



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE
PRIMATAS BRASILEIROS - CPB

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de
Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

Relatório de Final

(2016-2017)

**Análise espaço-temporal da viabilidade e distribuição populacional do
guigó-da-Caatinga *Callicebus barbarabrownae***

Hamilton Ferreira Barreto

Orientador: Leandro Jerusalinsky (ICMBio/CPB)

Coorientador: Sidney Feitosa Gouveia (UFS)

São Cristóvão

Agosto/2017

Resumo

Ao se deparar com alterações climáticas e se deparar com a necessidade de adaptação, inclusive de sua distribuição, para assegurar a sobrevivência, uma espécie deve também lidar, na atualidade, com paisagens altamente modificadas pelo desenvolvimento humano. O bioma Caatinga vem se tornando vulnerável à união desses fatores (mudanças climáticas e fragmentação) e, sem medidas adequadas, esse somatório potencializará a desertificação dessa área. Esse ambiente abriga o guigó-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae*), uma espécie de primata endêmica ao bioma na Bahia e oeste de Sergipe, não representada em Unidades de Conservação de proteção integral e que está listada como criticamente em perigo devido à perda, fragmentação e degradação de seus habitats e ao reduzido tamanho populacional remanescente. Do ponto de vista espacial, o Modelo de Distribuição de Espécie (MDS) é uma abordagem que associa aspectos climáticos e ocorrência de espécies com o intuito de definir as condições em que as espécies são capazes de assegurar sua viabilidade populacional. Numa perspectiva temporal das mudanças em populações de espécies, a principal ferramenta utilizada em biologia da conservação é a análise de viabilidade populacional (AVP). O presente trabalho tem como objetivo integrar essas duas abordagens pouco exploradas conjuntamente – AVP e MDS –, aplicando-as à conservação de *Callicebus barbarabrownae*. Como resultado, em uma projeção mais otimista, as mudanças na adequabilidade dos fragmentos não serão muito severas. Em contrapartida, se ocorrer o que se espera para as projeções pessimistas, a espécie se encontrará cada vez mais próxima da extinção. Para que não ocorra o pior é imprescindível que aconteça com urgência a implementação de ações para reverter a situação em que *Callicebus barbarabrownae* se encontra, tal como a proteção de habitats com potencial para manter populações viáveis em longo prazo.

Palavras-chave: *Análise de Viabilidade Populacional (AVP); Modelo de Distribuição de Espécie (SDM); mudanças climáticas.*

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF THE POPULATION VIABILITY AND DISTRIBUTION OF THE CAATINGA-TITI-MONKEY *Callicebus barbarabrownae*

Abstract

When facing climatic problems and trying to adapt their distribution to ensure survival, currently a species must also deal with landscapes highly modified by human development. The Caatinga biome has become vulnerable to a set of factors (climate change and fragmentation), and without appropriate measures, this sum will potentiate the desertification of this area. This environment is home to the Caatinga-titi-monkey (*Callicebus barbarabrownae*), a primate species endemic to this biome in the states of Bahia and Sergipe, not represented in strictly Protected Areas and listed as critically endangered due to habitat loss, fragmentation and degradations and to the small remnant population. From a spatial point of view, the Species Distribution Model (SDM) is an approach that addresses the climatic issue and the occurrence of species in order to define as conditions in which species are able to ensure their population viability. In a temporal perspective of changes in species populations, a major tool used in conservation biology is the population viability analysis (PVA). The present work aims to integrate these two approaches – PVA and SDM – poorly explored together, applying the results to the conservation of *Callicebus barbarabrownae*. As a result, in a more optimistic projection, the changes in the suitability of the fragments will not be very severe. In contrast, it is expected that in pessimistic projections, the species will be increasingly close to extinction. In order to avoid this problem, it is mandatory to urgently implement adequate actions to reverse the situation of *Callicebus barbarabrownae*, such as the protection of areas with potential to support viable population at the long term.

Key words: *Population Viability Analysis (PVA); Species Distribution Model (SDM); climate change.*

Lista de Figuras

Figura 1. Guigó-da-Caatinga (<i>Callicebus barbarabrownae</i>). Foto: Antônio Estrela.....	6
Figura 2: Probabilidade de sobrevivência (A) e manutenção da diversidade genética (B) de <i>Callicebus barbarabrownae</i> na Caatinga para as diferentes populações iniciais para 50 anos.	26
Figura 3: Fragmentos de ocorrência com a modelagem da adequabilidade atual (A) e do consenso otimista para o ano de 2070 (B). Em destaque, a área em que ocorreria maior modificação entre as duas modelagens (Área I).....	31
Figura 4: Fragmentos com ocorrência de <i>Callicebus barbarabrownae</i> segundo a modelagem de adequabilidade atual (A) e do consenso pessimista para o ano de 2070 (B). Em destaque, as áreas em que ocorreria maior modificação entre as duas modelagens (Áreas I e II).	32
Figura 5: Mapa com as áreas para possíveis translocações, Unidade de Conservação (cores variadas) e os dois fragmentos sem ocorrência da espécie (roxo), em relação a distribuição dos fragmentos de ocorrência do guigó-da-caatinga (verde e vermelho).	33

Tabelas

Tabela 1: Parâmetros utilizados no modelo-base de <i>Callicebus barbarabrownae</i> na área de estudo.	21
Tabela 2: Resultados da análise de ameaça do desmatamento sobre a viabilidade de <i>Callicebus barbarabrownae</i> na Caatinga para 100 anos. N = número de indivíduos da população inicial, K = capacidade de suporte.	23
Tabela 3: Resultados da simulação do maior fragmento inviável em diferentes níveis de reflorestamento para 100 anos.....	24
Tabela 4: Resultados da variação no tamanho da população inicial de <i>Callicebus barbarabrownae</i> a fim de encontrar a PMV.	26
Tabela 5: Resultados da análise de ameaça do desmatamento sobre a viabilidade de <i>Callicebus barbarabrownae</i> na Caatinga para 50 anos. N = número de indivíduos da população inicial, K = capacidade de suporte.	27
Tabela 6: Resultados da simulação dos fragmentos inviável em diferentes níveis de reflorestamento para 50 anos.....	29
Tabela 7: Resultados das simulações de suplementação de dois indivíduos, agindo ou não em conjunto com o reflorestamento, em diferentes intervalos de tempo para 50 anos.....	30

Sumário

I. INTRODUÇÃO	5
II. OBJETIVOS	7
III. MATERIAL E MÉTODOS	7
Análise de Viabilidade Populacional (AVP)	7
União dos mapas MDS com os fragmentos utilizados na AVP	9
IV. RESULTADOS	10
Refinamento da Análise de Viabilidade Populacional (AVP).....	10
União dos MDS com os fragmentos utilizados na AVP	11
V. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	13
VI. RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO.....	16
VII. AGRADECIMENTOS	16
VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

I. INTRODUÇÃO

Os fragmentos de habitats e as espécies encontradas neles são um dos alvos principais dos esforços da Biologia da Conservação (Cerqueira *et al.*, 2003; Marsh, 2003; Ricklefs, 2010), principalmente quando tais espécies são consideradas ameaçadas de extinção. Os conservacionistas procuram encontrar meios para diminuir os riscos causados pela fragmentação de habitat e aumentar a viabilidade de tais espécies. Dentre outras medidas, estes têm tentado prever quais espécies tendem desaparecer em ambientes que estão passando pelo processo de fragmentação, além de buscar determinar quais são as características ambientais que devem ser levadas em consideração durante a criação de uma área protegida (Paglia *et al.*, 2006).

Dentro desse contexto, diversas abordagens analíticas para avaliar modificações na distribuição espacial e demográfica de populações têm sido desenvolvidas. Numa perspectiva temporal, a principal ferramenta utilizada em biologia da conservação é a abordagem da Análise de Viabilidade Populacional (AVP), que utiliza dados da história de vida coletados sobre as espécies, seus habitats e as ameaças que as impactam, buscando elaborar previsões sobre a dinâmica de um conjunto de população ao longo de um tempo determinado (Gilpin & Soulé, 1986; Boyce, 1992). As previsões de AVP são feitas a partir de simulações computacionais que levam em consideração fatores estocásticos e determinísticos (Chapman *et al.*, 2001), os quais são informados com parâmetros ambientais e biológicos que podem afetar as probabilidades de extinção da população em estudo (Paglia, 2003).

Do ponto de vista espacial uma ferramenta amplamente utilizada é a Modelagem de Distribuição de Espécie (MDS), que constitui uma abordagem que associa informações climáticas e os dados de ocorrência de determinada espécie, com o intuito de definir as condições em que as espécies são capazes de assegurar sua viabilidade populacional (Araújo & Peterson, 2012). MDS tem sido a abordagem com maior desenvolvimento conceitual e metodológico na ecologia recentemente, e vem se tornando também comum em estudos de biogeografia, biologia de conservação, paleoecologia e manejo da vida selvagem (Araújo & Guisan, 2006; Elith & Leathwick 2009).

