



Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Mestrado em Maneio e Conservação da Biodiversidade

**Avaliação do estado de conservação da espécie endémica  
*Cola dorrii* Cheek na Paisagem de Licuáti, sul de  
Moçambique**



**Autor**

Castigo Datizua

Maputo, Março de 2024



Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Mestrado em Maneio e Conservação da Biodiversidade

**Avaliação do estado de conservação da espécie endémica**  
***Cola dorrii* Cheek na Paisagem de Licuáti, sul de**  
**Moçambique**

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Maneio e Conservação da Biodiversidade.

**Autor**

Castigo Datizua

**Orientadora**

Professora Doutora Natasha S. Ribeiro

**Co-orientador**

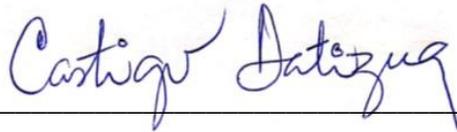
Mestre Gabriel Albano

Maputo, Março de 2024

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Em virtude dos devidos efeitos, eu, **Castigo Datizua**, declaro que esta dissertação nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual, sob a orientação dos meus supervisores. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Maneio e Conservação da Biodiversidade, da Universidade Eduardo Mondlane.

Por ser verdade, subscrevo-me

A handwritten signature in blue ink, reading "Castigo Datizua", is written over a horizontal line.

Maputo, Março de 2024

## **DEDICATÓRIA**

.....dedico aos meus pais, minhas irmãzinhas e, a todos que sonham e creditam nos seus sonhos

## AGRADECIMENTOS

-----Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, da sabedoria e da perseverança.

Aos meus pais por terem-me ensinado a ser um homem valente, sonhador, lutador e, acima de tudo, a acreditar que na vida tudo é possível quando há vontade, foco, determinação e dedicação – desde tenra idade os meus pais me ensinaram a vencer os desafios da vida – fiz das águas do Save e dos mangais do Govuro uma escola de habilidade à vida, um verdadeiro Centro de pré-formação do que hoje tenho-me tornado.

À Agência Sueca para Desenvolvimento Internacional (ASDI) por via da Direcção Científica da Universidade Eduardo Mondlane pelo apoio financeiro, por meio da bolsa de estudo – na Direcção Científica agradeço a pessoa da Doutora Beatriz Chongo, dra. Verónica Missa, dr. Mahando Sualihina Fadil, pelo excelente acompanhamento, e por atenderem sempre as minhas preocupações durante o período de vigência da bolsa.

Aos meus orientadores, a Professora Doutora Natasha Sofia Ribeiro e Mestre Gabriel Albano, agradeço pela excelente orientação, disponibilidade e prontidão em apoiar. O vosso apoio e as várias secções de discussões foram fundamentais para a execução e conclusão desta dissertação.

Gostaria igualmente de agradecer a todos os Professores do curso de Mestrado em Maneio e Conservação da Biodiversidade, e todos os funcionários, técnicos e administrativos do Departamento de Pós-graduação da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), com muito apreço para dra. Ricardina Macuana e dra. Cláudia Chelele pela disponibilidade e prontidão em atender com muito zelo e profissionalismo as minhas preocupações relacionadas com a bolsa. A estas duas valentes senhoras, juntam-se os Sirs. Banze, Agostinho Manhique, Técnico da UGEA; Alzido Macamo, motorista da FAEF e Ernesto Boane, Técnico Botânico do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências – agradeço imenso pelo apoio durante a preparação da viagem ao campo e durante o processo de recolha de dados na Paisagem de Licuáti.

Em Licuáti, um voto de gratidão é merecido aos Sirs. Cláudio Tembe, Venâncio Tembe, António Tembe e aos demais membros das comunidades que apoiaram no processo de recolha de dados, principalmente na localização das áreas de ocorrência de espécie de estudo.

À Vânia Gonçalo – obrigado pelo carinho, paciência e apoio incondicional em todos os momentos.

À Professora Doutora Alice Massingue, do Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências – muito obrigado pela força e encorajamento durante o meu percurso académico.

Aos colegas do curso, familiares e os demais amigos, agradeço pelo carinho e amizade. Obrigado por serem exemplos de vida, companheirismo e superação – os meus maiores desejos de felicidades!

Por último, mas não menos importante, quero agradecer-me:

..... por acreditar em mim

..... por fazer este trabalho duro

..... por sempre tentar dar mais do que eu recebo

..... por tentar fazer mais o certo do que o errado

Quero agradecer-me por ser sempre eu!

## EPÍGRAFE

*“..... Por isso, penso que, como conservacionista e um paladino do desenvolvimento sustentável, gostaria que hoje nos concentrássemos neste planeta e juntos encontrássemos soluções estratégicas para sustentar a humanidade, para melhorar a vida das pessoas a nível global e local, mas fazendo o nosso melhor para proteger o máximo de biodiversidade possível, cientes que já fomos responsáveis pela extinção de milhares de espécies, e que agora o nosso futuro está em perigo”*

---

*Castigo Datizua  
inspirado na  
Alice Roberts.*

## ÍNDICE GERAL

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
DEDICATÓRIA .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
EPÍGRAFE .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	x
RESUMO .....	xi
LISTA DE ABREVIACÕES.....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Problema de estudo .....	3
1.3. Relevância do estudo.....	4
1.4. Objectivos de estudo .....	5
1.5. Quadro conceptual e pressupostos .....	6
1.6. Estrutura da dissertação.....	8
CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1. Sistemas de uso e cobertura da terra .....	9
2.2. Distribuição espacial de espécies .....	10
2.3. Ecologia da população de espécies .....	11
2.4. Estado de conservação de espécies .....	14
2.5. Biodiversidade de plantas em Moçambique.....	16
2.6. Maputaland: o “hotspot” de biodiversidade.....	17
2.7. Conceito de “Paisagem” e “Região” no contexto ecológico .....	18

2.8. Biologia e distribuição da espécie <i>C. dorrii</i> .....	18
CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS DE ESTUDO .....	20
3.1. Área de estudo .....	20
3.1.1. Localização e limites geográficos.....	20
3.1.2. Condições biofísicas .....	21
3.1.3. Condições socioeconómicas .....	24
3.2. Métodos .....	26
3.2.1. Recolha de dados .....	27
3.2.2. Análise de dados .....	31
3.3. Limitações de estudo.....	53
CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO E DISCUSSÃO.....	54
4.1. Resultados .....	54
4.1.1. Uso e cobertura da terra na Paisagem de Licuáti, no ano de 2022 .....	54
4.1.2. Uso e cobertura da terra nas áreas de ocorrência da espécie <i>C. dorrii</i> .....	56
4.1.3. Distribuição actual e potencial da espécie <i>C. dorrii</i> na Paisagem de Licuáti.....	58
4.1.4. Condição ecológica populacional da <i>C. dorrii</i> em nível da Paisagem de Licuáti .....	63
4.1.5. Associação entre a <i>C. dorrii</i> e a outra flora de valor de conservação .....	68
4.1.6. Estado de conservação da espécie <i>C. dorrii</i> na Paisagem de Licuáti .....	71
4.2. Discussão.....	76
4.2.1. Uso e cobertura da terra.....	76
4.2.2. Distribuição espacial actual e potencial.....	77
4.2.3. Condição ecológica da população .....	78
4.2.4. Associação entre as espécies .....	80
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES GERAIS E PERSPETIVAS FUTURAS .....	82
5.1. Conclusões gerais.....	82

5.2. Recomendações do estudo .....	83
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
7. ANEXOS .....	101
8. APÊNDICES.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelos de distribuição de classes de tamanho típicos de populações arbóreas.....	14
Figura 2: Ilustrações da espécie <i>C. dorrii</i> .....	19
Figura 3: Localização e limites geográficos da Paisagem de Licuáti. ....	21
Figura 4: Visão geral das principais formações de vegetação da Paisagem de Licuáti .....	23
Figura 5: Actividades de subsistência praticadas em nível da Paisagem de Licuáti .....	26
Figura 6: Ilustração esquemática de cálculo da extensão de ocorrência e área de ocupação usando a abordagem de GeoCAT. ....	38
Figura 7: Fluxograma da modelagem da distribuição de espécies (MDS). ....	41
Figura 8: Esquema de classificação das categorias do estado de conservação. ....	52
Figura 9: Mapa das categorias de uso e cobertura da terra na Paisagem de Licuáti, no ano de 2022 (A) e respectivas proporções por categoria (B). ....	55
Figura 10: Características dos principais tipos de vegetação da Paisagem de Licuáti .....	55
Figura 11: Ocorrência da espécie <i>C. dorrii</i> em Florestas dominadas pela espécie arbórea <i>Newtonia hildebrandtii</i> (A) e matagais (B) .....	57
Figura 12: Ocorrência da espécie <i>C. dorrii</i> em áreas habitacionais.. ....	57
Figura 13: Distribuição espacial actual: extensão de ocorrência (EOO) e área de ocupação (AOO) da espécie <i>C. dorrii</i> na Paisagem de Licuáti. ....	58
Figura 14: Distribuição espacial potencial da espécie <i>C. dorrii</i> em nível da Paisagem de Licuáti gerado pelo MaxEnt.....	59
Figura 15: Reclassificação da distribuição espacial potencial da espécie <i>C. dorrii</i> em nível da Paisagem de Licuáti gerado pelo MaxEnt. ....	60

Figura 16: Nível de contribuição das variáveis ambientais preditoras incluídas no modelo de distribuição potencial gerado para espécie <i>C. dorrii</i> .	61
Figura 17: Representação da curva e pontuação de AUC correspondentes ao desempenho do modelo de distribuição espacial potencial da espécie <i>C. dorrii</i> .	62
Figura 18: Modelos de distribuição de indivíduos da <i>C. dorrii</i> nas classes de diâmetro.	64
Figura 19: Quociente “q” de Liocourt de avaliação do modelo da distribuição dos indivíduos da espécie <i>C. dorrii</i> nas classes de diâmetro em florestas e matagais.	64
Figura 20: Densidade média por hectare de indivíduos em regeneração da espécie <i>C. dorrii</i> em matagais e florestas.	65
Figura 21: Densidade média por hectare de indivíduos adultos da espécie <i>C. dorrii</i> em matagais e florestas.	66
Figura 22: DAP médio (cm) de indivíduos da <i>C. dorrii</i> em habitats de florestas e matagais.	67
Figura 23: Altura média (m) de indivíduos da <i>C. dorrii</i> em habitats de florestas e matagais.	68
Figura 24: Nível de associação (Índice de Jaccard) entre a espécie <i>C. dorrii</i> e as demais espécies de plantas endémicas arbustivas e arbóreas.	69
Figura 25: Nível de associação (Índice de Jaccard) entre a espécie <i>C. dorrii</i> e as demais espécies arbóreas exploradas para a produção de carvão em nível da paisagem de Licuáti.	70
Figura 26: Parte da diversidade de usos da espécie <i>C. dorrii</i> .	73
Figura 27: Ilustração de algumas ameaças à espécie <i>C. dorrii</i> .	74

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Quadro esquemático resumo usado para a determinação da categoria do estado de conservação de espécies segundo o sistema de Listagem Vermelha da IUCN.	6
Tabela 2: Número de agregados familiares e de habitantes de povoados encontrados dentro da Paisagem de Licuáti.	24
Tabela 3: Nomenclatura das categorias de uso e cobertura da terra na Paisagem de Licuáti.	33
Tabela 4: Número e área cumulativa dos polígonos por categorias de uso e cobertura da terra.	34
Tabela 5: Níveis de precisão de uma classificação com base no valor de Índice Kappa.	36

Tabela 6: Níveis de precisão do modelo de distribuição de espécies com base no valor de AUC. .....	43
Tabela 7: Matriz base de cálculo da coassociação entre a espécie <i>C. dorrii</i> e as demais espécies de interesse de conservação.....	47
Tabela 8: Questões e argumentos a considerar ao avaliar o estado de conservação de uma população residente numa área específica (por exemplo, paisagem).....	49
Tabela 9: Resumo do Critério B baseado na distribuição geográfica, utilizado para categorizar o estado de conservação de uma espécie. ....	51
Tabela 10: Matriz de confusão entre as classes de uso e cobertura da terra, com indicação de níveis de precisão para cada classe mapeada. ....	56
Tabela 11: Descrição dos parâmetros e critérios, e determinação do estado de conservação da espécie <i>C. dorrii</i> na Paisagem de Licuáti .....	71

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1: Coeficiente Kappa.....	36
Equação 2: Número de classes.....	44
Equação 3: Amplitude das classes .....	44
Equação 4: Densidade absoluta .....	45
Equação 5: Densidade relativa.....	45
Equação 6: Coeficiente ‘q’ de Liocourt .....	46
Equação 7: Índice de Jaccard.....	47

## RESUMO

A espécie *Cola dorrii* Cheek é nova para a ciência, endêmica de Maputaland, importante para as comunidades locais, contudo, ameaçada pela degradação e perda de habitat e a sua utilização para diversos fins na Paisagem de Licuáti. A fim de promover a sua conservação e apoiar nos esforços de conservação e restauração da biodiversidade em curso, o presente estudo foi realizado visando avaliar o seu estado de conservação em nível da Paisagem de Licuáti. Para tal, primeiro foi caracterizada a situação de uso e cobertura da terra. Para o efeito seguiu-se 5 etapas metodológicas: aquisição de imagens de satélites do LANDSAT 8-9 OLI/TIRS C2 L2, pré-processamento de imagens, colheita de amostras para a classificação de imagens, classificação do uso e cobertura da terra, avaliação da precisão e validação da classificação usando o “software” QGIS. Segundo, foi mapeada a distribuição espacial aplicando duas abordagens: (1) estimação da distribuição espacial actual: extensão de ocorrência (EOO) e Área de Ocupação (AOO) usando a plataforma GeoCAT, a partir de dados de ocorrência da espécie colhidos no campo com o auxílio de GPS; (2) mapeamento da distribuição espacial potencial no “Software” MaxEnt através da combinação entre dados de ocorrência e 10 variáveis ambientais das quais as bioclimáticas Bio 1, Bio 2, Bio 3, Bio 4, Bio 5, Bio 6 e Bio 12 foram obtidas na WorldClim, os solos na SoilGrids, os dados de cobertura da vegetação obtidas da classificação supervisionada e dados de elevação (DEM) obtidas na USGS. Terceiro, avaliou-se a condição ecológica da população e analisou-se o nível de associação entre a *C. dorrii* e outras espécies de valor de conservação. Para o efeito foram estabelecidas 12 parcelas de 20x30 m em locais de ocorrência da espécie. Em cada parcela fez-se a contagem de indivíduos em regeneração (< 5cm de diâmetro) e adultos ( $\geq 5$ cm de DAP), mediu-se os DAPs, estimaram-se as alturas e registaram-se todas as espécies arbustivas e arbóreas. Com os dados obtidos foi analisado o padrão de distribuição de indivíduos em classes diamétricas, foi determinada a densidade por hectares de indivíduos em regeneração e adultos; e depois analisou-se a estrutura de tamanho (diâmetros e alturas) da *C. dorrii* em diferentes tipos de habitats. O nível de associação entre as espécies foi avaliado usando o índice de Jaccard. Quarto, as informações sobre tipos de habitats, distribuição espacial, ecologia da população e ameaças foram usadas de forma articulada para determinar a categoria do estado de conservação da espécie *C. dorrii* aplicando os critérios da IUCN orientados à escala local. Os resultados indicam a existência em nível da Paisagem de Licuáti 5 tipos de vegetação principais: florestas, matagais, brenhas, pradarias e planícies de inundações. A distribuição espacial actual da espécie cobre uma área de 470 km<sup>2</sup>, mas existe potencial para se expandir até cerca de 976 km<sup>2</sup>. A espécie apresenta uma condição ecológica desequilibrada e instável em matagais quanto em florestas; a densidade de indivíduos da *C. dorrii* em regeneração e adultos não se difere entre ambos tipos de habitats: regeneração ( $t = 0.45, p > 0.05$ ), e adultos ( $t = 0.88, p > 0.05$ ). Idem para os diâmetros e alturas, não há diferenças expressivas entre os dois habitats: diâmetros ( $t = 1.28, p > 0.05$ ) e alturas ( $t = 0.91, p > 0.05$ ). A *C. dorrii* ocorre mais associada à 3 espécies endémicas ( $J > 28\%$ ) das 8 com as quais partilha o mesmo habitat. Ocorre também mais associada à 15 espécies das 37 exploradas para a produção do carvão ( $J > 45\%$ ). A espécie é avaliada como Vulnerável (VU) em nível da Paisagem de Licuáti.

Espera-se que esta informação do estado de conservação, incluindo de distribuição conhecida e prevista pelos modelos e ecologia da população, possa apoiar os tomadores de decisões e os conservacionistas a orientar e priorizar mais adequadamente as suas acções focadas na protecção desta espécie; e sugere-se ainda que a *C. dorrii* seja considerada uma espécie “guarda-chuva” para a conservação, pois para além a sua distribuição incluir os habitats mais importantes da paisagem, ela ocorre associada à várias outras espécies de elevado valor de conservação como plantas endémicas e espécies de importância socioeconómica para as comunidades locais.

**Palavras-chave:** Endémica, espécie, distribuição, ecologia, ameaças, IUCN, conservação, Maputaland.

## ABSTRACT

The species *Cola dorrii* Cheek is new to science, endemic to Maputaland, important to local communities, however, threatened by degradation and habitat loss and its use for various purposes at Licuáti landscape. In order to contribute for its conservation and support ongoing biodiversity conservation and restoration efforts, the present study was conducted to assess the species conservation status at Licuáti. For this purpose, first, the current status of land use and land cover was characterized following 5 methodological steps: acquisition of satellites images from LANDSAT 8-9 OLI/TIRS C2 L2, images pre-processing, sampling for images classification, classification of land use and land cover, evaluation of accuracy and validation of classification using QGIS software. Second, the spatial distribution of *C. dorrii* was mapped applying two approaches: (1) estimation of the current spatial distribution: the extent of occurrence (EOO) and the area of occupancy (AOO) applying the GeoCAT platform using the occurrence data of the species collected during the fieldwork with the aid of a GPS handset; (2) mapping the potential spatial distribution in the Software MaxEnt through the combination between occurrence data and 10 environmental variables of which the Bioclimatic Bio 1, Bio 2, Bio 3, Bio 4, Bio 5, Bio 6 and Bio 12 were obtained at WorldClim, the soils at SoilGrids, the vegetation cover data obtained from the supervised classification and elevation data (DEM) obtained at USGS. Third, the ecological condition of the population was evaluated and the level of association between *C. dorrii* and other species of conservation value was analysed. Hence, 12 plots of 20x30 m were established in areas of occurrence of the species. In each plot, regenerating (< 5cm in diameter) and adults ( $\geq$  5cm of DBH) individuals were counted. The DBH was measured, heights estimated and all shrub and tree species were identified. The distribution pattern of individuals in diameter classes was analysed, the density per hectare of regenerating and adult individuals was determined; and then the size structure (diameters and heights) of *C. dorrii* in different types of habitats was analysed. The level of association between species was assessed using the Jaccard index. Fourth, information on habitat types, spatial distribution, population ecology, threats, among other relevant information, was used in an articulated way to determine the category of conservation status of the species *C. dorrii* applying the IUCN guidelines oriented to the local scale. The results indicate the existence of 5 main types of vegetation at the Licuáti Landscape: sand forests, shrublands, thickets, grasslands and floodplains. The current spatial distribution of the species covers an area of 470 km<sup>2</sup>, but there is potential to expand to about 976 km<sup>2</sup>. The species presents an unbalanced and unstable ecological conditions in shrublands and forests; the density of regenerating and adult individuals does not differ between both types of habitats: regeneration ( $t= 0.45, p > 0.05$ ), and adults ( $t= 0.88, p > 0.05$ ). The same trend is observed for the diameters and heights, there are no significant differences between the two habitats: diameters ( $t=1.28, p > 0.05$ ) and heights ( $t= 0.91, p > 0.05$ ). The specie *C. dorrii* occurs closely associated with 3 endemic species ( $J > 28\%$ ) of the 8 with which it shares the same habitat. It also occurs closely associated with 15 of 37 exploited species for charcoal production ( $J > 45\%$ ). The species is assessed as vulnerable (VU) at Licuáti landscape level. It is hoped that this information on the conservation status, including known and predicted distribution and population ecology, can support decision-makers and conservationists

to better target and prioritise their actions focused on the protection of this species; and it is further suggested that *C. dorrii* be considered an "umbrella" species for conservation, because in addition to its distribution including the most important habitats of the landscape, it occurs associated with several other species of high conservation value such as endemic species and of socio-economic importance for local communities.

**Keywords:** Endemic, species, distribution, ecology, threats, IUCN, conservation, Maputaland

## LISTA DE ABREVIACÕES

CDB	Convenção sobre a Diversidade Biológica
CEAGRE	Centro de Agricultura e Gestão de Recursos Naturais
CEM	Centro de Endemismo de Maputaland
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
DEM	Modelo de Elevação Digital
FNDS	Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável
GeoCAT	Ferramenta Geoespacial de Avaliação da Conservação
GIS	Sistemas de Informação Geográfica
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
IPA	Áreas Importantes para Plantas
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza
KBA	Áreas Chaves de Biodiversidade
LULC	Uso e Cobertura da Terra
MAE	Ministério da Administração Estatal
MDS	Modelagem da Distribuição de Espécies
MITADER	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
MNE	Modelos de Nicho Ecológico
ODS	Objectivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Análise da Componente Principal
PL	Paisagem de Licuáti
SD	Desvio Padrão
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
USAID	Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos
WCS	Sociedade Mundial de Conservação
WWF	Fundo Mundial para a Natureza

## CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

### 1.1. Contextualização

A presente dissertação pretende avaliar o estado de conservação local da espécie arbórea endémica *Cola dorrii* Cheek em nível da Paisagem de Licuáti (PL) no extremo sul de Moçambique. Trata-se de uma avaliação que passa de abordagens globais a abordagens baseadas em evidências locais para orientar iniciativas, acções e intervenções locais de conservação da biodiversidade.

A biodiversidade é a variedade de formas de vida na biosfera, expressa desde o nível de genes, espécies de plantas, animais, microrganismos, comunidades, ecossistemas e processos ecológicos terrestres, marinhos, aquáticos, costeiros e suas interações (ONU, 1992; Rawat & Agarwal, 2015; Kanieski *et al.*, 2018). É um dos componentes fundamentais da natureza, por um lado porque garante a manutenção das formas de vida na biosfera por meio de processos e interações ecológicas, por outro lado, por ser a fonte de uma diversidade de recursos que sustentam a vida humana (Kanieski *et al.*, 2018).

Entre vários serviços de provisão, a biodiversidade constitui a base de funcionamento dos sistemas de produção florestal, pesca, indústria biotecnológica, turismo e saúde (Kanieski *et al.*, 2018). As estimativas globais indicam que cerca de 40% da economia e quase 80% das necessidades básicas da população mundial, principalmente em contextos rurais, são hoje à base dos recursos providos pela biodiversidade (Roe *et al.*, 2019).

Em África, por exemplo, os recursos florestais constituem a principal fonte de subsistência de milhares de comunidades residentes em zonas rurais. É na floresta onde estes obtem recursos como alimentos, medicamentos, material de construção, combustível, entre outros mais (Chomba *et al.*, 2013). Estes recursos, na maioria das vezes, para além da subsistência, têm importância económica por ser a principal fonte de rendimento (Tokura *et al.*, 2020).

Dado o imensurável valor da biodiversidade, nas últimas décadas a preocupação com a questão da sua conservação tem sido cada vez maior face ao: (1) declínio e a extinção em massa das espécies causadas pela perda de habitats e fragmentação de ecossistemas (de Lima *et al.*, 2022) e (2) problemas ambientais recorrentes como temperaturas elevadas, cheias, ciclones, etc. (Whitmore & Sayer, 1992). Estes fenómenos estão intrinsecamente associados à explosão demográfica da

população humana, a sobre-exploração dos recursos naturais, a expansão urbana sem a devida planificação do uso da terra e ordenamento territorial, a inovações tecnológicas e económicas que não levam em conta a sustentabilidade ambiental. Acima de tudo, surgem como consequência à fraqueza no desenho e implementação de políticas orientadas à governança de questões ambientais (MITADER, 2019; IUCN, 2021).

Como forma de ultrapassar os entraves à persistência de biodiversidade e mitigar os impactos negativos que advêm da sua perda, muitos países têm se empenhado em assegurar que conservação deste património seja efectiva. É neste contexto que durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Conferência de Rio em 1992 foi consignada a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) adoptada por 156 países, e actualmente conta com 196 países comprometidos com a conservação da diversidade biológica (<https://www.cbd.int/>).

Contudo, existem vários factores que têm dificultado que as nações africanas signatárias do CDB respondam de forma efectiva a todas as obrigações assumidas no âmbito da convenção da biodiversidade. Os principais factores são: a deficiência no conhecimento real da biodiversidade existente (por ex. número de espécies, chamado déficit Lineano (Whittaker *et al.*, 2005)) e a falta de conhecimento dos locais onde essa biodiversidade ocorre (por ex. distribuição de espécies, conhecido como déficit Wallaceano (Whittaker *et al.*, 2005)). Os dois factores por si só têm contribuído para a extinção massiva e silenciosa de vários grupos taxonómicos, principalmente da flora, um grupo bastante vulnerável e sensível devido a capacidades limitadas de dispersão ou refúgio quando há mudanças no ambiente (Cheplick, 2022).

Muitas regiões em África continuam subexploradas em termos de estudos de biodiversidade e, para regiões já estudadas, grande parte dos dados disponíveis de distribuição das espécies dizem respeito apenas às unidades geográficas políticas (províncias, distritos, localidades, etc.), áreas administrativas sem algum significado biológico. Pouco se sabe da biodiversidade em paisagens ecológicas ou mesmo em já designadas áreas de conservação (Hofmann, 2022).

Com a acelerada perda de biodiversidade na biosfera e a necessidade urgente de identificar estratégias sustentáveis de conservação, torna-se obrigatório compreender a situação do estado de conservação das espécies (Matimele, 2016). A avaliação do estado de conservação constitui o primeiro passo que permite aos planeadores de conservação e tomadores de decisão a priorizar

espécies e áreas onde pode-se alocar esforços de conservação nesta era de tempo e recursos limitados (Rodrigues *et al.*, 2006; Sulis *et al.*, 2020).

## 1.2. Problema de estudo

A extinção de espécies é uma das maiores crises de conservação da biodiversidade que o mundo enfrenta nos dias actuais (Majid *et al.*, 2015). A situação é mais visível nos países em via de desenvolvimento onde as comunidades rurais, actividades mineiras e outros projectos orientados à revolução económica e as mudanças climáticas estão a destruir massivamente os habitats. Nesses países a situação está a agravar-se enquanto as leis, as políticas de governança e os esforços de conservação são todos fracos (Khan *et al.*, 2009; Majid *et al.*, 2015).

Em Moçambique, os actuais esforços de avaliação do estado de conservação de espécies de plantas têm sido baseados em abordagens globais, conforme se aborda nos trabalhos de Darbyshire *et al.* (2019) e Odorico *et al.* (2022). As avaliações recentes conduzidas por volta dos anos 2018 a 2023, tal como as antigas disponíveis na página “web” oficial da Lista Vermelha da IUCN (<https://www.iucnredlist.org/>) têm revelado que a grande parte das espécies em Moçambique são avaliadas a partir de informações gerais, baseadas sobretudo em inferências.

Notam-se muitas lacunas de conhecimento em torno da situação de distribuição espacial, ecologia de população, tipos de habitats preferidos pela espécie, utilização e comércio da espécie pelas comunidades locais, acções de conservação e gestão da biodiversidade em curso das quais as espécies podem estar a beneficiar. Por conta disso, a informação contida nessas avaliações não é ao todo suficiente para orientar as intervenções locais de conservação, sendo, portanto, sempre necessário reconduzir avaliações usando abordagens que analisam e discutem os aspectos acima indicados tomando como base evidências locais das espécies.

A primeira avaliação do estado de conservação da espécie *C. dorrii* onde foi classificada como ‘‘Em Perigo (EN)’’ é global (Lawrence & Cheek, 2018). Esta avaliação baseou-se essencialmente em informações nessa altura disponíveis sobre as populações que ocorrem na Província de KwaZulu-Natal na África do Sul. A situação da espécie em Moçambique, sobretudo em nível da Paisagem de Licuáti foi apenas baseada em inferências (Cheek *et al.*, 2018).

Por ora, havendo necessidade de avançar com intervenções da conservação da espécie em Licuáti, a avaliação global conduzida por Lawrence & Cheek (2018) não constitui ao todo o melhor

instrumento que possa orientar os planeadores de conservação e tomadores de decisão a desenvolver estratégias e identificar acções concretas de conservação. Por isso, há uma grande necessidade e urgência de avaliar o estado de conservação da espécie baseando-se em evidências locais.

A urgência deve-se ao facto desta paisagem albergar, possivelmente, uma das mais ameaçadas populações desta espécie em Moçambique. Em Licuáti a espécie encontra-se exposta a várias ameaças que põem em risco a sua persistência local. São essas ameaças: a perda de habitats devido principalmente à desflorestação, resultado da exploração florestal madeireira, produção de carvão; assim como a ocupação da terra para dar lugar a machambas, habitações e outras infraestruturas, incluindo comerciais e da indústria mineira em ascensão (CEAGRE, 2022b; Portal do Cadastro Mineiro de Moçambique, 2023). Cerca de 60.74% da paisagem encontra-se concessionada para a exploração do calcário, um recurso mineral não renovável usado como matéria-prima nas fábricas de cimento da região de Maputo e África do Sul (<https://portals.landfolio.com/mozambique/en/>).

Além disso, no ano 2022, durante o estudo de caracterização socioeconómica e meios de vida e cadeia de valor do carvão, realizados em Licuáti pelo Centro de Agricultura e Gestão de Recursos Naturais (CEAGRE), a espécie foi registada pelo autor sendo utilizada pelas comunidades locais para fins de produção de carvão. A utilização da espécie para carvão, tanto quanto para outros fins, pode igualmente representar uma grande ameaça à sua persistência em nível da paisagem se este processo não for acompanhado de medidas de gestão.

### **1.3. Relevância do estudo**

O estudo de avaliação do estado de conservação local da espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti é uma contribuição importante, pois adiciona elementos de biodiversidade de elevado valor de conservação à escala local. O valor de conservação desta espécie deve-se ao facto de ser endémica, nova para a ciência (Cheek *et al.*, 2018), ter utilidade para as comunidades locais e ocorrer associada a numerosas espécies endémicas e várias outras espécies de grande importância socioeconómica para as comunidades locais e não só. Por exemplo, a *C. dorrii* associa-se a espécies utilizadas para a produção de carvão (Observações feitas pelo autor, 2022 e 2023).

Este estudo de avaliação é, por outro lado, relevante enquanto parte da Paisagem de Licuáti foi recentemente designada Áreas Chave de Biodiversidade (KBA, sigla em inglês) (WCS, Governo

de Moçambique & USAID, 2021) e também uma Área Importante para Plantas (IPA, sigla em inglês) (Darbyshire *et al.*, 2022). Mas, pela deficiência de conhecimento sobre a sua ocorrência em Licuáti, a espécie *C. dorrii* não contribuiu para despoletar as áreas às estas duas categorias globais de conservação. Os resultados deste estudo poderão contribuir para a requalificação destas áreas e melhorar os seus limites geográficos.

A informação do estado de conservação desta espécie é um subsídio valioso que permitirá aos conservacionistas desenvolverem estratégias e identificar acções adequadas de conservação desta e outras espécies associadas. No geral, serve como recurso de apoio a iniciativas de promoção do desenvolvimento socioeconómico por meio da utilização sustentável dos recursos naturais, e implementação de Planos de Gestão de Contrabalancos de Biodiversidade e Restauração Ecológica da biodiversidade em curso em nível da paisagem.

#### **1.4. Objectivos de estudo**

O presente estudo visa “Avaliar o estado de conservação local da espécie *Cola dorrii* na Paisagem de Licuáti, sul de Moçambique, como forma de apoiar nos esforços de conservação e restauração da biodiversidade em curso”.

Para responder adequadamente o objectivo geral, pretende-se especificamente:

- Caracterizar a situação actual de ocupação da terra e cobertura da vegetação na Paisagem de Licuáti;
- Mapear a distribuição actual e potencial de ocorrência da espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti;
- Avaliar a condição ecológica populacional da espécie *C. dorrii* e a sua associação com flora de valor de conservação em nível da Paisagem de Licuáti;
- Determinar a categoria do estado de conservação local da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti.

## 1.5. Quadro conceptual e pressupostos

A União Internacional para a conservação da Natureza (IUCN) estabeleceu em 1994 um sistema clássico de avaliação do estado de conservação de espécies (Pellizzaro *et al.*, 2015; Le Breton *et al.*, 2019) constituído por cinco critérios (A, B, C, D, E) (**Tabela 1** e **Anexo 7.3**) e nove categorias, das quais três principais representam a classe de ameaça (Em Perigo Crítico – CR, Em perigo – EN e Vulnerável – VU) e outras duas categorias de avaliação que não se enquadram na classe de ameaça, referem-se as espécies Quase ameaçadas – NT e de Pouca Preocupação – LC (**Tabela 1**). Nas restantes quatro, duas dizem respeito a espécies extintas (Extinta – EX, Extinta na Natureza – EW) e as outras duas representam espécies com Insuficiência de dados – DD e Não avaliadas – NE (IUCN, 2001, 2012; Majid *et al.*, 2015; IUCN, 2022).

A aplicação desses critérios e a determinação da categoria que representa o estado de conservação de uma espécie requer-se uma análise profunda e articulada de um conjunto de informações, nomeadamente a de distribuição espacial (a principal), ecologia da população, tempo geracional (se aplicável), condições do habitat, ameaças, utilização e comércio, acções ou medidas de conservação em vigor, entre outros elementos particulares e relevantes da espécie (IUCN, 2001).

Geralmente este leque de informação é analisado à luz do **Critério B** que retrata principalmente sobre a distribuição espacial (extensão de ocorrência - EOO e área de ocupação - AOO), e constitui a métrica-base de avaliação do estado de conservação de espécies (Pena *et al.*, 2014; Le Breton *et al.*, 2019; IUCN, 2022).

**Tabela 1:** Quadro esquemático resumo usado para a determinação da categoria do estado de conservação de espécies segundo o sistema de Listagem Vermelha da IUCN.

