, como o textura do solo e pH do solo.

As variáveis antropogénicas não tiveram a mesma influência para todas espécies, a *Brachystegia oblonga* não foi influenciada por nenhuma variável antropogénicas, entretanto, a *Blepharis dunensis* foi influenciada pela variável do índice de influência humana e a *Scorodophloeus torrei* foi fortemente influenciada pela variável uso e cobertura de terra.

Os mapas revelaram que as áreas de maior predominância de espécies endêmicas no centro de endemismo do Rovuma são: distrito de Moma (*Blepharis dunensis* e *Bragystegia oblonga*), Nacala velha, Monapo e Mossutil (*Bragystegia oblonga* e *Scorodophloeus torrei*).

As áreas estimadas pela modelagem de distribuição potencial como de maior adequabilidade ambiental para ocorrência das três espécies envolvem o distrito de Pebane Moma, Angoche, Mogincual, o estudo também a revelou novas áreas potenciais para as espécies como Ilha de Moçambique, Mogovolas e Mucuba.

E essas espécies endêmicas não compreendem as áreas que originalmente representavam o Centro de Endemismo do Rovuma e que pela supressão da vegetação nativa para a agricultura, extrativismo de modo extensivo foi reduzida drasticamente, onde restaram apenas fragmentos de vegetação de tamanhos insignificantes e distantes.

11. Recomendações

A distribuição prevista acompanha o que seria a área de cobertura original do centro de endemismo associado à espécie, com alto grau de necessidade de acções de preservação, conservação, recuperação pertencentes a esta região. O que evidencia a preocupante situação das espécies endémicas, que tem características ecológicas de ocupação relativamente altas e mesmo assim não é capaz de garantir a dinâmica de suas populações pelas interferências antrópicas a perda de habitats (Souza *et al.*, 2017). Em nível internacional estas espécies em questão são consideradas como em perigo e criticamente em perigo (Lista Vermelha IUCN, 2019).

As recomendações sugeridas são:

- Actualizar as áreas de distribuição e ocorrências das espécies endémicas no centro de endemismo do rovuma;
- Estabelecer áreas com prioridade para conservação, como as Áreas-Chave para a Biodiversidade ou simplesmente (KBAs, *Key Biodiversity Areas*) para assim, ampliar as áreas e a expressividade das Unidades de Conservação em Moçambique.
- Com os mapas obtidos neste estudo pode se traçar planos de conservação com foco para essas especies endémicas, para garantir a integridade da biodiversidade, e consequentemente, das espécies em questão;
- Realizar mais trabalhos de pesquisa neste centro de endemismo, visto que este estudo é um dos primeiros a ser feito.

12. Limitações

- Informação limitada acerca da área de estudo;
- Número reduzido de registros dos dados de ocorrência ocorreu devido à exclusão das coordenadas e pela opção de se utilizar apenas as coordenadas originais.

13. Referências Bibliográficas

- Alexandre, B. R., M. L. Iorini e C. E. V. Grelle (2013). Modelagem preditiva de distribuição de espécies ameaçadas de extinção: um panorama das pesquisas. Programa de Pós-graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia. Ilha do Fundão. Caixa Postal: 68020. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21941-590.
- Amatulli, G., D. Sami. M. Ning. P. Benoit. R. Ajay. M. Jeremy e J. Walter (2018). A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. *Scientific Data*, v. 5, p. 1–15.
- Araújo, E.F. (2010). Distribuição das espécies endêmicas de peixes de água doce do Escudo das Guianas, Macapá.
- Barlow, J., R.A. Begotti. R.F. Braga. T.M. Cardoso. Jr. Oliveira e R.C. de Souza Jr (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, v. 535, n. 7610, p. 144–147.
- Bello, F., M. Vandewalle. T. Reitalu. J. Leps. H.C. Prentice. S. Lavorel e M. Sykes (2013). Evidence for scale and disturbance dependent trait assembly patterns in dry semi-natural grasslands. *Journal of Ecology*, v. 101, n. 5, p. 1237–1244.
- Bezerra, A. C.F. (2017). Influência de distúrbios antrópicos e mudanças temporais sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no semiárido.
- Burrows. J.E. e J.R. Timberlake (2011). Centros de Moçambique de endemismo, com especial referência ao Centro de Endemismo do Rovuma do NE Moçambique e SE da Tanzânia. In: Resumos de Conferências: Associação Sul-Africana de Botânicos.
- Burrows J., S. Burrows. M. Lottere e E. Schmidt (2018). Árvores e Arbustos de Moçambique. Publishing Print Matters, Noordhoek, Cidade do Cabo, 1–1114.
- Burrows, J., E. Schmidt. S. Burrows e M. Lotter (2018). Árvores e Arbustos de Moçambique. Print MattersHeritage, Noordhoek, África do Sul.