Acoplar tendências temporais a padrões espaciais de distribuição de espécies tem sido um desafio importante em ecologia, com aplicabilidade para a conservação de espécies (Brook *et al.* 2009). Existe esse desafio e é necessário lidar com ele para que as ameaças à biodiversidade sejam atacadas mais adequadamente. Caso contrário, ações de conservação que consideram apenas ameaças individuais podem ser incompletas ou falhas, já que tais

ameaças podem atuar sinergicamente ou em cascata (Brook *et al.*, 2008). A possibilidade dessa integração tem o potencial de fornecer um panorama mais realístico sobre as tendências demográficas das espécies estudadas, indicando áreas com diferentes níveis de pressão ambiental e risco de extinções locais.

O guigó-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae* – Figura 1), a única espécie de primata endêmica da Caatinga, habita um ambiente severamente fragmentado e apresenta uma população considerada extremamente pequena (com estimativa de menos de 250 indivíduos maduros na natureza). Por esse motivo é listada pela IUCN e pelo MMA como criticamente em perigo de extinção (Veiga *et al.*, 2008; Brasil/MMA, 2014; Printes *et al.*, 2016). Com isso, é uma das espécies-alvo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste (PAN PriNE). Esse PAN tem como objetivo geral garantir pelo menos cinco populações viáveis para cada espécie-alvo, em diferentes ecossistemas, aumentando a área e a conectividade dos habitats dessas espécies e dirimindo os conflitos socioambientais nas áreas de ocorrência, até 2016. Dentre as espécies enfocadas no PAN PriNE, o guigó-da-Caatinga é a única criticamente em perigo e também a única que não está presente em qualquer Unidade de Conservação de proteção integral (ICMBio, 2011).



Figura 1. Guigó-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae*). Foto: Antônio Estrela.

O guigó-da-Caatinga em conjunto com as espécies que fazem parte do grupo *Personatus* de *Callicebus*, foram alvo de um MDS (Gouveia *et al.*, 2015), no qual foi estimada a distribuição das espécies após as mudanças climáticas previstas, foram medidos também desvios geográficos esperados e investigado quanto do habitat atual mudaria assumindo uma redução de 10% da cobertura vegetal até o ano de 2070. Além disso, *C. barbarabrownae* foi a espécie-alvo de uma AVP preliminar (Barreto *et al.*, 2016a; Barreto *et al.*, 2016b), que teve como objetivo sumarizar dados sobre parâmetros demográficos, avaliar a viabilidade de suas populações, além de estimar sua População Mínima Viável e subsidiar medidas de conservação e manejo da espécie, em alinhamento ao estabelecido no PAN PriNE.

II. OBJETIVOS

Objetivo geral

Integrar Análises de Viabilidade Populacional e Modelagem de Distribuição de Espécies sobre *Callicebus barbarabrownae*, aplicando-as à conservação deste primata Criticamente em Perigo de extinção.

Objetivos específicos

- i) Refinar as Análises de Viabilidade Populacional sobre *Callicebus barbarabrownae*;
- ii) Desenvolver um Modelo de Distribuição de Espécie para *Callicebus barbarabrownae*;
- iii) Integrar e Analisar conjuntamente os resultados de AVP e MDS sobre *Callicebus barbarabrownae*;
- iv) Propor medidas para a conservação de *Callicebus barbarabrownae*.

III. MATERIAL E MÉTODOS

Análise de Viabilidade Populacional (AVP)

A AVP foi desenvolvida com o uso do *Software* “*Vortex: a stochastic simulation of the extinction process*” (versão 10.0.7.9) (Lacy e Pollak, 2014). O passo inicial em uma AVP é fazer um modelo-base para a espécie em questão, essa simulação tem como objetivo investigar a viabilidade de uma população hipotética, biologicamente correta, sem ameaças

antrópicas, que reflita o potencial biológico da espécie. Para a montagem do modelo-base da espécie *Callicebus barbarabrownae* foi seguindo as instruções do manual do próprio *Software* (Lacy *et al.*, 2015) e modelos bases encontrados em trabalhos sobre Análise de Viabilidade Populacional que utilizam o Vortex (Montenegro, 2011; Jerusalinky, 2013). Os parâmetros e dados para geração do modelo-base estão na Tabela 1 (Apêndices).

A partir do modelo-base foram feitos os testes de sensibilidade. Tais testes são utilizados para verificar a variação dos resultados, a partir de modificações nos parâmetros que são incertos (Lacy e Pollak, 2014). Essas modificações foram feitas uma de cada vez, sendo criada uma cópia do modelo-base para cada parâmetro mudado. Os parâmetros modificados nos testes de sensibilidade foram os seguintes: idade da primeira cria, porcentagem de fêmeas reprodutivas, a taxa de mortalidade até o quinto ano de vida e o tamanho inicial da população. Este último com a finalidade de descobrir qual a População Mínima Viável (PMV) levando em consideração os parâmetros do modelo-base. Cada parâmetro apresenta valores superiores e inferiores em relação aos valores do modelo-base.

Por fim foram criados cenários para analisar os impactos relativos das ameaças que a espécie alvo sofre. A única ameaça modelada foi o desmatamento da Caatinga e, para isso, foram inseridos valores diferentes na redução da capacidade de suporte (sem redução, -0,3%/ano, -0,5%/ano e -0,6%/ano) em cenários com tamanho de população inicial distintos, e com capacidade de suporte igual ao tamanho da população inicial, sendo que todos os outros parâmetros utilizados eram idênticos aos do modelo-base (Barreto *et al.*, 2016a; Barreto *et al.*, 2016b).

Para complementar a AVP foram feitas simulações de possíveis estratégias de manejo para incrementar as perspectivas de viabilidade populacional em fragmentos nos quais as projeções iniciais indicaram que as populações seriam inviáveis. Para isso, foram utilizados valores de reflorestamento, simulados como aumento da capacidade de suporte (1%/ano a 60%/ano). Outra medida foi suplementação de dois indivíduos por ano ou a cada dois anos, conjuntamente ou não com reflorestamento, que foi simulado como aumento da capacidade de suporte de 0,5%/ano durante 100 anos. Os indivíduos utilizados na suplementação possuíam idade acima de 3 anos (idade média da maturação sexual), sendo um macho e uma fêmea. A viabilidade das populações foi considerada quando a população chega ao final dos 100 anos projetados, com uma probabilidade de extinção de no máximo 2% e uma retenção da diversidade genética de no mínimo 95%. Estes valores foram escolhidos pelo fato da espécie-alvo ser considerada criticamente em perigo.

União dos mapas MDS com os fragmentos utilizados na AVP

Foi feita a sobreposição dos MDS já produzidos para a espécie alvo (Gouveia *et al.*, 2015) com os fragmentos em que foi confirmada a presença do guigó-da-Caatinga. Os MDS utilizados foram construídos utilizando um conjunto de seis variáveis climáticas relacionadas à temperatura e à precipitação pluviométrica. Os dados foram obtidos da base de dados WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005). Esses também foram baseados em três diferentes Modelos de Circulação Geral (GCM, da sigla em inglês), obtidos do quinto Relatório de Avaliação do Painel Internacional das Alterações Climáticas. Além disso, os modelos incorporaram a cobertura florestal das áreas de distribuição das espécies analisadas. Os MDS utilizados estavam representados em forma de mapas de ocorrência predita da espécie para o ano de 2070, considerando as mudanças climáticas e a perda de cobertura florestal (Gouveia *et al.*, 2015).

Pelo fato dos MDS projetarem estimativas da distribuição para 2070, foram criados cenários de AVP com o mesmo período de tempo, para uma maior adequabilidade na sobreposição dos dados. Para isso, os cenários criados posteriormente tiveram sua extensão temporal reduzida, onde foram utilizados 50 anos ao invés de 100 anos. Foram feitas simulações com tamanhos populacionais distintos para o ano de 2070, utilizadas para encontrar a PMV, com o intuito de observar se ocorreria uma diferença na viabilidade dos fragmentos quando comparados com os cenários para 100 anos. Foram, também, realizadas análises do impacto das ameaças, simulando diferentes níveis de desmatamentos equivalentes a (i) não redução de habitat, (ii) redução de 0,3%/ano, (iii) redução de 0,5%/ano e (iv) redução de 0,6%/ano, em cenários com tamanho de população inicial distintos, e com capacidade de suporte igual ao tamanho da população inicial. Foram feitas, ainda, simulações de possíveis estratégias de manejo para viabilizar os fragmentos com populações projetadas como inviáveis para 50 anos. Para isso, foram utilizados valores de reflorestamento, simulados como aumento da capacidade de suporte (0,5%/ano a 60%/ano). Outra medida simulada foi a suplementação de dois indivíduos por ano ou a cada dois anos, conjuntamente ou não com reflorestamento, que foi simulado como aumento da capacidade de suporte de 0,5%/ano durante 100 anos. Os indivíduos utilizados na suplementação possuíam idade acima de 3 anos, sendo um macho e uma fêmea. O patamar de viabilidade utilizado nas simulações para 50 anos é o mesmo que foi utilizado para as projeções de 100 anos.

O primeiro passo na sobreposição foi feito com o auxílio do *software* Global Mapper 11, onde foram utilizados os fragmentos de ocorrência da espécie, em formato “shapefile”, que serviram de molde para recortar cada MDS. Foram utilizados sete MDS, onde um demonstrava a atual distribuição da espécie, três com as projeções futuras com resultados mais otimistas e outras três com projeções futuras mais pessimistas. Após o recorte, foi utilizado o ambiente R (R Development Core Team 2013), com os pacotes “raster” (Hijmans, 2014) e “SDMTools” (VanDerWal *et al.*, 2014), para construir dois novos mapas de consenso, sendo um para as projeções otimistas e outro para as projeções pessimistas.