Critérios de Avaliação		Categorias de Ameaça			Outras Categorias	
		CR	EN	VU	NT	LC
A	Declínio populacional	≥80%	≥50%	≥30%		
B	Extensão de Ocorrência (EOO)	<100 km <sup>2</sup>	<5,000 km <sup>2</sup>	<20,000 km <sup>2</sup>	>20,000 km <sup>2</sup>	>20,000 km <sup>2</sup>
	Área de Ocupação (AOO)	<10 km <sup>2</sup>	<500 km <sup>2</sup>	<2,000 km <sup>2</sup>	>2,000 km <sup>2</sup>	>2,000 km <sup>2</sup>
C	Pequeno tamanho e declínio populacional	<250	<2,500	<10,000	>10,000	>10,000
D	População muito pequena ou restrita	<50	<250	<1,000	>1,000	>1,000
E	Análise quantitativa de risco de extinção			<20 km <sup>2</sup>	>20 km <sup>2</sup>	>20 km <sup>2</sup>

Segundo os princípios do Critério B pressupõe-se o seguinte para este estudo:

- i) Se a população da espécie *C. dorrii* tiver uma EOO abaixo de 100 km<sup>2</sup> e AOO abaixo de 10 km<sup>2</sup> e ainda suspeitar-se um declínio na EOO e AOO, na qualidade dos habitats e número de indivíduos maduros por conta da degradação do habitat devido a vários factores locais, a espécie encontra-se Em Perigo Crítico (CR);
- ii) Se a população da espécie *C. dorrii* tiver uma EOO abaixo de 5.000 km<sup>2</sup> e AOO abaixo de 500 km<sup>2</sup> e ainda suspeitar-se um declínio na EOO e AOO, na qualidade dos habitats e número de indivíduos maduros por conta da degradação do habitat devido a vários factores locais, a espécie encontra-se Em Perigo (EN);
- iii) Se a população da espécie *C. dorrii* tiver uma EOO abaixo de 20.000 km<sup>2</sup> e AOO abaixo de 2.000 km<sup>2</sup> e ainda suspeitar-se um declínio na EOO e AOO, na qualidade dos habitats e número de indivíduos maduros por conta da degradação do habitat devido a vários factores locais, a espécie é Vulnerável (VU);
- iv) Se a população da espécie tiver uma EOO acima de 20.000 km<sup>2</sup> e AOO acima de 2.000 km<sup>2</sup> e suspeitar-se para um futuro próximo um declínio na EOO e AOO, na qualidade dos habitats e número de indivíduos maduros por conta da degradação do habitat devido a vários factores locais, a espécie é Quase ameaçada (NT);
- v) Se a população da espécie tiver um EOO acima de 20.000 km<sup>2</sup> e AOO acima de 2.000 km<sup>2</sup> e não houver alguma suspeita importante sobre o declínio na EOO e AOO, na qualidade dos habitats e número de indivíduos maduros, a espécie é de Pouca Preocupação (LC).

No entanto, tratando-se de uma avaliação do estado de conservação local, em nível de uma área específica ‘‘Paisagem de Licuáti’’, as *guidelines* regionais da IUCN (IUCN, 2012), recomendam que essas categorias do estado de conservação acima pressupostos devem ser sujeitas a alterações em alta ou baixa. Isso depende das condições ecológicas da população em avaliação e se houver evidências de que existem interações ecológicas entre a população-alvo e populações vizinhas. Que possa estar a ocorrer dispersão de propágulos de uma população para outra, ou que uma população esteja a servir de fonte ou vector de ameaças, etc. (IUCN, 2012). Entretanto, se não

houver evidências de interação com outras populações de áreas vizinhas, nenhuma alteração da classificação é obrigatória (IUCN, 2012).

## **1.6. Estrutura da dissertação**

A presente dissertação é composta por cinco capítulos, um capítulo introdutório (Capítulo I), três capítulos que compõem o corpo da dissertação (Capítulos II – IV) e o último capítulo de síntese (Capítulo V). O **Capítulo I** contextualiza sobre a biodiversidade, sua importância em nível global e as principais limitações de conservação no contexto global, regional e nacional. Por fim aborda questões de problematização, contribuição, objetivos, aspectos conceptuais e pressupostos do estudo.

O **Capítulo II** aborda temáticas sobre a conservação da biodiversidade em nível nacional e da ecoregião de Maputaland; descreve a situação botânica e de distribuição global e local da espécie em estudo. Descreve ainda o sistema clássico-global de avaliação do estado de conservação de espécies da IUCN, entre vários outros aspectos a versar sobre o tema em alusão.

O **Capítulo III** retrata sobre materiais e métodos. Primeiro faz uma descrição da inserção geográfica da Paisagem de Licuáti, razões da sua promoção à área de proteção florestal e de biodiversidade, condições biofísicas (clima, hidrologia, elevação, solos, vegetação e fauna) e condições socioeconómicas. Visa ainda elucidar os métodos usados no estudo, os tipos de abordagens aplicados, instrumentos de pesquisa, técnicas de recolha, tratamento e análise de dados, e por fim destaca as principais limitações de estudo.

O **Capítulo IV** apresenta e discute os resultados de estudo consoante os objectivos específicos antes propostos, por meio de textos, mapas, gráficos e tabelas. Os resultados são discutidos tendo como base as observações de campo, achados e conclusões de vários outros estudos que abordam aspectos em torno do tema em alusão.

Por fim, o **Capítulo V** apresenta as principais conclusões do estudo e elencam várias sugestões de recomendação que devem ser tomadas em consideração para contribuir nos esforços de conservação da espécie e outras associadas de valor de conservação em nível da Paisagem de Licuáti.

## CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Sistemas de uso e cobertura da terra

O uso da terra definido como a diminuição da disponibilidade de áreas naturais devido a sua ocupação pelo homem (Galgani *et al.*, 2021) é um fenómeno complexo e dinâmico que reflete actividades como o estabelecimento de zonas habitacionais, industriais, campos agrícolas, pastagens, áreas de mineração, entre várias outras actividades (Zubair, 2006; Mienmany, 2018; Akdeniz *et al.*, 2022). A cobertura da terra, por sua vez, descreve a ocupação da terra por elementos naturais como vegetação, massas de água, dunas de areias expostas, etc. (Zubair, 2006).

Os sistemas de uso e cobertura da terra constituem uma parte fundamental da superfície terrestre, com impactos importantes na sociedade, na biodiversidade, no clima, nos ciclos hidrológicos e nos processos biogeoquímicos (Were *et al.*, 2014; Mienmany, 2018). Por exemplo, em alguns casos, o uso da terra para agricultura elimina ou converte habitats e ecossistemas naturais e, portanto, leva a perda da biodiversidade e serviços dos ecossistemas essenciais associados (de Groot *et al.*, 2012; Galgani *et al.*, 2021).

Nas últimas décadas, a população e a economia mundiais têm crescido exponencialmente e trazem consigo novas dinâmicas no contexto de uso e cobertura da terra à escala local, regional e global (Mienmany, 2018; Weng, 2010). Actividades humanas que consubstanciam o uso da terra afectam a integridade dos ecossistemas da terra e dos recursos naturais por meio da transformação da cobertura natural e resultam também no declínio dos serviços do ecossistema essenciais. A proteção da biodiversidade, provisão de recursos naturais, segurança alimentar, disponibilidade de água, regulação climática, sequestro de carbono, mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas, e o bem-estar humano, são os serviços de ecossistema essenciais mais afectados pelo uso da terra (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Were *et al.*, 2014; Mienmany, 2018; Tokura *et al.*, 2020; Akdeniz *et al.*, 2022).

Em muitos países, sobretudo países da África Subsaariana, estudos indicam que a agricultura, expansão habitacional, e outras actividades, estão desde décadas a suprimir áreas de vegetação natural (Burgess *et al.*, 2017) e Moçambique nunca foi excepção. No entanto, o desenvolvimento sustentável de uma determinada região só é possível se os processos de ocupação da terra forem

analisados de forma abrangente e holística considerando outros recursos locais de interesse de preservação, sejam eles recursos de biodiversidade ou socioculturais (Sakieh *et al.*, 2015).

## **2.2. Distribuição espacial de espécies**

As espécies estão a entrar em extinção e a biodiversidade no geral está a reduzir a um ritmo sem precedentes devido às alterações globais e, conseqüentemente, a afectar o bem-estar do ser humano (Lima *et al.*, 2022). Em virtude desta crise, os conservacionistas e os tomadores de decisão de conservação da biodiversidade precisam agir, mas carecem, muitas vezes, de informações tão cruciais como a distribuição dessas espécies (Giné & Faria, 2018). A compreensão da distribuição das espécies-alvo é necessária para avaliar o seu estado de conservação e permite flexibilização no processo de identificação de acções e estratégias de conservação (Guo *et al.*, 2017; Giné & Faria, 2018).

Existem duas abordagens de estimação e mapeamento da distribuição espacial de espécies. A primeira é a Ferramenta Geoespacial de Avaliação da Conservação (GeoCAT) (<http://geocat.kew.org/>), uma abordagem desenvolvida para realizar avaliações baseadas nos critérios de distribuição geográfica da lista vermelha da IUCN. A GeoCAT foi desenvolvida pela unidade de sistemas de informações geográficas da instituição inglesa Royal Botanical Gardens, Kew em colaboração com a União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN). GeoCAT determina dois parâmetros de distribuição estabelecidos pela IUCN (2001) que também medem a capacidade de dispersão e ocupação espacial de uma espécie. São esses parâmetros a Extensão de Ocorrência (EOO) e Áreas de Ocupação (AOO) (IUCN, 2001).

A EOO refere-se ao menor limite contínuo possível em torno de todos os locais conhecidos ou previstos onde uma espécie ocorre, e serve para avaliar as ameaças que podem estar presentes em toda a distribuição geográfica de uma espécie (Botero-Delgado *et al.*, 2015; Roberts *et al.*, 2016). Por sua vez, a área de ocupação (AOO) é definida como a área dentro da extensão da ocorrência (EOO) que é efectivamente ocupada pela espécie e representa a quantidade de habitat adequado dentro da EOO (Botero-Delgado *et al.*, 2015; Roberts *et al.*, 2016).

A outra abordagem baseia-se na modelagem da distribuição de espécies (MDS) que segue os princípios de modelagem de nicho ecológico (MNEs). O nicho ecológico representa um conjunto de condições ambientais bióticas (podendo ser cobertura vegetal ou habitats, entre outras) e

abióticas (por exemplo, a temperatura, humidade, salinidade, tipo de solos, intensidade luminosa, etc.) sob os quais uma espécie é capaz de persistir. Ou seja, é o limite geográfico – ambiental em que uma espécie pode cumprir o seu modo de vida, sendo, portanto, determinante para a sua ocorrência e distribuição (Soberon & Peterson, 2005; Dalapicolla, 2016). Os modelos de nicho ecológico são considerados como o melhor recurso para estimar a extensão da ocorrência de espécies, particularmente aquelas com distribuição disjuntiva, pois estes modelos identificam apenas áreas com condições ambientais adequadas para a sobrevivência da espécie, garantindo assim maior precisão na estimativa da distribuição da espécie (Pena *et al.*, 2014).

Existem vários algoritmos preditores de distribuição de espécies, nomeadamente: MaxEnt, GDM-SS, GDM, GAM, GLM, DOMAIN, BRUTO, MARS, OM-GARP, MARS-INT, LIVES, DK-GARP e BIOCLIM. De entre todos os algoritmos, o MaxEnt mostra-se ter melhor desempenho, de acordo com um estudo de comparações de metodologias de análise de distribuição de espécies conduzido por Elith *et al.* (2006).

O MaxEnt estima a distribuição potencial, a partir da combinação de variáveis ambientais (como cobertura da vegetação, elevação, precipitação, etc.) e um conjunto de pontos de presença/ocorrência georreferenciados da espécie, e por fim é gerado um modelo distribuição potencial da espécie, equivalente à extensão de distribuição espacial potencial (EEO) (Duan *et al.*, 2022).

Regra geral, são estas duas abordagens de distribuição (GeoCAT e MDS) utilizados para avaliar como as perturbações (de degradação de habitat) podem afectar as populações de uma determinada espécie dentro da sua região de distribuição geográfica (Pena *et al.*, 2014). Por isso, a determinação do estado de conservação de uma espécie depende de quão bem aplicadas são as abordagens GeoCAT e MDS.

### **2.3. Ecologia da população de espécies**

A crise actual de redução e perda de espécies tem gerando preocupação quanto a necessidade de conservação de ecossistemas. Isso motiva em grande medida estudos de ecologia de populações, que servem de base para a promoção de programas focados na monitoria e conservação das espécies e gestão de ecossistemas florestais (Stano *et al.*, 2007).

Estudos de ecologia das espécies arbóreas tais como inventários demográficos e de associações entre as espécies servem de instrumentos que possibilitam compreender a dinâmica das espécies e factores ambientais responsáveis pelas flutuações populacionais no espaço e no tempo (Gaston, 2000) e apoiam no processo de definição de boas práticas, estratégias de conservação da biodiversidade e padrões de uso sustentável dos recursos (Aquino *et al.*, 2002).

A ecologia da população aborda várias características de uma determinada população, como a estrutura de tamanho, a densidade de indivíduos, recrutamento, mortalidade, co-ocorrência das espécies e a compreensão dos factores que podem causar variações nestes elementos (Senkoro, 2021).

Os estudos demográficos de espécies endémicas e usadas localmente podem indicar a dinâmica da população, ilustrando a probabilidade de sobrevivência da planta e verificando se a população é estável, em expansão ou em declínio (Cunningham 2001; Botha *et al.*, 2004; Senkoro, 2021). Estudos de demografia de espécie são instrumentos acessíveis de fornecer dados úteis sobre o impacto da exploração das espécies e outras perturbações, contribuindo para garantir a sustentabilidade ecológica e o desenvolvimento de estratégias de gestão eficazes (Wilson & Witkowski, 2003; Botha *et al.*, 2004).

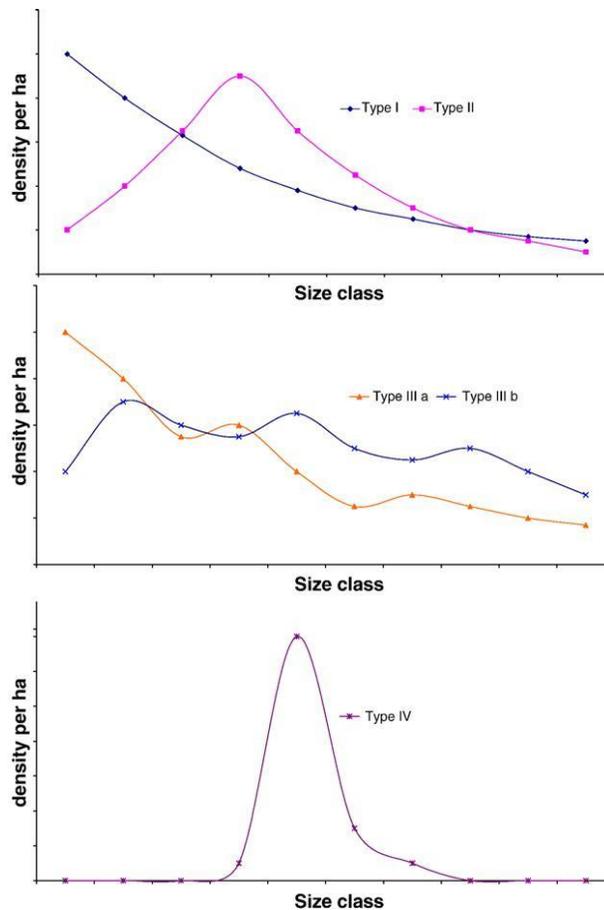
Permitem ainda fornecer dados quantitativos para determinar se é necessária uma investigação ou monitoria mais aprofundada (Botha *et al.*, 2004). A co-ocorrência, por sua vez, revela as associações interespecíficas causadas pela dependência funcional das espécies e interações bióticas e abióticas (Palaghianu & Cosofret, 2023). As associações ou co-ocorrência duma espécie com outras que sejam de algum valor de conservação em nível de uma área, permite identificar activos que justificam a necessidade de envidar esforços que incluem, por exemplo, a mobilização de fundos de conservação nas áreas de ocorrência da espécie.

Em regra geral, a condição ecológica de uma população é avaliada por meio de modelos de distribuição da estrutura de tamanhos dos indivíduos. Existem cinco tipos de modelos de distribuição de classes de tamanho de populações de espécies arbóreas de florestas arenosas (Gaugris & Van Rooyen, 007) (**Figura 1**):

- O Tipo I segue uma curva inversa em forma de J também designada de J-invertido, que representa a forma de curva, ideal para uma espécie num ambiente natural. Este tipo de

distribuição pressupõe que uma população estável exibe uma diminuição constante no número de indivíduos à medida que as classes de tamanho aumentam, e abrange todo universo de classes de tamanho descritas para a espécie (Peters, 1996; Gaugris & Van Rooyen, 2007).

- O Tipo II representa populações quase estáveis e que diferem do Tipo I apenas por terem uma menor abundância nas classes de tamanho menor. Contudo, as classes subsequentes retomam à forma J-invertido típica do Tipo I. Este padrão geralmente observa-se em populações de espécies secundárias que tipicamente apresentam baixa capacidade de regeneração por sementes (Peters, 1996; Gaugris & Van Rooyen, 2007).
- A distribuição de classes de tamanho do tipo III é típica de populações frequentemente perturbadas, e subdivide-se em dois subtipos (Tipo IIIa e Tipo IIIb). O Tipo IIIa assemelha-se muito com o Tipo I, com elevada densidade de indivíduos nas primeiras classes e uma secção de classes subsequentes que não apresentam indivíduos ou a densidade é menor do que o esperado. Ao passo que o Tipo IIIb tem semelhança com o Tipo II, com baixa densidade de indivíduos nas primeiras classes e as restantes secções da curva abrangendo uma ou várias classes de tamanho que não possuem indivíduos ou densidade é menor do que o esperado, formando tendências unimodais, bimodais ou multimodais (Peters, 1996; Gaugris & Van Rooyen, 2007).
- A distribuição das classes de tamanho Tipo IV representa populações de espécies arbóreas anormais e bastante desequilibradas, com um ou mais picos observados numa faixa restrita de classes de tamanho. A curva de distribuição é em forma de sino com um pico mais ou menos no meio. Mostra uma alta densidade de indivíduos nas classes de tamanho maiores, com pouca ou nenhuma representação de classes menores (Peters, 1996; Gaugris & Van Rooyen, 2007).



**Figura 1:** Modelos de distribuição de classes de tamanho típicos de populações arbóreas. **Fonte:** Gaugris & Van Rooyen (2007).

#### 2.4. Estado de conservação de espécies

A relação existente entre o homem e a natureza tem conduzido a desequilíbrios na estrutura, composição e funcionamento dos ecossistemas naturais. O último século tem sido caracterizado por agravamento das acções humanas que transformam os padrões de uso dos recursos, como o uso da terra, de espécies de flora e fauna, poluição, mineração (Corvelo, 2010) entre outros factores que estão a concorrer para alterações ecológicas importantes com reflexo expressivo na extinção de espécies.

A extinção de uma espécie ocorre quando não há dúvidas de que o seu último indivíduo desapareceu. Presume-se que uma espécie esteja extinta quando após inventários contínuos, longos e exaustivos em habitats conhecidos e potenciais, em diferentes períodos e épocas apropriados, em toda a sua área de distribuição histórica, não se registar sequer um único indivíduo (IUCN, 2001,

Collen *et al.*, 2010; IUCN, 2022). O risco de extinção aumenta quando a população não apresentar um número mínimo viável de indivíduos, ou seja, o tamanho mínimo em que uma população pode sobreviver e se sustentar. Isto acontece quando há baixa densidade populacional, causando assim instabilidades nas taxas de nascimento e morte (Collen *et al.*, 2010).

A extinção é um processo natural. Mas nas últimas décadas está a ocorrer a um ritmo anormalmente rápido, como consequência das acções conduzidas pelo homem. Os seres humanos já causaram a extinção de cerca de 5-20% de espécies em muitos grupos de organismos, e as taxas actuais de extinção são estimadas em 100-1000 vezes maiores do que as taxas pré-históricas (Rao & Larsen, 2020).

Evidências de estudos observacionais e experimentais sugerem que as extinções actuais de espécies terão provavelmente consequências muito drásticas a longo prazo. Irão impulsionar novas extinções, a disseminação de doenças e comprometer a provisão de bens e serviços de ecossistemas a bem do bem-estar dos seres humanos. Estes serviços incluem a manutenção da fertilidade dos solos, a regulação do clima, o controlo natural das pragas e o fornecimento de bens como alimentos, madeira, água doce, entre outros (Akhtar-Khavari *et al.*, 2020).

Entretanto, a avaliação local do estado de conservação das espécies é o primeiro passo que permite aos planeadores de conservação e tomadores de decisão priorizar espécies nesta era de tempo e recursos limitados (Rodrigues *et al.*, 2006; Sulis *et al.*, 2020). As abordagens da Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) são os métodos mais comumente aplicados na avaliação do estado de conservação de espécies (Majid *et al.*, 2015; Sulis *et al.*, 2020).

A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) desenvolveu um sistema clássico e universal de Listagem Vermelha de espécies que inclui duas abordagens de avaliação do estado de conservação: abordagem global e regional/local (Pellizzaro *et al.*, 2015; Le Breton *et al.*, 2019). A abordagem global, também tratada de nacional para espécies endémicas de um país, avalia o estado de conservação das espécies, incluindo todas as populações e áreas de ocorrência conhecidas e, destina-se mais ao desenho de estratégias globais e a atender agendas globais de conservação da biodiversidade como as estabelecidas no âmbito das Convenções das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica (CDB), Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre outros acordos (IUCN, 2021). Esta abordagem geralmente baseia-se em inferências, pois

informações sobre os vários aspectos necessários para a avaliação de espécies nem sempre estão disponíveis para todas as populações e todas as áreas de ocorrência das espécies.

A abordagem regional aplica-se sobre jurisdições a escalas locais como províncias, distritos, centros de endemismo, áreas de conservação, paisagens ecológicas e etc. (Callmander & Schatz, 2005; Majid *et al.*, 2015; Le Breton *et al.*, 2019; Sulis *et al.*, 2020) e baseia-se principalmente em evidências locais sobre vários aspectos intrínsecos inerentes as espécies tais como a distribuição espacial, ecologia da população, as condições de habitat, utilização e comércio, ameaças e acções de conservação e gestão da biodiversidade em curso em nível local (IUCN, 2012).

A partir desses dados, usando os critérios a escala regional, as espécies são agrupadas em função do nível de ameaça, nas seguintes categorias: Extinta, Extinta na Natureza, Em Perigo Crítico, Em Perigo, Vulnerável, Quase Ameaçada e Deficiente em Dados (IUCN, 2001, 2012). Destas nove categorias, apenas três (Em Perigo Crítico –CR, Em Perigo – EN e Vulnerável – VU) são aquelas efectivamente consideradas ameaçadas de extinção e, conseqüentemente, necessitam de acções de conservação num futuro imediato (de Souza *et al.*, 2018).

Estes critérios da IUCN são amplamente aceites e usados para avaliar, analisar e monitorar o estado de conservação de espécies (Gonçalves, 2015). Surgiram em 1994 (de Souza *et al.*, 2018) para padronizar os métodos de avaliação da conservação das espécies nos principais ambientes terrestres e aquáticos do planeta que antes eram discutidos como pontos isolados, sem bases científicas para justificar o desaparecimento das espécies na natureza, numa era em que já havia casos crescentes de perda da biodiversidade nos principais biomas e ecossistemas do planeta (Corrêa *et al.*, 2011). A cada ano os critérios da IUCN têm sido revistos e melhorados.

## **2.5. Biodiversidade de plantas em Moçambique**

Moçambique é um dos poucos países da África Austral que ainda detém uma área considerável de ecossistemas florestais, perfazendo aproximadamente 26.9 milhões de hectares (MITADER, 2018) e possui uma rica diversidade associada de plantas, com mais de 6.171 espécies de plantas vasculares (Odorico *et al.*, 2022). Os últimos trabalhos de pesquisa de flora em Moçambique mostram um crescimento no nível de endemismo de plantas, avaliado em 9.59% e inclui 278 taxa estritamente endémicos e 403 taxa quase endémicos (Darbyshire *et al.*, 2019).

Apesar das grandes descobertas em áreas remotas menos exploradas, há também um elevado número de espécies extintas e em via de extinção à medida que os habitats são transformados para satisfazer as necessidades humanas, como a exploração de recursos, prática da agricultura, mineração, expansão urbana e outros projectos de desenvolvimento (Darbyshire *et al.*, 2019).

A diversidade de plantas em Moçambique justifica-se pela sua inserção geográfica juntos aos trópicos, influência do Oceano Índico e pela diversidade geológica e geomorfológica (Conde *et al.*, 2014). Com 2.700 km de litoral, o país é caracterizado por planícies, com uma altitude que varia de 100 a 200 metros acima do nível do mar. A região interior é caracterizada por montanhas com altitude média de cerca de 800 metros, sendo o Monte Binga de 2.436 metros o ponto mais alto do território nacional (IUCN, 2021). As condições ambientais únicas das regiões montanhosas favorecem o surgimento, ocorrência e persistência de espécies únicas (raras e endémicas) (Darbyshire *et al.*, 2019).

## **2.6. Maputaland: o “hotspot” de biodiversidade**

A ecoregião de Maputaland é um “hotspot” de biodiversidade reconhecido internacionalmente pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF) e União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como Centro de Endemismo (Van Wyk, 1996; Izidine, 2003; Izidine *et al.*, 2003).

Antigamente a região estendia-se a partir do Norte de KwaZulu-Natal na África do Sul até a foz do Rio Limpopo na Província de Gaza (Van Wyk, 1996), mas actualmente segue continuamente a parte costeira de Gaza e Inhambane até a foz do Rio Save no Sul de Moçambique (Darbyshire *et al.*, 2019; Odorico *et al.*, 2022). Contudo, por conta das novas descobertas de espécies de plantas endémicas de Maputaland no interior das Províncias de Inhambane e Gaza (Osborne *et al.*, 2019; observações de Datizua, C & Langa, C., 2022), tem havido debates entre taxonomistas, botânicos e académicos conhecedores de Maputaland sobre a necessidade de estender os limites desta ecoregião para o interior, de modo a incluir mais adequadamente essa biodiversidade de plantas.

Alberga grande diversidade de espécies de plantas com pelo menos 2.500 espécies das quais mais de 203 são endémicas (Van Wyk, 1996; Matimele, 2016; Massingue, 2018).

## **2.7. Conceito de ‘Paisagem’ e ‘Região’ no contexto ecológico**

No contexto ecológico, paisagem é definida como uma área com um padrão específico de distribuição de aspectos como geomorfológico, climático, edáficos (solos), comunidades de vegetação, terras húmidas, incluindo sistemas humanos (machambas, habitações, etc.) (Gertenbach, 1983; Forman, 1995; Stalmans & Wishart, 2005; Tschardtke *et al.*, 2012). Mas também, pode ser vista como uma área multi-complexa, que representa uma mistura de sistemas bióticos e abióticos, heterogeneidade espacial e processos funcionando em diferentes domínios espaço-temporais (Klijn, 1995).

No geral é uma área sob efeitos de interações complexas entre processos de ecossistemas e estruturas espaciais (de origem natural ou antropogénicos) (Forman, 1995). Em contraste, uma região é uma área ampla composta por mesmos elementos microclimáticos, sistemas humanos, interação com sistemas naturais e humanos, e é por sua vez composta por várias paisagens (Forman, 1995; Tschardtke *et al.*, 2012).

Na Paisagem de Licuáti, por exemplo, a interação entre elementos climáticos (temperatura e precipitação) e as características edáficas (a natureza arenosa dos solos) determinam a predominância de uma cobertura de vegetação com características únicas (brenha arenosa e floresta arenosa) que albergam o maior número de espécies de mamíferos, aves e flora incluindo endémica e rara. As florestas apresentam uma estrutura mais alta, com árvores emergentes de mais de 15 m de altura, ao passo que nas brenhas as árvores mais altas têm 5-6 m de altura (Izidine, 2003; Gaugris e van Rooyen, 2008; CEAGRE, 2022a). Os factores humanos como o uso da terra e recursos florestais desempenham o seu papel enquanto modificadores do ecossistema, que altas intensidades podem ser prejudiciais, enquanto degradam os habitats, impossibilitando a recolonização e persistência das espécies (Whitmore & Sayer, 1992; Obiri *et al.*, 2002).

## **2.8. Biologia e distribuição da espécie *C. dorrii***

A espécie *C. dorrii* é ‘nova para a ciência’ e endémica da ecoregião de Maputaland e pertence à família botânica Sterculiaceae (Cheek *et al.*, 2018). Na ecoregião de Maputaland (Gaugris & Van Rooyen, 2007, 2009) assim como na Paisagem de Licuáti (Izidine *et al.*, 2003; Izidine, 2003; Izidine *et al.*, 2008), a espécie era antigamente tratada como *Cola greenwayi*. Ao contrário da *C.*

*dorrii* restrita para Maputaland, *C. greenwayi* é uma espécie cosmopolita a nível da região Sul da África (<https://powo.science.kew.org/>).

A *C. dorrii*, na Paisagem de Licuáti em Moçambique, é localmenmte conhecida por Mutxondossi. Trata-se duma espécie de crescimento arbóreo e decíduo com 3.5 – 5 – 8 metros de altura e o diâmetro a altura do peito (DAP) vai até 20 cm (Cheek *et al.*, 2018). A altura mínima de um indivíduo adulto varia muito com o ambiente. O caule é cinzento a branco pálido, as folhas e pecíolos são curtos e, os frutos são arredondados, vermelhos amarelados (Cheek *et al.*, 2018) (**Figura 2**).

Num passado recente a ocorrência desta espécie era apenas confirmada do Norte de Kwazulu-Natal na África do Sul (Cheek *et al.*, 2018) mas agora é também conhecida do Sul de Moçambique. Os primeiros registos oficiais da espécie em Moçambique datam de 2019 nas florestas de Mecrusse da região de Mawayela na província de Inhambane (coleções botânicas de Datizua, C. 14; Osborne, J. 1570). Algumas aglomerações da espécie também são vistas do lado adjacente de Mawayela, nas regiões de Macuacua na Província de Gaza (observações de Datizua, C & Langa, C., 2022). A ocorrência da espécie na Paisagem de Licuáti foi oficialmente confirmada nos primórdios do ano de 2022, aquando dos estudos de Caracterização Ecológica, Socioeconómica e Meios de vida e Cadeia de Valor do Carvão, realizados pelo CEAGRE da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane (CEAGRE, 2022a, 2022b).



**Figura 2:** Ilustrações da espécie *C. dorrii*. Fotos A & C de C. Datizua (2023) e B obtida do iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>).

## CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS DE ESTUDO

### 3.1. Área de estudo

#### 3.1.1. Localização e limites geográficos

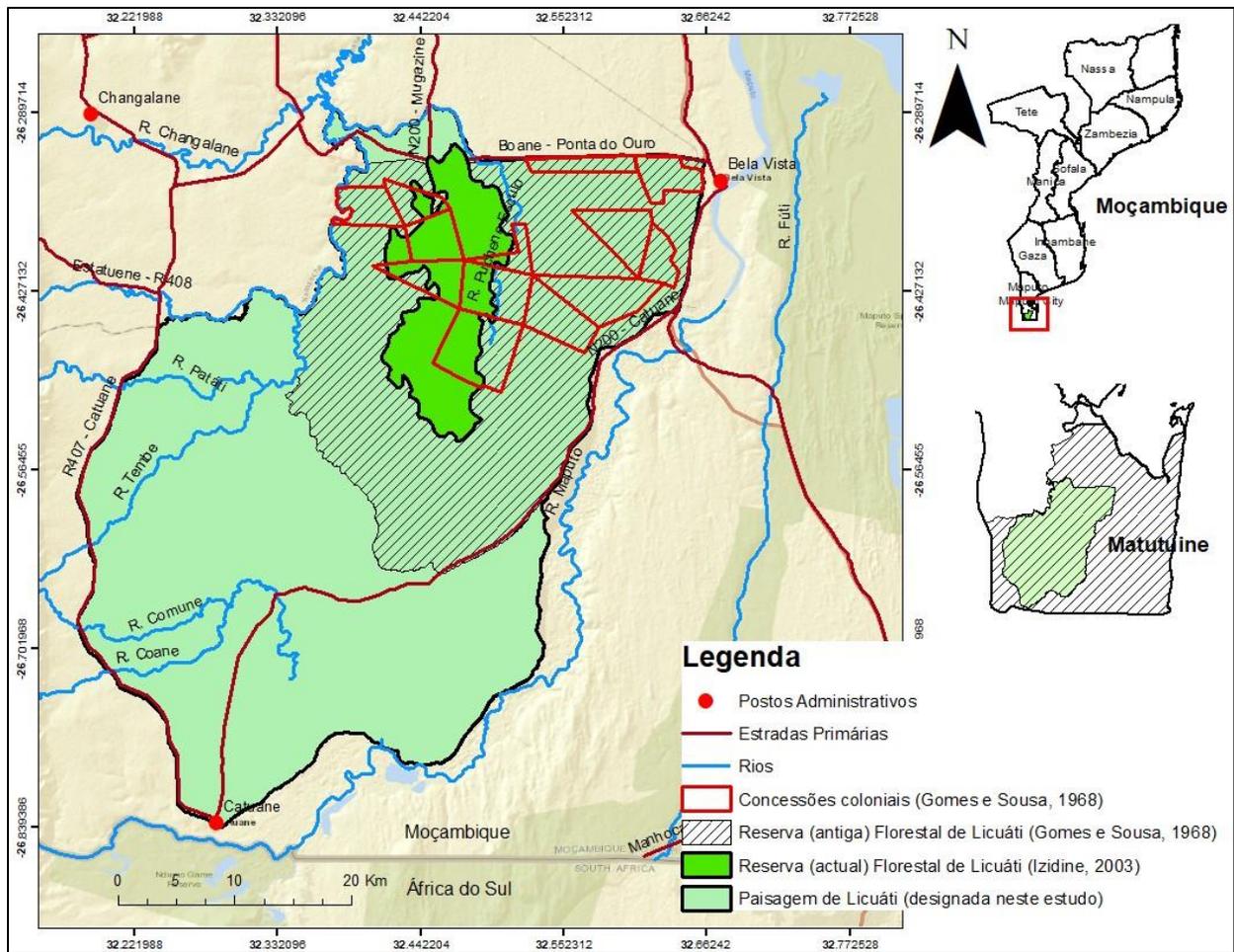
Na presente dissertação considera-se área de estudo a “Paisagem de Licuáti”, uma área geograficamente inserida na região do extremo sul de Moçambique, no distrito de Matituine, 50 km a sul da cidade de Maputo.

A Paisagem de Licuáti é assim designada pelo seu sentido ecológico, localizado num espaço geográfico caracterizado por interações entre processos ecológicos, sistemas antropogénicos e formações de vegetação de origem natural ou induzidas pelo homem, entre os rios Tembe e Maputo, e as estradas Porto Henrique a Bela Vista, Bela Vista a Catuane e Catuane em direcção a Changalane em Namaacha, atravessando os rios Coane, Comune, Tembe e Patáti. Este espaço geográfico, para além de brenhas é composto por florestas arenosas e de galeria (Google earth, 2023), com grande potencial para a ocorrência da espécie em estudo e várias outras de grande valor de conservação em nível local, nacional e global.