- Clark, R.V., J.R. Timberlake. M. Hyde. A. Mapaura. M. C. Palgrave. B.T Würsten. P. Ballings. J. E. Burrows. H.P. Linder. G.K. Mc. Gregor. C. Chapano. D.C.H. Plowes. S.L. Childes. S. Dondeyne. T. Muller e N.P. Barker (2017). Um primeiro relato de diversidade florística e endemismo no maciço de Nyanga. Manica Highlands (Zimbabwe - Moçambique) 19: 1–53.
- Clarke, G.P. (2000b). Clima e história climática. Em: Burgess ND, Clarke GP (eds) Florestas Costeiras da África Oriental: 47–67. Cambridge, Publicações da IUCN. Lourenço Marques, Moçambique.
- Coelho, G. L. N., L. M. T. de Carvalho e L. R. Gomide (2016). Modelagem preditiva de distribuição de espécies pioneiras no Estado de Minas Gerais. Brasil, Universidade Federal de Lavras.
- Cordeiro, L.S. (2013). Distribuição geográfica e modelagem de nicho ecológico de espécies endêmicas erythroxy laceae na região neotropical, Universidade Federal do Ceara.
- Costa, T. R., C. C. de Moura. E. L. Machado e M. L. Bueno (2018). Modelagem preditiva da espécie *Lychnophorapohlilii* SCH. BIP. no estado de Minas Gerais Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil.
- Darbyshire, I., M.P. Simmons. JJ. Cappa. F.J. Breteler e S. Buerki (2016). *Pleurostillaserrulatae* duas novas espécies aliadas da África são, na verdade, membros do Novo Mundo *Crossopetalum* (Celastraceae). Botânica Sistemática 41(4): 851-864.
- Darbyshire, I., J. Timberlake. J. Osborne. S. Rokni. H. Matimele. C. Langa. C. Datizua. C. de Sousa. T. Alves. A. Massingue. J. Hadj-Hammou. S. Dhanda. T. Shah e B. Wursten (2019). The endemic plants of Mozambique: diversity and conservation status. PhytoKeys 136: 45–96.
- Davies, R. G., C. D. L. Orme. V. Olson. G. H. Thomas. S. G. Ross. T.S. Ding. P. C. Rasmussen. A. J. Stattersfield. P. M. Bennett e T. M. Blackburn (2006). Human impacts and the global distribution of extinction risk. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 273: 2127-2133.