Os arquivos consenso foram elaborados com o intuito de identificar os fragmentos com a presença da espécie em todos os três modelos de cada cenário (otimistas e pessimistas). Para isso, foi feita a sobreposição dos fragmentos de ocorrência e os modelos consensuais dos cenários pessimistas e otimistas. A partir da junção desses arquivos foi possível identificar quais fragmentos permaneceriam com a presença do guigó-da-Caatinga tanto para o cenário pessimista quanto para o otimista. Essa etapa foi realizada com o auxílio do *software* Global Mapper 11.

Em seguida, foi feita a busca por Unidades de Conservação (UC) e fragmentos sem ocorrência da espécie, com o intuito de verificar a disponibilidade destas localidades para possíveis translocações das populações em fragmentos com projeções de extinção local. Para isso, foi feita a sobreposição dos MDS nas UC e fragmentos da Caatinga, para identificar quais possuiriam adequabilidade ambiental para as projeções otimistas e pessimistas. Foi considerada também a distância entre essas áreas e os fragmentos de ocorrência da espécie. Além disso, foi observado a área total das UC e fragmentos sem ocorrência da espécie, com o intuito de avaliar se estas populações são viáveis ou não em relação a PMV.

Por fim, foi gerado um mapa que demonstra a disposição dos fragmentos onde foi confirmada a presença do *Callicebus barbarabrownae* no bioma Caatinga, apontando a respectiva viabilidade de suas populações, além de demonstrar as UC e fragmentos sem ocorrência selecionados para possíveis translocações. Para a construção desse mapa foram utilizados os *softwares* Global Mapper versão 11.0 (LLC, 2009) e ArcGIS (ESRI, 2008).

IV. RESULTADOS

Refinamento da Análise de Viabilidade Populacional (AVP)

Os resultados encontrados para as simulações de reflorestamento dos fragmentos com populações inviáveis para 100 anos (Tabela 2 em Apêndices) indicam que utilizando apenas reflorestamento o único fragmento que a população consegue alcançar a viabilidade demográfica é o que apresenta a capacidade de suporte de 77 indivíduos. Porém, este não alcança os 95% de diversidade genética, mesmo quando simulado um cenário de reflorestamento anual de 60%. Com isso, optou-se por fazer simulações que utilizassem a suplementação (conjuntamente ou não com reflorestamento) de indivíduos para tentar viabilizar as populações inviáveis. A suplementação de indivíduos se torna mais eficaz quando age conjuntamente com o reflorestamento (Tabela 3 em Apêndices). Os resultados são mais positivos nas populações inviáveis dos fragmentos maiores, ao utilizar a suplementação de dois indivíduos por ano todas as populações alcançam a viabilidade genética. Ao utilizar a suplementação de dois indivíduos a cada 2 anos, a diversidade genética alcança 95% apenas na população do fragmento que apresenta capacidade de suporte de 77 indivíduos.

União dos MDS com os fragmentos utilizados na AVP

As simulações de AVP para o ano de 2070 (50 anos de projeção), teve como resultado uma PMV com 150 indivíduos (Figura 2, Tabela 4 em Apêndices). Em relação aos fragmentos, comparando com as projeções de 100 anos, esse resultado não muda a quantidade de manchas com populações viáveis. A maior mancha com população inviável suporta 77 indivíduos e o menor fragmento com população viável apresenta uma capacidade de 261 indivíduos. Os resultados das simulações de desmatamento (Tabela 5 em Apêndices) para 50 anos demonstram que fragmentos com capacidade de suporte abaixo de 27 indivíduos sofrerão extinção local, em média, antes dos 50 anos, sendo que no menor deles (9 indivíduos) a projeção é de extinção local, em média, em 17 anos de projeção. Fragmentos com capacidade de suporte acima de 261 indivíduos continuam com populações viáveis mesmo com desmatamento de 0,6%, já que todos apresentam probabilidade de extinção nula. Em fragmentos com uma população acima de 1096 indivíduos a retenção de diversidade genética é superior a 99% em todos os níveis de desmatamento.

Os resultados das medidas de manejo simuladas indicam que, ao utilizar apenas o reflorestamento (Tabela 6 em Apêndices), a viabilidade demográfica é alcançada em fragmentos com populações de 77, 59 e 48 indivíduos, porém, para a mancha com 48 indivíduos isso só acontece quando é introduzido um reflorestamento de 10%/ano. Entretanto, a manutenção da diversidade genética supera os 95% apenas em fragmentos com 77

indivíduos e em reflorestamento acima de 10%/ano. Para fragmentos com capacidade de suporte abaixo de 48 indivíduos, o reflorestamento diminui a probabilidade de extinção e aumenta a retenção de diversidade genética, porém não muda o patamar de viabilidade para as populações destas manchas. Ao utilizar a suplementação de indivíduos em conjunto ou não com o reflorestamento (Tabela 7 em Apêndices), a probabilidade de extinção se torna nula para todos os fragmentos. Os resultados são mais favoráveis ao utilizar 2 indivíduos por ano, ao se utilizar 2 indivíduos a cada 2 anos a manutenção da diversidade genética alcança os 95% apenas nos fragmentos com 77 e 59 indivíduos, sendo que para o último isso só acontece quando utiliza o reflorestamento em conjunto.

O modelo de distribuição presente do *Callicebus barbarbrownae* demonstra que nove fragmentos (um total de 588,7 km²) não possuem adequabilidade para a espécie. Dentre estes, está o maior fragmento com a presença da espécie, com uma área de 585,5 km² e uma capacidade de suporte estimada de 2.342 indivíduos, o qual é o maior fragmento com potencial de comportar uma população viável a partir dos resultados da AVP. Os demais fragmentos que não apresentam adequabilidade, possuem área menor que 1 km² e para estes se prevê extinções locais.

Os MDS otimistas para 2070, considerando as manchas de ocorrência, foram similares à condição atual, com nove fragmentos não apresentando adequabilidade. Porém, esses fragmentos possuem áreas menores (total de 6,88 km²). A maior mancha possui 3,686 km², portanto com uma capacidade de suporte de apenas 14 indivíduos. Assim, os cenários mais otimistas de mudanças climáticas não preveem perdas representativas e importantes para a persistência da espécie. A principal diferença entre os cenários presente e para 2070 refere-se à perda de adequabilidade (Áreas I, Figura 3 em Apêndices). Os demais fragmentos nesta área se manteriam de forma semelhante nas duas projeções.

Em relação aos resultados do consenso pessimista para 2070, prevê-se uma maior perda de fragmentos com ocorrência do guigó-da-Caatinga em comparação ao otimista. No total, quinze manchas não apresentarão a adequabilidade para a espécie-alvo (684,04 km²), sendo que duas delas são consideradas de grande importância para a viabilidade de *C. barbarbrownae*, já que foram indicadas como capazes de assegurar populações viáveis para 100 anos nas projeções de AVP. As principais diferenças entre cenários presente e para 2070 incluem perda de adequabilidade em duas microrregiões (Áreas I e II, Figura 4 em Apêndices). Os demais fragmentos nesta área se manteriam de forma semelhante nas duas projeções.

O resultado da busca por UC apontaram quatro localidades como as mais adequadas para translocação de indivíduos dos fragmentos com possíveis extinções: (i) Estação Ecológica Raso da Catarina, com área total de 1.048,43 km² e capacidade de suporte de aproximadamente 4.193 indivíduos; (ii) Área de Proteção Ambiental Serra Branca/Raso da Catarina, com área total aproximada de 670 km² e capacidade de suporte de 2680 indivíduos; (iii) Parque Estadual do Morro do Chapéu, com 460 Km² e capacidade de suporte de aproximadamente 1840 indivíduos; (iv) Área de Relevante Interesse Ecológico Serra do Orobé, com área de 73,97 km² e capacidade de suporte de aproximadamente 292 indivíduos, possui menor área porém está inserida em um dos fragmentos de ocorrência da espécie que foi considerado com população viável e adequado para o ano de 2070. Estas foram escolhidas por serem as menos distantes dos fragmentos de ocorrência do guigó-da-Caatinga, por possuir adequabilidade tanto em projeções otimistas quanto pessimistas sendo e possuírem populações viáveis nas projeções da AVP.

Dos fragmentos que não apresentavam a ocorrência da espécie, dois apresentaram características apropriadas para viabilidade das populações (adequabilidade, proximidade dos fragmentos de ocorrência e tamanho da área) para a criação de UCs. O primeiro apresenta uma área de 471 km² e capacidade de suporte aproximada de 1.884 indivíduos. A segunda mancha escolhida possui área de 383,9 km² e capacidade de suporte de 1535 indivíduos. Além disso, devido à distância entre esses fragmentos (pouco mais de 2 km), o fluxo de indivíduos entre eles poderia ser viável.

