

# Contents

## 5. Discussão

1

## 5. Discussão

Desenvolvemos modelos correlativos com base unicamente em variáveis bioclimáticas, a fim de uma primeira tentativa de acesso aproximado aos impactos potenciais das mudanças climáticas na distribuição da espécie de quiróptero *Lonchophylla bokermanni* Sazima e colab., 1978, e seu parceiro mutualista, a bromélia *Encholirium subsecundum* (Baker) Mez.

Os modelos para ambas as espécies mostraram que sob os dois cenários climáticos futuros, é esperado redução de ambientes adequados, o que aumenta ainda mais sob o RCP (*Representative Concentration Pathway*) 8.5, o mais extremo. *E. subsecundum* apresentou as alterações mais severas em sua distribuição, chegando a perder até 81% de área potencial sob o cenário de RCP 8.5, em relação à área do presente (figura 14). *L. bokermanni* também teve sua distribuição potencial afetada, perdendo até 58% de sua área potencial original no RCP 8.5 (figura 19). A maior perda de habitat sob o cenário pessimista sugere menor tolerância das espécies às mudanças climáticas mais intensas, além de ambas demonstrarem a tendência de contrair suas distribuições em direção ao bioma da Mata Atlântica.

Nos RCPs futuros, as espécies apresentaram perda significativa de distribuição potencial nos biomas do Cerrado e da Caatinga (figuras 13, 14, 18 e 19). A aptidão à perda de habitat no Cerrado pelas espécies é plausível a medida em que o bioma é bastante ameaçado devido a processos antrópicos de uso exploratório do solo, desmatamento e queimadas, afetando diretamente o clima [carneiro2016; @inpe]. O panorama negativo é previsto ainda a continuar, com previsões climáticas indicando intensificação dos períodos de seca e alterações no ciclo hidrológico do Cerrado no futuro [marinez2003; @arantes2016; @pbmc2013].

A área de sobreposição geográfica potencial entre ambas as espécies também apresentou propensão a contração nos cenários futuros, perdendo quase 80% da área de sobreposição com respeito ao presente, sob o cenário de RCP 8.5 (figura 4). Porém, a relação entre a sobreposição e a distribuição potencial é distinta entre ambas as espécies. *L. bokermanni* mostrou diminuição na taxa de sobreposição com relação à sua distribuição nos cenários futuros, obtendo apenas 36.9% de sobreposição espacial com a planta no cenário de RCP 8.5 (tabelas 8 e 9). Nos dois cenários climáticos futuros analisados, os modelos mostraram que mais de 60% da distribuição potencial do morcego não possuía correspondência espacial com a planta, caracterizando o *mismatch* espacial [schweiger2008; @hegland2008] por parte do morcego.

Em contrapartida, *E. subsecundum* apresentou aumento na taxa de sobreposição em relação a sua distribuição nos cenários futuros (tabelas 8 e 9), chegando a uma porcentagem alta de 84.9% de sobreposição sob RCP 4.5, o que implica que apenas 15.1% de sua distribuição potencial nesse cenário está em desencontro geográfico com o morcego. No RCP 8.5, o desencontro espacial cresce

para 23.3% da área potencial da planta.

Os resultados do projeto apontam portanto a possibilidade de não ocorrer o *mismatch* espacial com respeito à distribuição da planta, a qual pode chegar a aumentar a sobreposição com o morcego, dando suporte à nossa hipótese inicial de que o *mismatch* pode ocorrer apenas com relação à distribuição do morcego, e não com a da planta. Uma explicação plausível é a de que o crescimento relativo na sobreposição espacial pela planta seria devido à contração geográfica da mesma, de tal forma que uma distribuição menor de *E. subsecundum* seja mais provável de estar sobreposta com a de *L. bokermanni*, especialmente caso a distribuição do morcego sofra menor perda de área no futuro.

Nossos resultados também estão alinhados com a tendência apresentada em outros estudos de modelagens de predição, de que haverá contração na distribuição potencial de espécies de morcegos e plantas em cenários climáticos futuros [gomez2019; gutierrez2021; gorostiague2018; chen2011], e com observações bem documentadas de alterações nas distribuições de diversas espécies [parmesan2006; goulden2008; parmesan1999].

Consideramos no projeto que os habitats adequados para *E. subsecundum* nos quais não há a presença de *L. bokermanni* não representam habitats viáveis para a espécie, de maneira análoga o mesmo foi considerado para *L. bokermanni*, seguindo o método adotado por gorostiague2018. Desta forma, em habitats sem a presença da espécie parceira entendemos que há a falta da interação mutualista e em ambientes com ambas as espécies a interação ocorre, considerando que a interação é contínua ao longo do espaço e tempo e eficiente [gorostiague2018; anderson2016].