A Paisagem de Licuáti aqui designada inclui duas áreas estabelecidas para a protecção florestal, ambas denominadas Reserva Florestal de Licuáti (RFL). Uma, a mais abrangente, é antiga e, a outra, pequena, é a mais recente e actual (**Figura 3**).

A antiga RFL foi instituída em 1943 pela Portaria provincial nº 3311 (Gomes e Sousa, 1968), visando salvaguardar a protecção de fragmentos florestais que naquela altura haviam restado da diminuição constante das áreas florestais por conta das actividades antropogénicas como a concessão de áreas de cortes florestais para fornecer as serrações madeireiras locais; áreas para prática da agricultura, caça e agropecuária (Gomes e Sousa, 1968).

A actual área que inclui maioritariamente a brenha de Licuáti foi designada em 2003 (Izidine, 2003) olhando essencialmente para o endemismo de espécies. Nessa altura já eram conhecidas cerca de 30 espécies de plantas endémicas associadas à brenha, das quais 20 são restritas (Van Wyk, 1996; Izidine, 2003).



**Figura 3:** Localização e limites geográficos da Paisagem de Licuáti, com indicação da distribuição das concessões coloniais e a antiga e actual área designadas de Reserva Florestal de Licuáti.

### 3.1.2. Condições biofísicas

#### Clima

O clima da Paisagem de Licuáti não foge o padrão geral da região Sul de Moçambique. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima desta paisagem pertence ao grupo de climas tropicais pluviosos dados a sua localização numa zona de transição entre os trópicos (Gomes & Sousa, 1968), com duas estações ao longo do ano, um verão chuvoso que vai de Outubro a Março e um inverno seco que vai de Abril a Setembro (Marulo, 2012). A temperatura média anual do distrito de Matutuine é de 24° C e a precipitação apresenta uma variabilidade espacial quando se percorre

da costa para o interior (MAE, 2005), com aproximadamente 1100 mm de pluviosidade ao longo da linha da costa e 600 mm mais para o interior (Tokura *et al.*, 2020).

## **Hidrologia**

Os rios Tembe e Maputo, as várias lagoas permanentes e sazonais é que constituem os principais elementos da componente hidrológica da paisagem (Izidine, 2003). Existem também, no lado sudoeste, os rios Coane, Comune, Tembe e Patáti (MAE, 2005).

## **Elevação e Solos**

A Paisagem de Licuáti é de baixas altitudes, com apenas 30 metros em média de elevação acima do nível médio das águas do mar, e algumas depressões húmidas, sazonalmente inundadas e alagadiças na época chuvosa. Os solos são tipicamente arenosos do Quaternário a recentes, com algumas manchas do Cretáceo (Gomes & Sousa, 1968). Ao longo das margens dos rios Maputo e Tembe predominam os solos do tipo aluviões, adequados para a agricultura (Izidine, 2003; Gomes e Sousa, 1968). Morfológicamente, os solos são homogéneos, grisalhos, areias eólicas, altamente lixiviadas e relativamente ácidos (von Maltitz *et al.*, 2003).

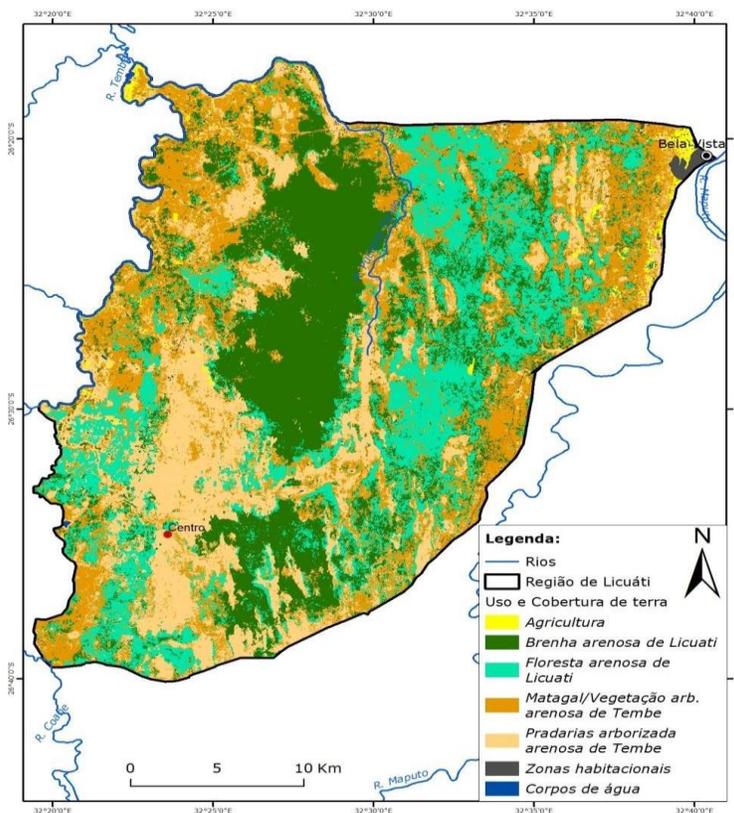
## **Vegetação e diversidade florística**

A vegetação do Licuáti, para além de brenha, é constituída por habitats predominantemente naturais de florestas arenosas, um tipo de floresta único e raro (Soto, 2007), que se estende para o sul até a região da Reserva de Ndumo na província de KwaZulu-Natal na África do Sul (Izidine, 2003). O trabalho de caracterização ecológica realizado pelo CEAGRE (2022a), embora não tenha incluso toda a extensão geográfica considerada área de estudo no âmbito desta dissertação, mapeia os principais tipos de vegetação que podem ser encontrados em nível na paisagem (**Figura 4**).

No geral, este espaço geográfico comporta quatro grupos principais de vegetação nomeadamente florestas, brenhas, matagais e pradarias arenosas. Do lado sudoeste da paisagem, entre os rios Coane, Comune, Tembe e Patáti, que é uma parte da secção fora da área estudada pelo CEAGRE, mas que está dentro da área designada neste estudo, veem-se áreas cobertas por florestas de galeria e extensas planícies de inundaçào (Google earth, 2023).

As espécies de flora mais comuns nas quatro principais formações de vegetação são: *Dialium schlechteri*, *Azelia quanzensis*, *Balamites maughamii*, *Newtonia hildebrandtii*, *Pteleopsis*

*myrtifolia*, *Drypetes arguta*, *Hyperacanthus microphyllus*, *Erythrophleum lasianthum*, *Strychnos madagascariensis*, *Albizia adianthifolia*, *Terminalia sericea*, *Strychnos spinosa*, *Albizia versicolor*, *Spirostachys africana*, *Psydrax locupes*, *P. fragrantissima* e *Warneckea parvifolia* (Izedine, 2003; CEAGRE, 2022a).



**Figura 4:** Visão geral das principais formações de vegetação identificadas e mapeadas pelo CEAGRE (2022a). É de notar que o mapa aqui apresentado representa apenas uma parte da área designada “Paisagem de Licuáti” que constitui área de estudo no âmbito desta dissertação.

### Diversidade faunística

De acordo com CEAGRE (2022a) ocorrem em Licuáti vários grupos de animais, principalmente mamíferos de pequeno a médio porte, aves e a herpetofauna.

As espécies mais comuns de mamíferos são: *Mastomys sp.*, *Paraxerus cepapi*, *Aethomys chrysophilus*, *Cephalophus natalensis* (Cabrito-vermelho), *Neotragus moschatus* (Suni), *Sylvicapra grimmia* (Cabrito-cinza), *Tragelaphus angasii* (Inhala), *Cercopithecus aethiops* (Macaco vervet), *Cryptomys sp.* (roedor), *Elephantulus revoilii* (Musaranho-elefante), *Genetta*

*maculata* (Genet), *Helogale parvula* (Mangusto-anão), *Mungos mungo* (Mangusto-listrado), *Hystrix africaeaustralis* (Porco-espinho), *Ictonyx striatus* (Raposa), *Mellivora capensis* (Texugo-do-mel), *Lepus saxatilis* (Lebre-de-nucadourada), *Otolemur crassicaudatus* (Galago), *Phacochoerus africanus* (Javali-africano), *Potamochoerus larvatus* (Porco-bravo africano) e *Thryonomys swinderianus* (Ratazana), *Redunca arundinum* (Chango), *Phacochoerus aethiopicus* (Javali-africano).

Existem cerca de 149 espécies de aves, das quais 11 são endémicas ou quase endémicas de Moçambique, incluindo ameaçadas de extinção, nomeadamente *Gyps coprotheres* (Abutre-do-cabo) e *Aquila rapax* (Águia-fulva), *Aquila nipalensis* (Águia-das-estepes), *Terathopius ecaudatus* (Águia-bailarina), *Cinnyris neergaardi* (Neergaard's Sunbird) e o *Hypargos margaritatus* (Pintadinho-de-peito-rosado).

A herpetofauna (répteis e anfíbios) é representada pelas seguintes espécies: *Ichnotropis capensis*, *Ichnotropis squamulosa*, *Kinixys belliana*, *Stigmochelys pardalis*, *Mabuya sp.*, *Python natalense* e *Thelotornis capensis*.

### 3.1.3. Condições socioeconómicas

Segundo o Censo Geral da População do INE (2017), vivem na Paisagem de Licuáti cerca de 2.135 agregados familiares e 9.017 habitantes (**Tabela 2**) pertencentes maioritariamente ao grupo étnico Ronga, podendo ainda serem encontradas em minoria outras etnias como os Ngúnis (com laços directos com as famílias da região do Natal na África do Sul e Suazi no Reino de Eswatini), Tsuas da província de Inhambane e os Changanas de Gaza em Moçambique (MAE, 2005; CEAGRE, 2022b)

**Tabela 2:** Número de agregados familiares e de habitantes de povoados encontrados dentro da Paisagem de Licuáti, segundo o Censo Geral da População realizado pelo INE no ano de 2017.

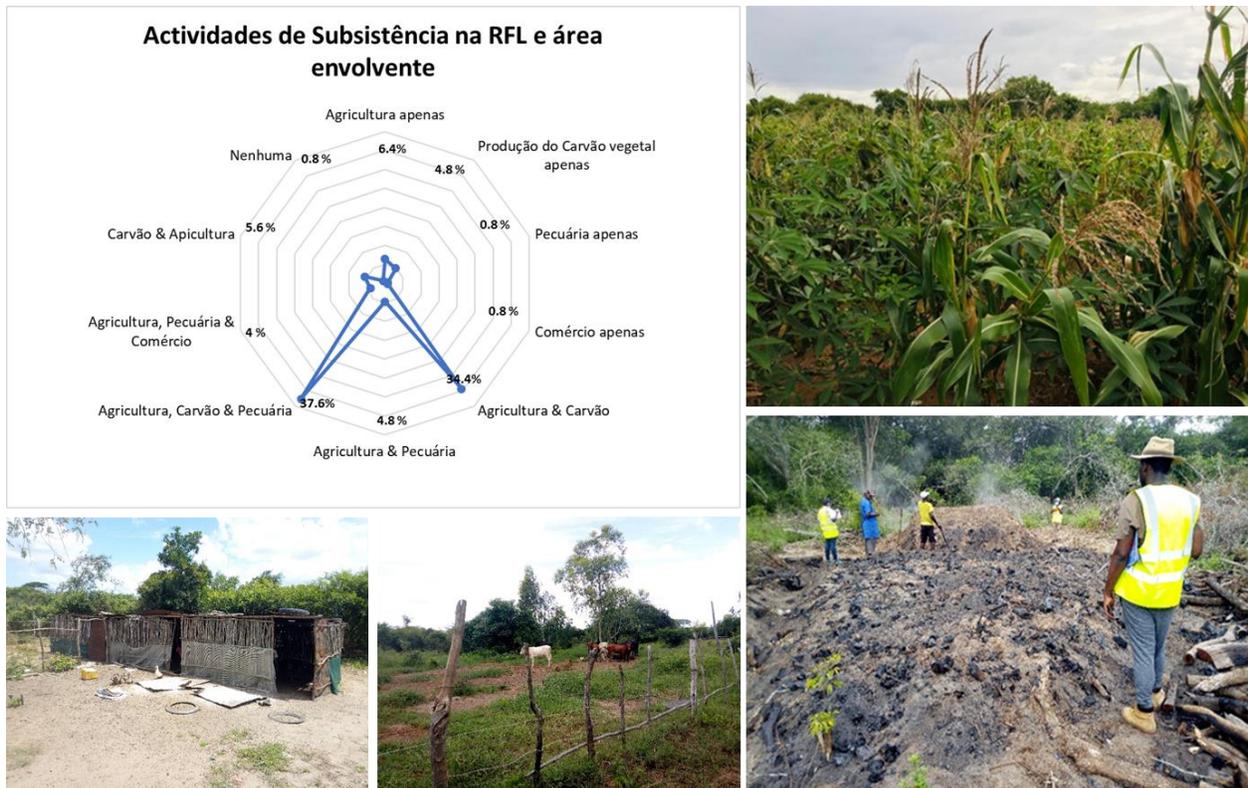
Posto Administrativo	Localidade	Aldeia (Povoado)	Nº Agregados familiares	Nº habitantes
Bela Vista	Missevene	Manhiane	137	655
Bela Vista	Missevene	Mabilibili	103	571
Bela Vista	Missevene	Hindane	149	648

Bela Vista	Missevene	Mpompi	52	214
Bela Vista	Missevene	Samiel	85	333
Bela Vista	Missevene	Msanguene	34	129
Bela Vista	Missevene	Mudissa	64	270
Bela Vista	Missevene	Pochane	178	827
Bela Vista	Tinonganine	Tinonganine	112	446
Bela Vista	Tinonganine	Santaca	68	287
Bela Vista	Tinonganine	Macassane	148	710
Bela Vista	Tinonganine	Ncunvana	64	265
Bela Vista	Tinonganine	Tanga	56	291
Bela Vista	Tinonganine	Nguenha	24	70
Bela Vista	Tinonganine	Xihatho	28	115
Catuane	Pazimane	Mpissi	33	129
Catuane	Pazimane	Maduvula	92	442
Catuane	Pazimane	Malatxota	1	1
Catuane	Pazimane	Tchutchua	202	978
Catuane	Manhangane	Mahau	437	1373
Catuane	Manhangane	Ncassane	39	167
<b>Total</b>			<b>2135</b>	<b>9017</b>

As actividades de subsistência praticadas pelos agregados familiares consistem na exploração e venda de recursos naturais florestais como o carvão vegetal, a lenha, madeira e plantas medicinais. Praticam também a pecuária, apicultura e a agricultura de pequena escala (Tokura *et al.*, 2020, Zacarias, 2021; CEAGRE, 2022b) (**Figura 5**). A produção agrícola é fraca. Isto por a área apresentar aptidão marginal para a agricultura devido à precipitação irregular e solos arenosos com fraca capacidade de retenção de água (IIAM, 2022).

Por isso, a produção de carvão é a principal fonte de renda, e justifica-se por ser a única comodidade local num contexto socioeconómico de isolamento e desemprego (CEAGRE, 2022b). No entanto, embora a produção de carvão ser uma actividade socioeconómica importante na

paisagem, a distribuição de rendimentos na cadeia de valor é desigual, concentrando os benefícios no comprador e transportador e baixo rendimento para o produtor (Zacarias, 2021).



**Figura 5:** Actividades de subsistência praticadas em nível da Paisagem de Licuáti, segundo CEAGRE (2022b).

### 3.2. Métodos

Neste estudo sobre avaliação do estado de conservação da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti aplicaram-se várias abordagens de métodos consoante o horizonte de cada objectivo específico proposto, e a interdependência entre os objectivos. A situação de ocupação da terra e cobertura da vegetação na Paisagem de Licuáti foi caracterizada principalmente de modo que essa informação fosse usada como variável ambiental para modelar (mapear) a distribuição potencial de ocorrência da espécie.

O mapa de distribuição da espécie produzido nessa modelagem, com a informação sobre a condição ecológica populacional da espécie *C. dorrii* e a sua associação com outra flora de valor de conservação, foi usado de forma articulada para determinar a categoria que representa o seu estado de conservação local em nível da paisagem em estudo. Além disso, a informação sobre a ocupação actual da terra por actividades humanas (por exemplo, habitações, indústrias, machambas, etc.) dá indicação sobre como o desenvolvimento social-económico em nível da paisagem pode constituir uma ameaça importante e comprometer a persistência local da espécie.

A recolha de dados de campo foi realizada entre os dias 7 a 19 de Fevereiro de 2023.

### **3.2.1. Recolha de dados**

#### **Recolha de dados sobre uso e cobertura da terra**

A recolha de dados usados para caracterizar a situação de ocupação da terra e cobertura da vegetação na Paisagem de Licuáti foi baseada em abordagens clássicas de Deteção remota, recentemente aplicados na caracterização do uso e cobertura de terra das Montanhas de Ribaué (Montes Ribaué e M'paluwe) na província de Nampula (Frédérique, 2019b), e Monte Namúli e áreas envolventes na Província da Zambézia (Frédérique, 2019a). Para tal, foi necessário primeiro a aquisição de imagens satélites.

#### **Aquisição de imagens**

As imagens satélites usadas para esta caracterização foram de LANDSAT 8-9 OLI/TIRS C2 L2 obtidas do portal “Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) (Earth Explorer, [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov)) caracterizadas por uma alta resolução espacial (30 m) e providas de correções atmosféricas (Frédérique, 2019a, 2019b; Pinto *et al.*, 2020; Akdeniz *et al.*, 2023). As imagens do nível 2 (L2) são dados prontos a usar, não precisam passar por algum procedimento de correção atmosférica (Pinto *et al.*, 2020). Contudo, neste estudo, para reduzir o erro causado pela variação fenológica foram apenas seleccionadas imagens do período seco, captadas no dia 23 de Julho de 2022 quando a cobertura de nuvens era relativamente baixa (Tokura *et al.*, 2020; Akdeniz *et al.*, 2023).

## **Recolha de dados sobre distribuição espacial actual e potencial**

A aquisição de dados de ocorrência foi necessária para posterior análise da distribuição espacial actual da espécie *C. dorrii*, enquanto para a distribuição espacial potencial, para além dos pontos de ocorrência, também foi necessário adquirir dados espaciais de variáveis ambientais.

### **Aquisição de dados de ocorrência da espécie**

Os dados de ocorrência da espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti foram adquiridos de duas fontes. O primeiro lote de pontos de ocorrência foi colhido durante os estudos realizados pelo CEAGRE no mês de Janeiro do ano de 2022 (CEAGRE, 2022a, 2022b). O segundo lote de dados foi colhido pelo autor durante o trabalho de campo para esta dissertação, realizado no mês de Fevereiro de 2023.

A recolha do segundo lote de dados consistiu em duas estratégias principais. A primeira foi de localizar as novas áreas de ocorrência da espécie com base no conhecimento tradicional dos membros das comunidades locais que afirmavam conhecer os locais de ocorrência da planta – estes foram solicitados a indicar as zonas e locais onde eles tinham visto a espécie. A segunda abordagem metodológica consistiu em estabelecer e percorrer transectos aleatórios de 500 metros de comprimento. Os transectos foram estabelecidos de forma perpendicular às vias de acesso, em áreas de vegetação com potencial para a ocorrência da espécie (Hnatiuk *et al.*, 2009; Giné & Faria, 2018) como as florestas dominadas pela *Newtonia hildebrandtii* e matagais que no passado eram áreas de florestas de *N. hildebrandtii*. Segundo Kirkwood & Midgley (1999), Izidine (2003), Gaugris & Van Rooyen (2007); Cheek *et al.* (2018) as florestas de *N. hildebrandtii* representam habitat preferencial da espécie *C. dorrii*.

Uma vez encontrada a espécie, usando o GPS Garmin 22, eram marcadas e registadas as referências geográficas (latitude e longitude) do local de ocorrência.

### **Aquisição de dados ambientais para a modelagem da distribuição**

O processo de modelagem da distribuição de espécies (MDS) usa um conjunto de variáveis ambientais preditoras tais como elementos bioclimáticos, tipos de solos, cobertura da terra (tipos de vegetação) e topografia (elevação). Um envelope com 19 variáveis bioclimáticas foi obtido no WorldClim versão 2.1. (<http://worldclim.org>) com resolução espacial de 30 arcos por segundos (~1km). Os dados de solos (Grupos de Solos de Base de Referência Global – *WRB soils*, sigla em

inglês) foram obtidos na plataforma SoilGrids versão 2.0 (<https://soilgrids.org/>) com resolução espacial de 250 metros e os dados de cobertura da vegetação foram produzidas na secção sobre a caracterização da situação de uso e cobertura da terra, no âmbito deste estudo. Os dados de elevação em DEM (*Digital Elevation Model*) foram obtidos no portal dos Serviços Geológico dos Estados Unidos (USGS) (<http://eros.usgs.gov/elevation-products>).

### **Recolha de dados sobre ecologia da população de *C. dorrii* e associação com outras espécies**

O levantamento de campo da componente que representa condição ecológica da espécie e a sua associação com outra flora de valor de conservação foi precedida por localização das áreas de ocorrência da espécie, que foi possível através do uso de três abordagens metodológicas: localização das áreas de ocorrência previamente conhecidas usando o GPS Garmin 22; localização de novas áreas de ocorrência usando o conhecimento empírico dos membros das comunidades locais que afirmavam conhecer as zonas e locais de ocorrência da planta e; por fim, localizaram-se outras novas áreas através do percurso de 30 transectos aleatórios em áreas de vegetação com potencial para a ocorrência da espécie, conforme se descreve com algum detalhe na secção deste estudo que retrata sobre “Aquisição de dados de ocorrência da espécie”.

Em cada local de ocorrência da espécie *C. dorrii* foram alocadas parcelas de estudo de 20 por 30 metros (Botha *et al.*, 2004). Foram estabelecidas um total de 12 parcelas correspondente ao número de locais da ocorrência da espécie que ofereciam condições para estabelecimento de parcelas – isto é, as parcelas só eram estabelecidas quando se registasse a ocorrência da espécie na área, e quando a área fosse minimamente distante (1-2 km estimados) das áreas habitacionais. Para aqueles locais de ocorrência da espécie que se localizavam próximo de habitações, foram apenas registadas as referências geográficas (latitude e longitude) através do GPS.

Dentro das parcelas seguia-se com a contagem dos indivíduos com  $< 5$  cm de diâmetro que representam a classe de regeneração natural e indivíduos com  $\geq 5$  cm de diâmetro a altura do peito (DAP) que representam a classe de indivíduos na fase adulta. No presente estudo, considera-se adulto a todo o indivíduo com diâmetro a altura do peito (DAP) a partir de 5 cm, dado que a espécie *C. dorrii* é uma árvore de pequeno porte e geralmente a sua maturação inicia a partir dos estágios de 5 cm de DAP (Cheek *et al.*, 2018).

Os indivíduos adultos eram medidos os seus DAPs recorrendo a uma Suta florestal mecânica de 500 mm e as alturas estimadas visualmente tendo como referência a altura da pessoa medidora. Todas as espécies arbóreas, incluindo endémicas e espécies usadas para a produção de carvão, com as quais a espécie *C. dorrii* partilha o mesmo habitat (espécies coassociadas) foram registadas. Esta informação de espécies coassociadas a *C. dorrii* foi complementada com a informação de espécies extraída do relatório do Estudo de Caracterização Ecologia realizado pelo CEAGRE (2022a) no ano de 2022.

Nas parcelas também foi registada a presença de qualquer tipo de ameaças como vestígios de fornos de carvão antigos e recentes, queimadas, agricultura, etc. Verificou-se também nos indivíduos da espécie *C. dorrii*, a presença de sinais da sua utilização (como corte do indivíduo inteiro, partes de caule, casca e raízes removidas, indivíduos escavados, e outras evidências de golpes por ferramentas fabricadas pelo homem) (Chomba *et al.*, 2013; Bruschi *et al.*, 2014; Senkoro, 2021). O mesmo exercício de verificação, foi igualmente feito em outras espécies que compartilham o mesmo habitat com a *C. dorrii*, a qual a sua utilização consubstancia destruição e perda da qualidade de habitat.

Havia também interesse em verificar a capacidade de rebrotação da espécie *C. dorrii*, contudo, 90% dos locais da sua ocorrência são áreas em que pelos sinais via-se que a actividade de produção de carvão passou há muito tempo. Assim, tornou-se difícil geralmente distinguir se os indivíduos em regeneração resultavam da germinação por sementes ou rebrotação de árvores outrora cortados durante o processo de produção de carvão.

### **Identificação das espécies**

Nas parcelas as espécies co-associadas a espécie *C. dorrii* foram identificadas por um técnico botânico com base nos seus conhecimentos de taxonomia. As espécies cuja identificação não foi possível no campo, espécimes (partes da planta com elementos-chave de identificação como flores, frutos, etc.) foram colhidos, prensados e secos para posterior identificação com base em colecções botânicas preservadas nos herbários da Universidade Eduardo Mondlane (LMU) e do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (LMA).

No herbário, a identificação dessas espécies foi por meio de comparações e verificação de similaridades entre colecções de espécimes preservados e espécimes colhidos no campo. Usou-se

também, para confirmação da identificação, chaves dicotómicas do livro de Árvores e Arbustos de Moçambique (Burrows *et al.*, 2018).

### **Recolha de dados sobre estado de conservação**

A informação usada para determinar o estado de conservação da espécie *C. dorrii* corresponde aos resultados obtidos e discutidos nas várias secções deste estudo, que abordam sobre os tipos de habitats, distribuição geográfica que inclui a extensão de ocorrência e área de ocupação e ecologia da população. Também foi considerada a informação colhida através de observações directas e conversas informais com os membros das comunidades locais, que retrata sobre a situação de utilização da espécie, actividades e aspectos que representam ameaça à espécie e medidas de conservação da espécie e/ou de conservação da biodiversidade no geral que estão a ser implementadas em nível da paisagem. Esta informação foi articulada conforme estabelecem as diretrizes de avaliação do estado de conservação de espécies, desenvolvidas pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2012, 2022).

### **3.2.2. Análise de dados**

#### **Análise sobre uso e cobertura da terra**

Após a aquisição de imagens satélites, os passos seguintes têm a ver com o (1) pré-processamento de imagens, (2) colheita de amostras para classificação, (3) classificação do uso e cobertura da terra e (4) avaliação da precisão e validação da classificação.

#### **Pré-processamento de imagens satélites**

Um total de 7 bandas de imagens satélites foi adicionado no ambiente do “software” QGIS versão 3.28.0. A seguir fez-se a composição das referidas bandas e gerou-se uma única imagem composta por 7 bandas. Para realçar as cores verdadeiras das diferentes tipologias de usos e cobertura da terra foi efectuada uma combinação de bandas 7, 5, 2 que representam as cores vermelha, verde e azul respectivamente (Frédérique, 2019b).

## **Colheita de amostras da classificação**

Concluída a composição de bandas seguiu-se duas etapas principais do processo de colheita de amostras sobre as diferentes categorias visualizadas na imagem satélite para a classificação, nomeadamente: (1) definição de categorias de uso e cobertura da terra; (2) delimitação de polígonos de classificação (Frédérique, 2019b).

## **Definição de categorias de uso e cobertura da terra**

As diferentes classes ou categorias de uso e cobertura da terra existentes e detetáveis na imagem do LANDSAT 8-9 em nível da Paisagem de Licuáti se encontram na **Tabela 3** abaixo. Porque caracterizar a situação de uso e cobertura da superfície terrestre usando abordagens de deteção remota requer sempre o uso de dados de referências colhidas no campo (Reif *et al.*, 2012), além do uso de imagens satélites, um inventário de campo (Kirui *et al.*, 2021), foi realizado no mês de Fevereiro de 2023. Este trabalho de campo consistiu em recolher no terreno informações complementares sobre as evidências locais do uso e cobertura da terra, conforme feito por vários autores (Frédérique, 2019a, 2019b; CEAGRE, 2022a). Durante as actividades de levantamento de campo foram captadas fotografias e coordenadas de diferentes cenários de uso da terra e tipos de vegetação da área de estudo, usando o dispositivo GPS (Tafesse, 2017).

As áreas ocupadas por habitações e/ou outros tipos de construções e machambas foram identificadas no campo, mas não foi possível dissociá-las na imagem de satélite, pelo que foram incluídas numa só categoria denominada “Áreas de ocupação humana”. Os outros tipos de cobertura natural registados no campo, mas que não foi possível dissociá-los na imagem de satélite são as planícies sazonalmente inundadas, lagoas e rios sazonais, terras húmidas e solos sazonalmente expostos. Estes foram agrupados na categoria de “Outros tipos de cobertura natural”.

**Tabela 3:** Nomenclatura das categorias de uso e cobertura da terra na Paisagem de Licuáti.

<b>Código</b>	<b>Categorias de uso e cobertura de terra</b>	<b>Descrição das categorias</b>
1	Ocupação humana	Áreas de vegetação natural transformadas em habitações, instalações industriais, empreendimentos comerciais e campos agrícolas
2	Brenha arenosa	Vegetação de estrutura mais baixa, cobertura densa, de difícil penetração e com árvores mais altas que variam de 5-6 m de altura
3	Floresta arenosa	Vegetação de estrutura mais alta, com árvores emergentes de mais de 15 m de altura
4	Matagal decíduo ou secundário	Vegetação aberta arbustiva, natural ou em regeneração resultado da degradação de uma floresta
5	Pradaria arborizada	Áreas cobertas por gramíneas de pastos, com alguns arbustos, árvores ou palmeiras. Inclui-se também áreas de clareiras naturais
6	Corpos de água permanente	Bacias de retenção permanentes da água, compostas por rios e lagoas permanentes
7	Outros tipos de cobertura natural	Áreas de planícies sazonalmente inundadas, lagoas e rios sazonais, terras húmidas e solos sazonalmente expostos

### **Delimitação de polígonos de classificação**

Os polígonos aqui referidos são pequenas delimitações (amostras) de áreas que representam diferentes tipologias de uso e cobertura da terra numa área, usados para a classificação. A delimitação dos polígonos é uma etapa necessária para realizar a classificação de imagens satélites.

Portanto, a precisão da classificação depende da quantidade e do tamanho destes polígonos delimitados (Frédérique, 2019a, 2019b, 2020). Para tal, neste estudo, como forma de garantir melhor classificação das diferentes tipologias de uso e cobertura da terra, os polígonos de

diferentes categorias foram agrupados na mesma área, em áreas pequenas ou áreas muito próximas. Este exercício implicou ainda um trabalho minucioso de foto-interpretação da imagem com base no conhecimento de campo, padrões da imagem do LANDSAT 8-9 e imagens do Google Earth complementares. A **Tabela 4** abaixo apresenta-se o número de polígonos e áreas delimitadas das diferentes categorias de uso e cobertura da terra.

**Tabela 4:** Número e área cumulativa dos polígonos por categorias de uso e cobertura da terra.

<b>Código</b>	<b>Categorias de uso e cobertura de terra</b>	<b>Número de polígonos de classificação</b>	<b>Área cumulativa dos polígonos (hectares)</b>	<b>Área média dos polígonos (hectares)</b>
1	Ocupação humana	15	17.88	1.19
2	Brenha arenosa	10	117.19	11.71
3	Floresta arenosa	9	67.68	7.52
4	Matagal decíduo ou vegetação secundária	15	179.86	11.99
5	Pradaria arborizada	10	58.50	5.85
6	Corpos de água permanente	4	59.58	14.89
7	Outros tipos de cobertura natural	16	35.46	5.91
<b>Total</b>		69	536.165	59.07

### **Classificação de imagens**

A classificação da imagem é a etapa que segue à colheita de amostras. Por ser um processo complexo e de consumo de tempo, a selecção do método apropriado é necessário para que a classificação seja mais precisa. Os métodos de classificação do uso e cobertura da terra são

classificados em três tipos principais: supervisionada, semi-supervisionada e não-supervisionada (Mienmany, 2018). Neste estudo foi aplicada a classificação supervisionada (Frédérique, 2019ab). Este tipo de classificação baseia-se essencialmente no conhecimento prévio da área em estudo e requer ainda informações de referência sobre a mesma área (Foody, 2002; Mienmany, 2018).

No ambiente do “Software” QGIS realizou-se a classificação supervisionada da imagem satélite do LANDSAT 8-9, com bandas combinadas (vermelho -7, verde -5, azul -2) tendo como referência a amostra de cobertura da superfície terrestre ‘*Land Cover Signature*’ contendo 69 polígonos de classificação das sete categorias de uso e cobertura da terra identificadas na Paisagem de Licuáti.

### **Avaliação da precisão da classificação**

A avaliação da precisão é uma operação pós-classificação necessária e importante, enquanto permite validar os resultados classificados (Foody, 2002; Weng, 2010). A validação da classificação do uso e cobertura da terra da Paisagem de Licuáti foi realizada computacionalmente e baseou-se essencialmente na comparação do mapa classificado e o conjunto de dados de validação obtidos usando imagens de alta resolução do Google Earth Pro e informações primárias obtidas no campo (Frédérique, 2019a, 2019b). É de princípio que a avaliação da precisão da classificação do uso e cobertura da terra requiera a recolha de alguns dados primários ou um conhecimento prévio sobre algumas partes do terreno que podem então ser comparados com o mapa de classificação derivado de abordagens de deteção remota (Tafesse, 2017).

Assim sendo, para esta avaliação foi necessário comparar as seguintes informações: o mapa da classificação do uso e cobertura da terra derivado da deteção remota e as referências de diferentes categorias do uso e cobertura da terra geradas a partir das imagens do Google Earth e coordenadas geográficas registadas no campo em áreas representativas (Tafesse, 2017).

A avaliação da precisão gera amostras aleatórias de classificação e analisa a matriz de confusão (Foody, 2002). Neste estudo, através da computação, a matriz de confusão gerou quatro níveis de precisão: precisão geral, as precisões do produtor e do utilizador e coeficiente Kappa. A (1) precisão geral é uma medida de precisão que considera a diagonal na matriz; a (2) precisão do produtor está relacionada com o erro de omissão: a probabilidade de um píxel de referência ser correctamente classificado; e a (3) precisão do utilizador representa o erro de comissão: a probabilidade de que um píxel classificado na imagem seja realmente esse uso da terra (Foody,

2002; Mienmany, 2018). Por sua vez, o (4) Índice Kappa indica a qualidade ou fidedignidade da classificação, calculando o erro gerado pelo processo de classificação e compara com um erro de uma classificação completamente aleatória (Mienmany, 2018). É teoricamente representada pela seguinte fórmula (Mienmany, 2018).

### Equação 1

$$K = \frac{(a - b)}{(1 - b)}$$

#### **K** – Índice Kappa

**a** – Precisão geral da classificação (proporção de concordância entre os dados classificados e os dados de referência).

**b** – Precisão esperada da classificação (proporção esperada de concordância entre as unidades classificadas).

O nível de precisão do índice Kappa concernente ao desempenho da classificação é classificado conforme a **Tabela 5** abaixo. De acordo com os autores Landis & Koch (1977), o Índice Kappa varia de 0 a 1, sendo que quanto mais se aproxima do valor 1, maior é a precisão da classificação, ou seja, maior é a concordância entre os dados classificados e dados de referência.