O mapa da Figura 5 (Apêndices) apresenta a disposição e a viabilidade das populações dos fragmentos de ocorrência do *C. barbarabrownae*. Nota-se que a espécie se encontra em uma paisagem severamente fragmentada. Os fragmentos com presença confirmada (manchas verdes e vermelhas) possuem tamanhos variados e estão muitos distantes entre si, o que dificulta análises metapopulacionais. A viabilidade é assegurada em apenas seis fragmentos (machas verdes). Os fragmentos com populações inviáveis são 46 no total (manchas vermelhas). Também estão inseridos nesse mapa as UC e os fragmentos sem ocorrência da espécie anteriormente mencionados.

V. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Considerando que a População Mínima Viável do guigo-da-Caatinga foi estimada em 150 indivíduos para 50 anos e 250 para 100 anos, os fragmentos de ocorrência e distribuição

da espécie demonstram que em apenas seis fragmentos o *Callicebus barbarabrownae* apresentaria viabilidade demográfica e genética. Mesmo que não sofressem quaisquer ameaças, cerca de 89% dos fragmentos apresentariam populações inviáveis e em sua grande maioria apresentariam extinções locais em um período de 100 anos. Esse cenário pode piorar se levarmos em consideração que a população inicial e a capacidade de suporte utilizadas no presente estudo foram calculadas a partir do tamanho da área extrapolada a partir da densidade populacional de 4 ind./km² (Freitas *et al.*, 2011). Sem considerar que: (i) tal densidade pode variar como visto em um estudo na região de Lençóis, Chapada Diamantina, onde foi estimado 0,19 grupos/10 km e 0,85 grupos/10km (Corsini & Moura 2014); (ii) a espécie possui preferência por alguns tipos vegetação da Caatinga (Printes, 2007; Freitas *et al.*, 2011). Além disso, a estimativa atual da população total da espécie é de aproximadamente 260 indivíduos (Printes, 2007), ou seja, mesmo que os fragmentos de ocorrência da espécie apresentem adequabilidade garantida mesmo para projeções pessimistas, podem possuir valores superestimados tanto para capacidade de suporte quanto para o número de indivíduos presente neles. Essa constatação demonstra as importantes dificuldades para a sobrevivência dessa espécie em médio e longo prazos.

O guigó-da-Caatinga, conforme resultado dos MDS, deverá responder de forma negativa às influências das mudanças climáticas e distribuições dos remanescentes florestais. Isso ocorrerá em função da má adaptação às modificações do habitat, em resposta às restrições impostas por barreiras geográficas e configuração da paisagem (Gouveia *et al.*, 2015). A sobreposição dos resultados dessa ferramenta com os da AVP demonstra a situação em relação à adequabilidade do habitat efetivamente ocupado pela espécie. As manchas em que a AVP projetava a populações viáveis podem perder sua adequabilidade antes desse período em decorrência das mudanças climáticas e outras variáveis. Fragmentos de grande importância podem ter a adequabilidade perdida por completo, dependendo das condições ambientais futuras. Se forem consideradas as projeções otimistas, o cenário de adequabilidade teria poucas mudanças. Em contrapartida, se ocorrer o que se espera para as projeções pessimistas, a espécie se encontraria cada vez mais próxima ao limiar de extinção.

Tanto os resultados da AVP, quanto dos MDS, mostram que a paisagem altamente fragmentada é o principal limitante para a distribuição do guigó-da-Caatinga. Quando adicionado a outros fatores, como as mudanças climáticas, manter a viabilidade se torna cada vez mais difícil. Para tentar manter a persistência da espécie é necessário adotar medidas adequadas para reverter esse cenário. O Plano de Ação Nacional (PAN) para a Conservação

dos Primatas do Nordeste (Brasil/ICMBio, 2011) é uma iniciativa que visa traçar metas com este intuito. Uma das principais metas estabelecidas nesse PAN é a de criar uma Unidade de Conservação, medida para a qual é possível indicar algumas áreas mais adequadas com o presente estudo. Estas deveriam considerar os fragmentos com maior capacidade de suporte, relacionado aos resultados da AVP, com maior chance de viabilidade para a espécie. Além disso, levando em consideração os resultados dos MDS, essas áreas deveriam também apresentar menor variação da adequabilidade ao longo dos próximos 50 anos.

Utilizar de tendências temporais em conjunto com padrões espaciais propiciou resultados mais realísticos do que a utilização destas ferramentas em separado. Analisar os resultados apenas da AVP, por exemplo, poderia resultar em indicações baseadas apenas na viabilidade das populações a partir da PMV e possíveis ameaças à capacidade de suporte da mancha. Isso acabaria se tornando uma medida incompleta para a conservação da espécie e poderia acabar falhando, em função de que fatores de extinção se tratam de ameaças que agem em conjunto e não de forma isolada (ver Brook *et al.*, 2008). Por outro lado, medidas de conservação somente baseadas em aspectos espaciais, que ignorassem a dinâmica demográfica da espécie e seu efeito na diversidade genética, seriam ainda mais limitadas.

A escassez de dados biológicos sobre *C. barbarabrownae* foi uma das maiores limitações para o desenvolvimento do presente estudo. Para tentar minimizar essa limitação foram usados dados do grupo taxonômico do qual a espécie faz parte e que, por serem espécies semelhantes em termos biológicos e ecológicos, tal abordagem permite uma aproximação dos dados. Com isso, é ressaltado que ao possuir os dados ecológicos da própria espécie, o presente estudo pode ser atualizado e aprimorado, o que propiciaria uma maior qualificação das análises e melhores recomendações para manejo.

A necessidade de manejo para a conservação de *Callicebus barbarabrownae* é bem clara. Além de ser listado como Criticamente em Perigo e não estar presente em qualquer Unidade de Conservação, a espécie apresenta escassez de dados ecológicos. Além disso, com as informações geradas no presente estudo, corrobora-se a situação de alto risco da espécie, pelo fato das projeções apontarem poucas populações com chances de viabilidade no período de tempo avaliado e que podem não apresentar adequabilidade tão satisfatória em cenários futuros.

VI. RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO

Para a persistência da espécie é imprescindível que seja tratada com urgência a implementação de ações que tentem reverter a situação em que o guigó-da-Caatinga se encontra, com foco tanto na própria espécie e bioma que esta reside, quanto na educação dos moradores das proximidades dos fragmentos. Apóia-se também que, para melhorar as decisões tomadas para o manejo e conservação das espécies, seja levado em consideração que as ameaças possuem um efeito em conjunto, muitas vezes sinérgico. Para diminuir as falhas é recomendado que os estudos integrem ferramentas de tendências temporais, padrões espaciais de distribuição e outras informações possíveis sobre a espécie.

Por estar em um ambiente altamente fragmentado e com elevado isolamento, uma medida importante seria criar áreas com perspectivas de corredores ecológicos, os quais têm como função diminuir o isolamento das populações, e conseqüentemente os riscos de extinção e aumentar a probabilidade de sobrevivência em uma metapopulação (Britez *et al.*, 2003). Um sistema metapopulacional para *Callicebus barbarabrownae* poderia auxiliar na manutenção da diversidade genética através da troca de indivíduos entre pequenos fragmentos. Além disso, poderia diminuir a probabilidade de extinção local nos fragmentos, ao ponto que possivelmente ocorreriam aparecimento de novos indivíduos em época de dispersão.

Em relação aos fragmentos com populações inviáveis é possível apontar, como opção de manejo, a suplementação de dois indivíduos juntamente com o reflorestamento de 0,5% por ano, para que ao fim dos 100 anos a sua situação em relação à viabilidade possa mudar. Para os fragmentos com populações preditas de sofrer a extinção e/ou perda de adequabilidade, a medida mais indicada seria a translocação de seus indivíduos para áreas maiores, principalmente áreas protegidas ou também áreas sem ocorrência da espécie. Neste contexto, é possível apontar as Unidades de Conservação citadas anteriormente como potenciais áreas para receber esses indivíduos, por apresentar os critérios de viabilidade e adequabilidade, além de outras duas manchas já mencionadas.

VII. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao ICMBio e CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC), aos meus orientadores Leandro Jerusalinsky e Sidney Feitosa Gouveia.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M. B.; Guisan, A., 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. **Journal of biogeography**, v. 33, n. 10, p. 1677-1688.
- Araújo, M. B. & Peterson, A. T., 2012. **Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling**. **Ecology**, v. 93, n. 7, p. 1527-1539.
- Barreto, H. F.; Gouveia, S. F.; Jerusalinsky, L., 2016A. Relatório PIBIC: Análise espaço-temporal da viabilidade e distribuição populacional do guigó-da-caatinga *Callicebus barbarabrowne*. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio (2015-2016)**. Brasília-DF.
- Barreto, H. F.; Gouveia, S. F.; Jerusalinsky, L., 2016B. Resumo: Análise espaço-temporal da viabilidade e distribuição populacional do guigó-da-caatinga *Callicebus barbarabrowne*. **Mudanças climáticas e biodiversidade**. Anais do VII seminário de Pesquisa e VIII Encontro de Iniciação Científica, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília-DF.
- Bicca-Marques, J. C.; Heymann, E. H. 2013. **Ecology and behaviour of titi monkeys (genus *Callicebus*)**. In: Veiga, L. M.; Barnett, A.; Ferrari, S. F.; Norconk, M. (eds.). **Evolutionary biology and conservation of titis, sakis, and uacaris**. Cambridge University Press, Inglaterra. p.: 196-207.
- Boyce, M. S., 1992. **Population viability analysis**. Annual Review of Ecology and Systematics, 23: 481-506.
- Brasil/MMA, 2014. Portaria MMA n° 444/2014, de 17 de dezembro de 2014. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf>
- Britez, R. M., Alger, K., Baumgarten, J. E., Castella, P. R., Cullen Jr, L., & Faria, D. M., 2003. Manejo no entorno. In: Rambaldi DM, Oliveira DAS, organizadores. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA: SBF.
- Brook, B. W., Sodhi, N. S., & Bradshaw, C. J., 2008. Synergies among extinction drivers under global change. **Trends in ecology & evolution**, 23(8), 453-460.