- Dormann, C.F., J. Elith. S. Bacher. C. Buchamann. G. Carl. G. Carré. J.R.C. Marquéz. B. Gruber. B. Lafourcade. P.J. Leitão. T. Munkemuller. C. McClean. P.B. Osborne. B. Reineking. B. Schroder. A.K. Skidmore. D. Zurell e S. Lautenbach (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a 435-simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36, p. 027–046.
- Faria, A.V.B., A.C.C. Barbosa. M.F.M. Ferreira. M.J.S. Ventura e J.A.R. Pádua (2012). *Correlação espécie-ambiente em descrição e análise da vegetação*, Pós-graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Lavras – MG, Brasil Universidade Federal de Lavras.
- Giannini, T. C. (2012). Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. *Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, v. 63, n.3.
- Gillung, J. P. (2011). Biogeografia: a história da vida na Terra. *Revista da Biologia*, v. 7, p. 1-5, ISSN 1984-5154.
- Google Earth. (2023). Imagens de satélite. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>.
- Hutchinson, G. (1957b). Concluding remarks Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22: 415–427. GS SEARCH,.
- Impacto (2012). Perfil ambiental e mapeamento do uso actual da terra nos distritos da zona costeira de moçambique – Districto de Moma. MICOA. Maputo.
- IUCN (2018). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2018-2. Disponível em: www.iucnredlist.org.
- IUCN (2019). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2019-3. Disponível em: www.iucnredlist.org.
- IUCN (2020). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2020-2. Disponível em: www.iucnredlist.org.

- Laquene, A. (2024). Estado de Ameaça e Distribuição Potencial da *Icuria dunensis* no Centro de Endemismo do Rovuma, Moçambique. Tese de Licenciatura. 27-33pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
- Muhate, A.B. (2004). *Estudo da composição e estrutura arbórea ao longo de um gradiente altitudinal na Reserva Florestal de Moribane*. Tese de Licenciatura. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
- Marques, M. (2021). Impacto de mudanças climáticas sobre espécies vegetais endêmicas dos campos do rio da prata.
- Massingue, A. (2022). Adenda Relatório do especialista em vegetação e ecossistemas. ao EIAS de pilivili, kenmare, mozambique.
- Matias, R.A.M. (2022). *Modelagem da distribuição, densidade e potencial produtivo de espécies de interesse agroextrativista no bioma Cerrado*. Tese de doutorado em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasília/DF, 2022. 134p.
- Metz, C.E. (1986). ROC methodology in radiologic imaging. *InvestigatingRadiology*, 21: 720-733.
- Ministério da Administração Estatal- MAE. (2014). Perfil do distrito de Palma Província de Cabo Delgado. Available online: www.cabodelgado.gov.mz.
- Ministério para a Coodenação da Acção ambiental-MICOA (2012).Perfil ambiental e mapeamento do uso actual da terra nos distritos da zona costeira de Moçambique - Distrito de Palma Projecto de Avaliação Ambiental Estratégica da Zona Costeira – Moçambique, Impacto.
- MMA, (2012). Versão preliminar do guião de boas práticas de extrativismo sustentável da umburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*) Ministério do ambiente; secretaria de biodiversidade e florestas; diretoria de conservação de biodiversida.
- Odorico, D., E. Nicosia. C. Datizua. C. Langa. R. Raiva. J. Souane. S. Nhalungo. A. Banze. B. Caetano. V. Nhauando. H. Ragú. Jr. M. Machunguene. J. Caminho. L.

- Mutemba. E. Matusse. J. Osborne. B. Wursten. J. Burrows. S. Cianciullo. L. Malatesta e F. Attorre (2022). An updated checklist of Mozambique's vascular plants. *PhytoKeys* 189: 61–80.
- Odum, E. P. (1959). A Descriptive Population Ecology of Land Animals. *Ecology*. 40(1), p. 166-166.
 - Porter, W. P., S. Budaraju. W. E. Stewart e N. Ramankutty (2000). Calculating climate effects on birds and mammals: impacts on biodiversity, conservation, population parameters, and global community structure. *American Zoologist*, 40(4), 597-630.
 - Porter, W. P. (2002). Physiology on a Landscape Scale: Plant-Animal Interactions. *Integrative and Comparative Biology*, v. 42, n. 3, p. 431–453, 2002.
 - Phillips, S. J., R.P. Anderson e R. E. Schapire (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190, n. 3- 4, p. 231-259.
 - Phillips, S.J. e M. Dudík (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, v.31, p.161-175.
 - Porfirio, L. L., R.M.B. Harris. E.C. Lefroy. S. Hugh. S.F. Gould. G. Lee. N.L. Bindoff e B. Mackey (2014). Improving the Use of Species Distribution Models in Conservation Planning and Management under Climate Change. *PLoS ONE*, v. 9, n. 11, p. 1–21.
 - Pearson, G.F., C.J. Raxworthy. M. Nakamura e A.T. Peterson (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, v.34, 102-117pp.
 - Reunião Anual (2011). Resumos de trabalhos e pôsteres apresentados no 37º Congresso Anual da Associação Sul-Africana de Botânicos realizado na Universidade de Rhodes, Grahamstown, 17-19.
 - Santos, F.S., E.B. Almeida JR e C.S. Zickel (2013). Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian resting. *ActaBotanicaBrasilica*, v.27, p. 613-623.
 - Silva, L. C. (2022). Modelagem de nicho da *Attalea funifera* no nordeste do Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, curso de graduação em Engenharia Florestal. Macaíba.