**Tabela 5:** Níveis de precisão de uma classificação com base no valor de Índice Kappa. Adaptado de Landis & Koch (1977).

Níveis	Valor de Kappa	Qualidade da classificação
1	< 0.00	Péssima
2	0.00 – 0.20	Não boa
3	0.20 – 0.40	Razoável
4	0.40 – 0.60	Boa
5	0.60 – 0.80	Muito boa
6	0.80 – 1.00	Excelente

## **Identificação de tipos de uso e cobertura da terra em locais de ocorrência da *C. dorrii***

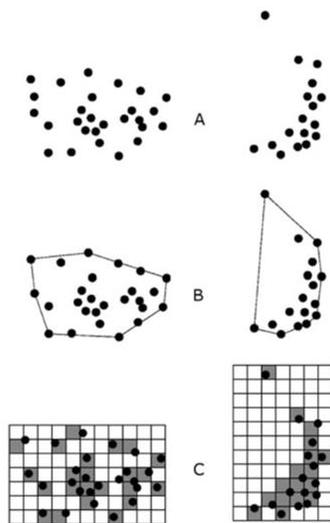
Com o interesse de identificar os tipos de uso e cobertura de terra nos locais onde foi observada a ocorrência da espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti, usaram-se as ferramentas de união espacial de ficheiros vetoriais no “Software” QGIS 3.28 e foram sobrepostos os pontos de ocorrência da espécie ao mapa de uso de cobertura da terra produzido. Por fim foram calculadas as percentagens de ocupação dos pontos por cada tipo de uso e cobertura de terra.

## **Análise da distribuição espacial actual**

Os parâmetros da distribuição espacial de espécies: extensão de ocorrência (EOO) que é um o polígono convexo mínimo em torno de todos os pontos de locais de ocorrência da espécie e; área de ocupação (AOO) que se refere ao somatório de todas as células fixas de 2 x 2 km ocupadas pela espécie, foram calculados para a espécie *C. dorri* usando a Ferramenta Geoespacial de Avaliação da Conservação (GeoCAT) (<http://geocat.kew.org/>, Bachman *et al.*, 2011).

O GeoCAT utiliza um tamanho de célula da grenha de 2 km x 2 km (4 km<sup>2</sup>), conforme ilustra a **Figura 6** (IUCN, 2001; Botero-Delgadillo *et al.*, 2015; Roberts *et al.*, 2016; Galante *et al.*, 2020). É uma plataforma de análise geoespacial de distribuição de espécies baseada em pontos de ocorrência actuais conhecidos da espécie desenvolvida pelo Royal Botanic Gardens, Kew (<https://www.kew.org/>) em colaboração com a IUCN. A IUCN (2022) recomenda o uso desta ferramenta para fins de avaliação do estado de conservação de espécies. Este método de cálculo de EOO e AOO já foi aplicado em vários estudos, por exemplo, de Botero-Delgadillo *et al.* (2015), Roberts *et al.* (2016) e Montero-Muñoz *et al.* (2021).

Assim sendo, um ficheiro Excel no formato CSV contendo coordenadas geográficas de locais de ocorrência da espécie *C. dorrii* foi importado para o ambiente de GeoCAT e os parâmetros EOO e AOO foram processados. O cálculo do parâmetro EOO nesta plataforma necessita de pelo menos três registos da espécie (Roberts *et al.*, 2016). O uso de células de tamanho fixo das células de 2 km x 2 km para o cálculo de AOO é recomendação da IUCN (2001).



**Figura 6:** Ilustração esquemática de cálculo da extensão de ocorrência e área de ocupação usando a abordagem de GeoCAT (IUCN, 2001; Bachman *et al.*, 2011; Galante *et al.*, 2020). **A** é a distribuição espacial de locais conhecidos de ocorrência da espécie. **B** mostra o limite possível para a extensão de ocorrência, a área medida dentro desse limite. **C** é a área de ocupação que pode ser alcançada pela soma das células da grelha ocupadas pela espécie.

### **Análise da distribuição espacial potencial**

A distribuição potencial da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti foi estimada através da modelagem da distribuição de espécies (MDS). A modelagem de distribuição de espécies estima a relação entre referências geográficas de locais de ocorrência das espécies e as características ambientais (físicos e biofísicos desses locais) preditoras (Elith *et al.*, 2011).

### **Processamento das variáveis ambientais preditoras**

As 19 variáveis bioclimáticas (**Anexo 7.2.**) foram submetidas a um teste de autocorrelação usando a abordagem “*Principal Component Analysis*” (PCA) aplicando GIS (Sistemas de Informação Geográfica) (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014; de Lima *et al.*, 2022) para identificar quais as variáveis bioclimáticas não são autocorrelacionadas e que podem ser usadas para estimar a distribuição da espécie. O método PCA é o melhor para detectar e quantificar relações mútuas entre variáveis geoespaciais (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014).

Assim sendo, selecionaram-se as variáveis bioclimáticas mais preditoras, primeiro que apresentavam baixa correlação ( $r < 0,8$ ) (Giné & Faria, 2018; Senkoro, 2021) e segundo, para uma seleção final, verificou-se o sentido ecológico das variáveis bioclimáticas com alta correlação, conforme proposto por Werkmeister (2016) e Giné & Faria (2018). Considerou-se que períodos, condições mais secas e abundância ou fraca pluviosidade influenciam na cobertura da vegetação e diversidade de espécies de plantas associadas, aumentando ou reduzindo assim a adequabilidade do habitat para a espécie (Yao *et al.*, 2022).

Considerou-se também que a espécie *C. dorrii* é de florestas, pelo que pode ser sensível à variação da temperatura, sobretudo para a regeneração. Em espécies de florestas tropicais as sazonalidades da temperatura têm impactos no poder germinativo das espécies de maneiras que influencia, para além das taxas de germinação, o estado de dormência, o vigor e a viabilidade das sementes (Locardi, 2011).

Por fim, selecionou-se, portanto, sete variáveis bioclimáticas como potenciais preditores da distribuição de *C. dorrii* tais como temperatura média anuais (Bio 1), intervalo diurno médio (média mensal (temperatura máxima - temperatura mínima)) (Bio 2), isotermalidade (Bio 3), sazonalidade da temperatura (Bio 4), temperatura máxima no mês mais quente (Bio 5), temperatura mínima no mês mais frio (Bio 6), precipitação anual (Bio 12). Incluindo tipos de solos (solos arenosos do Grupos de Solos de Base de Referência Global– *WRB soils*, sigla em inglês) (Alegria *et al.*, 2023), cobertura da terra e elevação (DEM), totalizam 10 variáveis ambientais (bióticas, físicas e climatológicas) usadas neste estudo.

### **Algoritmo de modelagem aplicado**

A modelagem foi realizada usando o algoritmo de entropia máxima ‘‘MaxEnt’’ analisado no ambiente do ‘‘Software’’ MaxEnt versão 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006; Pena *et al.*, 2014; Giné & Faria, 2018), uma abordagem desenvolvida por Phillips *et al.* (2006) que utiliza apenas dados de presença para estimar a extensão da ocorrência de espécies (EOO) (Elith *et al.*, 2011; Pena *et al.*, 2014). A área de ocupação (AOO) não foi estimada usando a abordagem MDS, pois esta destina-se apenas a identificar limites geográficos em que a espécie pode persistir conforme as condições ambientais das áreas (Soberon & Peterson, 2005; Dalapicolla, 2016).

O MaxEnt faz uma combinação entre um conjunto de variáveis ambientais (como cobertura da vegetação, elevação, precipitação, etc.) e um conjunto de pontos de ocorrência georreferenciados (locais de pontos de presença – registros de presença da espécie somente), e produz um modelo da área de distribuição da espécie, baseando-se na lógica de construção de modelos de nicho ecológico (MNEs). O nicho ecológico representa um conjunto de condições ambientais bióticas (podendo ser cobertura vegetal ou habitats, entre outras) e abióticas (por exemplo, a temperatura, humidade, salinidade, tipo de solos, intensidade luminosa, etc.) sob os quais uma espécie é capaz de persistir. Ou seja, é o limite geográfico – ambiental em que uma espécie pode cumprir o seu modo de vida, sendo, portanto, determinante para a sua distribuição (Soberon & Peterson, 2005; Dalapiccola, 2016). Os modelos de nicho ecológico são considerados como o melhor recurso para estimar a extensão da ocorrência de espécies, particularmente aquelas com distribuição disjuntiva, pois estes modelos identificam apenas áreas com condições ambientais adequadas para a sobrevivência da espécie, garantindo assim maior precisão na estimativa da distribuição da espécie (Pena *et al.*, 2014).

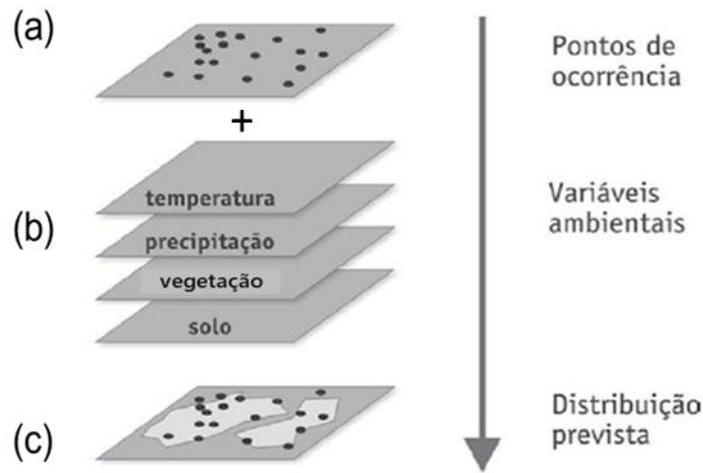
A escolha do MaxEnt foi devido ao seu alto desempenho em comparação com os outros algoritmos preditores como (GDM-SS, GDM, GAM, GLM, DOMAIN, BRUTO, MARS, OM-GARP, MARS-INT, LIVES, DK-GARP e BIOCLIM testados num estudo de comparações de metodologias de análise de distribuição de espécies realizado por Elith *et al.* (2006). Este estudo elenca as seguintes vantagens do MaxEnt: um “software” que requer apenas dados de presença, não dados de presença/ausência, 2) pode usar variáveis contínuas e categóricas, 3) tem uma definição probabilística concisa, 4) evita o sobre-ajuste através da regularização e 6) pode incluir o viés de amostragem.

### **Execução da modelagem da distribuição em MaxEnt**

Para prever a distribuição potencial da *C. dorrii* com o MaxEnt, todas as 10 variáveis ambientais foram colocadas na mesma projecção, extensão e resolução (30') e convertidas no formato ASCII usando Sistemas de Informação Geográfica (GIS) (Phillips *et al.*, 2006). Concluída a preparação das variáveis ambientais, e com os 46 pontos geográficos de ocorrência (presença) da espécie preparados em Excel e formatados em CSV, usando o algoritmo de MaxEnt no ambiente do “Software” MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) foi realizada a modelagem da distribuição *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti. O MaxEnt foi configurado para executar o modelo com um número máximo

de 10.000 pontos de fundo e 5.000 interações para permitir tempo suficiente de convergência. Configurou-se ainda para gerar 10 réplicas (Young *et al.*, 2011).

Ao longo da paisagem, o MaxEnt selecionou os locais potenciais de distribuição da espécie, através da correlação entre as coordenadas dos locais conhecidos de presença da espécie com as condições ambientais desses locais em nível da paisagem (Elith *et al.*, 2011) conforme ilustra o fluxograma abaixo (**Figura 7**).



**Figura 7:** Fluxograma da modelagem da distribuição de espécies (MDS). A distribuição potencial de uma determinada espécie numa área geográfica (c) resulta da interação entre (a) os pontos de ocorrência da espécie e (b) condições ambientais locais da área. Adaptado de (Pietczak, 2013).

### Reclassificação do mapa gerado pelo Maxent

O MaxEnt gera um mapa de distribuição da espécie no formato *raster* contínuo com valores de 0-1 representando a variação da adequação das áreas para a ocorrência da espécie (Young *et al.*, 2011; Paquit, 2018). Quando há interesse de evidenciar alguns valores específicos, por exemplo, sobre áreas adequadas e não adequadas, então pode ser tomada a decisão quanto aos valores limiares que constituem um habitat adequado e não adequado.

Salientar que não existe uma regra definida para reclassificar estes limiares (Young *et al.*, 2011; Paquit, 2018). Esta depende dos dados utilizados ou do objectivo do mapa e irá variar de espécie para espécie. A decisão final deve ser tomada tendo em conta todas estas considerações e com uma mínima compreensão da ecologia espécie de interesse (Young *et al.*, 2011; Paquit, 2018).

Neste estudo, a reclassificação do ficheiro *raster* gerado pelo Maxent foi feita usando Sistemas de Informação de Geográfica (GIS) consoante os limiares correspondentes a níveis de adequabilidade das áreas identificadas para a ocorrência da espécie. Assim, o mapa final teve três classificações, um intervalo de valores que representa uma área de habitat não adequando, adequabilidade média e outro intervalo que representa áreas de habitat de alta adequabilidade:

- 0 – 0.23 (Área não adequada)
- 0.23 – 0.54 (Área de adequabilidade média)
- 0.54 – 1 (Área de elevada adequabilidade)

### **Análise da contribuição das variáveis ambientais**

O MaxEnt possui uma forma própria de análise da contribuição das variáveis ambientais usadas para mapear a distribuição. Usa o teste ‘‘ Jackknife Test’’ para verificar quais variáveis ambientais foram mais importantes na predição do modelo de distribuição encontrado, ou seja, como cada variável influencia a presença da espécie modelada. Portanto, neste estudo foram usados os resultados do teste de Jackknife gerados pelo MaxEnt. O teste de Jackknife fornece informações sobre o desempenho de cada variável no modelo relativamente à importância de cada variável para explicar a distribuição da espécie (Elith *et al.*, 2011; Phillips *et al.*, 2006).

### **Avaliação do desempenho do modelo**

A avaliação do modelo de distribuição de uma espécie consiste em verificar a sua precisão em discriminar corretamente áreas de presença e áreas de ausência da espécie. Geralmente para avaliar os modelos de distribuição utiliza-se a curva AUC (*Area Under the Curve*) ROC (*Receiver Operating Characteristics*). É uma das métricas de avaliação mais importantes para verificar o desempenho de qualquer modelo de classificação de atributos espaciais (Fielding & Bell, 1997).

Tal como o teste de Jackknife, o MaxEnt tem também uma forma própria de determinação de AUC (Phillips *et al.*, 2006), contudo, estudos consideram a curva AUC – ROC do MaxEnt estatisticamente pouco fiel para medir o poder preditivo do modelo de distribuição de espécies (Lobo *et al.*, 2008; Werkmeister, 2016). Por isso, neste estudo, a curva foi determinada no ArcGIS versão 10.6.1. usando a ferramenta ArcSDM (*Arc Spatial Data Modeller*) (Sawatzky *et al.*, 2004). ArcSDM é uma ferramenta utilizada para a validação de modelos espaciais através da curva de

AUC – ROC (Sawatzky *et al.*, 2004; Das *et al.*, 2021), e é obtida do portal <https://github.com/gtkfi/ArcSDM> e adicionada ao ArcGIS. Através da ferramenta ArcSDM fez-se a combinação entre o modelo de distribuição da espécie previsto e os dados de campo referentes à ocorrência real da espécie *C. dorrii*, e assim, gerou-se a curva e o valor do AUC (Das *et al.*, 2021).

O nível de precisão do valor AUC concernente ao desempenho da modelo de distribuição previsto foi classificado conforme a **Tabela 6** abaixo. O valor de AUC varia de 0 a 1, sendo que quanto mais se aproxima do valor 1, maior é a precisão da modelo.

**Tabela 6:** Níveis de precisão do modelo de distribuição de espécies com base no valor de AUC. Adaptado de Werkmeister (2016).

Níveis	Valor de AUC	Qualidade da classificação
1	0.9 – 1.0	Excelente
2	0.8 – 0.9	Muito boa
3	0.7 – 0.8	Boa
4	0,6 – 0.7	Satisfatória
5	0.5 – 0.6	Não Satisfatória

### **Análise da ecológica da populacional e associação entre as espécies**

A condição ecológica da população da *C. dorrii* foi analisada em três termos: distribuição dos indivíduos nas classes de estrutura de tamanho; densidade de indivíduos em regeneração e na fase adulta; estimação da estrutura de tamanho (diâmetro e altura dos indivíduos) nos diferentes tipos de cobertura de vegetação onde foi registrada a ocorrência da espécie. Por fim analisou-se o nível de associação ou coocorrência entre a espécie *C. dorrii* e as outras espécies de valor de conservação em nível da Paisagem (como endêmicas e espécies de grande importância socioeconômica para as comunidades locais, sobretudo as usadas para produzir carvão).

O nível de associação entre a espécie *C. dorrii* e as outras que partilham o mesmo habitat, dá-nos uma visão do quão importante é a conservação de áreas de ocorrência da espécie *C. dorrii*.

## Condição ecológica da população da *C. dorrii*

### Distribuição de indivíduos nas classes de estrutura de tamanho

A análise da distribuição dos indivíduos nas classes de tamanho foi realizada usando a lógica dos métodos definidos por Condit *et al.* (1998) e aplicados nos trabalhos de Gaugris & Van Rooyen (2007), Obiri *et al.* (2002) e Senkoro (2021) seguindo três etapas de cálculos:

(1) *Cálculo do número de classes de diâmetro.* O número de classes (k) foi determinado usando a regra de Sturges – regra do logaritmo (de Lima, 2018) que sugere que para uma amostra de dimensão "n", o número de classes deverá ser calculado pelo menor número inteiro k tal que  $2^k > n$ .

#### Equação 2

$$k = 1 + 3,3\log(n)$$

Onde:

k – Número das classes

log – Logaritmo em base 10

n – População ou universo da amostra

(2) *Cálculo do intervalo de classes.* O intervalo de classes foi determinado como a equação abaixo.

#### Equação 3

$$h = \frac{lmax. - lmin.}{k}$$

Onde:

h – Amplitude de classes

l – Limites

k – Número de classes

(3) *Cálculo da densidade de indivíduos por classes.* Calculou-se a densidade de indivíduos nas classes de distribuição do tamanho dos indivíduos conforme realizado por Gaugris & Van Rooyen (2007) no âmbito do estudo da estrutura e o potencial de usos de recursos da floresta

arenosa na Tshanini Game Reserve, África do Sul. A densidade é um parâmetro ecológico que revela a ocupação do espaço por indivíduos e pode ser calculada em termos de densidades absolutas quanto as relativas (de Freitas & Magalhães, 2012).

A densidade absoluta representa o número total de indivíduos de uma determinada espécie numa unidade de área amostrada, enquanto a densidade relativa se refere a relação entre o número total de indivíduos de uma determinada classe e a abundância total da amostra (Gaugris & Van Rooyen, 2007; de Freitas & Magalhães, 2012; Baxter, 2014). Para cálculo são aplicadas as seguintes equações abaixo.

#### Equação 4

$$DA_i = \frac{n_i}{Ar}$$

Onde:

$DA_i$  – densidade absoluta de indivíduos na i-ésima classe

$n_i$  – número de indivíduos na i-ésima classe

$Ar$  – Área total amostrada, em hectare

#### Equação 5

$$DR_i = \frac{DA_i}{DT}$$

Onde:

$DR_i$  – densidade relativa (%) da i-ésima classe

$DT$  – Densidade total.

Para verificar o equilíbrio na distribuição dos indivíduos entre as classes de diâmetros foi utilizado o coeficiente de ‘q’ de Liocourt, o qual foi obtido pela divisão do número de indivíduos de uma classe de diâmetro pelo número da classe anterior (Pereira-Silva, n.d.).

Em populações vegetais que apresentam distribuição balanceada de indivíduos por classes de diâmetros, a redução do número de indivíduos de uma classe para outra é uma razão constante, ao contrário, quando a distribuição não for balanceada, essa redução é diretamente proporcional ao diâmetro. Quando a razão do coeficiente ‘q’ é constante, significa que existe um equilíbrio ou

balanceamento entre mortalidade, regeneração e crescimento dos indivíduos. O “q” de Liocourt é apresentada pela seguinte fórmula:

#### Equação 6

$$q = \frac{N_a}{N_a - 1}$$

Onde:

q – “q” de Liocourt

$N_a$  – Número de indivíduos da classe

$N_a - 1$  – Número de indivíduos da classe anterior

#### Densidade e estrutura de tamanho entre tipos de vegetação

Foi verificada a diferença na densidade de indivíduos da espécie *C. dorrii* em regeneração (< 5 cm de DAP), indivíduos na fase adulta ( $\geq 5$  cm de DAP) assim como a estrutura de tamanho (diâmetro e altura dos indivíduos) entre diferentes tipos de cobertura da vegetação.

A 95% de confiança, a significância estatística das diferenças na densidade média e estrutura de tamanho médio dos indivíduos foi avaliada pelo teste t de Student. O t de Student, é um tipo de estatística inferencial usado para determinar se há alguma diferença significativa entre as médias de dois grupos de variáveis contínuas. Assim, os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando valores de  $p < 0.05$  e não significativos quando  $p > 0.05$ .

A determinação das médias e desvios padrão e as análises estatísticas para verificar diferenças foram realizadas no ambiente do “software” STATA versão 16 (StataCorp, 2019).

#### Associação entre a *C. dorrii* e outras espécies de valor de conservação

Vários parâmetros ecológicos podem ser usados para avaliar associação ou co-ocorrência entre as espécies (Palaghianu & Cosefret, 2023). Neste estudo, a associação entre a espécie *C. dorrii* e outras espécies de interesse de conservação local foi usado o Índice de Jaccard. O índice de Jaccard, específico para dados binários de presença-ausência de espécies, é um índice clássico,

mais expressivo, frequentemente utilizado e recomendado nas análises de coocorrência das espécies (Palaghianu & Cosefret, 2023).

Os valores de Jaccard variam entre 0 e 1, podendo ser traduzidos percentualmente em 0% e 100% respectivamente, onde os valores próximos a 0 representarem associações altamente baixas e aqueles próximos de 1 implicam associações altamente positivas entre as espécies (Shaukat *et al.*, 2014; Palaghianu & Cosefret, 2023). O índice de Jaccard é matematicamente representado pela **Equação 7**  $J = a / (a+b+c)$  (Palaghianu & Cosefret, 2023) com base nos componentes de correspondência *abcd* apresentados na matriz clássica de contingência abaixo (**Tabela 7**).

**Tabela 7:** Matriz base de cálculo da co-associação entre a espécie *C. dorrii* e as demais espécies de interesse de conservação (Shaukat *et al.*, 2014).

Espécie B	Espécie A		Total
	+	-	
+	a	b	a+b
-	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	a+b+c+d

+ = presença/ocorrência - = ausência

Tal como foi realizado nos estudos de Shaukat *et al.* (2014) e Palaghianu & Cosefret (2023), neste estudo o elemento *a* representa o número de unidades amostrais (parcelas) onde ambas espécies: a espécie *C. dorrii* A e outra espécie B ocorrem simultaneamente; *b* é número de parcelas onde ocorre apenas a espécie *C. dorrii* B; *c* é número de parcelas onde apenas ocorre a outra espécie A. O cálculo do índice de Jaccard foi realizado para todas as espécies plantas de valor de conservação local encontradas em áreas de ocorrência da espécie *C. dorrii*.

## **Determinação do estado de conservação**

Os métodos usados para a avaliação do estado de conservação da espécie *C. dorrii* foram desenvolvidos pela União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), são amplamente utilizados globalmente e já foram adotados por diversos países. Neste estudo, foram utilizadas as diretrizes aplicadas em contextos de avaliação das espécies à escala regional (local) versão 4.0 (IUCN, 2012) e os manuais gerais que estabelecem os critérios e categorias da Lista Vermelha da IUCN (IUCN, 2001, 2022).

No exercício de avaliação do estado de conservação de espécies, os princípios estabelecidos pela IUCN (2012) consideram ‘região’ a qualquer área à escala local geograficamente definida pelo avaliador, como província, distrito, área de conservação, ecorregiões, áreas de conservação ou mesmo paisagens ecológicas.

Segundo as diretrizes da IUCN, as avaliações no contexto regional devem ser realizadas num processo de três etapas: (1) – determinar a população regional a avaliar; (2) – avaliar a população segundo as categorias e critérios da Lista Vermelha actuais da IUCN (IUCN, 2022), e atribuição de uma categoria de avaliação preliminar; e por fim (3) – considerando o efeito das populações da mesma espécie em áreas vizinhas sobre a população em avaliação, a categoria de avaliação preliminar determinada pode, então, ser listada em alta ou baixa, se apropriado (**Tabela 8**).

Assim, a categorização final reflete o estado de conservação da espécie dentro da área a ser avaliada, tendo em consideração as potenciais interações com populações que ocorrem em outras áreas vizinhas. Entretanto, quando não há evidências de que a população em avaliação tem interação com as outras populações, a avaliação termina na etapa 2, ou seja, não há mudanças de categoria avaliada na segunda etapa (IUCN, 2012). A menos que a condição ecológica local da espécie obrigue que a espécie seja listada em baixa ou alta.

**Tabela 8:** Questões e argumentos a considerar ao avaliar o estado de conservação de uma população residente numa área específica (por exemplo, paisagem). Transcrito do IUCN (2012).

QUESTÕES	ARGUMENTOS
<b>A POPULAÇÃO REGIONAL SOFRE ALGUMA IMIGRAÇÃO SIGNIFICATIVA DE PROPÁGULOS SUSCEPTÍVEIS DE SE REPRODUZIR NA REGIÃO?</b>	
A população regional pode sofrer alguma imigração de regiões vizinhas, mas para determinar se essa imigração é "significativa", vários factores devem ser considerados:	
<p><b>Probabilidade de migração de propágulos:</b> Existem populações co-específicas fora da região a uma distância a partir da qual os propágulos possam chegar à região? A população regional faz parte de uma metapopulação maior que envolve zonas extra-regionais? Existem barreiras eficazes que impeçam a dispersão de e para as populações vizinhas? A espécie é capaz de dispersar a longa distância?</p>	Se não existirem populações co-específicas nas regiões vizinhas ou se os propágulos não puderem dispersar-se para a região, a população regional comporta-se como endémica e a categoria deve ser mantida inalterada. Se a imigração ocorrer, é importante considerar se os números que chegam à região são suficientes para resgatar a população regional e se a imigração ocorre regularmente e durante um período relevante para as ameaças que a população regional enfrenta, de modo que o resgate seja viável.
<p><b>Provas da existência de adaptações locais:</b> Existem diferenças conhecidas que reflectem adaptações locais entre populações regionais e extra-regionais, ou seja, é provável que indivíduos de populações extra-regionais estejam adaptados para sobreviver e/ou reproduzir-se na região?</p>	Se as populações regionais expressarem adaptações físicas, comportamentais, genéticas ou outras únicas às condições locais que as populações extra-regionais não expressam, pode ser improvável que indivíduos de fora da região possam sobreviver e/ou reproduzir-se dentro da região. A população extra-regional seria, portanto, incapaz de resgatar a população regional, e a categoria deveria ser mantida inalterada.
<p><b>Disponibilidade de habitat adequado:</b> As condições actuais dos habitats e / ou outros requisitos ambientais (incluindo climatológicos) da espécie na região são tais que os propágulos imigrantes são capazes de se estabelecerem com sucesso (ou seja, existem áreas habitáveis?), ou o táxon desapareceu da região porque as condições não eram favoráveis?</p>	Se não houver habitat adequado suficiente e se as actuais medidas de conservação não conduzirem a uma melhoria da qualidade e/ou quantidade do habitat num futuro previsível, não haverá locais onde os indivíduos e/ou propágulos imigrantes possam estabelecer-se com êxito. Assim, a imigração de fora da região não diminuirá o risco de extinção e a categoria deve ser mantida inalterada.
<b>ESPERA-SE QUE A IMIGRAÇÃO DIMINUA?</b>	
<p><b>Estado das populações extra-regionais:</b> Quão abundante é a espécie nas regiões vizinhas? As populações estão aí estáveis, a aumentar ou a diminuir? Está inscrito na Lista Vermelha em alguma dessas regiões? Existem ameaças significativas a essas populações? É provável que produzam uma quantidade considerável de emigrantes e que continuem a fazê-lo no futuro previsível?</p>	Se a espécie for relativamente comum fora da região e não houver sinais de declínio populacional, e se o táxon for capaz de se dispersar e provável de se estabelecer na região, e se houver (ou em breve haverá) habitat disponível, a listagem em baixa da categoria é apropriada. Se a espécie estiver actualmente a diminuir nas regiões vizinhas, é menos provável que ocorra o "efeito de salvamento", pelo que a listagem em baixa da categoria pode não ser adequada.

### A POPULAÇÃO REGIONAL É UM RECEPTOR ‘SINK’?

<p><b>Grau de dependência das populações extra-regionais:</b> As populações regionais existentes são autossustentáveis, apresentando uma taxa reprodutiva positiva ao longo dos anos, ou dependem da imigração para sobreviver a longo prazo (ou seja, as populações regionais são receptoras)?</p>	<p>Se houver provas de que um número substancial de propágulos atinge regularmente a região e a população ainda têm poucas hipóteses de sobrevivência, a população regional pode ser um receptor. Em caso afirmativo, e se houver indícios de que a imigração cessará em breve, a listagem em alta da categoria pode ser apropriada. Se houver um fraco sucesso ou sobrevivência na reprodução local e houver uma imigração constante e significativa, a população pode ser um receptor. Se existirem elementos de prova suficientes que sugiram que a população é um receptor e que se espera que a imigração diminua, pode ser adequado elevar a categoria de ameaça. No geral, todo deve ser plenamente explicado.</p>
---	---

No entanto, porque não há evidências de que a população da *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti encontra-se sob –influência, e/ou em constante interação com as outras populações da mesma espécie, possivelmente encontradas em áreas vizinhas, a avaliação desta espécie termina na etapa 2, na sequência de que o efeito das outras populações nesta população não é conhecido.

Dos cinco critérios usados para classificar o estado de conservação das espécies (IUCN, 2022) nomeadamente: A – Declínio populacional (passado, presente ou futuro); B – Área de distribuição; C – Pequeno tamanho e declínio populacional; D – População muito pequena ou restrita; E – Análise quantitativa do estado de conservação (**Anexo 7.3.**), apenas o critério B é que foi usado neste estudo (**Tabela 9**). A escolha do critério B dependeu da informação disponível que melhor aplica-se neste critério, como a Extensão de Ocorrência (EOO) e Áreas de Ocupação (AOO). A Extensão de Ocorrência (EOO) e Áreas de Ocupação (AOO) foram estimados numa das secções anteriores do estudo segundo os métodos recomendados pela IUCN (2001, 2022).

**Tabela 9:** Resumo do Critério B baseado na distribuição geográfica, utilizado para categorizar o estado de conservação de uma espécie. Adaptado de IUCN (2022).

<b>B. Distribuição geográfica restrita e apresentando fragmentação, declínio ou flutuações</b>			
<b>Subcritérios</b>	<b>Em Perigo Crítico</b>	<b>Em Perigo</b>	<b>Vulnerável</b>
<b>B1.</b> Extensão de ocorrência	< 100 km <sup>2</sup>	< 5.000 km <sup>2</sup>	< 20.000 km <sup>2</sup>
<b>B2.</b> Área de ocupação	< 10 km <sup>2</sup>	< 500 km <sup>2</sup>	< 2.000 km <sup>2</sup>
E pelo menos 2 dos seguintes itens:			
<b>a)</b> População severamente fragmentada, <b>OU</b> número de localizações condicionadas à ameaça	= 1	≤ 5	≤ 10
<b>b)</b> declínio contínuo em um ou mais dos itens: (i) extensão de ocorrência; (ii) área de ocupação; (iii) área, extensão e/ou qualidade dos habitats; (iv) número de localizações ou subpopulações; (v) número de indivíduos maduros			
<b>c)</b> flutuações extremas em qualquer um dos itens: (i) extensão de ocorrência; (ii) área de ocupação; (iii) número de localizações condicionadas à ameaça ou subpopulações; (iv) número de indivíduos maduros.			

No geral, importa sublinhar que, segundo as mesmas directrizes da Listagem Vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN) (2001, 2022) uma espécie pode ser enquadrada em 9 categorias distintas consoante o grau do estado de conservação em que se encontra, conforme se ilustra na **Figura 8** abaixo.

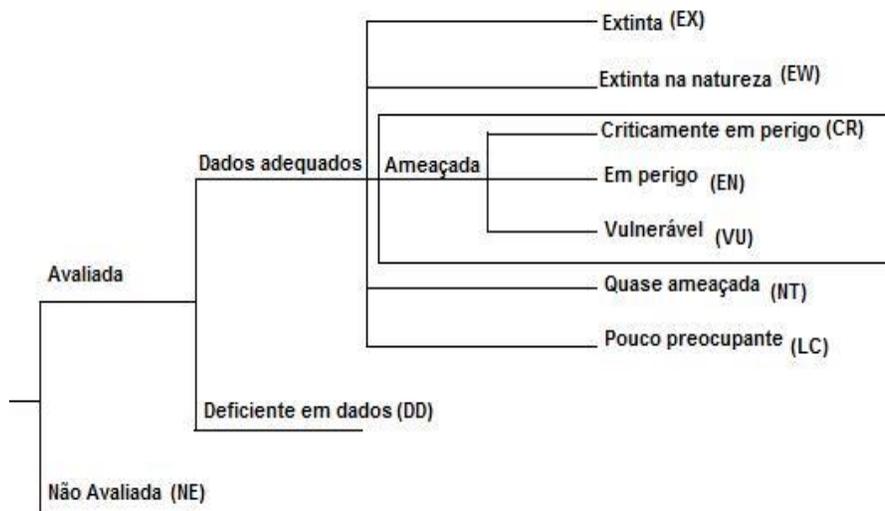
Considera-se espécie Não Avaliada (NE) quando a espécie ainda não passou por um processo de avaliação. Quando uma espécie é avaliada como Dados Deficientes ou Deficiente em Dados (DD) significa que não reúne informações, sejam elas directas ou indirectas suficientes para classificá-la dentro das categorias de ameaça de extinção. Geralmente isso acontece quando há poucos registos de ocorrência ou os registos são antigos, há incertezas sobre as condições ambientais nos locais de ocorrência, há muitas lacunas sobre informações ecológicas da espécie, entre outros aspectos (IUCN, 2001; 2022).

Entretanto, quando a espécie reúne informações relevantes sobre todos os aspectos necessários para classificá-la a um nível de ameaça, recorrem-se as possíveis sete categorias, das quais cinco referentes a classes de ameaça e duas as classes de pouca preocupação.

Para uma espécie ser classificada como ameaçada é necessário cumprir pelo menos um dos cinco critérios (A – E) que podem categorizar a espécie como Em Perigo Crítico (CR) (risco extremamente elevado), Em Perigo (EN) (risco muito elevado) ou Vulnerável (VU) (risco elevado de extinção)’’(IUCN, 2001; 2022). São estes três os critérios-padrão efectivamente consideradas categorias de ameaça (IUCN, 2001; 2022) (**Anexo 7.3.**).