- Brook, B. W., Akçakaya, H. R., Keith, D. A., Mace, G. M., Pearson, R. G., & Araújo, M. B., 2009. **Integrating bioclimate with population models to improve forecasts of species extinctions under climate change.**
- Cerqueira, R., Brant, A., Nascimento, M. T., & Pardini, R., 2003. Fragmentação: alguns conceitos. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF, p. 23-40.
- Chapman, A. P., Brook, B. W., Clutton-Brock, T. H., Grenfell, B. T., & Frankham, R., 2001. **Population viability analyses on a cycling population: a cautionary tale.** Biological Conservation, 97(1), 61-69.
- Defler, T. R. 1983. Some population characteristics of *Callicebus torquatus lugens* (Humboldt, 1812) (Primates: Cebidae) in eastern Colombia. **Lozania** 38: 1-9.
- Elith, J. & Leathwick, J. R., 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 40, p. 677-697.
- ESRI – **Environmental Systems Research Institute** (2008), Inc. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 9.3. Software.
- Freitas, E. B., De-Carvalho, C. B., & Ferrari, S. F., 2011. **Abundance of *Callicebus barbarabrownae* (Hershkovitz 1990), (Primates: Pitheciidae) and other nonvolant mammals in a fragment of arboreal Caatinga in Northeastern Brazil.**
- Fuentes, A. 1999. Re-evaluating primate monogamy. **Am. Anthropol.** 100: 890-907.
- Gilpin, M. E. & Soulé, M. E., 1986. Minimum viable populations: processes of extinction. Pp 19-34. In: M.E. Soulé, (ed.). **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity.** Sinauer Associates, Sunderland. 584p.
- Gouveia, S. F.; Souza-Alves, J. P.; Rattis, L.; Dobrovolski, R.; Jerusalinsky, L.; Beltrão-Mendes, R. & Ferrari, S. F., 2015. Climate and land use changes will degrade the configuration of the landscape for titi monkeys in eastern Brazil. **Global change biology.**
- Hijmans, R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G. & Jarvis A., 2005. **Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.** International Journal of Climatology, 25, 1965–1978.
- Hijmans R. J., 2014. Raster: Geographic data analysis and modeling. **R package**, version 2.3-12. <http://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). 2011. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste: Sumário Executivo.**

- Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-primatas-caatinga/sumario-primatas-nordeste-web.pdf>>.
- Jerusalinsky, L. 2013. **Distribuição geográfica e conservação de *Callicebus coimbrai* Kobayashi & Langguth, 1999 (Primates – Pitheciidae) na Mata Atlântica do nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado. PPG em Ciências Biológicas (Zoologia). Centro de Ciências Exatas e da Natureza. 228p.
- Lacy, R.C., e J.P. Pollak. 2014. **Vortex: A Stochastic Simulation of the Extinction Process**. Version 10.0. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.
- Lacy, R.C., P.S. Miller, & K. Traylor-Holzer. 2015. **Vortex 10 User's Manual**. 19 January 2015 update. IUCN SSC Conservation Breeding Specialist Group, and Chicago Zoological Society, Apple Valley, Minnesota, USA.
- LLC, G. M. 2009. **Global Mapper Software LLC**. Parker, CO.
- Marsh, L. K., 2003. The nature of fragmentation. In: **Primates in fragments**. Springer US. p. 1-10.
- Montenegro, M. M. V. 2011. **Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba**. Tese de Doutorado. PPG em Ecologia Aplicada, ESALQ. 131p.
- Paglia, A. P., 2003. Análises de viabilidade populacional: quantos indivíduos? Serão eles suficientes? Estudo de caso para espécies ameaçadas da mata atlântica do sul da Bahia. **Corredores de Biodiversidade na Mata Atlântica do Sul da Bahia**.
- Paglia, A. P.; Fernandez, F. A. S. & De Marco Jr, P., 2006. Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficientes. **Biologia da Conservação: Essências**. São Carlos, SP: RIMA Editora, p. 257-291.
- Printes, R. C, 2007. **Avaliação taxonômica, distribuição e status do guigó-da-caatinga *Callicebus barbarabrownae* Hershkovitz, 1990 (Primates: Pitheciidae)**. Tese de doutorado, UFMG, Belo Horizonte.
- Printes, R.C. 2011. Etnoprimatologia e conservação de *Callicebus barbarabrownae*. In: Miranda, J.M.D. & Hirano, Z.M.B. (Orgs.). **A primatologia no Brasil – Volume 12**. Curitiba: UFPR. p. 15-29.
- Printes, R. C.; Alonso, A. C.; Jerusalinsky, L., 2016. ***Callicebus barbarabrownae* – Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira**. ICMBio. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies/8035-mamiferos-callicebus-barbarabrownae-guigo-da-caatinga>

- R Development Core Team, 2013 R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria.
- Ricklefs, R. E, 2010. **A economia da natureza**. 6^a ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Tirado-Herrera, E. R.; Heymann, E. W. 2004. Does mom need more protein? Preliminary observations on differences in diet composition in a pair of red titi monkeys, *Callicebus cupreus*. **Folia Primatologica 75**: 150-153.
- VanDerWal J., Falconi L., Januchowski S., Shoo L. & Storlie C., 2014. MDSTools: tools for processing data associated with species distribution modelling exercises. – **R package**, ver. 1.1-20, <<http://www.rforge.net/MDSTools/>>.
- Veiga, L.M., Printes, R.C., Rylands, A.B., Kierulff, C.M., De Oliveira, M.M. & Mendes, S.L., 2008. *Callicebus barbarabrownae*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 18 August 2015.

IX. APÊNDICES

Tabela 1: Parâmetros utilizados no modelo-base de *Callicebus barbarabrownae* na área de estudo.

Parâmetros de entrada	Valores e características	Comentários e referências
<i>Configurações do cenário</i>		
Número de interações	500	Para obter uma descrição mais rigorosa do comportamento da população simulada deve ser inserido entre 500 e 1000 interações (Lacy, Miller e Traylor-Holzer, 2015).
Número de anos e duração de cada ano em dias	100 anos de 356 dias	Valor utilizado para adequar a AVP ao Modelo de Distribuição de Espécie.
Definição de extinção	Apenas um sexo sobrevive	É mais comum a extinção ser simplesmente definida como a ausência de pelo menos um dos sexos (Lacy, Miller e Traylor-Holzer, 2015).
Numeração de populações	1	Padrão de modelo-base.
<i>Descrição da espécie</i>		
Depressão por endogamia	Sim	Redução na sobrevivência no primeiro ano de vida (Lacy, Miller e Traylor-Holzer, 2015).
Equivalentes letais	6,29	Na falta de melhores estimativas, foram usadas as sugeridas pelo Vortex (Lacy e Pollak, 2014).
Porcentagem devido a letais recessivos	50	
Concordância do efeito da variação ambiental sobre a reprodução e a sobrevivência	Sim	
<i>Sistema reprodutivo</i>		
Sistema reprodutivo	Monogamia de longo prazo	Fuentes (1999), Bicca-Marques & Heymann (2013)
Idade da primeira cria para fêmeas	3 anos	Bicca-Marques & Heymann (2013)
Idade da primeira cria para machos	3 anos	Bicca-Marques & Heymann (2013)
Idade máxima de reprodução para ambos os sexos	15 anos	Dados inseridos no modelo-base da AVP do <i>Callicebus coimbrai</i> (Jerusalinsky, 2013)
Tempo de vida máxima	15 anos	Dados inseridos no modelo-base da AVP do <i>Callicebus coimbrai</i> (Jerusalinky, 2013)

Número máximo de crias por ano	1	Defler, (1983); Tirado-Herrera & Heymann, (2004);
Número máximo de filhotes por cria	2	Defler, (1983); Tirado-Herrera & Heymann, (2004);
Razão sexual no nascimento		
Reprodução dependente de densidade	Não	
<i>Taxas reprodutivas</i>		
Porcentual de fêmeas adultas reprodutivas e desvio padrão	3 anos = 35% (5%) 4 anos = 70% (5%) Mais de 4 anos = 95% (5%)	Como não há dados disponíveis para o grupo, serão utilizados os dados inseridos no modelo-base da AVP do <i>Callicebus coimbrai</i> (Jerusalinsky, 2013) por estar estritamente relacionada com a espécie alvo.
Distribuição de crias por ano	0 crias = 35% 1 cria = 65%	Defler, (1983); Tirado-Herrera & Heymann, (2004);
Distribuição do número de filhotes por cria por ano	1 filhote = 99% 2 filhotes = 1%	Defler, (1983); Tirado-Herrera & Heymann, (2004);
<i>Taxas de mortalidade</i>		
Taxa de mortalidade para ambos os sexos em porcentagem para cada idade e seus respectivos desvio padrão entre parênteses	Até 1 ano = 10% (5%) 1 até 3 anos = 5% 3 até 5 anos = 25% (10%) 5 até 10 anos = 5% (5%) 11 anos = 10% (5%) 12 anos = 20% (5%) 13 anos = 40% (5%) 14 anos = 60% (5%) 15 anos = 80% (5%) 16 anos ou mais = 100% (5%)	Como não há dados disponíveis para o grupo, serão utilizados os dados inseridos no modelo-base da AVP do <i>Callicebus coimbrai</i> (Jerusalinsky, 2013) por estar estritamente relacionada com a espécie alvo.
<i>Catástrofes</i>		
Números e tipos de catástrofes	0	Não incorporado ao modelo-base
<i>Monopolização de parceiro</i>		
Grau de monopolização de oportunidades de procriação	100	(Fuentes, 1999), (Bicca-Marques & Heymann 2013)
<i>Tamanho populacional inicial</i>		
Tamanho populacional inicial, com distribuição etária estável	100	Valor comumente usados em AVPs

Tabela 2: Resultados da análise de ameaça do desmatamento sobre a viabilidade de *Callicebus barbarabrownae* na Caatinga para 100 anos. N = número de indivíduos da população inicial, K = capacidade de suporte.