- Silva, M.C. (2020). Modelo de distribuição de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* king na amazônia brasileira.
- Silveira, F.A.O., N.P. Barbosa. E. Buisson. F.F. do Carmo. D.W. Carstensen. A.A. Conceição. T.J. Cornelissen. L.E. Andrade e G.W.A. Fernandes (2016). Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant and Soil*, v. 403, p. 129–152.
- Siteo, A.A., V. Macandza. I. Remane e F. Mamugy (2015). Mapeamento de habitats em Moçambique. Criando as bases para contrabalanços de biodiversidade em Moçambique. Universidade Eduardo Mondlane-Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Maputo.
- Soares, G.R. (2015). Modelagem e adequabilidade ambiental de *Nirodia belphegor*. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Soberón, J. e A.T. Peterson (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, p. 1-10.
- Souza, L. R. e T. J. Vieira (2017). Modelagem de distribuição potencial da espécie *Balfourodendron riedelianum* (ENGL.) ENGL. (PAU MARFIM). Universidade Federal do Paraná.
- Souza, J. L. (2016). *Erythrina velutina willd.: Modelagem de distribuição potencial em Sergipe e análises de sementes como ferramentas para conservação ex situ*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Sergipe.
- SRIC (2022). Soil Grids — global gridded soil information. Disponível em: Acesso em: 10agosto.
- Tabarelli, M., L. P. Pinto. J. M. C. Silva. M. M. Hirota e L. C. Bedê (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p.133-137.
- Tabor, K., N. Burgess. B.Mbilinyi. J. Kashaigili e M. Steininger (2010). Forest and woodland cover and change in coastal Tanzania and Kenya, 1990 to 2000. *Journal of East African Natural History* 99(1): 19 – 45.

- Trindade, W. C. F. (2019). Modelagem de distribuição das formações vegetais do Estado do Paraná: passado, presente e futuro. Mestrado em Ciências Biológicas - Área de Concentração: Biologia Evolutiva, Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Teixeira, L. P. (2022). *Modelagem de nicho ambiental de espécies vegetais da caatinga como ferramenta para avaliação dos impactos das mudanças climáticas e do progresso das ods's 13 e 15 no bioma semiárido brasileiro* Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará.
- Timberlake, J., D. Goyder. F. Crawford. J.E. Burrows. GP. Clarke. Q.Luke. H. Matimele, T. Müller. O. Pascal. C. Sousa e T. Alves (2011). Florestas secas costeiras no norte de Moçambique. *Ecologia Vegetal e Evolução* 144 (2): 126-137.<https://doi.org/10.5091/plecevo.539>.
- Timberlake. J., D.Goyder. F.Crawford, e O. Pascal (2010). Coastal florestas secas na Província de Cabo Delgado, norte de Moçambique: Botânica e vegetação. Reportagem para Pro Natura Internacional. Kew, RoyalBotanicGardens.
- Tôrres, N. M. e U. E. Vercillo (2012). Como Ferramentas de Modelagem de Distribuição de Espécies Podem Subsidiar Acções de Governo? *Natureza e Conservação*, v. 10, n. 2, p. 228-230.
- União Internacional para Conservação de Natureza (2016). Regras de Procedimento para Avaliações da Lista Vermelha da IUCN 2017–2020.
- USAID-Moçambique (2013). Avaliação de Ameaças e Oportunidades Ambientais em Moçambique.
- Vollesen, K. (2000). *Blepharis (Acanthaceae). A taxonomic revision*. Royal Botanic Gardens, Kew. Pages 83 – 85.
- Vollesen, K. (2013). *Acanthaceae (Part 1) Flora Zambesiaca*, Pages 83 – 85.
- Van Wyk, A.E. e G.F. Smith (2001). Regions of floristic endemism in Southern Africa. A review with emphasis on succulents. UMDAUS PRESS, South Africa. 199 pp.