A pouca preocupação atribui-se às espécies cuja situação está próxima das categorias de ameaça, assim como espécies não ameaçadas. A categoria Quase ameaçada (NT) diz respeito a espécie cuja situação está próximo de ser considerada Vulnerável (VU). Adicionalmente, se uma espécie não se qualificar como ameaçada e nem quase ameaçada, então, ela é classificada como Pouco Preocupação (LC) (IUCN, 2001; 2022).

Por fim, se uma espécie suspeita-se ter desaparecido no seu habitat conhecido e a sua ocorrência não for registada após sucessivos inventários em épocas apropriadas, a espécie é classificada como Extinta (EX). Não obstante, se existirem alguns indivíduos somente em cativeiro ou jardins botânicos, a espécie é considerada Extinta na Natureza (EW) (IUCN, 2001; 2022).



**Figura 8:** Esquema de classificação das categorias do estado de conservação. Adaptado de IUCN (2001).

### 3.3. Limitações de estudo

O trabalho de campo foi realizado sob condições climáticas adversas, debaixo de chuvas intensas que afectaram a região Sul de Moçambique, entre os dias 7 a 19 do mês de Fevereiro de 2023, dificultando assim o processo de recolha de dados em algumas áreas dentro da Paisagem de Licuáti, principalmente na área do Posto Administrativo de Catuane. Para contornar esta dificuldade, envidou-se todos os esforços em trabalhar nas zonas em que havia condições de mobilidade usando viatura 4x4 e que ofereciam possibilidades para o levantamento de dados.

Tinha-se também como objetivo específico de pesquisa, avaliar a componente socioeconómica da espécie em estudo (conhecimento local sobre a espécie, padrões de uso e comércio pelas comunidades locais em nível da Paisagem de Licuáti). Contudo, os dados colhidos para este âmbito não foram consistentes o suficiente, por seguintes razões: insuficiência do número de entrevistados imposta por um lado pelas lacunas concernentes ao conhecimento da espécie por parte dos membros das comunidades e por outro devido às adversidades climáticas.

A componente socioeconómica da espécie *C. dorrii* seria inicialmente avaliada usando entrevistas semiestruturadas, contudo, durante as primeiras interações com os membros das comunidades locais percebeu-se que as perguntas não eram respondidas devidamente. Houve então necessidade de adoptar outra abordagem metodológica de entrevistas abertas em forma de conversas informais dirigida a um grupo específico de informantes, constituído por carvoeiros, alguns curandeiros e médicos tradicionais e os demais membros das comunidades. Não obstante, embora haja evidências de utilização local da espécie para diversos fins, os métodos adoptados em alternativa, não permitiram colher dados robustos.

## **CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO E DISCUSSÃO**

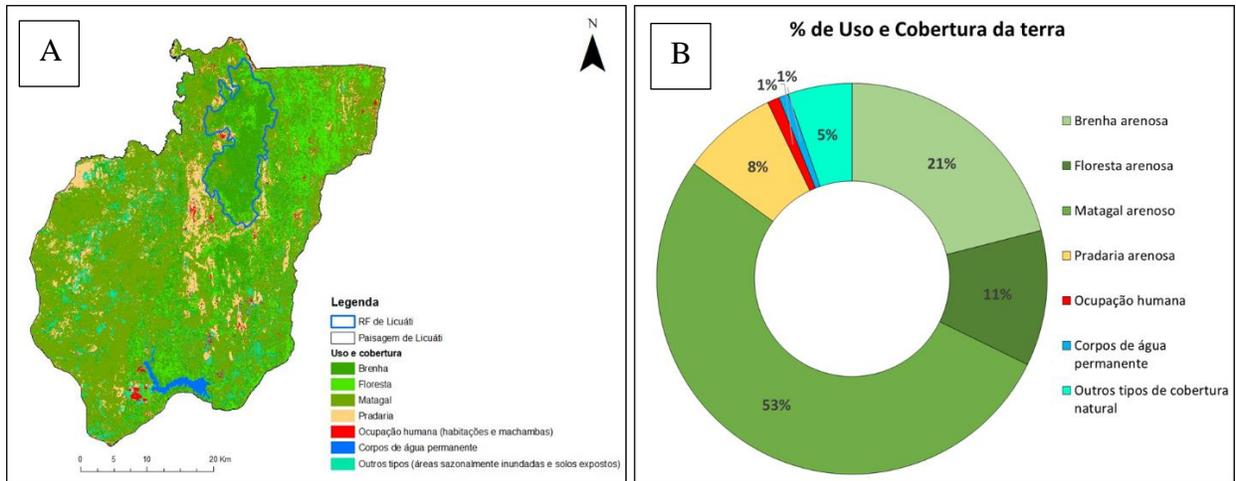
### **4.1. Resultados**

#### **4.1.1. Uso e cobertura da terra na Paisagem de Licuáti, no ano de 2022**

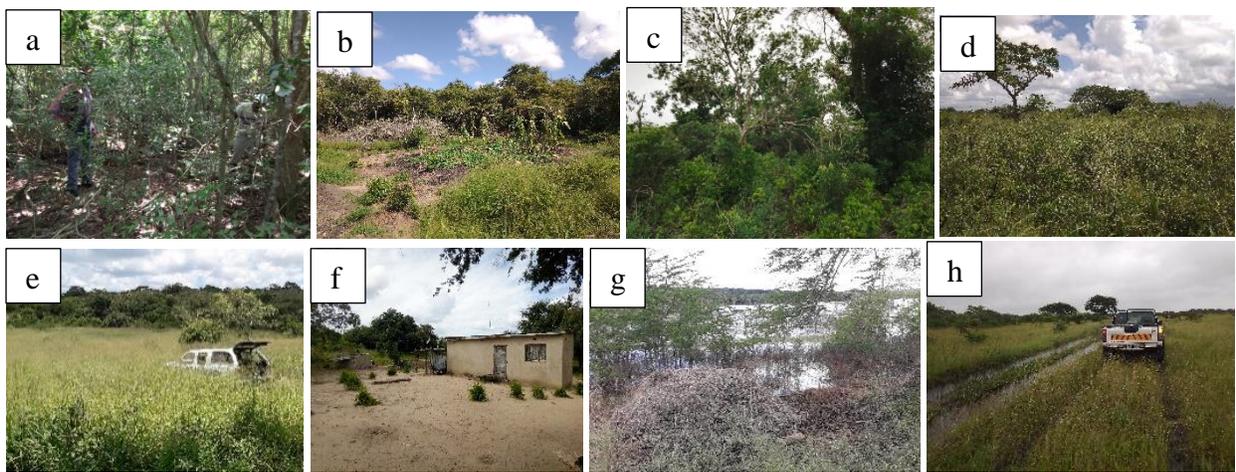
A análise das imagens satélites do ano 2022, conjugada com observações e dados colhidos durante o trabalho de campo permitiram classificar o uso e cobertura da terra em nível da Paisagem de Licuáti em sete categorias principais: (1) brenha arenosa; (2) floresta arenosa; (3) matagal decíduo ou secundário arenoso; (4) pradaria arenosa; (5) áreas de ocupação humana; (6) corpos de água compostos por rios e lagoas permanentes; e (7) outros tipos de cobertura natural compostas por áreas de planícies sazonalmente inundadas, lagoas e rios sazonais, terras húmidas e solos sazonalmente expostos (**Figura 9**).

Os matagais são os mais dominantes e representam 53% (89384,6 hectares) do total da área da Paisagem de Licuáti designada neste estudo. Este tipo de vegetação apresenta o segundo estágio do processo de sucessão ecológica pós-perturbação – regeneração, resultado da degradação de florestas. As brenhas arenosas constituem o segundo tipo de vegetação mais representado, com uma superfície de 35681,1 hectares o corresponde a 21% da área total. As florestas arenosas, que ocorrem na maioria das vezes juntos às bordas da brenha, cobrem apenas 11%.

Áreas de ocupação humana estão entre as classes menos representadas, com uma estimativa de 1% do total da paisagem. As estatísticas gerais relativas a áreas e proporções de uso e cobertura da terra encontram-se apresentadas em **Anexo 7.1**.



**Figura 9:** Mapa das categorias de uso e cobertura da terra na Paisagem de Licuáti, no ano de 2022 (A) e respectivas proporções por categoria (B).



**Figura 10:** Características dos principais tipos de vegetação da Paisagem de Licuáti: a) floresta arenosa, b) brenha arenosa, c) matagal arenoso secundário, d) matagal arenoso decíduo, e) pradaria arenosa, f) ocupação humana, g) corpos de água permanente, h) planícies sazonalmente inundadas. **Fonte:** C. Datizua (2023).

### Precisão da classificação

Os resultados da avaliação da precisão da classificação a nível de polígonos de observação encontram-se abaixo (**Tabela 10**). A avaliação da precisão do mapa de uso e cobertura da terra da Paisagem de Licuáti indicou uma precisão geral de 92.39% e coeficiente Kappa de 0.88. As precisões do produtor e do utilizador nas classes de brenhas, florestas, matagal, pradaria, corpos

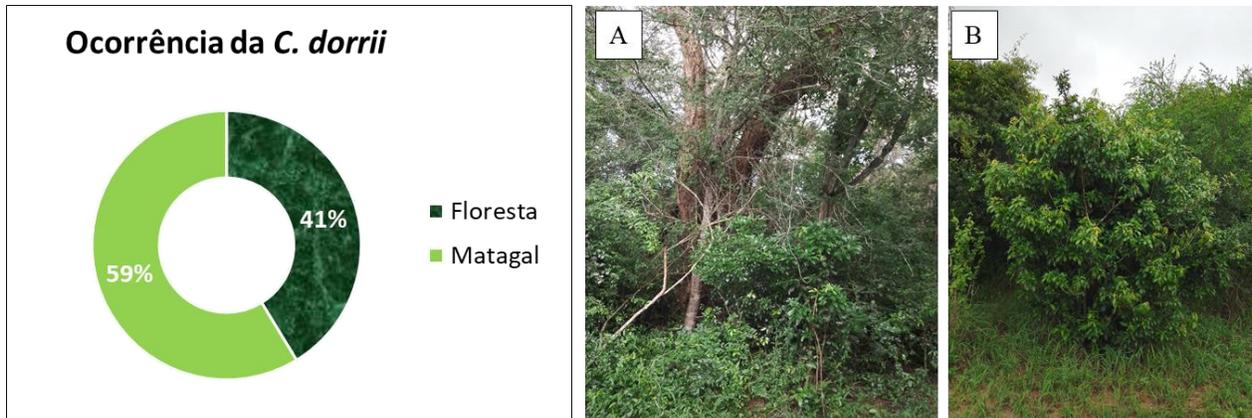
de água permanente e outros tipos de cobertura natural foram superiores a 60%, mas a classe de áreas de ocupação humana apesar de apresentar o índice Kappa aceitável (0.57), foi a de menor precisão do produtor e utilizador com 59.36% e 58, 33% respectivamente.

**Tabela 10:** Matriz de confusão entre as classes de uso e cobertura da terra, com indicação de níveis de precisão para cada classe mapeada. Classes de uso e cobertura: \*1 – Brenha; 2 – Floresta; 3 – Matagal; 4 – Pradaria; 5 – Ocupação humana; 6 – Corpos de água; 7 – Outros tipos de cobertura natural.

Classes de uso e cobertura*	Polígonos de observação							Total	Precisão do usuário [%]
	1	2	3	4	5	6	7		
1	1465	13	0	0	0	0	0	1478	99.12
2	14	168	0	0	0	0	0	182	92.30
3	168	0	1722	5	7	0	30	1932	89.13
4	0	0	0	770	23	0	5	798	96.49
5	0	0	0	29	42	0	1	72	58.33
6	0	0	0	0	0	683	0	683	100
7	16	0	0	0	0	0	512	528	96.96
<b>Total</b>	1663	181	1722	804	72	683	548	5673	
Erro padrão	0.0041	0.0023	0.0037	0.001	0.0011	0	0.0015		
Precisão do produtor [%]	79.17	98.23	100	93.31	59.36	100	85.79		
Índice Kappa	0.98	0.91	0.79	0.96	0.57	1	0.96		
Precisão geral [%]								92.39	
Índice Kappa para todas as classificações								0.88	

#### 4.1.2. Uso e cobertura da terra nas áreas de ocorrência da espécie *C. dorrii*

A sobreposição feita dos pontos de ocorrência da espécie *C. dorrii* no mapa de uso e cobertura da terra produzido neste estudo, mostra que a espécie ocorre em florestas e matagais, sendo actualmente mais observada em matagais. Cerca de 59% dos pontos de ocorrência da espécie que foram registados no campo correspondem às áreas de matagais, e 41% às áreas de florestas quase intactas (**Figura 11**).



**Figura 11:** Ocorrência da espécie *C. dorrii* em Florestas dominadas pela espécie arbórea *Newtonia hildebrandtii* (A) e matagais (B). **Fonte das fotos:** C. Datizua (2023).

A espécie *C. dorrii* também foi registada numa área habitacional no povoado de Manhihane. Os residentes deste povoado explicam que antigamente a área hoje habitacional estava coberta de florestas. Então, quando houve ocupação da terra para estabelecimento de habitações, algumas dessas árvores foram mantidas nos quintais como ornamentais e árvores de sombra (**Figura 12**).

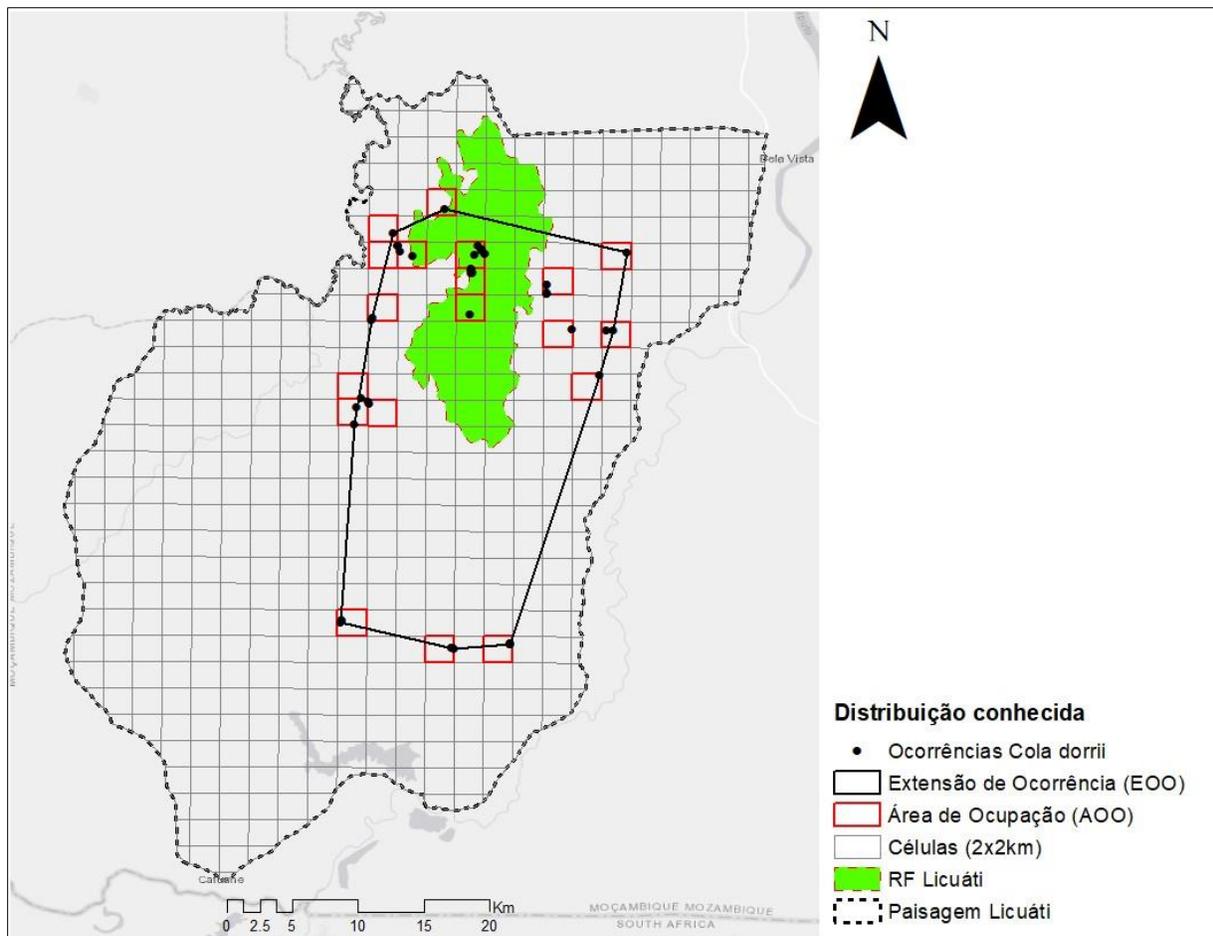


**Figura 12:** Ocorrência da espécie *C. dorrii* em áreas habitacionais. **Fonte:** C. Datizua (2023).

### 4.1.3. Distribuição actual e potencial da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti

#### Distribuição espacial actual

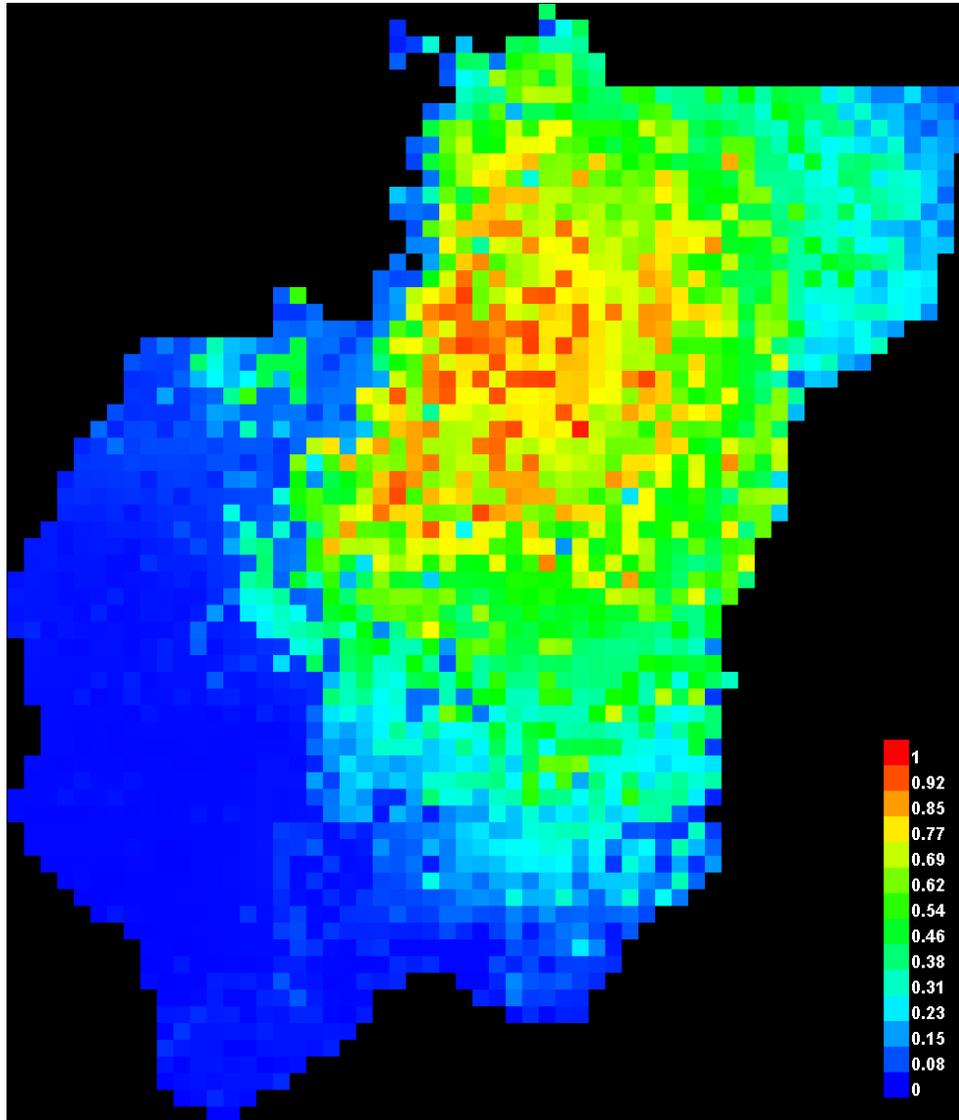
A área actual de distribuição da espécie *C. dorrii* estima-se em 470.36 km<sup>2</sup> de extensão de ocorrência (EOO) e um mínimo de 76 km<sup>2</sup> de área de ocupação (AOO) (**Figura 13**).



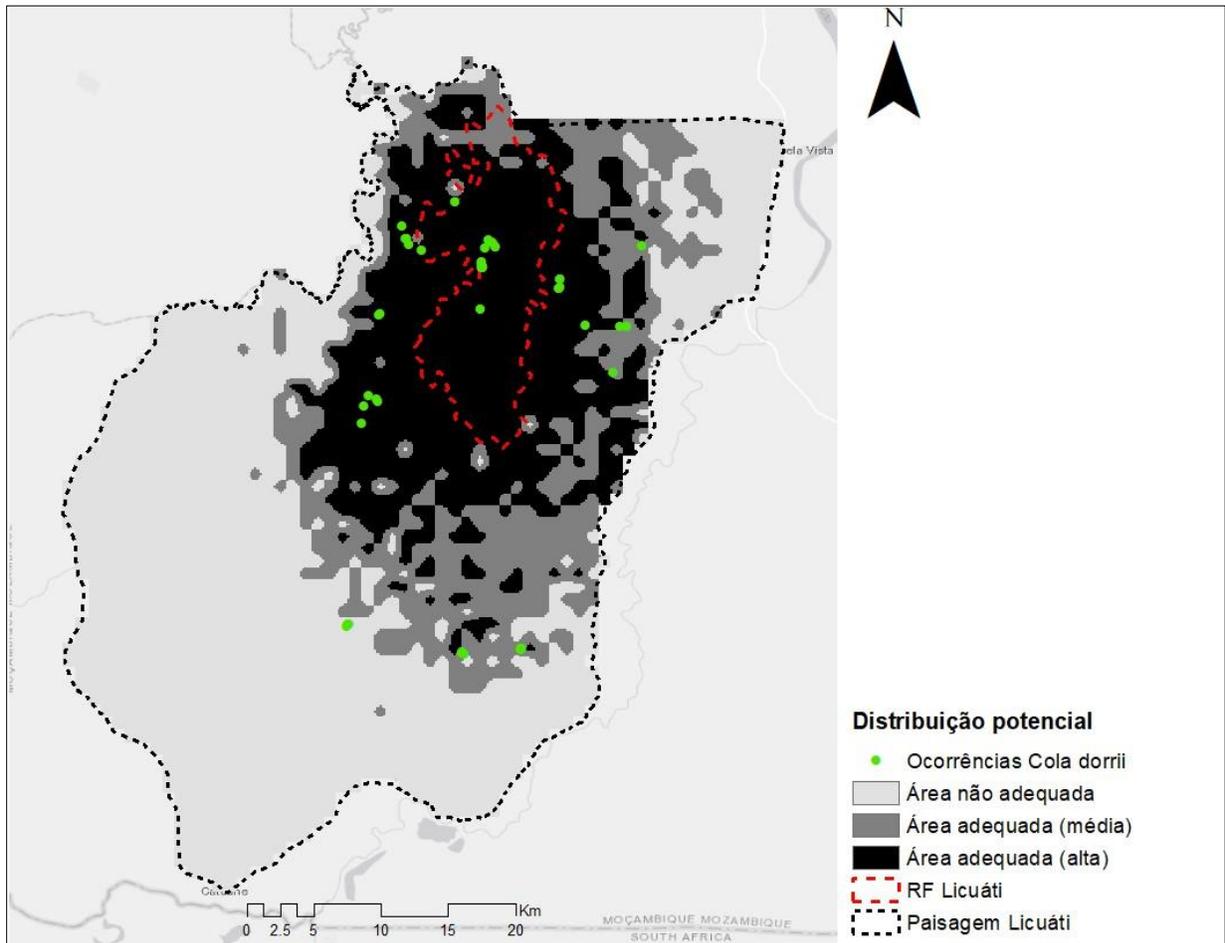
**Figura 13:** Distribuição espacial actual: extensão de ocorrência (EOO) e área de ocupação (AOO) da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti.

### Distribuição espacial potencial

Embora os pontos de ocorrência da espécie *C. dorrii* disponíveis determinarem uma extensão de 470 km<sup>2</sup>, a combinação entre os tipos de solos, cobertura de terra, as variações da temperatura, temperatura média anual, temperatura mínima do mês mais frio, temperatura mínima do mês mais quente e intervalo diurno médio (média mensal) mostra que a espécie tem potencial de distribuir-se até 976 km<sup>2</sup> em termo de extensão de ocorrência (EOO) (**Figura 14**).



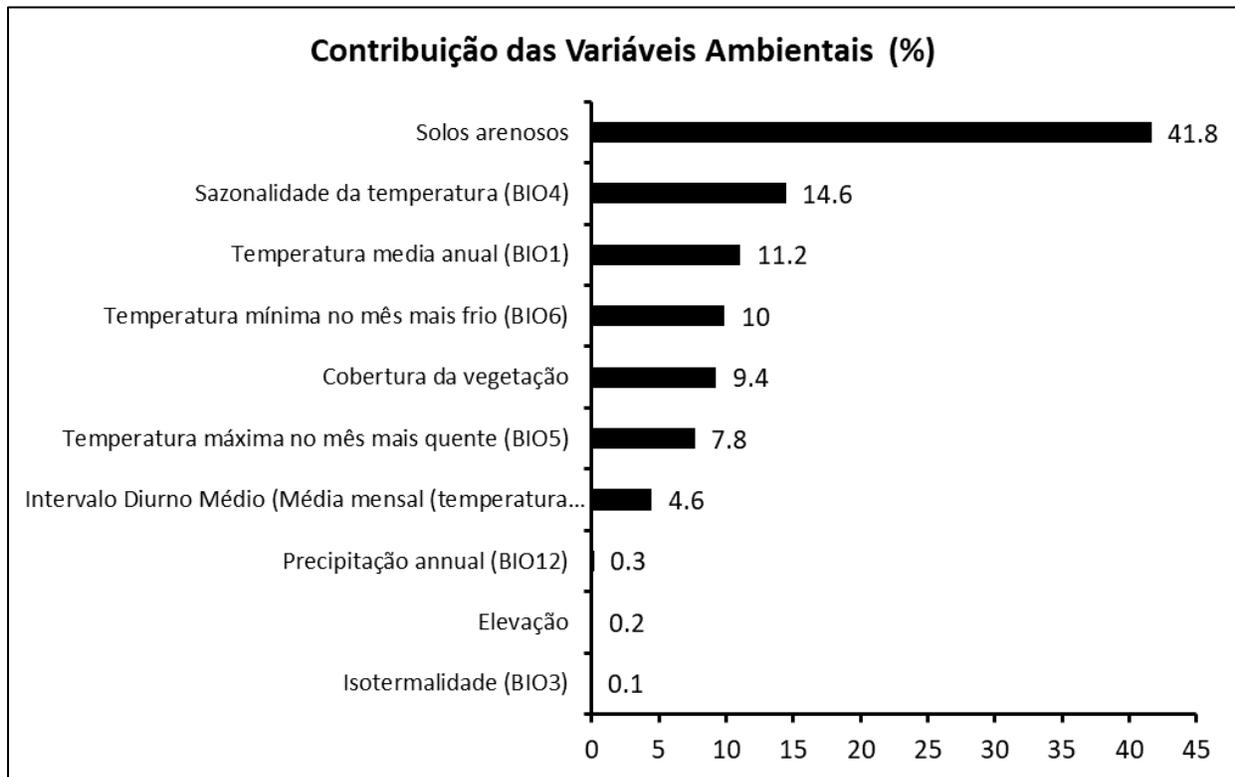
**Figura 14:** Distribuição espacial potencial da espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti gerado pelo MaxEnt, com indicação dos níveis de adequabilidade das áreas para a ocorrência da espécie.



**Figura 15:** Reclassificação da distribuição espacial potencial da espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti gerado pelo MaxEnt. A reclassificação foi feita usando Sistemas de Informação de Geográfica (GIS) consoante o nível de adequabilidade das áreas identificadas para a ocorrência da espécie.

### Contribuição das variáveis ambientais

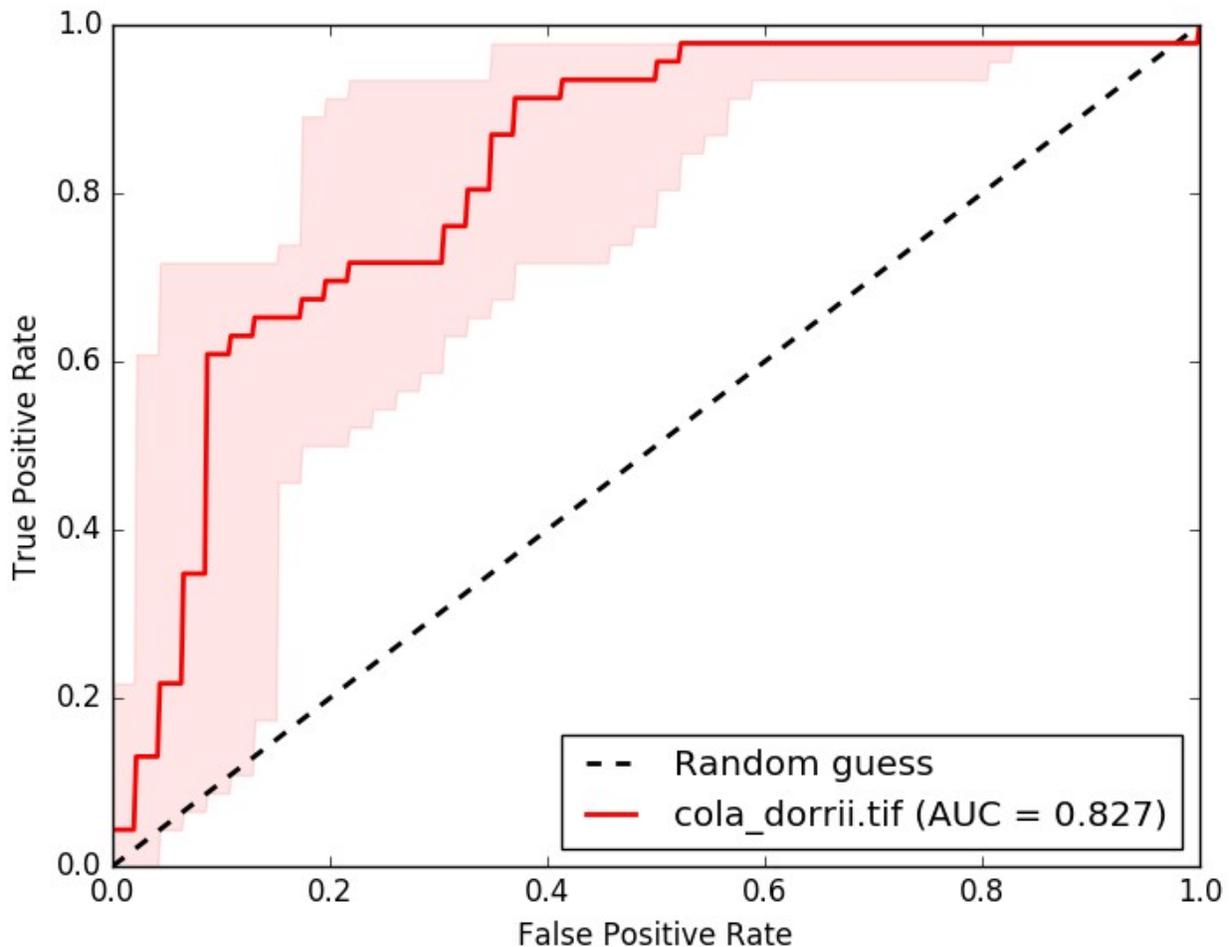
A contribuição de cada variável ambiental preditora da distribuição potencial da espécie *C. dorrii* em nível Paisagem de Licuáti apresenta-se na **Figura 16**. A distribuição espacial potencial da espécie foi determinada principalmente pelos tipos de solos (solos arenosos) (41.8%), seguidos de outras variáveis como a sazonalidade da temperatura (14.6%), temperatura media anual (11.2%), temperatura mínima no mês mais frio (10%), cobertura da vegetação (9.4%), temperatura máxima no mês mais quente (7.8%) e intervalo diurno médio (média mensal) (4.6%) (**Figura 16**). O restante das variáveis ambientais como a precipitação anual (0.3%), elevação (0.2%) e isotermalidade (0.1%) teve fraca contribuição no modelo de distribuição da espécie.



**Figura 16:** Nível de contribuição das variáveis ambientais preditoras incluídas no modelo de distribuição potencial gerado para espécie *C. dorrii*.

## Desempenho do modelo

O desempenho do modelo de distribuição da espécie *C. dorrii* previsto pelo “Software” MaxEnt apresentou uma precisão “muito boa” (AUC = 0.82). O resultado de avaliação do desempenho do modelo (curva e pontuação de AUC) calculado através da ferramenta ArcSDM encontra-se representado no gráfico abaixo (**Figura 17**).



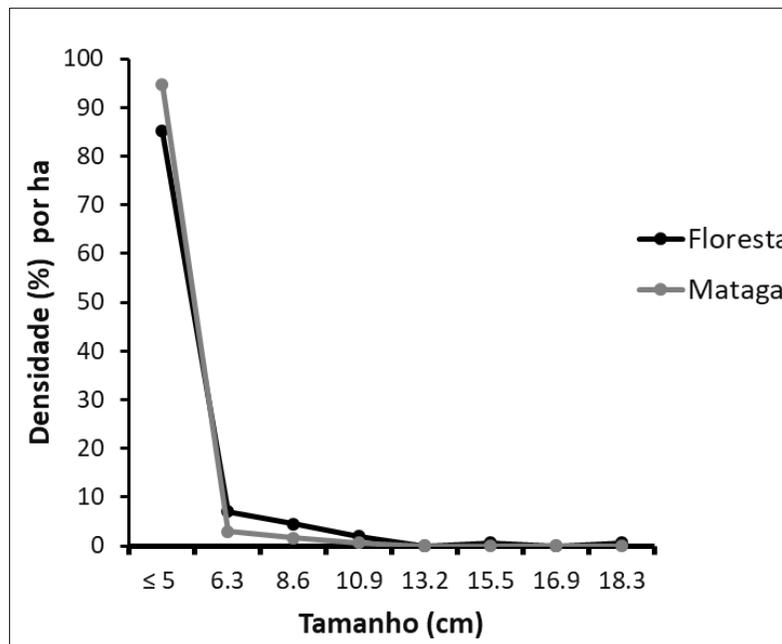
**Figura 17:** Representação da curva e pontuação de AUC correspondentes ao desempenho do modelo de distribuição espacial potencial da espécie *C. dorrii*.