	Reflorestamento Sem	0,5%/ano	1%/ano	5%/ano	10%/ano	20%/ano	30%/ano	40%/ano	50%/ano	60%/ano
Populações										
<i>N e K = 77 indivíduos</i>										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	12,20%	9,60%	5,20%	1,80%	1,00%	1,40%	2,40%	0,80%	2,00%	2,00%
<i>Diversidade Genética</i>	80,43%	84,18%	86,20%	92,02%	93,28%	93,50%	93,42%	93,45%	93,41%	93,44%
<i>Tempo para Extinção</i>	83,3	83,4	88,2	78,1	80	77,9	77,7	79,8	73,4	84,2
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	40,99	63,4	87,59	312,94	523,52	736,58	833,72	973,38	1017,24	994,2
<i>N e K = 59 indivíduos</i>										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	42,00%	27,60%	23,40%	8,20%	5,40%	9,20%	6,80%	4,20%	6,20%	5,60%
<i>Diversidade Genética</i>	72,40%	77,64%	80,81%	87,88%	90,70%	90,82%	90,38%	90,79%	90,77%	90,04%
<i>Tempo para Extinção</i>	79,2	80,8	79,5	78,9	75,9	72,5	75,9	76,6	77,3	71,5
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	23,33	26,17	39,13	164,07	319,07	426,17	456,67	522,82	522,64	523,72
<i>N e K = 48 indivíduos</i>										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	70,00%	52,00%	42,60%	16,60%	18,00%	15,40%	14,00%	15,00%	8,80%	17,20%
<i>Diversidade Genética</i>	70,09%	72,28%	75,11%	84,59%	87,33%	87,78%	88,00%	88,34%	87,98%	87,91%
<i>Tempo para Extinção</i>	74,8	75,6	74,5	71	76,1	71,7	70,1	71,5	71,5	75,7
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	15,76	11,43	19,18	104,64	171,7	250,82	295,71	310,17	345,02	317,6
<i>N e K = 33 indivíduos</i>										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	96,80%	92,40%	86,00%	53,20%	43,60%	43,40%	43,00%	47,00%	39,40%	43,20%
<i>Diversidade Genética</i>	59,40%	66,02%	66,19%	78,54%	81,35%	82,27%	81,84%	81,60%	81,08%	82,77%
<i>Tempo para Extinção</i>	61	62,8	63,9	66,9	64,8	68,7	63,5	65,07	65,5	62,8
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	8,19	0,96	2,6	27,35	57,17	78,15	83,29	74,94	88,05	82,59
<i>N e K = 27 indivíduos</i>										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	99,20%	99,40%	96,20%	74,20%	64,40%	58,40%	57,60%	58,20%	60,00%	61,20%
<i>Diversidade Genética</i>	54,81%	57,29%	60,13%	73,65%	77,91%	79,20%	80,39%	79,57%	79,54%	78,20%
<i>Tempo para Extinção</i>	50,9	52,1	54,3	57,9	61	60,9	60,8	61,7	60,5	62,4
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	10	0,07	0,4	10,29	27,06	40,37	48,26	50,23	41,31	39,62

Tabela 3: Resultados da simulação do maior fragmento inviável em diferentes níveis de reflorestamento para 100 anos.

Populações	Cenários	Sem Reflorestamento e sem Suplementação	Reflorestamento 0,5%/ano e Suplementação de 2 ind. a cada ano	Sem reflorestamento e Suplementação de 2 ind. a cada ano	Reflorestamento 0,5%/ano e Suplementação de 2 ind. a cada 2 anos	Sem reflorestamento e Suplementação de 2 ind. a cada 2 anos
<i>N e K = 77 indivíduos</i>						
<i>Probabilidade de Extinção</i>		12,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>		80,43%	97,01%	96,73%	95,14%	94,82%
<i>Tempo para Extinção</i>		83,3	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>		40,99	110,06	74,28	104,06	70,47
<i>N e K = 59 indivíduos</i>						
<i>Probabilidade de Extinção</i>		42,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>		72,40%	0,9678	0,9647	0,9473	0,943
<i>Tempo para Extinção</i>		-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>		23,33	84,81	56,95	80,13	53,85
<i>N e K = 48 indivíduos</i>						
<i>Probabilidade de Extinção</i>		70,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>		70,09%	0,9664	0,9625	0,9446	0,9411
<i>Tempo para Extinção</i>		74,8	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>		15,76	68,27	46,38	65	43,98
<i>N e K = 33 indivíduos</i>						
<i>Probabilidade de Extinção</i>		96,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>		59,40%	0,9627	0,957	0,9399	0,9334
<i>Tempo para Extinção</i>		61	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>		8,19	47,51	31,96	44,46	29,72
<i>N e K = 27 indivíduos</i>						
<i>Probabilidade de Extinção</i>		99,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>		54,81%	0,9597	0,9541	0,9374	0,9299
<i>Tempo para Extinção</i>		50,9	-----	-----	76	60

<i>Número de Individuos Restantes</i>	10	38,9	26,33	36,94	24,42
---------------------------------------	----	------	-------	-------	-------

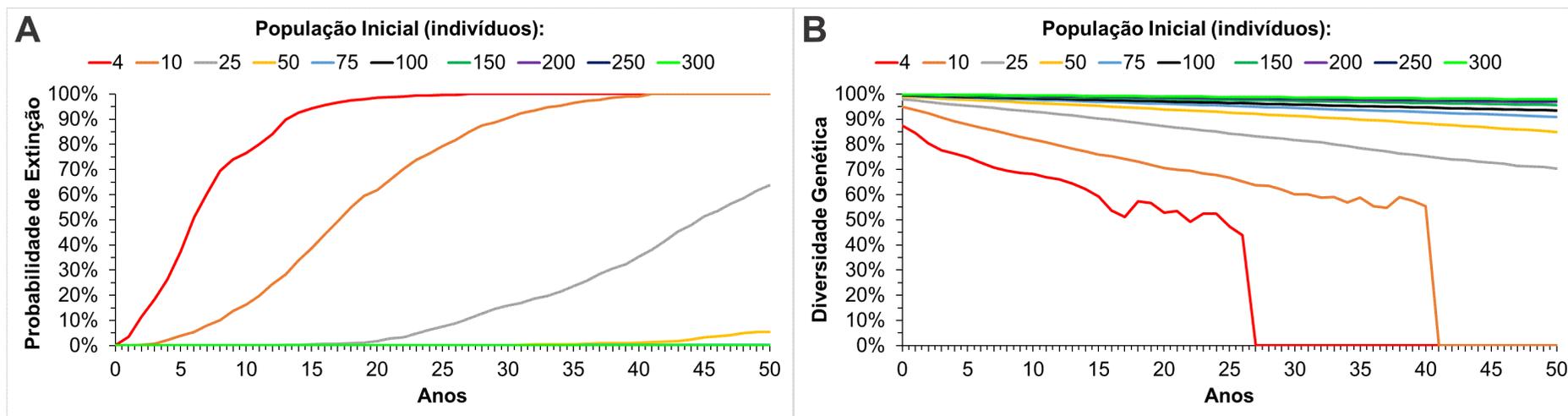


Figura 2: Probabilidade de sobrevivência (A) e manutenção da diversidade genética (B) de *Callicebus barbarabrownae* na Caatinga para as diferentes populações iniciais para 50 anos.

Tabela 4: Resultados da variação no tamanho da população inicial de *Callicebus barbarabrownae* a fim de encontrar a PMV.

Tamanho da população inicial (indivíduos)	4	10	25	50	75	100	150	200	250	300
<i>Probabilidade de Extinção</i>	100,00%	100,00%	63,80%	5,40%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	0,00%	0,00%	70,40%	84,90%	90,79%	93,42%	95,62%	96,77%	97,42%	97,83%
<i>Tempo para Extinção</i>	7,5	18,7	46,5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	0	0	3,84	30,35	58,36	84,37	136,53	185,75	236,71	281,02

Tabela 5: Resultados da análise de ameaça do desmatamento sobre a viabilidade de *Callicebus barbarabrownae* na Caatinga para 50 anos. N = número de indivíduos da população inicial, K = capacidade de suporte.