- Wander, A.G., M.M.M. Farnezi. I.M. Pereira. E.L.M. Machado e M.A.P, Silva (2018). Modelagem de distribuição de candeia para minas gerais.
- WCS, Governo de Moçambique e USAID (2021). Áreas-chave para a Biodiversidade (KBAs) identificadas em Moçambique: Fichas Técnicas, VOL. II. Lista Vermelha de espécies ameaçadas e ecossistemas, identificação e mapeamento de áreas-chave para a biodiversidade (KBAs) em Moçambique. USAID / SPEED+. Maputo, 70pp.
- White, F. (1983). Vegetation of Africa. Escriptive Memoir to company the OT T O vegetation Map of Africa.
- Wiens, J. J. (2011). The niche, biogeography and species interactions. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, v. 366, n. 1576, p. 2336-2350. ISSN 0962-8436.
- Wiens, J. J. e C. H. Graham (2005). Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., v. 36, p. 519-539, 2005. ISSN 1543-592X.

14. Anexos

Gráfico gerados pelo Maxent para cada espécie

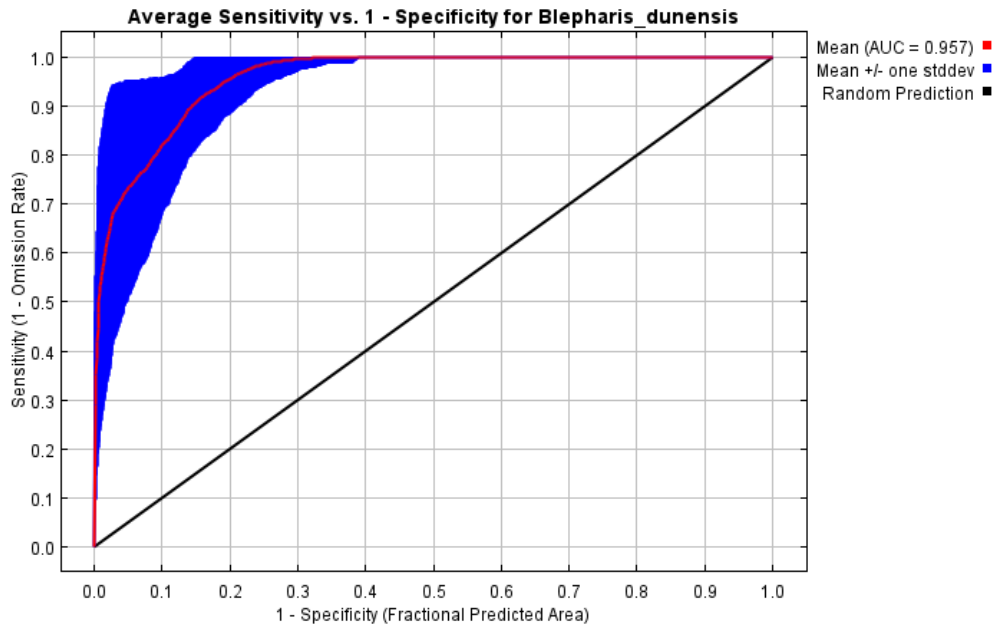


Figura 9: Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie *Blepharis dunensis* com o algoritmo de entropia máxima.