Ainda não existem estudos de caso sobre as consequências do *mismatch* espacial nas interações planta-morcego polinizador, porém pode-se propor algumas possíveis consequências às espécies. Para *E. subsecundum*, podemos esperar que a deposição de pólen seja afetada negativamente por causa de alteração na visitação das flores por *E. bokermanni* [hegland2008; gerard2020]. Não há conhecimento sobre se a planta possui sua abundância de flores alterada com as mudanças climáticas ou se ela pode limitar sua reprodução em decorrência de polinização insuficiente (efeito Allee), o que poderia afetar negativamente *L. bokermanni*. Uma quebra nas interações com o morcego também pode gerar um efeito cascata para a planta, afetando o período de floração em estações posteriores e podendo causar *mismatch* temporal, o desacoplamento temporal entre as espécies [hegland2008].

Além do mais, considerando a estrutura aninhada de redes de polinização [jordi2003] e a tendência a generalização entre as interações planta-polinizador [waser1996], é razoável questionar se na falta da interação com o morcego por conta de *mismatch* espacial, *E. subsecundum* possui ou possuirá espécies que também a polinizem de maneira efetiva.

Quanto aos efeitos do *mismatch* para *L. bokermanni*, gutierrez2021 proporam que as respostas de morcegos às mudanças climáticas dependem dos traços funcionais das espécies (características fisiológicas, fenológicas e morfológicas). A principal consequência que podemos esperar é a redução na quantidade de néctar e o acesso a ele, afetando diretamente a sobrevivência da espécie do morcego e forrageio [hegland2008]. marco2004 mostrou que algumas comunidades de morcegos

Glossophaginae possuem sua abundância controlada principalmente pela quantidade e qualidade de fontes de alimento. @hegland2008 também propõem que os efeitos dos *mismatches* podem ser mais graves para polinizadores do que para plantas, já que geralmente polinizadores dependem mais da nutrição do que as plantas da polinização, o que também pode ser possível para *L. bokermanni*, isto é, que a espécie seja mais prejudicada devido à sua dieta restrita. Aqui cabe o mesmo questionamento feito sobre *E. subsecundum*, caso diante de uma lacuna entre a interação mutualista com a bromélia, haveriam espécies de plantas compensatórias da qual o morcego pudesse se alimentar.

@anderson2013 recomendou o uso de outros dados além das variáveis climáticas para a modelagem de predições futuras, como habilidade de dispersão e demografia das espécies. Pela falta de dados sobre a ecologia das espécies, optamos por utilizar apenas variáveis bioclimáticas e os parâmetros padrão para o Maxent, na tentativa de evitar inacurácia elevada pelos modelos. Por causa disso, os nossos modelos não possuem a pretensão de prever exatamente a distribuição das duas espécies, mas tentar apresentar a direção com que as mudanças climáticas podem alterar as distribuições e a sobreposição espacial entre a planta e o morcego.

Diversos autores apresentaram a relação positiva entre a quantidade de dados de ocorrências das espécies e a capacidade de predição dos algoritmos de modelagem [@hernandez2006; @hijmans2008], isto é, conforme a quantidade de ocorrências diminui, é esperado menor acurácia do modelo, o que desafia a modelagem de espécies raras.

Essa perda de performance dos modelos com poucos dados foi um fator importante e desafiador para o projeto na medida em que a quantidade de ocorrências disponíveis para *Lonchophylla bokermanni* na literatura e bancos de dados online é pequena. Dessa forma, isso foi levado em conta para a tomada de decisão de aspectos fundamentais do processo de modelagem, como a escolha do algoritmo. A utilização do Maxent mostrou-se positiva ao avaliar que os modelos gerados por ele obtiveram bons valores de AUC (figuras 8 e 9), inclusive para a espécie de morcego.