#### 4.1.4. Condição ecológica populacional da *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti

##### Distribuição dos indivíduos nas classes de tamanho

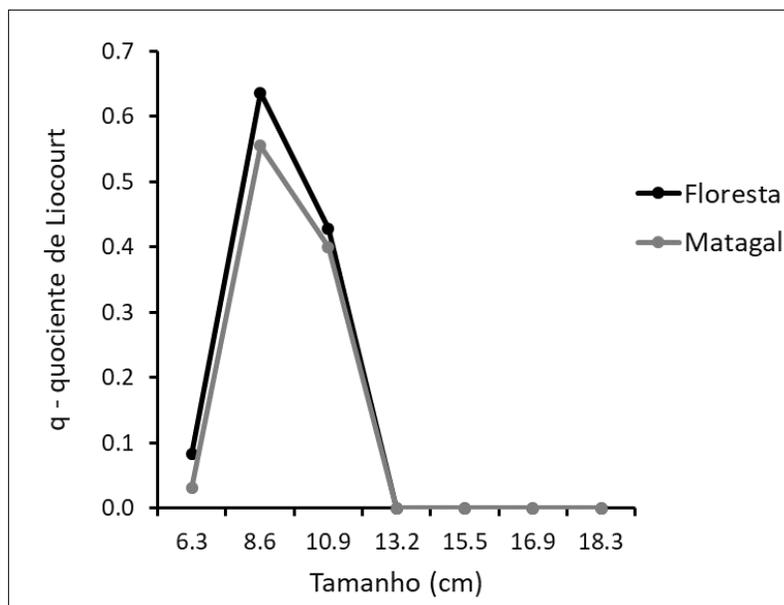
No geral foram registados na Paisagem de Licuáti um total de 462 indivíduos da espécie *C. dorrii*, dos quais 307 em matagais e 155 em florestas. A **Figura 18** representa dois modelos de distribuição dos indivíduos da espécie entre classes da estrutura de tamanho em ambos os tipos de vegetação. Os resultados mostram que, tanto em florestas quanto em matagais, a espécie *C. dorrii* apresenta um padrão de distribuição dos indivíduos em intervalos das classes de tamanho de diâmetro típico de populações perturbadas, onde as primeiras classes caracterizam-se pela elevada densidade de indivíduos e, depois, segue uma secção de classes posteriores que não apresentam indivíduos, ou seja, a densidade é menor do que o esperado em populações saudáveis.

As florestas apresentaram cerca de 85.2% indivíduos por hectares (ind/ha) na classe de regeneração, 7.1% ind/ha na primeira classe de indivíduos da fase adulta, 4% ind/ha na segunda classe e 1.9% ind/ha na terceira classe adulta. As restantes últimas classes de adultos apresentam muito baixa densidade. Os matagais, por sua vez, figuraram-se com 94.8% ind/ha na fase de regeneração, 3% ind/ha na primeira classe da fase adulta e 1.6% ind/ha na segunda classe adulta. Contudo, tal como se verificou nas florestas, neste tipo de vegetação as últimas classes da fase adulta também apresentam muito baixa densidade de indivíduos.



**Figura 18:** Modelos de distribuição de indivíduos da *C. dorrii* nas classes de diâmetro. O eixo X representa os pontos médios dos intervalos das classes de diâmetro e, o Y representa a densidade de indivíduos dentro dessas classes em florestas e matagais.

O rácio de distribuição de indivíduos da espécie nos intervalos das classes de diâmetro mostra uma tendência similar nos dois tipos de cobertura de vegetação (**Figura 19**). Tanto nas florestas quanto em matagais o coeficiente de “q” de Liocourt, ao invés de se manter constante, tende a variar entre as classes. Isto mostra que a população da espécie não se encontra em equilíbrio, ou seja, não existe balanço entre indivíduos que se encontram na fase de regeneração, na fase de maturação (adultos) e indivíduos que morrem por diversas causas, quer naturais (ex. senescência) quer pela utilização para diversos fins.

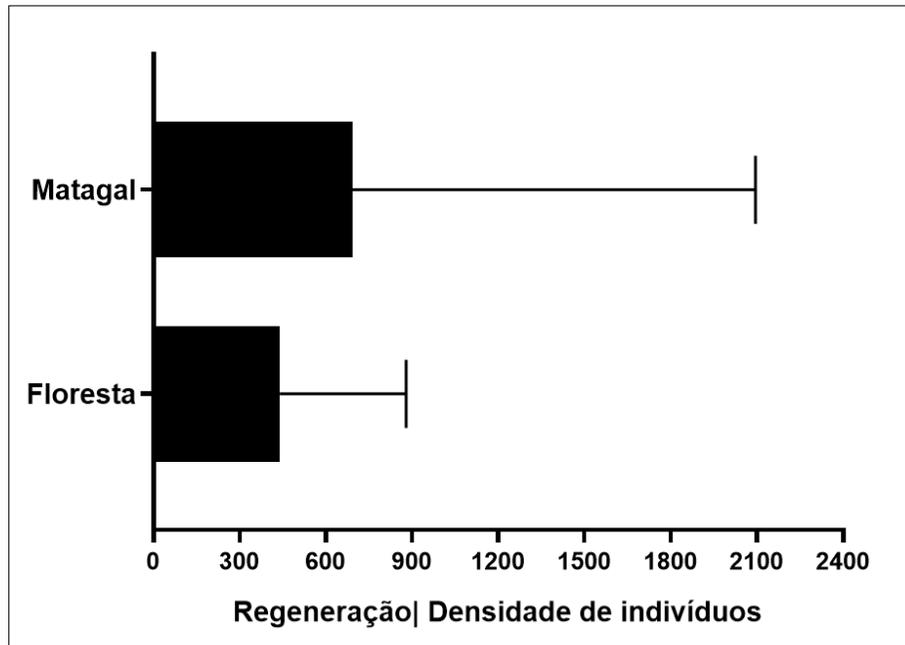


**Figura 19:** Quociente “q” de Liocourt de avaliação do modelo da distribuição dos indivíduos da espécie *C. dorrii* nas classes de diâmetro em florestas e matagais.

## Densidade de indivíduos

### *Fase de Regeneração*

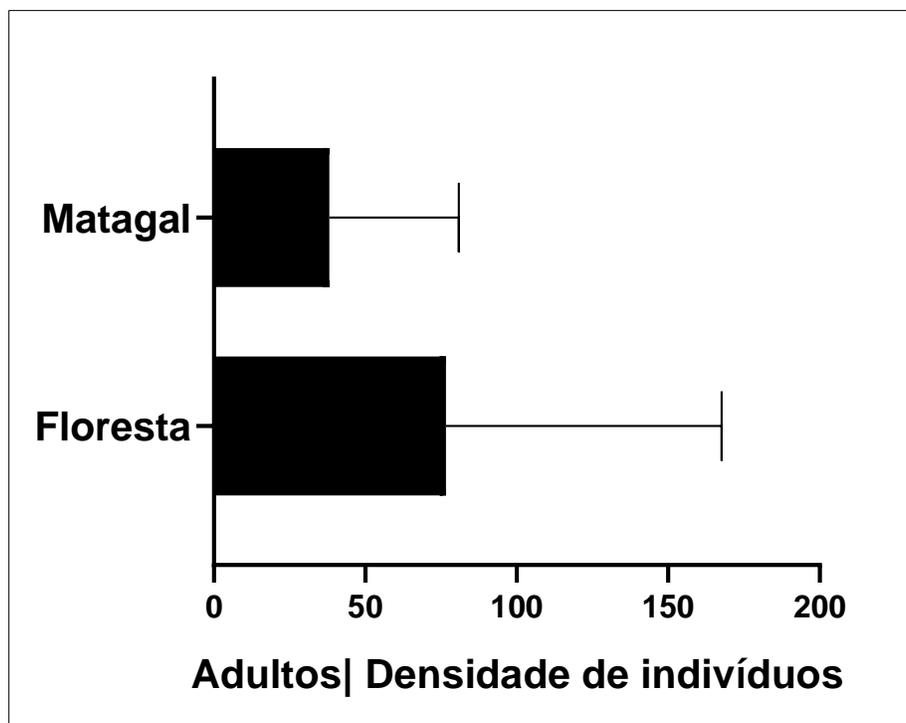
Sobre a densidade de indivíduos da espécie *C. dorrii* que se encontram ainda na fase de regeneração, os resultados indicam que existem, em média cerca de  $692.85 \pm 1403.99$  (SD) indivíduos por hectare em matagais. Nas florestas a espécie apresenta em média cerca de  $440.00 \pm 439.31$  (SD) indivíduos por hectare (**Figura 20**). As análises estatísticas (t de Student) demonstram que não há diferenças na densidade média de indivíduos na fase de regeneração entre os dois tipos de habitats da espécie ( $t = 0.45, p > 0.05$ ).



**Figura 20:** Densidade média por hectare de indivíduos em regeneração da espécie *C. dorrii* em matagais e florestas.

### ***Fase Adulta***

Quanto aos indivíduos que já se encontram na fase adulta, os resultados da análise descritiva indicam que a densidade média de adultos da espécie *C. dorrii* é maior em florestas, em média de  $76.66 \pm 90.98$  (SD) por hectare. Nos matagais ocorrem em média  $38.09 \pm 42.72$  (SD) indivíduos adultos por hectare (**Figura 21**). Não obstante, essas diferenças das médias de densidades por hectare de indivíduos adultos entre florestas e matagais não são estatisticamente significativas ( $t = 0.88, p > 0.05$ ).

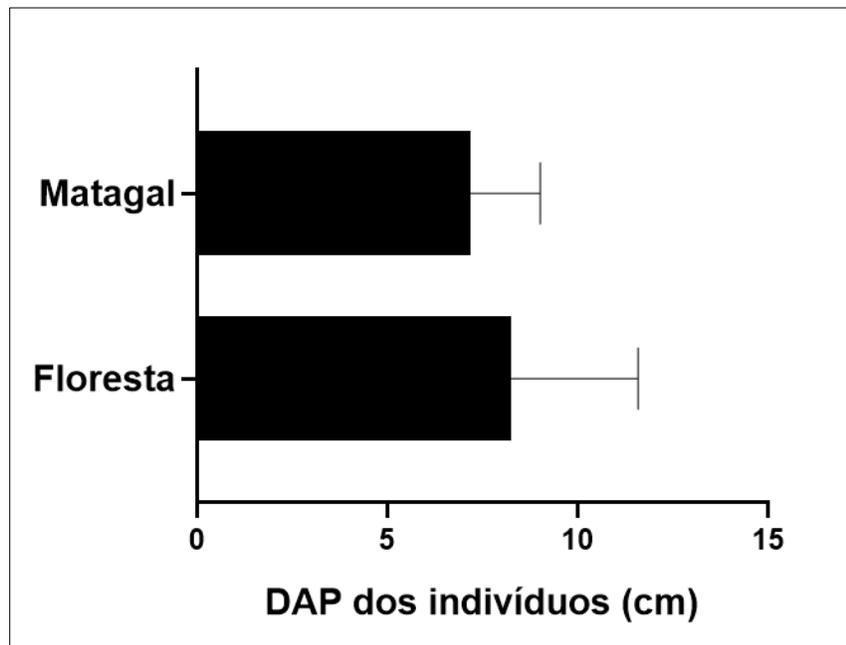


**Figura 21:** Densidade média por hectare de indivíduos adultos da espécie *C. dorrii* em matagais e florestas.

## Estrutura de tamanho dos indivíduos

### *Diâmetro*

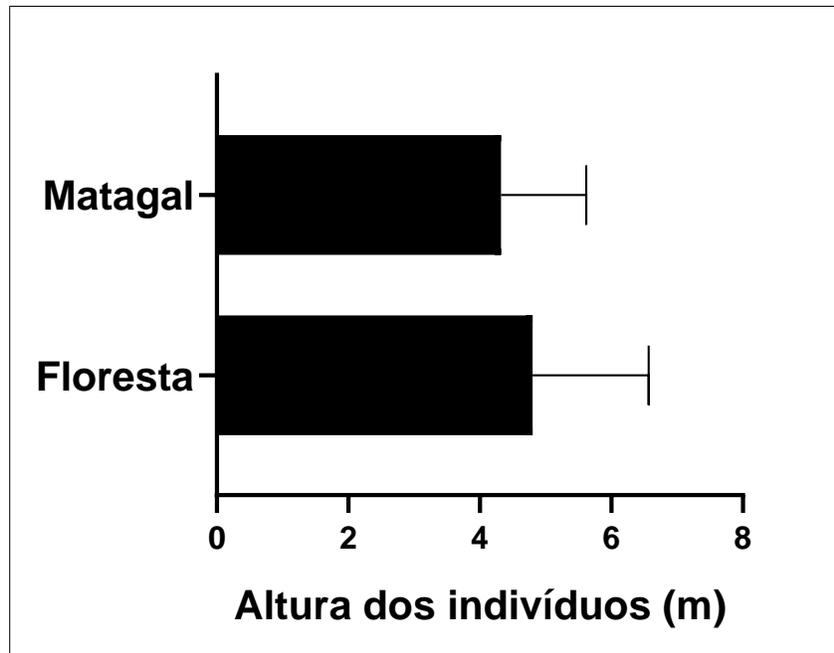
As análises descritivas indicam que o diâmetro (DAP) dos indivíduos adultos da espécie *C. dorrii* é maior nas florestas, em média de  $8.25 \pm 3.33$  (SD) cm. Nos matagais, o diâmetro médio é de  $7.18 \pm 1.83$  (SD) cm (**Figura 22**). As análises estatísticas baseadas no teste t de Student sugerem não haver diferenças expressivas entre diâmetros médios dos indivíduos da espécie *C. dorrii* que ocorrem em florestas e matagais ( $t = 1.28, p > 0.05$ ).



**Figura 22:** DAP médio (cm) de indivíduos da *C. dorrii* em habitats de florestas e matagais.

## *Altura*

O cenário verificado nos diâmetros é análogo ao das alturas dos indivíduos. A altura média dos indivíduos desta espécie nas florestas é de  $4.8 \pm 1.77$  (SD) m, relativamente maior do que é observado em matagais, onde os indivíduos atingem em média  $4.3 \pm 1.30$  m (**Figura 23**). As análises estatísticas baseadas no teste t de Student demonstram não haver diferenças entre as alturas médias dos indivíduos da *C. dorrii* que crescem em florestas e matagais ( $t = 0.91, p > 0.05$ ).



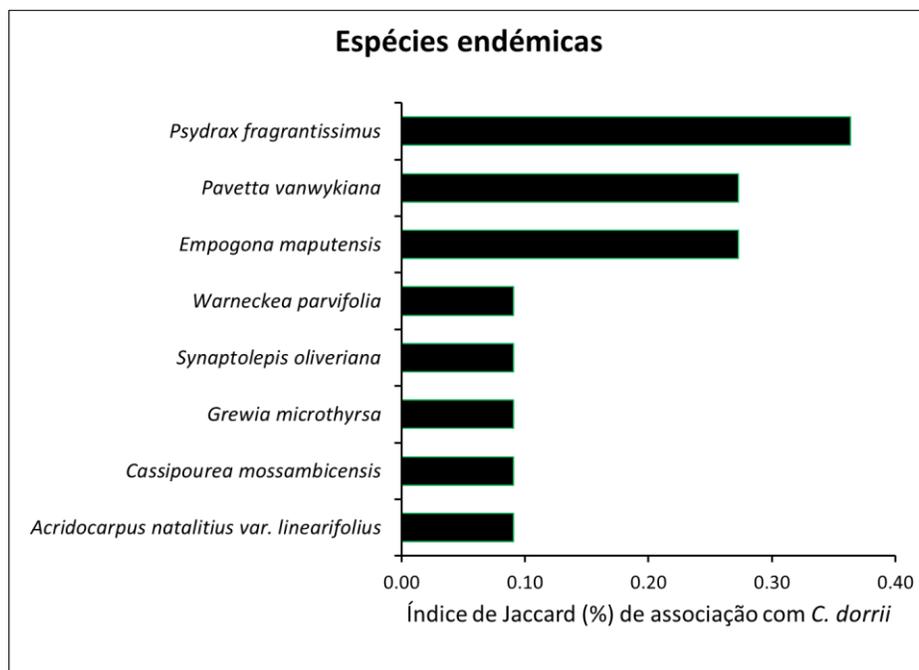
**Figura 23:** Altura média (m) de indivíduos da *C. dorrii* em habitats de florestas e matagais.

### **4.1.5. Associação entre a *C. dorrii* e a outra flora de valor de conservação**

Foram identificadas 75 espécies de plantas arbóreas e arbustivas que ocorrem associadas à espécie *C. dorrii* (**Apêndice 8.3.**), das quais cerca de 27% (8 espécies) são também endêmicas do Centro de Endemismo de Maputaland e endêmica ou quase endêmicas de Moçambique, e 73% (22 espécies) são importantes para as comunidades locais exploradas para a produção de carvão.

### Associação com as espécies endêmicas

Os níveis de associação entre cada uma das 8 espécies endêmicas e a espécie *C. dorrii* encontram-se apresentados abaixo (**Figura 24**). O índice de Jaccard mostra que a espécie *C. dorrii* ocorre mais associada às espécies de plantas endêmicas como *Psydrax fragrantissimus* ( $J= 0.37$ ), *Pavetta vanwykiana* ( $J= 0.28$ ), *Empogona maputensis* ( $J= 0.28$ ) e menos associada às espécies *Acridocarpus natalitius* var. *linearifolius*, *Cassipourea mossambicensis*, *Microcos microthyrsa*, *Synaptolepis oliveriana* e *Warneckea parvifolia* ( $J= 0.09$ ).

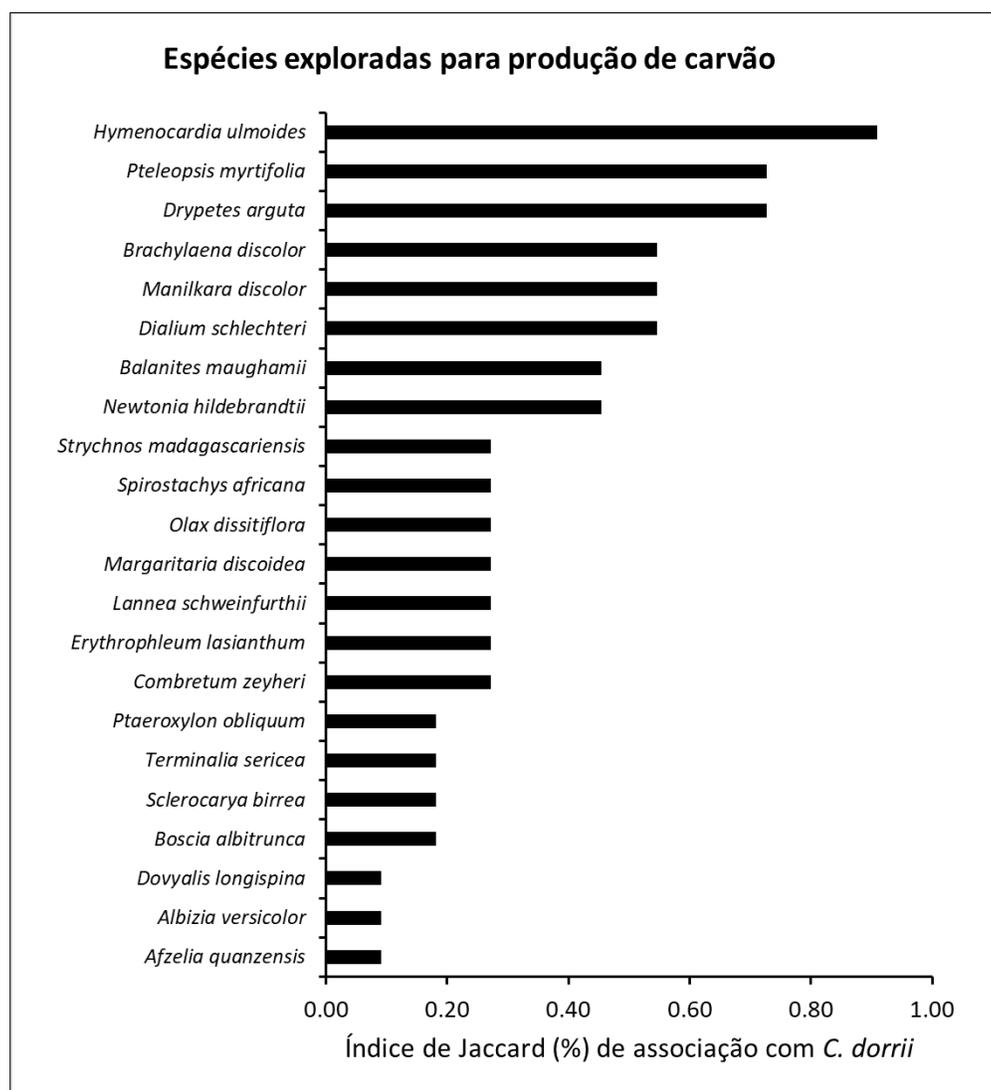


**Figura 24:** Nível de associação (Índice de Jaccard) entre a espécie *C. dorrii* e as demais espécies de plantas endêmicas arbustivas e arbóreas.

### Associação com as espécies de produção de carvão

Das 37 espécies arbóreas exploradas pelas comunidades locais para a produção do carvão (**Apêndice 8.4.**), 60% (22 espécies) ocorrem associadas à espécie *C. dorrii*. O índice de Jaccard, mostra que, das espécies utilizadas para a produção de carvão, a espécie *C. dorrii* ocorre mais associada às espécies como *Hymenocardia ulmoides* ( $J= 0.91$ ), *Pteleopsis myrtifolia* ( $J= 0.73$ ),

*Drypetes arguta* (J= 0.73), *Dialium schlechteri* (J= 0.55), *Manilkara discolor* (J= 0.55) e *Brachylaena discolor* (J= 0.55) e razoavelmente associada à *Balanites maughamii* (J= 0.46), *Newtonia hildebrandtii* (J= 0.45) e *Margaritaria discoidea*, *Spirostachys africana*, *Combretum zeyheri*, *Erythrophleum lasianthum*, *Lannea schweinfurthii*, *Olex dissitiflora*, *Strychnos madagascariensis* com (J= 0.27). As espécies como *Terminalia sericea*, *Ptaeroxylon obliquum*, *Sclerocarya birrea*, *Boscia albitrunca* apresentam baixa associação com a espécie *C. dorrii*, com índice de J= 0.18. A mais baixa associação verifica-se nas espécies *Afzelia quanzensis*, *Albizia versicolor* e *Dovyalis longispina*, com índice de J= 0.09 (**Figura 25**).



**Figura 25:** Nível de associação (Índice de Jaccard) entre a espécie *C. dorrii* e as demais espécies arbóreas exploradas para a produção de carvão em nível da Paisagem de Licuáti.

#### 4.1.6. Estado de conservação da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti

**Tabela 11:** Descrição dos parâmetros e critérios, e determinação do estado de conservação da espécie *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti.

PARÂMETROS DE DETERMINAÇÃO	DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS			
<p><b>Distribuição Geográfica</b></p> <p>São conhecidos cerca de 46 pontos geográficos de ocorrência da espécie <i>C. dorrii</i> em nível da Paisagem de Licuáti. Com base nestas referências disponíveis, a Extensão de Ocorrência (EOO) da população da <i>C. dorrii</i> estima-se em 470 km<sup>2</sup>, e uma Área de Ocupação (AOO) de 76 km<sup>2</sup>.</p> <p>De acordo a modelagem da distribuição de espécies (MDS) a espécie <i>C. dorrii</i> tem potencial para ocorrer numa extensão de cerca de 976 km<sup>2</sup>, que inclui áreas cobertas por florestas, matagais e brenhas. Isso mostra uma área geográfica ampla, o que pode dificultar conduzir a espécie a um estágio marginal onde toda população possa estar exposta à factores humanos de degradação.</p>	<b>Extensão de Ocorrência (EOO) (B1)</b>			
	<i>Extensão estimada de ocorrência (EOO) - em km<sup>2</sup></i>	<i>Justificativa</i>		
	470 – 976 km <sup>2</sup>	EOO primeiro calculado no ambiente da plataforma GeoCAT, considerando o polígono convexo mínimo, e depois calculado através do MDS, usando abordagem de nicho ecológico.		
	<i>Declínio contínuo na extensão da ocorrência (EOO)?</i>	<i>Qualificador</i>	<i>Justificação</i>	
	Sim	Suspeito	Suspeita-se declínio contínuo na extensão da ocorrência (EOO) por conta da perda de habitat devido a ocupação para machambas e construção de habitações e, degradação pela exploração do carvão vegetal.	
	<b>Área de Ocupação (AOO) (B2)</b>			
	<i>Área estimada de ocupação (AOO) - em km<sup>2</sup></i>	<i>Justificativa</i>		
76 km <sup>2</sup>	AOO calculado na plataforma GeoCAT, usando registos de ocorrência, aplicando células de grelhas de tamanho 2x2 km, o padrão estabelecido pela IUCN (Bachman <i>et al.</i> 2011)			

		<i>Declínio contínuo da área de ocupação (AOO)?</i>	<i>Qualificador</i>	<i>Justificação</i>
		Sim	Suspeito	Suspeita-se declínio contínuo da área de ocupação (AOO) da espécie <i>C. dorrii</i> por conta da perda de habitats devido à ocupação da terra para machambas e habitações e, a degradação de habitats pela produção do carvão e queimadas associadas.
<b>Habitat</b>	Na paisagem de Licuáti a espécie <i>C. dorrii</i> é encontrada em florestas e matagais (antigas áreas de florestas), e ocorre associada a outras 75 espécies de plantas, dos quais 26 são encontradas em ambos tipos de vegetação. Das restantes, 33 são apenas encontradas em florestas arenosas, e 16 são encontradas apenas em matagais.	<b>Declínio contínuo do Habitat</b>		
		<i>Declínio contínuo da qualidade do habitat?</i>	<i>Qualificador</i>	<i>Justificativa</i>
		Sim	Observado	Observado um declínio na qualidade de habitat da espécie <i>C. dorrii</i> devido à degradação pela exploração florestal do carvão vegetal e queimadas associadas. O fogo também é posto para a renovação do pasto.
<b>Ecologia da população</b>	A população da <i>C. dorrii</i> é constituída por um total de 462 indivíduos adultos e em regeneração. Olhando para o <i>range</i> de distribuição potencial, o número de indivíduos é relativamente abundante em nível da Paisagem de Licuáti. Em ambos os tipos de habitats, isto é, florestas e matagais, a espécie apresenta a distribuição de classes de tamanho típica de populações perturbadas, com elevada densidade de indivíduos na classe de regeneração e, ausência e muito baixa densidade de indivíduos nas classes de adultos, indicando um desequilíbrio entre indivíduos que se encontram na fase de regeneração e os	<b>Informação de tendência da população</b>		
		<i>Declínio contínuo em indivíduos maduros?</i>	<i>Qualificador</i>	<i>Justificativa</i>
		Sim	Observado	Observado o declínio contínuo em indivíduos maduros da <i>C. dorrii</i> por conta da sua utilização para diversos fins, principalmente para produção do carvão vegetal. Esta espécie é cortada para a produção quando encontrada junto as espécies mais preferenciais (ver a <b>Figura 26- A</b> na

	<p>que entram na fase de maturação (adultos). As florestas apresentam em média 440 indivíduos regenerados por hectare e 76.66 indivíduos adultos maduros. Já em matagais ocorrem em média 692.85 de regenerados e 38.09 indivíduos adultos por hectare. Quanto a estrutura de tamanho, a espécie <i>C. dorrii</i> em florestas cresce em média 8 cm de diâmetro e 5 m em altura; em matagais os diâmetros encontram-se em torno dos 7 cm e as alturas 4 m.</p>			<p>secção de Uso e Comércio e <b>Figura 27-B</b> na secção das Ameaças.</p>
<p><b>Uso e Comércio</b></p>	<p>As observações de campo e conversas informais com alguns membros das comunidades revelam que, a produção do combustível lenhoso (carvão e lenha) são os principais tipos de uso da espécie <i>C. dorrii</i>. Alguns usam também as estas estacas desta espécie para construção de casas e celeiros, fabricação de instrumentos domésticos como cabos de enxadas, catanas e machados. As raízes, folhas e caule são usados para fins medicinais a partir dos quais se preparam banhos tradicionais e extratos para tratamento de ferimentos. Quanto ao uso para a produção de carvão, salientar que as comunidades locais alegam que a utilização desta árvore para este fim é um fenómeno ocasional, sendo que cortam apenas quando a planta é encontrada no meio das outras espécies preferenciais de produção e quando estiver no tamanho ideal.</p>	<p><b>Figura 26:</b> Parte da diversidade de usos da espécie <i>C. dorrii</i>: (A) e (B) cepos da <i>C. dorrii</i> em regeneração após indivíduos adultos ter sido cortados e colocados no formo de carvão; (C) um membro da comunidade mostrando a flexibilidade do caule da espécie, explicando sobre as partes desta espécie usadas para a construção de casas e celeiros; (D) casa e celeiro cujas paredes foram construídas usando o caule da <i>C. dorrii</i>; (E) um indivíduo adulto da <i>C. dorrii</i> usado como árvore de sombra no quintal de uma família no povoado de Manhilhane.</p>		

## Ameaças

A Paisagem de Licuáti é uma área onde vivem famílias muito desfavorecidas financeiramente, que dependem dos recursos naturais para a sobrevivência, facto que ameaça a integridade dos ecossistemas e a biodiversidade associada (CEAGRE, 2022b). A população da espécie *C. dorrii* nesta paisagem está ameaçada pela ocupação da terra pelo homem, convertendo áreas de habitat potencial em campos agrícolas, áreas habitacionais e outras infraestruturas, incluindo comerciais e industriais. As áreas de ocupação humana ainda perfazem 1% do total da paisagem, mas esta percentagem poderá incrementar nos próximos anos. Cerca de 60.74% da paisagem encontra-se concessionada para a exploração do recurso mineral calcário. A exploração florestal para a produção do carvão também representa uma grande ameaça, pois a espécie *C. dorrii* ocorre associada a espécies muito procuradas para a produção de carvão. A utilização da espécie *C. dorrii* para a produção de carvão também representa uma grande ameaça, apesar das comunidades locais usarem a espécie para este fim quando a encontram no meio dessas espécies preferenciais para carvão, e com tamanho ideal. Apesar desta espécie apresentar um poder germinativo expressivo mesmo em áreas degradadas (florestas transformadas em matagais), a sua exposição aos fenómenos como queimadas frequentes, geralmente associadas ao processo de produção de carvão, pode dificultar a sua persistência local.

**Figura 27:** Ilustração de algumas ameaças à espécie *C. dorrii*: (A) Degradação de habitat devido ao derrube e destroncamento de árvores para a produção de carvão; (B) Indivíduo da espécie *C. dorrii* de aproximadamente 10 cm de diâmetro, derrubado para fins de produção de carvão, (C) Forno de carvão em queima, todas árvores da área a volta foram usadas, (D) Carvão vegetal em processo de ensacamento para a venda.



<b>Ações de conservação em curso</b>	Ainda não existem ações concretas viradas à conservação da espécie <i>C. dorrii</i> . Contudo, parte da Paisagem de Licuáti é desde 2021 Área Chave da Biodiversidade (KBA) (WCS, 2021) e Área Importante para Plantas (IPAs) (Darbyshire <i>et al.</i> , 2022). Devido à promoção a estas categorias globais, várias iniciativas de conservação e restauração da biodiversidade estão a ser planificadas pela Biofund, WCS, FNDS e parceiros.	<b>Ações Importantes de Conservação Necessárias</b>			<b>Investigação Necessária</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteção das áreas de ocorrência;</li> <li>• Gestão de uso da terra, e ordenamento territorial olhando para os valores de biodiversidade a conservar;</li> <li>• Restauração de habitats degradados;</li> <li>• Promoção da conservação de <i>ex-situ</i>, em jardins botânicos e bancos de germoplasma.</li> </ul>			
<b>Determinação do Estado de conservação</b>	O <i>range</i> de distribuição potencial da espécie <i>C. dorrii</i> é amplo em nível da paisagem, o que lhe confere possibilidades de responder positivamente às pressões ambientais e evitar levá-la a um estágio marginal onde toda população possa estar exposta a factores de degradação. Não obstante, por mais de menor escala sejam as ameaças impostas pela perda de habitat, ainda representam uma grande ameaça para persistência local da espécie.	<b>Métodos</b>	<b>Parâmetros principais</b>		<b>Categoria da IUCN</b>
			B1 – EOO	B2 – AOO	
		<i>GeoCAT</i>	470 km <sup>2</sup>	76 km <sup>2</sup>	EN (B1+2)
<i>Modelação ecológica (MDS)</i>	976 km <sup>2</sup>	-	EN (B1)		
<b>Fundamentação da Avaliação</b>					
Olhando para os factores de ameaça, suspeita-se que está a ocorrer um declínio na extensão de ocorrência (EOO), área de ocupação (AOO), qualidade de habitats e número de indivíduos maduros. No entanto, sob critério B, a espécie qualifica-se para a categoria Em Perigo (EN), contudo, considerando o <i>range</i> que é relativamente maior, e por ter boa capacidade de regeneração mesmo em ambientes perturbados, a espécie <i>C. dorrii</i> é por fim avaliada em nível da Paisagem de Licuáti como <b>Vulnerável (VU) B1-b (i, iii, v) + B2-b (ii, iii, v)</b> .					

\*Notas descritivas sobre a categoria de avaliação determinada “Vulnerável (VU) B1b (i, iii, v) + B2b (ii, iii, v)”:

- Vulnerável (VU) – representa “Categoria de classificação do estado de conservação de espécies (IUCN, 2001 & 2022) ”.
- B1 – representa “Subcritério/parâmetro referente a Extensão de Ocorrência (EOO) (IUCN, 2001 & 2022) ”.
- B2 – representa “Subcritério/parâmetro referente a Área de Ocupação (AOO) (IUCN, 2001 & 2022) ”.
- b – representa “Subcritério referente ao declínio contínuo em um ou mais dos itens abaixo (IUCN, 2001 & 2022) ”
  - ✓ i – representa “Declínio contínuo na Extensão de Ocorrência”
  - ✓ ii – representa “Declínio contínuo na Área de Ocupação”
  - ✓ iii – representa “Declínio na qualidade de habitat”
  - ✓ v – representa “Declínio no número de indivíduos maduros”

## 4.2. Discussão

### 4.2.1. Uso e cobertura da terra

As categorias de uso e cobertura da terra classificadas neste estudo assemelham-se as classificações obtidas por IIAM (2022) e CEAGRE (2022a), embora essas classificações tenham sido apenas em torno de uma parte do que é considerado área de estudo no âmbito desta dissertação – a área desta dissertação, designada ‘‘Paisagem de Licuáti’’ é maior comparativamente a que foi considerada nos estudos anteriores que incluíram apenas a actual designada Reserva Florestal de Licuáti e a sua área envolvente.