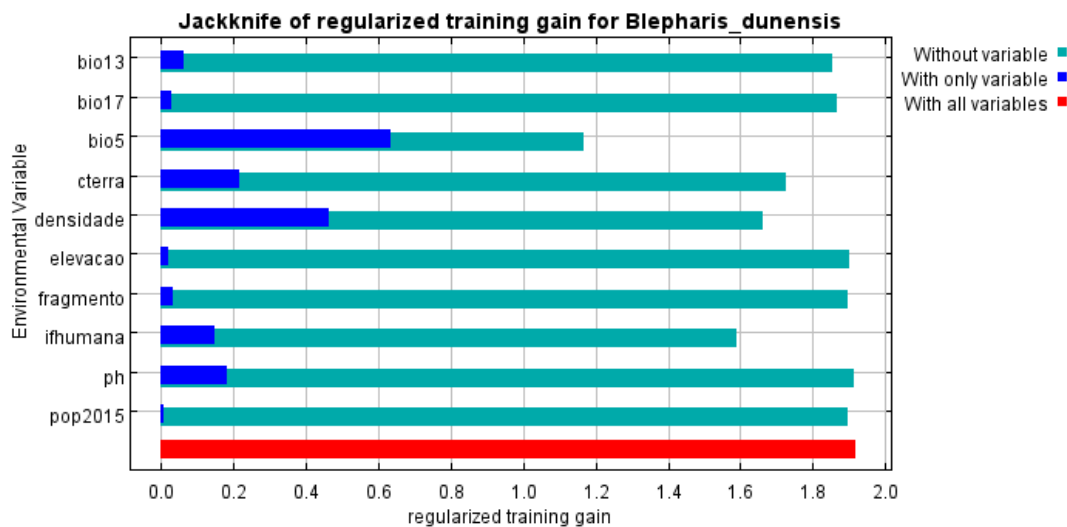


Figura 10: Gráfico com resultados do teste de jackknife da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie *Blepharis dunensis* com algoritmo de entropia máxima.