Cenário de Desmatamento	<i>Sem</i>	<i>0,3%/ano</i>	<i>0,5%/ano</i>	<i>0,6%/ano</i>
Fragmentos				
<i>N e K = 9 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
<i>Diversidade Genética</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Tempo para Extinção</i>	17,7	17,1	17,4	17,1
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	0	0	0	0
<i>N e K = 19 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	86,80%	92,00%	91,40%	93,00%
<i>Diversidade Genética</i>	63,34%	61,31%	62,46%	63,33%
<i>Tempo para Extinção</i>	36,2	33,9	33,7	33,5
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	0,99	0,63	0,64	0,47
<i>N e K = 27 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	49,60%	57,20%	64,40%	60,60%
<i>Diversidade Genética</i>	71,67%	69,24%	67,59%	68,60%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	48	46	47,4
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	5,52	4,28	3,18	3,35
<i>N e K = 33 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	27,80%	33,60%	37,80%	41,20%
<i>Diversidade Genética</i>	77,07%	75,75%	74,49%	73,82%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	11,5	9,26	7,87	7,25
<i>N e K = 48 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	5,0%	6,00%	6,00%	8,40%
<i>Diversidade Genética</i>	84,92%	83,65%	83,15%	82,38%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	28,08	24	21,33	19,56
<i>N e K = 59 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	2,00%	3,00%	2,80%	2,40%
<i>Diversidade Genética</i>	87,96%	86,88%	86,51%	86,38%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	40,62	34,14	31,73	29,39
<i>N e K = 77 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,40%	0,20%	0,20%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	91,27%	90,40%	90,19%	89,73%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	60,2	53	47,49	44,44
<i>N e K = 261 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	97,50%	97,32%	97,13%	97,05%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	247,04	210,65	185,87	176,64
<i>N e K = 298 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

<i>Diversidade Genética</i>	97,81%	97,63%	97,48%	97,41%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	280,92	241,83	213,74	200,02
<i>N e K = 312 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	97,91%	97,74%	97,60%	97,54%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	294,69	252,1	225,38	210,02
<i>N e K = 1096 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	99,40%	99,35%	99,32%	99,30%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	1046,85	908,46	802,13	755,1
<i>N e K = 1331 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	99,51%	99,47%	99,44%	99,42%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	1278,68	1097,23	977,87	913,12
<i>N e K = 2371 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	99,73%	99,70%	99,68%	99,67%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	2279,33	1960,07	1732,85	1625,85

Tabela 6: Resultados da simulação dos fragmentos inviável em diferentes níveis de reflorestamento para 50 anos.

Populações	Reflorestamento Sem	0,5%/ano	1%/ano	5%/ano	10%/ano	20%/ano	30%/ano	40%/ano	50%/ano	60%/ano
N e K = 77 indivíduos										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,40%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,20%	0,60%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	91,27%	91,79%	92,67%	94,62%	95,34%	95,22%	95,21%	95,51%	95,34%	95,28%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	60,2	74,15	88,13	187,05	263,1	294,66	295,98	314,48	317,3	326,28
N e K = 59 indivíduos										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	2,00%	1,60%	1,80%	0,60%	0,40%	1,00%	0,60%	0,40%	0,40%	1,00%
<i>Diversidade Genética</i>	87,96%	88,95%	89,83%	92,47%	93,48%	93,28%	93,28%	93,48%	93,57%	93,62%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	40,62	50,82	59,75	121,89	186,54	200,18	202,57	212,44	208,93	202,54
N e K = 48 indivíduos										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	5,00%	4,80%	5,00%	2,40%	0,80%	2,00%	2,20%	2,60%	1,20%	2,20%
<i>Diversidade Genética</i>	84,92%	85,86%	87,00%	90,21%	91,01%	91,31%	91,37%	91,62%	91,88%	91,71%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	28,08	35,35	42,87	88,13	120,15	134,26	150,4	153,12	155,84	143,48
N e K = 33 indivíduos										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	27,80%	25,40%	23%	12,40%	12,20%	8,40%	12,60%	11,40%	9,80%	14,60%
<i>Diversidade Genética</i>	77,07%	78,03%	79,73%	84,33%	86,52%	86,54%	86,19%	85,57%	86,58%	86,70%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	11,5	13,67	17,32	41,19	60,03	67,42	63,98	62,73	69,61	65,28
N e K = 27 indivíduos										
<i>Probabilidade de Extinção</i>	49,60%	48,80%	41,80%	28,80%	21,60%	18,80%	18,60%	19,00%	20,60%	19,60%
<i>Diversidade Genética</i>	71,67%	72,13%	74,38%	80,94%	83,51%	83,96%	84,32%	84,12%	83,83%	83,42%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	5,52	6,69	8,82	23,4	35,46	42,85	46,49	46,68	42,39	42,19

Tabela 7: Resultados das simulações de suplementação de dois indivíduos, agindo ou não em conjunto com o reflorestamento, em diferentes intervalos de tempo para 50 anos.

Cenários	Reflorestamento 0,5%/ano e Suplementação de 2 ind. a cada ano	Sem reflorestamento e Suplementação de 2 ind. a cada ano	Reflorestamento 0,5%/ano e Suplementação de 2 ind. a cada 2 anos	Sem reflorestamento e Suplementação de 2 ind. a cada 2 anos
Populações				
<i>N e K = 77 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	97,01%	96,79%	95,59%	95,33%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	92,62	73,93	86,86	71,75
<i>N e K = 59 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	96,73%	96,54%	95,23%	94,71%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	70,94	56,79	67,31	54,46
<i>N e K = 48 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	96,54%	96,24%	94,56%	94,24%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	57,73	46,36	53,91	44,05
<i>N e K = 33 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	96,05%	95,69%	93,82%	93,61%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	39,91	32,1	37,3	30,3
<i>N e K = 27 indivíduos</i>				
<i>Probabilidade de Extinção</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Diversidade Genética</i>	95,79%	95,40%	93,43%	93,07%
<i>Tempo para Extinção</i>	-----	-----	-----	-----
<i>Número de Indivíduos Restantes</i>	32,38	26,22	30,3	24,46

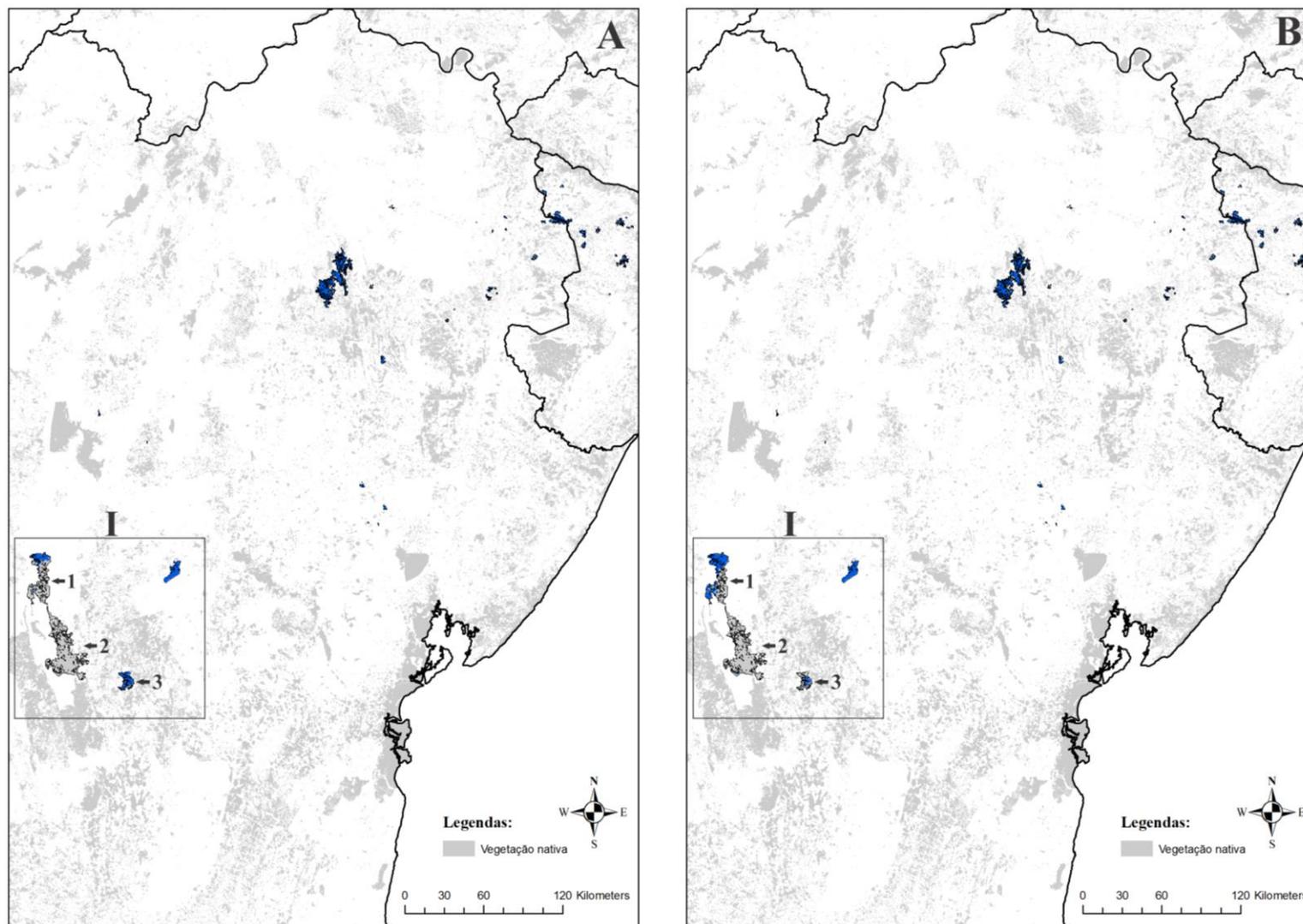


Figura 3: Fragmentos de ocorrência com a modelagem da adequabilidade atual (A) e do consenso otimista para o ano de 2070 (B). Em destaque, a área em que ocorreria maior modificação entre as duas modelagens (Área I).