Os referidos estudos identificaram brenhas, florestas, matagais, pradarias, áreas habitacionais, áreas de machambas e corpos de água. Contudo, neste estudo, para além destas categorias, foram também identificados e mapeados outros tipos de cobertura natural que incluem áreas de planícies sazonalmente inundadas, lagoas e rios sazonais, terras húmidas e solos sazonalmente expostos, predominantes na parte sudoeste da paisagem, junto às planícies associadas ao rio Tembe e drenagens dos rios a montante.

Em harmonia com o mapeado neste estudo, no âmbito do estudo de CEAGRE (2022a) também se constatou que os matagais representam o tipo de cobertura de vegetação mais dominante. A característica arbustiva deste tipo de vegetação é resultado de um processo de regeneração de uma área que no passado era floresta, mas que experimentou degradação. As análises de mudanças da vegetação realizadas pelo CEAGRE revelaram que nos últimos 30 anos (1991 a 2021) a cobertura florestal sofreu degradação, tendo sido convertida em matagais.

Um padrão similar de degradação foi também encontrado num estudo realizado por Tokura *et al.* (2020) que analisou os padrões de mudanças a longo prazo da cobertura florestal na Paisagem de Licuáti e por IIAM (2022) no Microzoneamento Agroecológico da região da Reserva Florestal de Licuáti e área envolvente realizado no âmbito da planificação do uso sustentável dos recursos naturais. Os mesmos estudos mencionam que as áreas de ocupação humana, caracterizadas por habitações, machambas, instalações industriais e comerciais resultaram na conversão e perda de florestas, brenhas, incluindo matagais e pradarias.

A precisão geral dos resultados da classificação do uso e cobertura da terra em nível da Paisagem de Licuáti é de 92.39% e coeficiente Kappa de 0.88, o que confirma a aceitabilidade dos resultados da classificação (Landis & Koch, 1977). Isto significa que dos 5.673 polígonos de observação, 92.39% estão bem classificados e apenas 7.61% não têm boa classificação. A precisão do produtor e utilizador para a categoria de áreas de ocupação humana é ligeiramente baixa – precisão do produtor com 59.36% e precisão do utilizador com 58.33%. O estudo de caracterização do uso e cobertura da terra do Monte Namúli e área envolvente realizado por Frédérique (2019a) também encontrou um padrão similar, com precisão relativamente baixa em zonas habitacionais.

Em Licuáti, a baixa precisão das áreas de agrícolas e habitacionais é pelo facto de algumas dessas áreas estarem desprovidas de vegetação. Algumas áreas agrícolas encontravam-se em pousio recente, portanto, são espectralmente confundíveis com solos expostos (Oldoni *et al.*, 2019). Os solos expostos são encontrados intercalados com matagais decíduos arenosos e pradarias arenosas (Imagens Google earth, 2023).

A ocorrência da espécie *C. dorrii* em matagais e a sua persistência em ambientes perturbados (de intensa influência humana) é um dado novo, pois se trata de uma planta tipicamente associada a florestas, conforme se menciona no trabalho de descrição taxonómica da espécie (Cheek *et al.*, 2018). Por ser uma espécie nova, ainda não há trabalhos científicos sobre, por exemplo, a biologia e ecofisiologia adaptativa, que poderiam explicar a sua capacidade e mecanismos de tolerância, adaptação e resiliência em meio de perturbações.

#### **4.2.2. Distribuição espacial actual e potencial**

A espécie *C. dorrii* é actualmente conhecida por se distribuir numa extensão de 470 km<sup>2</sup> e ocupa no mínimo 76 km<sup>2</sup> em áreas de florestas arenosas e matagais. O estudo de descrição taxonómica desta espécie (Cheek *et al.*, 2018) menciona as florestas arenosas como o habitat preferencial. Os 976 km<sup>2</sup> de extensão estimados pelo modelo de distribuição de espécies (MDS) como de maior potencialidade para a ocorrência da *C. dorrii* envolvem ambientes de florestas arenosas e matagais. Então, as predições feitas pelo modelo podem ser consideradas satisfatórias enquanto a espécie já foi observada nestes habitats durante os trabalhos de CEAGRE (2022a) e durante os trabalhos de recolha de dados de campo realizados pelo autor no âmbito deste estudo.

Ademais, o modelo de distribuição previsto inclui também áreas de brenhas arenosas como áreas potenciais para a ocorrência da espécie *C. dorrii*. Alguns membros das comunidades também alegam ter visto a espécie na área da brenha de Licuáti, que eles designam localmente de “Licuátini”. A designação de Licuátini é também abordada no trabalho de Meneses (2003) sobre *Os “outros e nós”: a questão do acesso, uso e gestão dos recursos naturais em Licuáti*. Mas, a ocorrência desta espécie neste tipo de vegetação não foi registada durante os trabalhos de campo realizados pelo autor.

Não obstante, olhando para os solos e condições climáticas locais, reconhece-se a possibilidade da espécie *C. dorrii* ocorrer nas áreas de brenhas. A extensão da Paisagem de Licuáti considerada pelo modelo como potencial para a espécie apresenta similaridades em termos de solos, que são tipicamente arenosos (Gomes e Sousa, 1968, Idizine, 2003, IIAM, 2022, CEAGRE, 2022a). Este facto pode ter contribuído que o modelo incluísse áreas das brenhas, que também são arenosas. A previsão de ocorrência da espécie nas áreas de brenhas é uma informação de grande relevância científica, pois reforça o conhecimento ecológico da espécie em nível da paisagem e pode ser um ponto de partida para mais investigações de campo focados em descobrir a ocorrência da espécie neste tipo de vegetação. Mais investigações destas permitiriam melhor efectividade nas acções de conservação-futuras.

O nicho ecológico que garante a existência da espécie *C. dorrii* é fundamentalmente constituído por condições como cobertura de vegetação do tipo florestal sob solos arenosos (Gaugris & Van Rooyen, 2007, 2009; Cheek *et al.*, 2018).

#### **4.2.3. Condição ecológica da população**

A avaliação do coeficiente de “q” de Liocourt entre as classes e o padrão de distribuição dos indivíduos nas classes de tamanho encontrado tanto em florestas quanto em matagais, revela que a população da *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti encontra-se desequilibrada e instável. O desequilíbrio e instabilidade é uma característica típica de populações que assistem ou que já experimentaram distúrbios frequentes (Gaugris & Van Rooyen, 2007).

O desequilíbrio constatado na população da *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti é possivelmente originado pelos distúrbios constantes associados ao corte dos indivíduos adultos desta espécie para diversos fins, incluindo para a produção de carvão. A utilização desta espécie

para a produção do carvão é um fenómeno observado pelo autor, primeiro no ano de 2022 aquando da realização dos estudos do CEAGRE (2022ab) e segundo em 2023 durante a recolha de dados para esta dissertação.

Por outro lado, os distúrbios têm a ver com a degradação de habitat que ocorre durante o processo de produção de carvão utilizando outras espécies coassociadas à espécie *C. dorrii*. São conhecidas cerca de 22 espécies utilizadas pelas comunidades locais para a produção de carvão associadas à espécie *C. dorrii*, das quais 8 são as mais preferenciais, segundo Izidine (2003); Ribeiro *et al.*, (2011); Tokura *et al.* (2020); CEAGRE (2022b): *Newtonia hildebrandtii*, *Balanites maughamii*, *Margaritaria discoidea*, *Spirostachys africana*, *Dialium schlechteri*, *Combretum celastroides*, *Hymenocardia ulmoides* e *Pteleopsis myrtifolia*.

Embora os distúrbios serem um entrave à estabilidade da população da *C. dorrii*, nota-se que estes têm grande contribuição na regeneração desta espécie. Nos matagais a espécie apresenta maior vigor na regeneração de indivíduos. Neste tipo de vegetação parece haver mínimas condições microclimáticas para a germinação das sementes. Existem espécies que possuem uma estratégia de sobrevivência adaptada à locais onde ocorrem distúrbios, os quais permitem a entrada da radiação solar que activam o banco de sementes (Jardim *et al.*, 2007).

É provável que as áreas perturbadas gerem clareiras que recebem quantidades de radiação que favorecem o vigor e distribuição dos propágulos da espécie *C. dorrii*. Este é um fenómeno cuja compreensão não é concluída neste estudo, pelo que precisa de mais investigações para verificar os efeitos de diferentes tipos e tamanhos de clareiras, sobre o crescimento da espécie em nível da Paisagem de Licuáti (Farah, 2003). Contudo, geralmente, as condições microclimáticas nas clareiras que favorecem a regeneração variam em função do seu formato, orientação e tamanho. A natureza das clareiras determina a incidência e duração diária de insolação (Farah, 2003).

Os indivíduos adultos da espécie *C. dorrii* ocorrem em similar densidade e estrutura de tamanho entre florestas e matagais. Este resultado é provável que esteja a revelar que os matagais, apesar de ainda estarem no processo de sucessão para atingirem o estágio de floresta, pelo tempo que passou de recuperação, indivíduos de algumas espécies como a *C. dorrii* já tenham atingido o pico de crescimento. De tal forma que, comparando com as florestas, a densidade e o tamanho não têm diferenças expressivas.

Outro fundamento é que quando as áreas de florestas foram degradadas pela produção de carvão, o corte ainda era selectivo, e que a espécie *C. dorrii* possivelmente ainda não fazia parte da lista das exploradas para este fim. Este fundamento é baseado no facto de que nos últimos anos, devido à escassez de espécies que produzem carvão de melhor qualidade, os carvoeiros já se veem a cortar espécies proibidas no passado pela tradição local, como, por exemplo, *Sclerocarya birrea* (canhueiro) e *Dialium schletcheri* (Tindwiva) (Izidine *et al.*, 2008; Siteo *et al.*, 2006). As espécies hoje exploradas para carvão, tais como *Balanites maughamii*, *Brachylaena discolor*, *Croton pseudopulchellus*, *Hymenocardia ulmoides*, *Margaritaria discoidea* e *Pteleopsis myrtifolia* eram somente usadas na construção (A. Tembe, em comunicação pessoal, 2023).

A lista de espécies tem crescido a cada ano, e vão sendo incluídas espécies que a 20 anos atrás não eram exploradas. São conhecidos actualmente aproximadamente 40 espécies, documentadas pelo Zacarias (2021) e CEAGRE (2022b) (**Apêndice 8.4.**).

#### **4.2.4. Associação entre as espécies**

A espécie *C. dorrii* compartilha habitats com 30 espécies de plantas de interesse de conservação local, 27% das quais são valoradas por ser endémicas e outras 73% são muito importantes para comunidades locais, exploradas para a produção de carvão. Do total das 8 espécies endémicas, três é que são mais associadas à espécie *C. dorrii*: a *Psydrax fragrantissimus*, *Pavetta vanwykiana* e *Empogona maputensis*. A *Psydrax fragrantissimus* é uma espécie predominantemente de florestas arenosas (Kirkwood & Midgley, 1999; Burrows *et al.*, 2018) que já havia sido documentada desde as primeiras expedições botânicas realizadas na Paisagem de Licuáti. Foi reportada nos trabalhos de Izidine *et al.* (2003), Izidine (2003), Matimele (2016) e foi recentemente registada em maior frequência e abundância durante os estudos realizados pelo CEAGRE (2022a).

A *Pavetta vanwykiana* é encontrada em florestas arenosas (Matimele, 2016; Matimele *et al.*, 2016a) sobretudo nas clareiras (Darbyshire *et al.*, 2019). A *Empogona maputensis* conhecida por ocorrer em florestas arenosas (Matimele, 2016; Matimele *et al.*, 2016b) também foi muito observada durante os estudos do CEAGRE (2022a). As restantes espécies, apesar de comuns na Paisagem de Licuáti, prenominam mais em brenhas arenosas do que florestas (Burrows *et al.*, 2018, Darbyshire *et al.*, 2019), daí que situações de co-ocorrência são raras.

A *Acridocarpus natalitius* var. *linearifolius*, durante os trabalhos de campo pelo autor, foi observada frequentemente em pradarias e áreas degradadas. Matimele (2016) e Matimele *et al.* (2016c) também registraram a *Acridocarpus natalitius* var. *linearifolius* em Licuáti nas bordas de manchas intactas de florestas arenosas e áreas usadas no passado para agricultura e pastoreio.

As espécies exploradas para a produção de carvão, altamente associadas a *C. dorrii*, são todas elas de florestas arenosas e são espécies já conhecidas de co-ocorrer com *C. dorrii* desde quando ainda era taxonomicamente conhecida por *C. greenwayi*. Os trabalhos de Izidine (2003) e Izidine *et al.* (2003) realizados em Licuáti do lado de Moçambique e Licuáti do lado da África do Sul (Gaugris & Van Rooyen, 2009) já mencionam a ocorrência junto à Cola, das espécies como *Balanites maughamii*, *Dialium schlechteri*, *Drypetes arguta*, *Erythrophleum lasianthum*, *Margaritaria discoidea*, *Hymenocardia ulmoides*, *Hyperacanthus microphyllus*, *Newtonia hildebrandtii*, *Pteleopsis myrtifolia*, *Ptaeroxylon obliquum*, *Spirostachys africana*, *Strychnos madagascariensis*, *Afzelia quanzensis*, *Terminalia sericea*. Algumas destas espécies como *Newtonia hildebrandtii*, *Balanites maughamii*, *Margaritaria discoidea*, *Spirostachys africana* e *Erythrophleum lasianthum* observam-se ser modernamente associadas a *C. dorrii*, pois são espécies que devido a intensiva procura para produção de carvão já são escassas (CEAGRE, 2022b). As outras espécies nomeadamente *Terminalia sericea*, *Ptaeroxylon obliquum*, *Sclerocarya birrea*, *Boscia albitrunca*, *Afzelia quanzensis*, *Albizia versicolor* e *Dovyalis longispina* são naturalmente raras em florestas arenosas, estão presentes principalmente nas brenhas e pradarias arborizadas (Burrows *et al.*, 2018).

## CAPÍTULO V: CONCLUSÕES GERAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

### 5.1. Conclusões gerais

A Paisagem de Licuáti é constituída por quatro tipos de vegetação principais: florestas, brenhas, pradarias e matagais arenosos. Alguns matagais, os matagais tipo secundários, resultam da regeneração ecológica pós-degradação, de florestas outrora degradadas pela exploração florestal para a produção do carvão. Algumas áreas em nível da paisagem encontram-se ocupadas por machambas, habitações e outras infraestruturas. Maior parte das ocorrências da espécie *C. dorrii* encontra-se em matagais, mas também predomina em florestas.

A população da espécie na paisagem distribui-se numa extensão espacial estimada de 470 km<sup>2</sup>, mas há potencial para se expandir até cerca de 976 km<sup>2</sup> nas áreas cobertas por florestas, matagais incluindo brenhas seguindo gradiente de solos tipicamente arenosos. Para além dos solos, a ocorrência da espécie *C. dorrii* mostra-se ser influenciada pelas variações da temperatura e tipos de vegetação. Algumas áreas com ocorrências da espécie, observadas e prevista pelos modelos de distribuição de espécies, estão em risco iminente de desaparecimento devido ao uso da terra pelas comunidades locais aquando da prática das actividades como agricultura, expansão habitacional e outras infraestruturas.

A população da espécie *C. dorrii* apresenta um padrão típico de populações em distúrbio, desequilibrada e instável. As razões que justificam este padrão presumem-se que sejam provavelmente a degradação do habitat causada pela produção do carvão, assim como pela utilização da espécie para os mesmos fins.

A espécie *C. dorrii* ocorre associada à várias outras espécies de importância de conservação, em que dentre endémicas destacam-se a *Psydrax fragrantissimus*, *Pavetta vanwykiana* e *Empogona maputensis* e as de importância socioeconómica para as comunidades locais utilizadas para a produção de carvão destacam-se a *Newtonia hildebrandtii*, *Balanites maughamii*, *Manilkara discolor*, *Margaritaria discoidea*, *Spirostachys africana*, *Hymenocardia ulmoides*, *Pteleopsis myrtifolia*, *Drypetes arguta*, *Dialium schlechteri*, *Brachylaena discolor*, *Combretum zeyheri*, *Erythrophleum lasianthum*, *Lannea schweinfurthii*, *Olax dissitiflora* e *Strychnos madagascariensis*.

Por fim, a espécie *C. dorrii* é avaliada como Vulnerável em nível da Paisagem de Licuáti. O controlo e gestão na utilização desta espécie e espécies associadas, bem como a protecção dos habitats são intervenções necessárias para garantir a conservação e persistência da população a curto, médio e longo prazo.

## 5.2. Recomendações do estudo

Recomenda-se que a espécie *C. dorrii* seja considerada nas iniciativas de conservação da biodiversidade em curso e a ser implementadas em nível da Paisagem de Licuáti. Espera-se ainda que a informação da espécie *C. dorrii* sobre distribuição actual (conhecida) e prevista pelos modelos de distribuição e a informação sobre a ecologia da população possa orientar os tomadores de decisão a priorizar mais adequadamente as suas acções de conservação desta espécie olhando para o facto de algumas áreas de habitat potencial estão sendo ocupadas pelas actividades humanas e degradadas pela produção do carvão vegetal. Sendo assim, são áreas que devem ser alvo de acções de contrabalanços de biodiversidade.

Há necessidade de considerar as seguintes intervenções de conservação para espécie *C. dorrii*:

- Estabelecer programas que incluam estratégias de gestão, que protejam as florestas e outros habitats potenciais dentro da área de distribuição desta espécie identificada pela modelagem ecológica (MDS);
- Definir iniciativas de conservação *in-situ* (protecção das áreas onde a espécie ocorre; gestão de uso da terra e ordenamento territorial olhando para os valores de biodiversidade e, restauração de habitats degradados);
- Promover programas de controlo e gestão do uso da espécie *C. dorrii* e espécies associadas para garantir a persistência da população da espécie;
- Estabelecer programas que garantem que a terra e os recursos florestais sejam usados de forma sustentável, olhando para a sua conservação, de modo a promover persistência das espécies, em especial a *C. dorrii*, para garantir continuidade na provisão dos recursos explorados;
- Promover iniciativas de conservação *ex-situ* (plantio em jardins botânicos e depósito de sementes em bancos de germoplasma nacionais e internacionais);

- Estabelecer programas de monitoria temporal (a longo prazo) para acompanhar a dinâmica populacional (crescimento e abundância) da espécie *C. dorrii* e outras espécies associadas relativamente às mudanças do tipo e qualidade de habitats devido à degradação pela produção do carvão vegetal.

Reconhecendo as limitações de recursos para conservação da biodiversidade em nível de toda Paisagem de Licuáti, sugere-se que a espécie *C. dorrii* seja considerada uma espécie “guarda-chuva” para a conservação, pois para além sua distribuição incluir os habitats mais importantes da paisagem, ela ocorre associada às várias outras espécies de elevado valor de conservação como plantas endêmicas e espécies de importância socioeconômica para as comunidades.

Em termos de investigações adicionais, são necessários estudos aprofundados sobre:

- A componente socioeconômica da espécie (conhecimento local, utilização e comércios de produtos derivados);
- Avaliar mudanças espaciais e temporais de uso e cobertura de terra em nível da Paisagem de Licuáti;
- Estudos dos efeitos dos factores como cortes para carvão, queimadas, mudanças do uso e cobertura da terra na distribuição e sobrevivência (persistência) da espécie;
- Compreender os limiares de tolerância à degradação ambiental e estratégias de sobrevivência da espécie aos distúrbios de vária ordem;
- Investigar a ocorrência da espécie *C. dorrii* em áreas cobertas por brenhas. As brenhas foram indicadas pelo modelo de distribuição (MDS) como áreas potenciais para a ocorrência da espécie. Esta informação permite compreender melhor a ecologia da espécie e deste tipo de vegetação.;
- Identificada a ocorrência da espécie *C. dorrii* em brenhas, é necessário conduzir estudos de ecologia de população da espécie nas brenhas;
- A espécie *C. dorrii* foi registada na maioria das vezes em florestas de *Newtonia hildebrandtii* e matagais em regeneração de florestas antes dominadas pela mesma espécie. Assim sendo, recomenda-se a realização de estudos focados em verificar os factores ambientais ou ecofisiológicos que determinam a ocorrência da *C. dorrii* em florestas dominada pela *Newtonia hildebrandtii*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akdeniz, H. B., Sag, N. S. & Inam, S. (2023). Analysis of land use/land cover changes and prediction of future changes with land change modeler: Case of Belek, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195:135. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10746-w>.
- Akhtar-Khavari, A., Lim, M. & Woolaston, K. (2020). Environmental law's extinction problem. *Griffith Law Review*, 29 (4):, 493-512, DOI: 10.1080/10383441.2020.1940569.
- Alegria, C., Almeida, A.M., Roque, N., Fernandez, P., Ribeiro, M.M. (2023). Species Distribution Modelling under Climate Change Scenarios for Maritime Pine (*Pinus pinaster* Aiton) in Portugal. *Forests*, 14, 591. <https://doi.org/10.3390/f14030591>.
- Alfani, F., Azzarri, C., D'Errico, M. & Molini, V. (2012). Poverty in Mozambique: New Evidence from Recent Household Surveys. *Policy Research Working Paper*, 1–33. <https://doi.org/10.1021/ar300144x>.
- Bachman, S., Moat, J., Hill, A. W., de laTorre, J. & Scott, B. (2011). Supporting red list threat assessments with GeoCAT: Geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys*, 150: 117–126. <https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109>.
- Baxter, J. (2014). *Vegetation Sampling Using the Quadrat Method*. Department of Biological Sciences. 3pp. <http://www.csus.edu/indiv/b/baxterj/bio%20221b/vegetation%20sampling%20quadrat.pdf>.
- Botero-Delgadillo, E., Bayly, N., Gómez, C., Pulgarín-R., P. C., & Páez, C. A. (2015). An assessment of the distribution, population size and conservation status of the Santa Marta Foliage-gleaner *Automolus rufipectus*: A Sierra Nevada de Santa Marta endemic. *Bird Conservation International*, 1–15. <https://doi.org/10.1017/S0959270914000513>.
- Botha, J., Witkowski, E. T. F., & Shackleton, C. M. (2004). The impact of commercial harvesting on *Warburgia salutaris* ('pepper-bark tree') in Mpumalanga, South Africa. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1675–1698. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000029333.72945.b0>.

- Burrows, J., Burrows, S., Lotter, M. & Schmidt, E. (2018) *Trees and Shrubs Mozambique*. Publishing Print Matters. Noordhoek, Cape Town. 1124pp.
- Bruschi, P., Mancini, M., Mattioli, E., Morganti, M. & Signorini, M. A. (2014). Traditional uses of plants in a rural community of Mozambique and possible links with Miombo degradation and harvesting sustainability. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10:59. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-59>.
- Burgess, A. J., Retkute, R., Herman, T. & Murchie, E. H. (2017). Exploring relationships between canopy architecture, light distribution, and photosynthesis in contrasting rice genotypes using 3D canopy reconstruction. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00734>.
- Callmander, M. W., Schatz, G. E. & Lowry II, P. P. (2005). IUCN Red List assessment and the Global Strategy for Plant Conservation: taxonomists must act now. *Taxon*, 54 (4): 1047–1050.
- Cunningham, A. B. (2001). *Applied ethnobotany: People, wild plant use and conservation*. Earthscan Publication Ltd., London, UK.
- Centro de Estudos de Agricultura e Gestão de Recursos Naturais (CEAGRE) (2022a). *Caracterização Ecológica da Região de Licuáti*. Maputo. 75pp.
- Centro de Estudos de Agricultura e Gestão de Recursos Naturais (CEAGRE) (2022b). *Caracterização Socioeconómica das Comunidades e Cadeia de Valor do Carvão Vegetal na Região de Licuáti*. Maputo. 95pp.
- Cheek, M., Lawrence, P. & McClelland, W. (2018). *Cola dorrii* sp. nov. (Sterculiaceae), a threatened Maputaland Forest endemic of South Africa. *Kew Bulletin*, 73: 25. <https://doi.org/10.1007/s12225-018-9749-2>.
- Cheplick, G. P. (2022). Philomaty in plants: why do so many species have limited seeddispersal? *American Journal of Botany*, 109:29–45. DOI: 10.1002/ajb2.1791.
- Chomba, C., Nyirenda, V. & Silengo, M. (2013). Selective use patterns of woody plant species by local communities in Mumbwa Game Management Area: A prerequisite for effective

management of woodland resources and benefit sharing. *Open Journal of Ecology*, 03(08): 532–550. <https://doi.org/10.4236/oje.2013.38062>.

Collen, C., A. Purvis & G. M. Mace (2010). When is a species really extinct? Testing extinction inference from a sighting record to inform conservation assessment. *Diversity and Distributions*, 16: 755–764. DOI: 10.1111/j.1472-4642.2010.00689.x.

Conde, P., Figueira, R., Saraiva, S., Catarino, L., Romeiras, M. & Duarte, M.C. (2014). The Botanic Mission to Mozambique (1942-1948): contributions to the knowledge of the medicinal flora of Mozambique. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 21 (2). <http://www.scielo.br/hcsm>.

Condit, C., Sukumar, R., Hubbell, S.P. & Foster, B.R. (1998). Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. 152 (4): 495–509.

Corrêa, B. S., Louzada, J. N. C., & de Moura, A. S. (2011). Descrição de critérios utilizados atualmente para compor as listas de espécies ameaçadas e endêmicas. *Revista Agrogeoambiental*, 3:105–117. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v3n12011307>.

Corvelo, R. (2010). Estatuto de Conservação das Plantas Vasculares Endêmicas dos Açores Segundo os Critérios da IUCN: Implicações ao Nível do Ordenamento do Território e do Planeamento Ambiental. Dissertação de Mestrado. Açores, Universidade de Açores. 78pp.

Cruz-Cárdenas, G., López-Mata, L., Villaseñor, J. L. & Ortiz, E. (2014). Potential species distribution modeling and the use of principal component analysis as predictor variables. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 189–199. <https://doi.org/10.7550/rmb.36723>.

Dalapiccola, J. (2016). Tutorial de modelos de distribuição de espécies: guia teórico. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 27pp.

Darbyshire, I., Timberlake, J., Osborne, J., Rokni, S., Matimele, H., Langa, C., Datizua, C., de Sousa, C., Alves, T., Massingue, A., Hadj-Hammou, J., Dhanda, S., Shah, T. & Wursten, B. (2019). The endemic plants of Mozambique: Diversity and conservation status. *PhytoKeys*, 136: 45–96. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.136.39020>.

- Darbyshire, I., Richards, S., Osborne, J., Matimele, H., Langa, C., Datizua, C., Massingue, C., Rokni, S., Williams, J., Tereza, A. & de Sousa, C. (2022). *The Important Plant of Mozambique*. Kew Publishing, London, UK. ISBN 9781842467886. 384pp.
- Das, M., Parveen, T., Ghosh, D. & Alam, J. (2021). Assessing groundwater status and human perception in drought-prone areas: a case of Bankura-I and Bankura-II blocks, West Bengal (India). *Environmental Earth Sciences*, 80:636. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09909-8>.
- de Freitas, W. K. & Magalhães, L. M. S. (2012). Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. *Floresta e Ambiente*, 19 (4): 520–540. <https://doi.org/10.4322/floram.2012.054>.
- de Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L. C., ten Brink, P. & van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1: 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>.
- de Lima, T. M., Portela, R. D. C. Q., Mendes, E. T. B. & Oda, G. A. (2022). Species distribution modeling allied with land-use reveal priority sites and species for palm (Arecaceae) conservation in Rio de Janeiro, Brazil. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5: 928446. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.928446>.
- de Lima, K. (2018). Caracterização florística e fitossociológica de uma floresta em sucessão secundária na Serra do Japi, município de Jundiaí/SP. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo. 169pp.
- Duan, H., Yu, X., Xia, S. & Liu, Y. (2022). Comparison of IUCN and species distribution modeling-estimated ranges of shorebirds in Coastal Mainland China. *Global Ecology and Conservation*, 38: e02236. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02236>.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E. & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17: 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>

- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudi'k, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. McC., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K. S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Sobero'n, J., Williams, S., Wisz, M. S. & Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129- 151.
- de Souza, E.C.F., Brant, A., Rangel, C.A., Barbosa, L.E., de Carvalho, C.E.G., Jorge, R.S.P. & Subira, R. J. (2018). Avaliação do risco de extinção da fauna brasileira: ponto de partida para a conservação da biodiversidade. *Diversidade e Gestão*, 2 (2): 62–75.
- Farah, F. T. (2003). Favorecimento da regeneração de um trecho degradado de floresta estacional semi-decidual. Dissertação de Mestrado.. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 221pp.
- Fielding, A. H & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24: 38– 49.
- Foody, G. M. (2002). Land Cover Classification Accuracy Assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80: 185–201. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-5149-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-16-5149-6_6).
- Forman, R.T.T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10 (3): 133-142.
- Frédérique, M. (2019a). Land Use and Land Cover Map of Mount Namuli and surroundings. Nitidae, 12pp.
- Frédérique, M. (2019b). *Land Use and Land Cover Map of Ribaue Mountains ( Mount Ribaue and Mount M ' paluwe )*. Nitidae. 12pp.
- Frédérique, M. (2020). *Historical and future deforestation analysis of Ribaue Mountains (Mount Ribaue and Mount M'paluwe)*. Nitidae. 24pp.
- Galante, J. P., Hade, K., Siller, S. J., Gazit, N. & Macey, S. K. (2020). Modeling Suitable Habitat for a Species of Conservation Concern: An Introduction to Spatial Analysis with QGIS.

*Lessons in Conservation*, 10 (1): 96 - 119.

Galgani, P., Woltjer, G., de Adelhart Toorop, R., de Groot Ruiz, A. & Varoucha, E. (2021). *Land use, land use change, biodiversity, and ecosystem services: true pricing method for agrifood products*. 20pp.

Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405: 220–227. <https://doi.org/10.1038/35012228>.

Gaugris, J. Y. & Van Rooyen, M. W. (2007). The structure and harvesting potential of the sand forest in Tshanini Game Reserve, South Africa. *South African Journal of Botany*, 73: 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.06.004>.

Gaugris, J. Y. & Van Rooyen, M. W. (2009). Evaluating patterns of wood use for building construction in Maputaland, South Africa. *African Journal of Wildlife Research*, 39 (1), 85–86. <https://doi.org/10.3957/056.039.0109>.

Gertenbach, W.P.D. (1983). Landscapes of the Kruger National Park. *Koedoe*, 26:9-121.

Giné, G. A. F. & Faria, D. (2018). Combining species distribution modeling and field surveys to reappraise the geographic distribution and conservation status of the threatened thin-spined porcupine (*Chaetomys subspinosus*). *PLoS ONE*, 13 (11): e0207914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207914>.

Google earth (2023). Satellite Imagery. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>.

Gomes e Sousa, A. (1968). *Reservas Florestal do Licuáti. Comunicações nr. 18 Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique*. 33pp.

Gonçalves, A. M. (2015). Abordagens metodológicas para avaliar risco de extinção de espécies de Brachyteles (Primates: Atelidae). Dissertação de Pós-Graduação. Vitória, Universidade Federal do Espírito Santo. 48pp.

Guo, Y., Li, X., Zhao, Z., Wei, H., Gao, B. & Gu, W. (2017). Prediction of the potential geographic distribution of the ectomycorrhizal mushroom *Tricholoma matsutake* under multiple climate

- change scenarios. *Scientific Reports*, 7: 46221. <https://doi.org/10.1038/srep46221>.
- Hoffmann, S. (2022). Challenges and opportunities of area-based conservation in reaching biodiversity and sustainability goals. *Biodiversity and Conservation*, 31:325–352. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02340-2>.
- Hnatiuk, R.J., Thackway, R. & Walker, J. (2009). *Explanatory notes for the Vegetation field handbook*, version 2, Bureau of Rural Sciences, Canberra. ISBN 978-1-921192-54-8.
- Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) (2021). *Microzoneamento agro-ecológico da Região de Licuáti: Planificar para o Uso Sustentável dos Recursos Naturais. Relatório Preliminar*. Maputo. 176pp.
- INE (2017). *Censo 2017: IV Recenseamento Geral da População e Habitações*. Maputo. 14 pp.
- IUCN (2001). *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. IUCN Species Survival Commission. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 30 pp.
- IUCN (2012). *Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 41pp.
- IUCN (2021). *Avaliação do Estado, Tendências e Ameaças à Biodiversidade em Moçambique BIODEV2030*. Maputo. 190pp.
- IUCN (2022). *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15.1*. Prepared by the Standards and Petitions Committee. Downloadable from <https://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>.
- Izidine, S. A. (2003). Licuáti forest reserve, Mozambique: flora, utilization and conservation. Master's Dissertation.. Pretoria, University of Pretoria. 115pp.
- Izidine, S. A., Siebert, S. J., Van Wyk, A. E. & Zobolo, A. M. (2008). Taboo and Political Authority in Conservation Policy: A Case Study of the Licuáti Forest in Maputaland, Mozambique. *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*, 2 (3): 373–390. <https://doi.org/10.1558/jsrnc.v2i3.373>.

- Jardim, F. C. da S., Serrão, D. R. & Nemer, T. C. (2007). Efeito de diferentes tamanhos de clareiras , sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas , em Moju-PA. *Acta Amazonica*, 37 (1): 37– 48.
- Kanieski, M. R., Longhi, S. J. & Soares, P. R. C. (2018). Methods for Biodiversity Assessment: Case Study in an Area of Atlantic Forest in Southern Brazil. *IntechOpen*, 1:13. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71824>.
- Khan, M. A., Blackshaw, R. E. & Marwat, K. B. (2009). Biology of milk thistle (*Silybum marianum*) and the management options for growers in north-western Pakistan. *Weed Biology and Management*, 9 (2): 99–105. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2009.00326.x>
- Kirkwood, D. & Midgley, J. J. (1999). The floristics of Sand Forest in northern KwaZulu-Natal , South Africa. *Bothalia*, 29 (2): 293–304.
- Kirui, O. K., Mirzabaev, A. & von Braun, J. (2021). Assessment of land degradation ‘on the ground’ and from ‘above.’ *SN Applied Sciences*, 3:318. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04314-z>.
- Klijn, J.A. (1995). *Hierarchical concepts in landscape ecology and its underlying disciplines (the unbearable lightness of a theory?\*)*. Wageningen (The Netherlands), DLO Winand Staring Centre. Report 100. 144 pp.
- Köppen, W. (1948). *Climatologia: Con un Estudio de los Climas De La Tierra*. México: Fondo de Cultura Econômica.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33 (1): 159–174.
- Lawrence, P. & Cheek, M. (2018). *Cola dorrii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T126712207A126712338. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T126712207A126712338.en>.
- Le Breton, T.D., Zimemer, H.C., Gallagher, R.V., Cox, M., Allen, S. & Auld, T. D. (2019). Using IUCN criteria to perform rapid assessments of at-risk\_ inclui pressupostos.pdf. *Biodiversity*

- and Conservation*, 28, 863–883. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10531-019-01697-9>.
- Lima, V. P. (2022). Climate change and distribution of useful native plant species in Brazil. Pós-Graduação. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. 143pp.
- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A. & Real, R. (2008). AUC: A misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17: 145–151.
- Locardi, B. (2011). Influência da variação sazonal da temperatura e umidade. do solo na germinação de sementes de espécies do cerrado: *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), *Banisteriopsis variabilis* B. Gates (Malpighiaceae) e *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae). Dissertação de Mestrado. Rio Claro - São Paulo. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 101pp.
- MAE (2005). Perfil do Distrito de Matutuíne Província de Maputo. Maputo. 59pp.
- Matimele, H.A., Raimondo, D., Bandeira, S., Burrows, J. E., Darbyshire, I., Massingue, A.O. & Timberlake, J. (2016a). Pavetta vanwykiana. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*, e.T85955258A85955447. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T85955258A85955447>.
- Matimele, H.A., Raimondo, D., Bandeira, S., Burrows, J.E., Darbyshire, I., Massingue, A.O. & Timberlake, J. (2016b). Empogona maputensis. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*: e.T85955111A85955417. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T85955111A85955417>.
- Matimele, H.A., Raimondo, D., Bandeira, S., Burrows, J.E., Darbyshire, I., Massingue, A.O. & Timberlake, J. (2016c). Acridocarpus natalitius var. linearifolius. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T85955099A85955397. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T85955099A85955397>.
- Majid, A., Ahmad, H., Saqib, Z., Ali, H., & Alam, J. (2015). Conservation status assessment of Meconopsis aculeata royle; A threatened endemic of Pakistan and Kashmir. *Pakistan Journal of Botany*, 47 (SI):1–5.