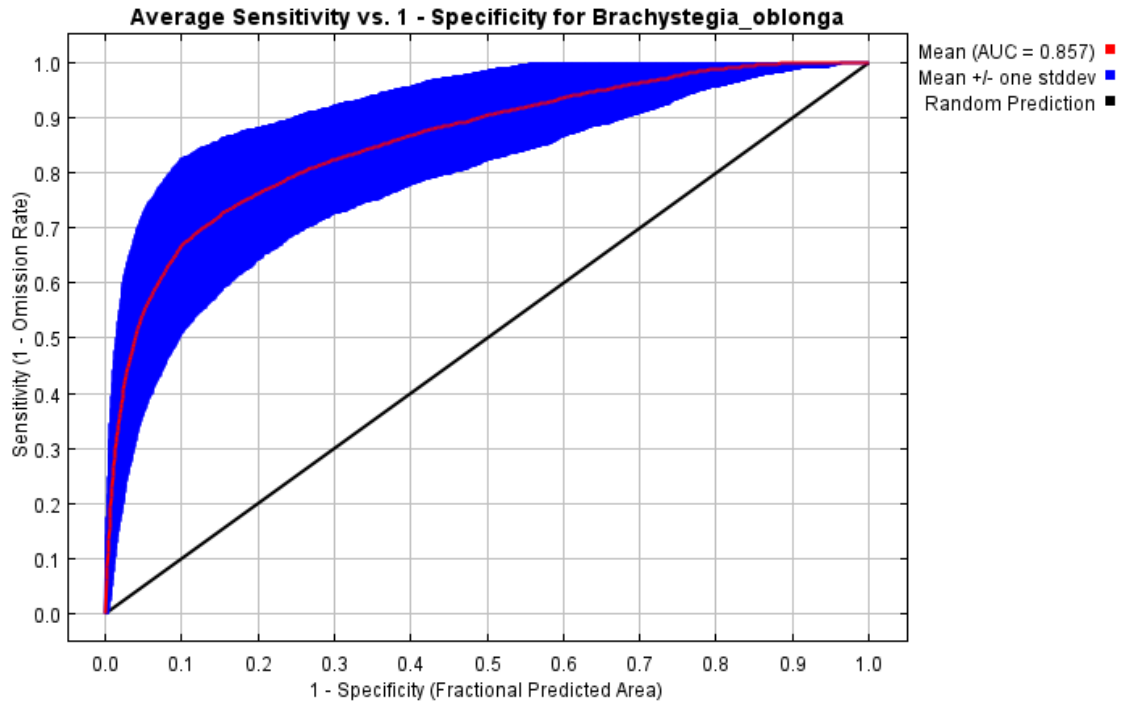


Figura 11: Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie *Brachystegia oblonga* com o algoritmo de entropia máxima.

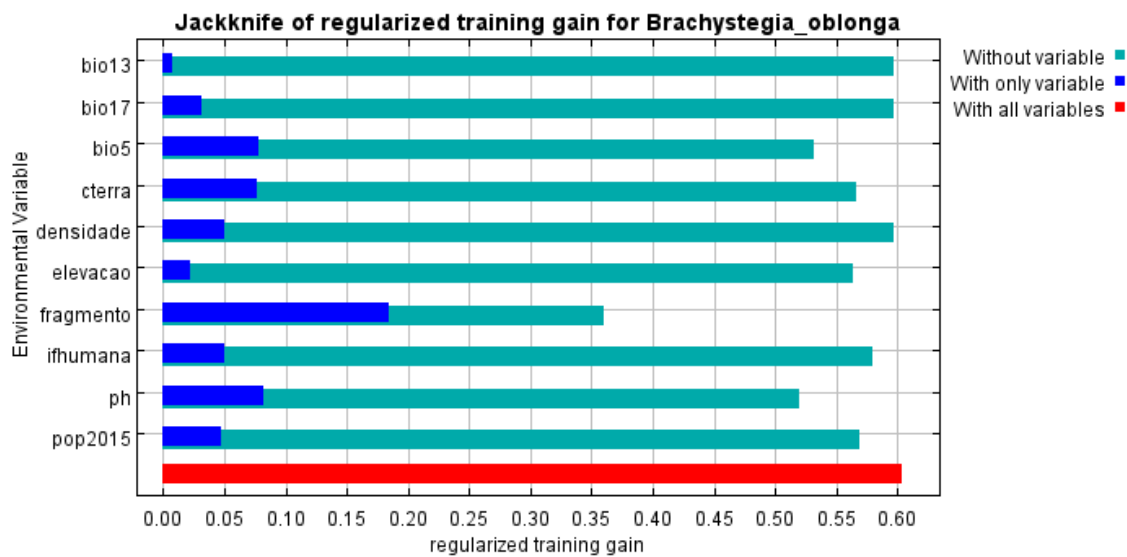


Figura 12: Gráfico com resultados do teste de jackknife da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie *Brachystegia oblonga* com algoritmo de entropia máxima.