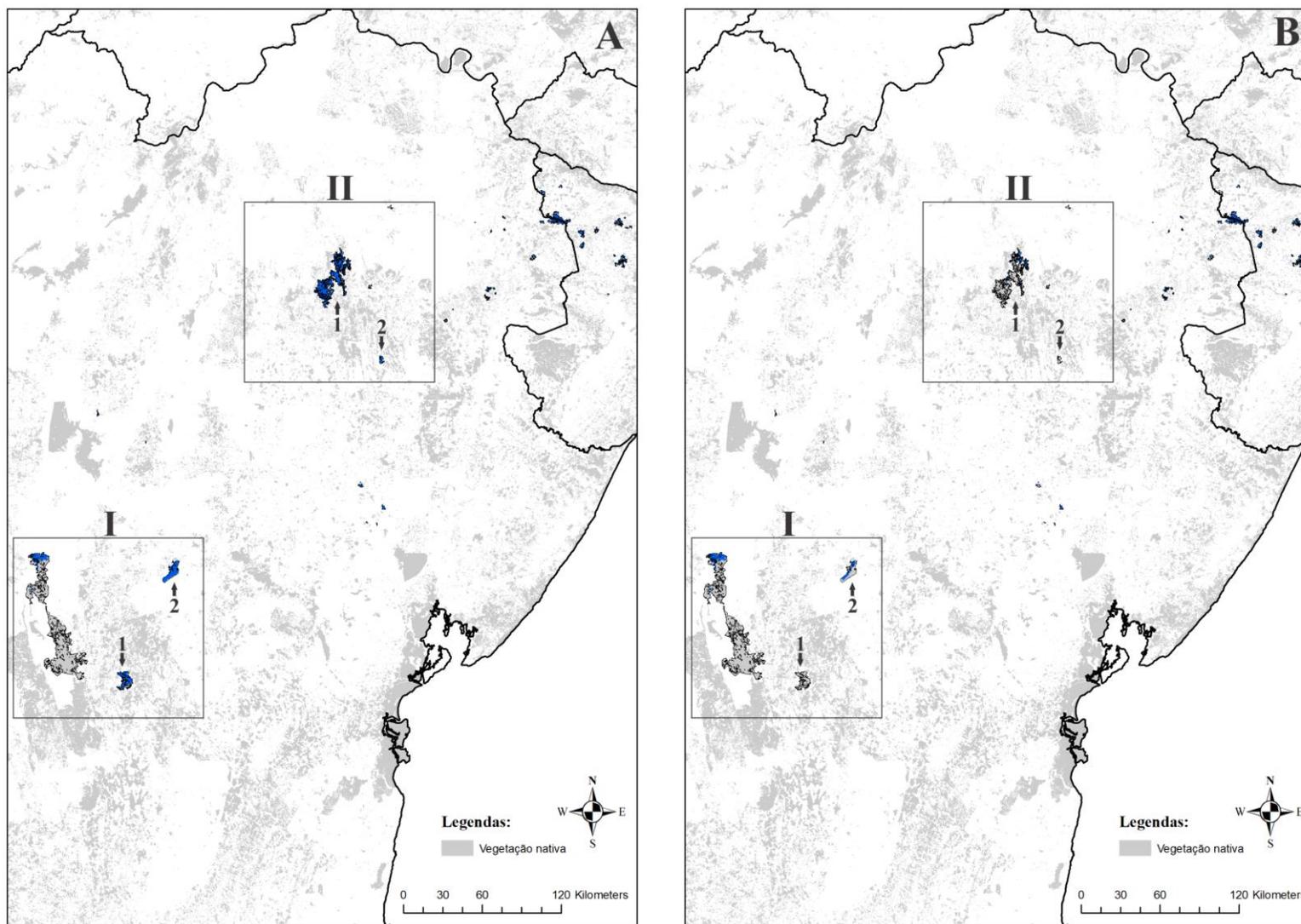


Figura 4: Fragmentos com ocorrência de *Callicebus barbarabrownae* segundo a modelagem de adequabilidade atual (A) e do consenso pessimista para o ano de 2070 (B). Em destaque, as áreas em que ocorreria maior modificação entre as duas modelagens (Áreas I e II).

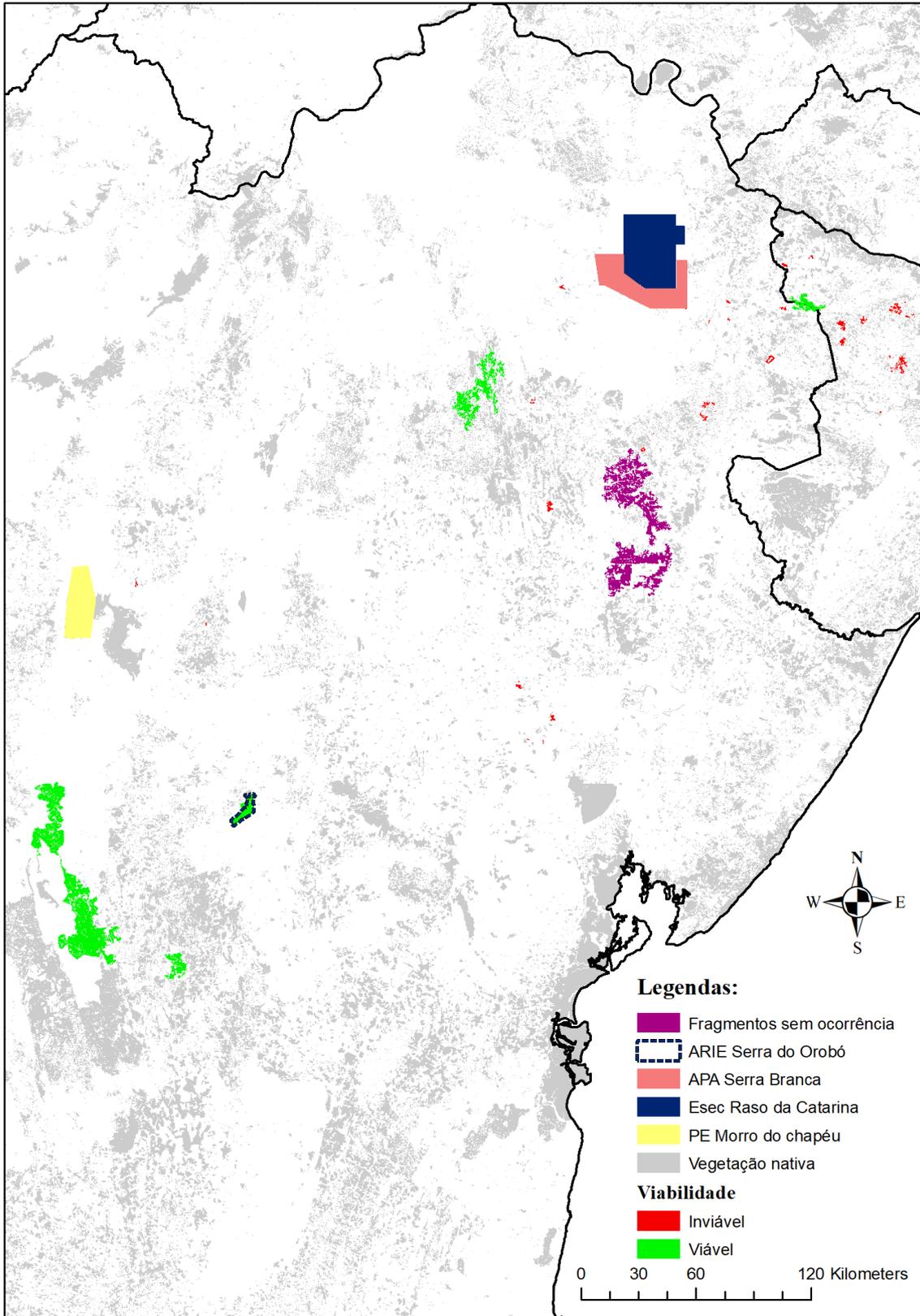


Figura 5: Mapa com as áreas para possíveis translocações, Unidade de Conservação (cores variadas) e os dois fragmentos sem ocorrência da espécie (roxo), em relação a distribuição dos fragmentos de ocorrência do guigó-da-Caatinga (verde e vermelho).