- Marulo, A. F. (2012). Turismo e Meio Ambiente: Uma Análise do Ecoturismo e sua Contribuição Sócio-Ambiental no Distrito de Matutuíne: Caso da Reserva Especial De Maputo-Moçambique. Dissertação de Mestrado. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 107pp.
- Massingue, A.O. (2018). Ecological Assessment and Biogeography of Coastal Vegetation and Flora in Southern Mozambique. Port Elizabeth, Nelson Mandela University. 144pp.
- Matimele, H.A., Raimondo, D., Bandeira, S., Burrows, J.E., Darbyshire, I., Massingue, A. O. & Timberlake, J. (2016). *Empogona maputensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016*, e.T85955111A85955417.
- Matimele, H. A. (2016). An Assessment of the Distribution and Conservation Status of Endemic and Near Endemic Plant Species In Maputaland. Dissertação de Mestrado. Rondebosch, University of Cape Town. 92pp.
- Meneses, M. P. (2003). *Os 'outros e nós': a questão do acesso, uso e gestão dos recursos naturais em Licuáti*, In B.S. Santos / J.C. Trindade (org.), *Conflito e transformação social: uma paisagem das justiças em Moçambique*. Porto: Afrontamento, 451-476.
- Mienmany, B. A. (2018). Analysis of land use and land cover changes and the driving forces: A case study in Kayson Phomvihan District, Laos. Dissertação de Mestrado. Porto, University of Porto. 136pp.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC. 100pp.
- MITADER (2019). *Sixth National Report on the Implementation of Convention on Biological Diversity in Mozambique*. Maputo. 152pp.
- MITADER (2018). *Inventario Florestal Nacional*. Relatório Final. Maputo. 118pp.
- Montero-Muñoz, I., Levin, G. A., & Cardiel, J. M. (2021). Four new species of *Acalypha* L. (Euphorbiaceae, Acalyphoideae) from Madagascar, with notes about their conservation status. *South African Journal of Botany*, 146:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.11.052>.

- Obiri, J., Lawes, M., & Mukolwe, M. (2002). The dynamics and sustainable use of high-value tree species of the coastal Pondoland forests of the Eastern Cape Province, South Africa. *Forest Ecology and Management*, 166: 131–148. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00665-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00665-X).
- Odorico, D., Nicosia, E., Datizua, C., Langa, C., Raiva, R., Souane, J., Nhalungo, S., Banze, A., Caetano, B., Nhauando, V., Ragú, H., Jr, M. M., Caminho, J., Mutemba, L., Matusse, E., Osborne, J., Wursten, B., Burrows, J., Cianciullo, S., Malatesta, L. & Attorre, F. (2022). An updated checklist of Mozambique 's vascular plants. *PhytoKeys*, 189: 61–80. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.189.75321>
- Oldoni, L. V., Cattani, C. E. V., Mercante, E., Johann, J. A., Antunes, J. F. G. & Almeida, L. (2019). Annual cropland mapping using data mining and OLI landsat-8. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23 (12): 952–958. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n12p952-958> Annual.
- ONU. (1992). *Convention On Biological Diversity United Nations*. 28pp.
- Osborne, J., Langa, C., Datizua, C. & Darbyshire, I. (2019). Mozambique TIPAs Fieldwork Report: Inhambane Province – Panda, Mabote and Lagoa Poelela, Technical report. 17pp.
- Palaghianu, C. & Cosofret, C. (2023). Patterns of Forest Species Association in a Broadleaf Forest in Romania. *Forests*, 14:1118. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f14061118>. Paquit, J. C. (2018). MaxEnt Modeling Training Manual in ArcGIS 10 (Revised 2018). CMU College of Forestry & Environmental Science. 26pp.
- Pellizzaro, P. C., Hardt, C., Hardt, M., Hardt, M. & Sehli, D. A. (2015). Gestão e Manejo de áreas naturais protegidas: contexto internacional. *Ambiente & Sociedade*, 18 (1): 21–40.
- Pena, J. C. de C., Kamino, L. H. Y., Rodrigues, M., Mariano-Neto, E., & de Siqueira, M. F. (2014). Assessing the conservation status of species with limited available data and disjunct distribution. *Biological Conservation*, 170: 130–136. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.015>
- Pereira-Silva, E. F. L. (n.d.). *Alterações temporais na distribuição dos diâmetros de espécies arbóreas*. 17pp.

- Peters, C. M. (1996). *The Ecology and Management of Non-Timber Forest Resources*. Washington, D.C., The World Bank. 59pp.
- Pietczak, C. (2013). Modelagem ecológica como ferramenta para a identificação de áreas prioritárias à conservação de *Philodryas agassizii* (Squamata, Dipsadidae) no rio grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 55pp.
- Pinto, C. T., Jing, X. & Leigh, L. (2020). Evaluation analysis of landsat level-1 and level-2 data products using in situ measurements. *Remote Sensing*, 12: 2597. <https://doi.org/10.3390/RS12162597>.
- Rawat, U. S. & Agarwal, N. K. (2015). Biodiversity: Concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, 16 (3): 19–28. <https://doi.org/10.36953/ecj.2015.16303>.
- Reif, M., Piercy, C., Jarvis, J., Sabol, B., Macon, C., Loyd, R., Colarusso, P., Dierssen, H. & Aitken, J. (2012). *Ground Truth Sampling to Support Remote Sensing Research and Development: Submersed Aquatic Vegetation Species Discrimination Using an Airborne Hyperspectral/Lidar System*. 32pp.
- Ribeiro, N., Chauque, A. e Remane, I. (2011). *Assessment of Degraded Forest Land and Development of a Restoration Program for Djabula and Derre Forests*. Technical Report. Maputo. 68pp.
- Roberts, D. L., Taylor, L., & Joppa, L. N. (2016). Threatened or Data Deficient: Assessing the conservation status of poorly known species. *Diversity and Distributions*, 22: 558–565. <https://doi.org/10.1111/ddi.12418>.
- Rodrigues, A. S. L., Pilgrim, J. D., Lamoreux, J. F., Hoffmann, M., & Brooks, T. M. (2006). The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21 (2): 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.10.010>.
- Roe, D., Seddon, N., & Elliott, J. (2019). Biodiversity loss is a development issue: A rapid review of evidence. *IIED Issue Paper*. IIED, London. <http://pubs.iied.org/17636IIED> ISBN 978-1-78431-688-4.

- RAO, M. & Larsen, T. (2020). Ecological Consequences of Extinction. *Lessons in Conservation*, 3: 25-53.
- Sakieh, Y., Amiri, B. J., Danekar, A., Feghhi, J., & Dezhkam, S. (2015). Simulating urban expansion and scenario prediction using a cellular automata urban growth model, SLEUTH, through a case study of Karaj City, Iran. *Journal of Housing and the Built Environment*, 30 (4): 591–611. <https://doi.org/10.1007/s10901-014-9432-3>.
- Sawatzky, D.L., Raines, G.L., Bonham-Carter, G.F. & Looney, C.G. (2004). ArcSDM2: ArcMAP extension for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural network analysis. <http://ntserv.gis.nrcan.gc.ca/sdm/>.
- StataCorp (2019). *Stata graphics reference manual release 16*. Statistical Software. College Station, TX: StataCorp LLC. 751pp.
- Izidine, S., Siebert, S., van Wyk, B. (2003). Maputaland’s Licuáti forest and thicket: Botanical exploration of the coastal plain south of Maputo Bay, with an emphasis on the Licuáti Forest Reserve. *Veld & Fauna*, 56 – 61.
- Senkoro, A. M. (2021). *Ethnobotany and conservation biology of Warburgia salutaris (G.Bertol.) Chiov., a threatened medicinal plant in southern Mozambique*. Tese de Doutoramento.. Makhanda, Rhodes University. 234 pp.
- Shaukat, S. S., Hussain, F., Zafar, H., Rao, T. A., Mahmood, K., & Raza, A. (2014). Species Composition, Spatial Heterogeneity, Interspecific Association and Diversity of an Early Successional Plant Community: a Comparison of Some Species Association Indices. *Int. J. Biol. Biotech*, 11(4): 677–691.
- Sitoe, A., Mabunda, R., Belokurov, A., Ntumi, C., Fusarim, A., Couto, M., Silveira, S., Foloma, M., & Lichuge, J. (2006). *Avaliação Rápida e Participativa das Áreas de Conservação em Moçambique*. Maputo. 59pp.
- Soberon, J. & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species’ Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1–10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>.

- Soto, S. J. (2001). *A community ecological and socio-economic development approach. A case study of Goba Area, Maputo Mozambique.*
- Soto, S. J. (2007). *National Assessment of Coastal Forests Resources (Mozambique): A National review report to be used in the development of the WWF-EARPO Eastern Africa Coastal Forests Ecoregion Programme.* Maputo. 23pp.
- Stalmans, M. & Wishart, M. (2005). Plant communities, wetlands and landscapes of the Parque Nacional de Banhine, Moçambique. *Koedoe* 48 (2): 43–58. Pretoria. ISSN 0075- 6458.
- Stano, F., Sevegnani, L. & Ghoddosi, S. M. (2007). Estrutura de populações de espécies arbóreas no Parque Natural Municipal São Francisco de Assis, Blumenau-SC. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(1): 693 – 695.
- Sulis, E., Bacchetta, G., Cogoni, D., Gargano, D. & Fenu, G. (2020). Assessing the global conservation status of the rock rose *Helianthemum caput-felis*. *Oryx*, 54 (2): 197–205. <https://doi.org/10.1017/S0030605318001424>.
- Tafesse, B. (2017). Impact of Land-Use / Land-Cover Changes on Land Surface Temperature in Adama Zuria Woreda , Ethiopia , Using Geospatial Tools. Dissertação de Mestrado. Addis Ababa University. 76pp.
- Tokura, W., Matimele, H., Smit, J. & Hoffman, M.T. (2020). Long- term changes in forest cover in a global biodiversity hotspot in southern Mozambique. *Bothalia - African Biodiversity & Conservation* 50 (1): 1-17. <http://dx.doi.org/10.38201/btha.abc.v50.i1.1>.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, A.T., Didham, R.K., Fahring, L., Batary, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Frund, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Puttern, W. & Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, 000–000.
- Van Wyk, A. E. (1996). Biodiversity of the Maputaland Centre. In L. J. G. van der Maesen *et al* (Ed.), *The Biodiversity of African Plants*. 198–207pp.

- von Maltitz, G., Mucina, L., Geldenhuys, C., Lawes, M., Eeley, H., Adie, H., Vink, D., Fleming, G. & Bailey, C. (2003). *Classification system for South African indigenous forests: an objective classification for the Department of Water Affairs and Forestry*. Pretoria. 285pp.
- Weng, Q. (2010). *Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications*. In *Managing Human and Social Systems*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 433pp. <https://doi.org/10.1201/9781003053514-17>.
- Were, K., Dick, Ø. B. & Singh, B. R. (2014). Exploring the geophysical and socio-economic determinants of land cover changes in Eastern Mau forest reserve and Lake Nakuru drainage basin, Kenya. *GeoJournal*, 79:775–790. <https://doi.org/10.1007/s10708-014-9525-2>.
- Werkmeister, G. (2016). MaxEnt modelling of the distribution and environmental constraints of endemic tree species *Uapaca bojeri* ( tapia ) in Madagascar. Dissertação de Mestrado. London, Queen Mary, University of London, and Royal Botanic Gardens, Kew. 38pp.
- Whitmore, T. C. e Sayer, J. A. (1992). *Tropical Deforestation and Species Extinction*. Chapman & Hall, London. xvii + 147 pp.
- Whittaker, R. J., Araújo, M. B., Jepson, P., Ladle, R. J., Watson, J. E. M. & Willis, K. J. (2005). Conservation biogeography: Assessment and prospect. *Diversity and Distributions*, 11: 3–23. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x>.
- Wilson, B. G. & Witkowski, E. T. F. (2003). Seed banks, bark thickness and change in age and size structure (1978-1999) of the African savanna tree, *Burkea africana*. *Plant Ecology*, 167: 151–162. <https://doi.org/10.1023/A:1023999806577>.
- WCS, Government of Mozambique & USAID. (2021). *Key Biodiversity Areas (KBAs) Identified in Mozambique: Factsheets VOL. II. Red List of threatened species and ecosystems, identification and mapping of key biodiversity areas (KBAs) in Mozambique*. USAID / SPEED+. Maputo. 70pp.
- Yao, Z., Xin, Y., Yang, L., Zhao, L., & Ali, A. (2022). Precipitation and temperature regulate species diversity, plant coverage and aboveground biomass through opposing mechanisms in large-scale grasslands. *Frontiers in Plant Science*, 13: 999636.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.999636>.

Young, N., Carter, L. & Evangelista, P. (2011). *A MaxEnt Model v3.3.3e Tutorial (ArcGIS v10)*. Colorado State University and the National Institute of Invasive Species Science. 30pp.

Zacarias, F. (2021). *Caracterização socio-economica e ambiental da cadeia de valor do carvão na comunidade de Djabula, Matutuíne*. Relatório sumário e tabelas resumo. Biofund e WCS. 11pp.

Zubair, A. O. (2006). Change detection in land use and land cover using remote sensing data and gis: A case study of ilorin and its environs in Kwara State. Dissertação de Mestrado.. Ibadan, University of Ibadan. 44pp.

## 7. ANEXOS

**Anexo 7.1.:** Área e proporção de categorias de uso e cobertura da terra da Paisagem de Licuáti, ano 2022.

<b>Código</b>	<b>Uso e cobertura da terra</b>	<b>Área (hectares)</b>	<b>% da área total</b>
<b>1</b>	Brenha arenosa	35681.1	21.0
<b>2</b>	Floresta arenosa	19070.2	11.2
<b>3</b>	Matagal arenoso	89384.6	52.7
<b>4</b>	Pradaria arenosa	13408.9	7.9
<b>5</b>	Ocupação humana	1746.5	1.0
<b>6</b>	Corpos de água permanente	1296.0	0.8
<b>7</b>	Outros tipos de cobertura natural	8969.02	5.3
<b>Total</b>		169556.6415	100

**Anexo 7.2:** Matriz de correlação resultante da análise ‘*Principal Component Analysis (PCA)*’ de 19 variáveis bioclimáticas candidatas à predição da distribuição potencial da *C. dorrii* na Paisagem de Licuáti. Bio 1 – Temperatura média anual, Bio 2 – Intervalo diurno médio (média mensal (temp máximo-temp mínimo)), Bio 3 – Isotermalidade, Bio 4 – Sazonalidade da temperatura, Bio 5 – Temperatura máxima do mês mais quente, Bio 6 – Temperatura mínima do mês mais frio, Bio 7 – Variação anual da temperatura, Bio 8 – Temperatura média do trimestre mais húmido, Bio 9 – temperatura média do trimestre mais seco, Bio 10 – Temperatura média do trimestre mais quente, Bio 11 – Temperatura média do trimestre mais frio, Bio 12 – Precipitação anual, Bio 13 – Precipitação do mês mais chuvoso, Bio 14 – Precipitação do mês mais seco, Bio 15 – Precipitação da sazonalidade, Bio 16 – Precipitação do trimestre mais húmido, Bio 17 – Precipitação do trimestre mais seco, Bio 18 – Precipitação do trimestre mais quente, Bio 19 – Precipitação do trimestre mais frio.

Variáveis	Bio 1	Bio 2	Bio 3	Bio 4	Bio 5	Bio 6	Bio 7	Bio 8	Bio 9	Bio 10	Bio 11	Bio 12	Bio 13	Bio 14	Bio 15	Bio 16	Bio 17	Bio 18	Bio 19
Bio 1	1.00																		
Bio 2	-0.24	1.00																	
Bio 3	-0.45	0.09	1.00																
Bio 4	0.25	0.82	-0.40	1.00															
Bio 5	0.83	0.34	-0.47	0.73	1.00														
Bio 6	0.77	-0.79	-0.27	-0.40	0.29	1.00													
Bio 7	-0.17	0.99	-0.06	0.88	0.41	-0.75	1.00												
Bio 8	0.99	-0.13	-0.48	0.36	0.88	0.70	-0.06	1.00											
Bio 9	0.95	-0.50	-0.35	-0.05	0.62	0.92	-0.45	0.91	1.00										
Bio 10	0.99	-0.14	-0.48	0.35	0.88	0.71	-0.07	1.00	0.92	1.00									
Bio 11	0.95	-0.50	-0.35	-0.05	0.62	0.92	-0.45	0.91	1.00	0.92	1.00								
Bio 12	0.01	-0.86	0.38	-0.94	-0.53	0.59	-0.92	-0.11	0.30	-0.09	0.30	1.00							
Bio 13	-0.21	-0.75	0.51	-0.96	-0.67	0.39	-0.83	-0.31	0.08	-0.30	0.08	0.96	1.00						
Bio 14	0.28	-0.90	0.18	-0.81	-0.28	0.78	-0.93	0.17	0.54	0.18	0.54	0.94	0.81	1.00					
Bio 15	-0.46	0.88	0.03	0.65	0.08	-0.87	0.88	-0.36	-0.68	-0.37	-0.68	-0.82	-0.62	-0.94	1.00				
Bio 16	-0.19	-0.75	0.51	-0.96	-0.65	0.41	-0.83	-0.29	0.10	-0.28	0.10	0.96	0.99	0.82	-0.64	1.00			
Bio 17	0.23	-0.92	0.19	-0.85	-0.34	0.76	-0.95	0.12	0.50	0.13	0.50	0.96	0.84	0.99	-0.94	0.86	1.00		
Bio 18	-0.19	-0.75	0.52	-0.96	-0.65	0.40	-0.83	-0.29	0.10	-0.28	0.10	0.96	0.99	0.82	-0.63	1.00	0.85	1.00	
Bio 19	0.23	-0.92	0.19	-0.85	-0.34	0.76	-0.95	0.12	0.50	0.13	0.50	0.96	0.84	0.99	-0.94	0.86	1.00	0.85	1.00

**Anexo 7.3.:** Resumo dos cinco critérios (A-E) usados para avaliar se um táxon pertence a uma categoria de ameaça (Criticamente em Perigo, Em Perigo ou Vulnerável) (IUCN, 2022).

<b>A. Redução da População (Declínio medido ao longo de 10 anos ou 3 gerações, o que for mais longo)</b>			
	<b>Criticamente Em Perigo</b>	<b>Em Perigo</b>	<b>Vulnerável</b>
<b>A1</b>	≥ 90%	≥ 70%	≥ 50%
<b>A2, A3 e A4</b>	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
<p><b>A1</b> Redução da população observada, estimada, inferida ou suspeitada de ter ocorrido no passado, sendo as causas da redução claramente reversíveis E compreendidas E tenham cessado.</p> <p><b>A2</b> Redução da população observada, estimada, inferida ou suspeitada de ter ocorrido no passado, sendo que as causas da redução podem não ter cessado OU não ser compreendidas OU não ser reversíveis.</p> <p><b>A3</b> Redução da população projetada ou suspeitada de ocorrer no futuro (até um máximo de 100 anos).</p> <p><b>A4</b> Redução da população observada, estimada, inferida, projetada ou suspeitada, sendo que o período de tempo deve incluir tanto o passado quanto o futuro (até um máximo de 100 anos), e as causas da redução podem não ter cessado OU não ser compreendidas OU não ser reversíveis.</p>			
<p><b>baseado em um ou mais dos seguintes itens:</b></p> <p>(a) observação direta;</p> <p>(b) índice de abundância apropriado para o táxon;</p> <p>(c) declínio na área de ocupação, extensão de ocorrência e/ou qualidade do habitat;</p> <p>(d) níveis reais ou potenciais de exploração;</p> <p>(e) efeitos de táxons introduzidos, hibridação, patógenos, poluentes, competidores ou parasitas.</p>			
<b>B. Distribuição geográfica restrita e apresentando fragmentação, declínio ou flutuações</b>			
	<b>Criticamente Em Perigo</b>	<b>Em Perigo</b>	<b>Vulnerável</b>
<b>B1</b> Extensão de ocorrência	< 100 km <sup>2</sup>	< 5.000 km <sup>2</sup>	< 20.000 km <sup>2</sup>
<b>B2</b> Área de ocupação	< 10 km <sup>2</sup>	< 500 km <sup>2</sup>	< 2.000 km <sup>2</sup>
E pelo menos <b>2</b> dos seguintes itens:			
(a) População severamente fragmentada, <b>OU</b> número de localizações	= 1	≤ 5	≤ 10
(b) declínio continuado em um ou mais dos itens: (i) extensão de ocorrência; (ii) área de ocupação; (iii) área, extensão e/ou qualidade do habitat; (iv) número de localizações ou subpopulações; (v) número de indivíduos maduros.			
(c) flutuações extremas em qualquer um dos itens: (i) extensão de ocorrência; (ii) área de ocupação; (iii) número de localizações ou subpopulações; (iv) número de indivíduos maduros.			
<b>C. Tamanho da população pequeno e com declínio</b>			
	<b>Criticamente Em Perigo</b>	<b>Em Perigo</b>	<b>Vulnerável</b>
Número de indivíduos maduros	< 250	< 2.500	< 10.000
<b>E C1 ou C2</b>			
<b>C1</b> Um declínio continuado observado, estimado ou projetado de pelo menos (até um máximo de 100 anos no futuro):			
	25% em 3 anos ou 1 geração	20% em 5 anos ou 2 gerações	10% em 10 anos ou 3 gerações
<b>C2</b> Um declínio continuado observado, estimado, projetado ou inferido E pelo menos uma das 3 condições:			
(a) (i) número de indivíduos maduros em cada subpopulação:	≤ 50	≤ 250	≤ 1.000
(ii) ou % indivíduos em uma única subpopulação	90–100%	95–100%	100%
(b) flutuações extremas no número de indivíduos maduros			
<b>D. População muito pequena ou distribuição muito restrita</b>			
	<b>Criticamente Em Perigo</b>	<b>Em Perigo</b>	<b>Vulnerável</b>
<b>D</b> Número de indivíduos maduros	< 50	< 250	<b>D1.</b> < 1.000
<b>D2</b> Área de ocupação restrita ou número de localizações, sob uma ameaça futura plausível de levar o táxon à condição de CR ou EX em curto prazo.	-	-	<b>D2.</b> Tipicamente AOO < 20 km <sup>2</sup> ou Número de localizações ≤ 5
<b>E. Análises quantitativas</b>			
	<b>Criticamente Em Perigo</b>	<b>Em Perigo</b>	<b>Vulnerável</b>
Indicando que a probabilidade de extinção na natureza é de:	≥ 50% em 10 anos ou 3 gerações	≥ 20% em 20 anos ou 5 gerações	≥ 10% em 100 anos





**Apêndice 8.3.:** Lista geral de espécies de plantas co-associadas à espécie *C. dorrii* em nível da Paisagem de Licuáti.

Nº	Espécies	Habitus	Habitats		Status de importância	
			Floresta	Matagal	Endêmica	Produção de carvão (Fonte de renda – economia local)
1	<i>Acridocarpus natalitius</i> var. <i>linearifolius</i> Launert	Arbusto ou Árvore		1	1	
2	<i>Afzelia quanzensis</i> Welw.	Árvore	1			1
3	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W. Wight	Árvore		1		
4	<i>Albizia petersiana</i> (Bolle) Oliv.	Árvore ou Arbusto		1		
5	<i>Albizia versicolor</i> Welw. ex Oliv.	Árvore	1			1
6	<i>Antidesma venosum</i> E. Mey. ex Tul.	Arbusto ou Árvore		1		
7	<i>Balanites maughamii</i> Sprague	Árvore	1	1		1
8	<i>Boscia albitrunca</i> (Burch.) Gilg & Gilg-Ben.	Arbusto		1		1
9	<i>Boscia foetida</i> Schinz	Arbusto	1			
10	<i>Brachylaena discolor</i> DC.	Árvore	1	1		1
11	<i>Cassipourea mossambicensis</i> (Brehmer) Alston	Arbusto	1		1	
12	<i>Catunaregam spinosa</i> (Thunb.) Tirveng.	Arbusto ou Árvore	1	1		
13	<i>Celtis africana</i> Burm.f.	Árvore	1			
14	<i>Combretum apiculatum</i> Sond.	Árvore ou Arbusto		1		
15	<i>Combretum celastroides</i> Welw. ex M.A. Lawson	Árvore ou Arbusto	1	1		
16	<i>Combretum zeyheri</i> Sond.	Árvore ou Arbusto		1		1
17	<i>Craibia zimmermannii</i> (Harms) Dunn	Árvore ou Arbusto		1		
18	<i>Croton gratissimus</i> Burch.	Árvore ou Arbusto	1	1		
19	<i>Croton pseudopulchellus</i> Pax	Árvore ou Arbusto	1	1		
20	<i>Croton steenkampianus</i> Gerstner	Arbusto ou Árvore	1	1		
21	<i>Dalbergia obovata</i> E. Mey.	Árvore ou Arbusto	1			
22	<i>Dialium schlechteri</i> Harms	Árvore	1	1		1
23	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight & Arn.	Árvore ou Arbusto	1	1		
24	<i>Diospyros natalensis</i> (Harv.) Brenan subsp. <i>natalensis</i>	Árvore ou Arbusto	1			
25	<i>Dovyalis longispina</i> (Harv.) Warb.	Árvore ou Arbusto	1			1
26	<i>Drypetes arguta</i> (Müll. Arg.) Hutch.	Árvore ou Arbusto	1	1		1

27	<i>Empogona maputensis</i> (Bridson & A.E.van Wyk) Tosh & Robbr.	Árbusto	1		1	
28	<i>Erythrophleum lasianthum</i> Corbishley	Árvore	1	1		1
29	<i>Euclea natalensis</i> A.DC.	Árvore ou Arbusto	1			
30	<i>Gardenia ternifolia</i> Schumach. & Thonn.	Árvore ou Arbusto	1			
31	<i>Grewia caffra</i> Meisn.	Árbusto	1	1		
32	<i>Grewia flavescens</i> Juss.	Árvore ou Arbusto		1		
33	<i>Microcos microthyrsa</i> (K.Schum. ex Burret) Burret – <i>Grewia microthyrsa</i> K.Schum. ex Burret	Árbusto	1		1	
34	<i>Grewia robusta</i> Burch.	Árvore ou Arbusto	1			
35	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Árvore ou Arbusto	1	1		1
36	<i>Landolphia kirkii</i> Dyer ex Hook.f.	Trepadeira Arbusto	1			
37	<i>Lannea discolor</i> (Sond.) Engl.	Árvore	1			
38	<i>Lannea schweinfurthii</i> (Engl.) Engl.	Árvore	1	1		1
39	<i>Maerua triphylla</i> A.Rich.	Árvore ou Arbusto		1		
40	<i>Manilkara discolor</i> (Sond.) J.H.Hemsl.	Árvore	1	1		1
41	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) G.L.Webster	Árvore ou Arbusto	1	1		1
42	<i>Monodora junodii</i> Engl. & Diels	Árvore ou Arbusto	1	1		
43	<i>Mystroxydon aethiopicum</i> (Thunb.) Loes.	Árvore	1			
44	<i>Newtonia hildebrandtii</i> (Vatke) Torre	Árvore	1	1		1
45	<i>Ochna natalitia</i> (Meisn.) Walp.	Árvore ou Arbusto	1			
46	<i>Oxalys dissitiflora</i> Oliv.	Árvore	1	1		1
47	<i>Pappea capensis</i> Eckl. & Zeyh.	Árvore		1		
48	<i>Pavetta catophylla</i> K.Schum.	Árbusto	1			
49	<i>Pavetta vanwykiana</i> Bridson	Árbusto	1	1	1	
50	<i>Pseudobersama mossambicensis</i> (Sim) Verdc.	Árvore	1	1		
51	<i>Psydrax fragrantissimus</i> (K.Schum.) Bridson	Árvore	1		1	
52	<i>Psydrax locuples</i> (K.Schum.) Bridson	Árvore ou Arbusto	1			
53	<i>Ptaeroxylon obliquum</i> (Thunb.) Radlk.	Árvore	1			1
54	<i>Pteleopsis myrtifolia</i> (M.A.Lawson) Engl. & Diels	Árvore ou Arbusto	1	1		1
55	<i>Rawsonia lucida</i> Harv. & Sond.	Árvore	1			

56	<i>Salvadora australis</i> Schweick.	Árvore ou Arbusto		1		
57	<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.) Hochst.	Árvore		1		1
58	<i>Spirostachys africana</i> Sond.	Árvore ou Arbusto	1	1		1
59	<i>Strychnos decussata</i> (Pappe) Gilg	Árvore ou Arbusto	1			
60	<i>Strychnos madagascariensis</i> Poir.	Árvore	1	1		1
61	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	Árvore ou Arbusto		1		
62	<i>Suregada zanzibariensis</i> Baill.	Arbusto	1	1		
63	<i>Synaptolepis oliveriana</i> Gilg	Arbusto Trepadeira	1		1	
64	<i>Tabernaemontana elegans</i> Stapf	Árvore ou Arbusto	1			
65	<i>Terminalia sericea</i> Burch. ex DC.	Árvore ou Arbusto		1		1
66	<i>Vepris bremekampii</i> (I.Verd.) Mziray – <i>Toddaliopsis bremekampii</i> I. Verd	Arbusto ou Árvore	1	1	1	
67	<i>Tricalysia delagoensis</i> Schinz	Arbusto	1			
68	<i>Empogona coriacea</i> (Sond.) Tosh & Robbr. – <i>Tricalysia sonderiana</i> Hiern	Arbusto ou Árvore	1			
69	<i>Uvaria caffra</i> E.Mey. ex Sond.	Árvore ou Arbusto	1			
70	<i>Vangueria lasiantha</i> (Sond.) Sond. – <i>Lagynias lasiantha</i> (Sond.) Bullock	Árvore ou Arbusto	1			
71	<i>Vernonia colorata</i> (Willd.) Drake	Árvore ou Arbusto	1			
72	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Árvore		1		
73	<i>Warneckea parvifolia</i> R.D.Stone & Ntetha	Arbusto ou Árvore	1		1	
74	<i>Ximenia americana</i>	Arbusto ou Árvore		1		
75	<i>Zamioculcas zamiifolia</i> (Lodd.) Engl.	Arbusto	1			

**Apêndice 8.4.:** Lista de espécies utilizadas para a produção do carvão vegetal na Paisagem de Licuáti. Espécies documentadas durante os estudos realizados pelo Zacarias (2021); CEAGRE (2022b) e pelo autor no ano de 2023.

Nº	Nome Científico	Nome Local
1	<i>Azelia quanzensis</i> Welw.	Chanfuta
2	<i>Albizia forbesii</i> Benth.	Nala
3	<i>Albizia petersiana</i> (Bolle) Oliv.	Nala
4	<i>Albizia versicolor</i> Welw. ex Oliv.	Mphisso
5	<i>Balanites maughamii</i> Sprague	Nulo
6	<i>Boscia albitrunca</i> (Burch.) Gilg & Gilg-Ben.	Xikondoro
7	<i>Brachylaena discolor</i> DC.	Xiphalhane
8	<i>Cola dorrii</i> Cheek	Muthondossi
9	<i>Combretum molle</i> R.Br. ex G.Don	Xikwizi/Xikukuzi
10	<i>Combretum sp.</i>	Nkondotivi
11	<i>Croton pseudopulchellus</i> Pax	Xinebwani/Xinhebyani
12	<i>Dalbergia nitidula</i> Welw. ex Baker	Silandula
13	<i>Dialium schlechteri</i> Harms	Ndziva
14	<i>Dovyalis longispina</i> (Harv.) Warb.	Desconhecida
15	<i>Drypetes arguta</i> (Müll. Arg.) Hutch.	Kutxuane
16	<i>Empogona coriacea</i> (Sond.) J. Tosh & Robbr.	Desconhecida
17	<i>Erythrophleum lasianthum</i> Corbishley	Nkalaslhe
18	<i>Euclea undulata</i> Thunb.	Muchangula
19	<i>Hymenocardia ulmoides</i> Oliv.	Ntsantsalatane
20	<i>Landolphia parvifolia</i> K. Schum.	Mbungua/Mavungua
21	<i>Lanea schweinfurthii</i> (Engl.) Engl.	Xihubunkanhi
22	<i>Manilkara discolor</i> (Sond.) J.H. Hemsl.	Mweve
23	<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) G.L. Webster	Nxiri
24	<i>Newtonia hildebrandtii</i> (Vatke) Torre	Nfomozi
25	<i>Olex dissitiflora</i> Oliv.	Desconhecida
26	<i>Psydrax obovata</i> (Eckl. & Zeyh.) Bridson	Xibandanhoko
27	<i>Ptaeroxylon obliquum</i> (Thunb.) Radlk.	Ntsatsi

28	<i>Pteleopsis myrtifolia</i> (M.A. Lawson) Engl. & Diels	Mwandlha
29	<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.) Hochst.	Nkanyu
30	<i>Spirostachys africana</i> Sond.	Xilate/Sandalo
31	<i>Strychnos decussata</i> (Pappe) Gilg	Xicuacuane
32	<i>Strychnos madagascariensis</i> Poir.	Ncuacua
33	<i>Terminalia sericea</i> Burch. ex DC.	Nkonolua
34	<i>Trichilia emetica</i> Vahl	Mafura
35	<i>Vachellia robusta</i> (Burch.) Kyal. & Boatwr.	Munga
36	<i>Vachellia xanthophloea</i> (Benth.) Banfi & Galasso	Nkamba
37	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	Xiphassamala