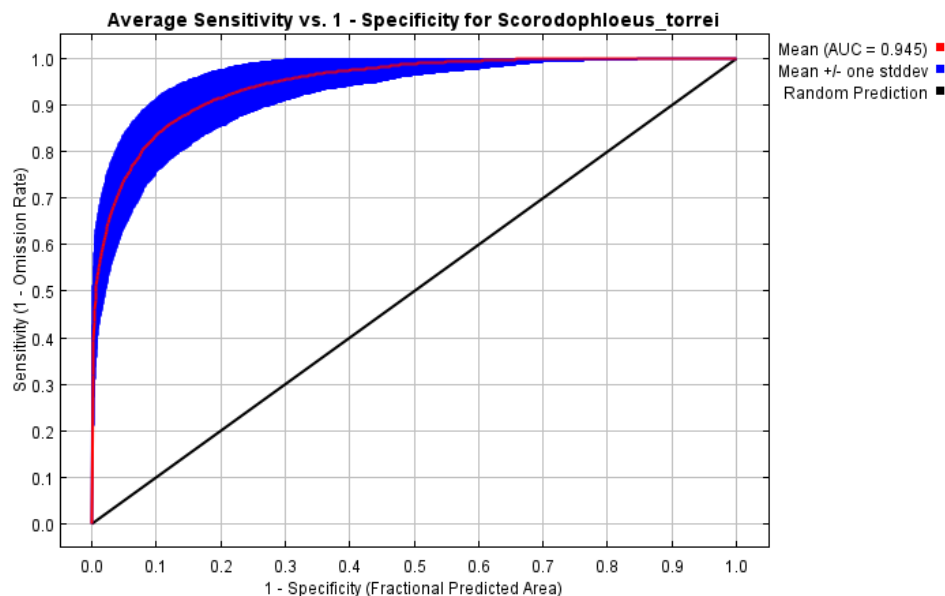


Figura 13: Gráfico com resultado do teste de AUC da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie *Scorodophloeus torrei* com o algoritmo de entropia máxima.

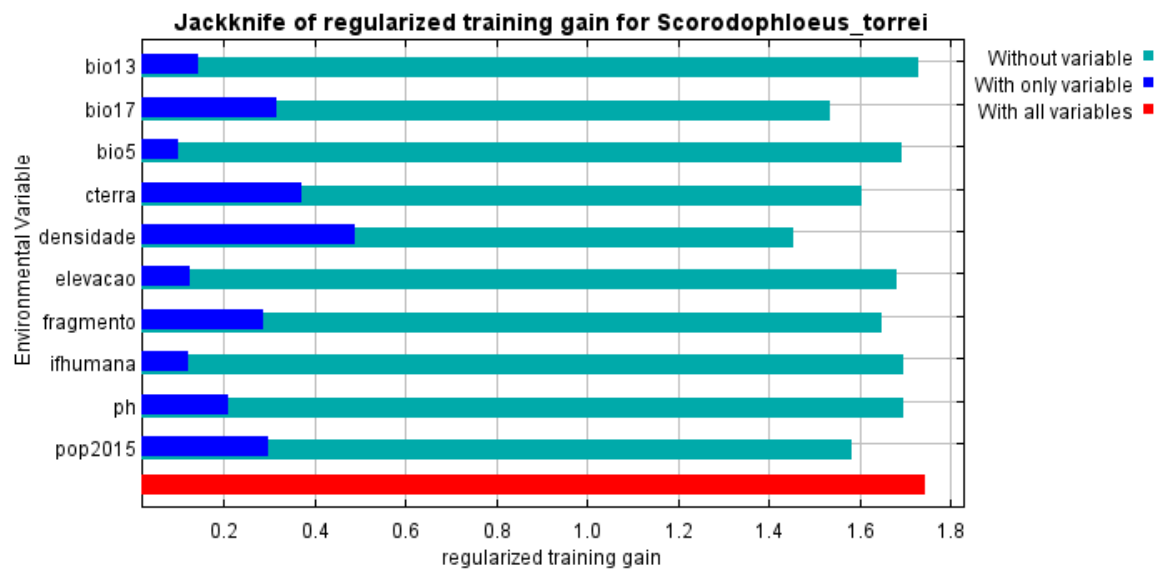


Figura 14: Gráfico com resultados do teste de jackknife da Modelagem de Distribuição Potencial da espécie *Scorodophloeus torrei* com algoritmo de entropia máxima.