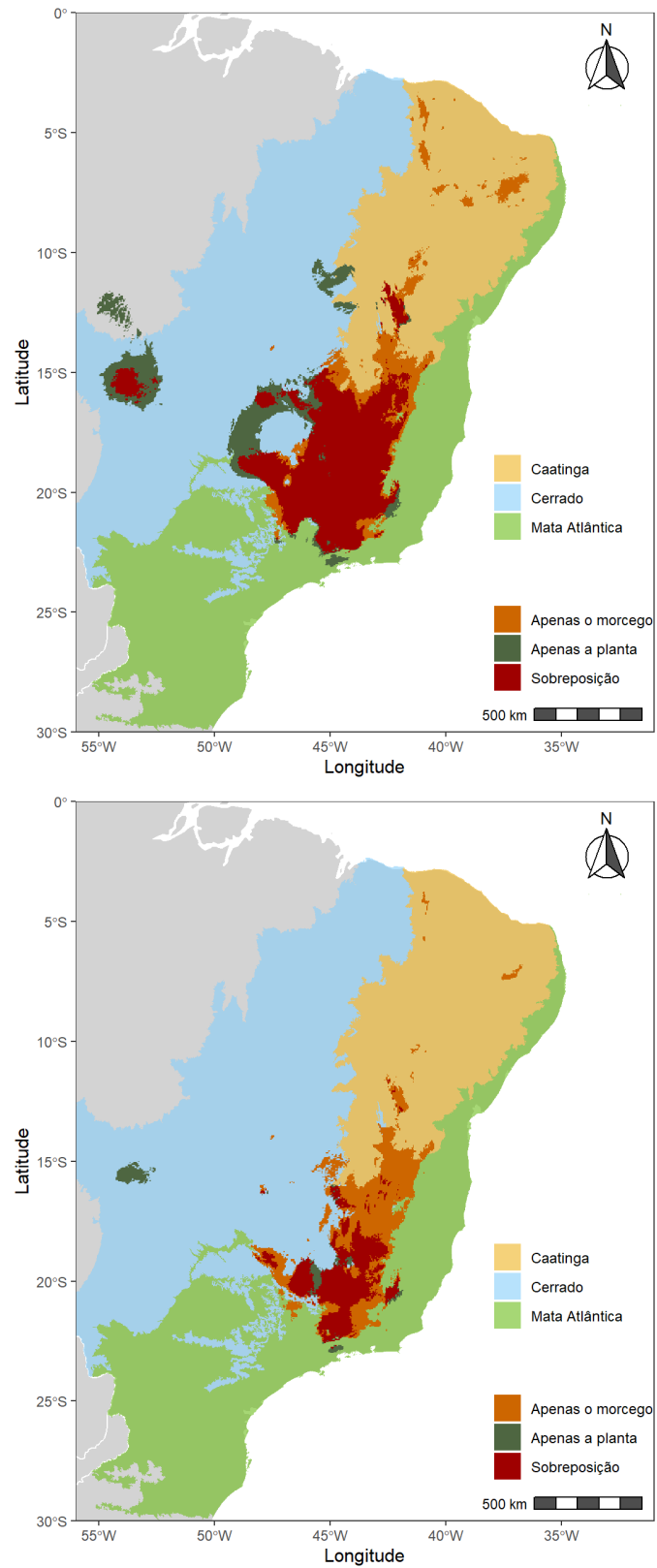


Figure 1: Mapas de sobreposição entre as distribuições da planta e do morcego no presente (acima) e no RCP 4.5 (abaixo) 2050.

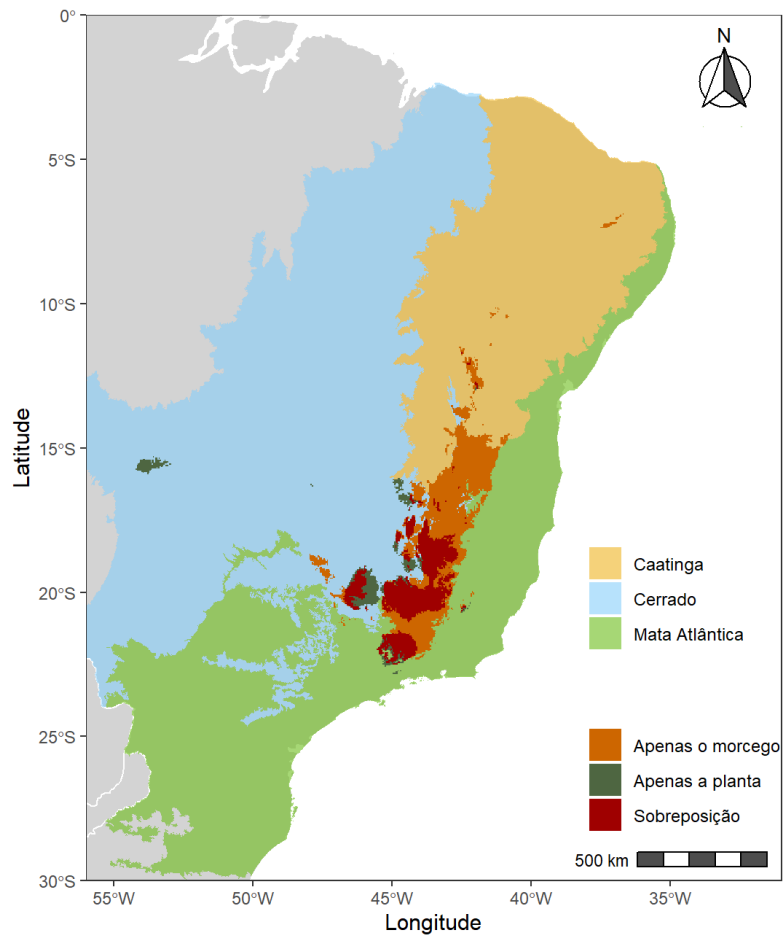


Figure 2: Mapa de sobreposição entre as distribuições da planta e do morcego no RCP 8.5 2050.