



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

Análises de Viabilidade Populacional no Planejamento para a
Conservação do Mico-Leão-Preto

Por

FRANCY FORERO SÁNCHEZ

Nazaré Paulista

2020



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

Análises de Viabilidade Populacional no Planejamento para a
Conservação do Mico-Leão-Preto

Por

FRANCY FORERO SÁNCHEZ

Comitê de Orientação

Prof. Dr. Cláudio Valladares-Pádua

Prof. Dr. Arnaud Desbiez

Prof. M.s.C. Gabriela Cabral Rezende

Trabalho final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da
Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau
de mestre em Ecologia

IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS

Nazaré Paulista, 2020

Forero-Sánchez, Francy

Análises de Viabilidade Populacional no Planejamento para a Conservação do Mico-Leão-Preto. Francy Forero-Sánchez; comitê de orientação: Cláudio Benedito Valladares-Pádua; Arnaud Leonard Desbiez; Gabriela Cabral Rezende. Nazaré Paulista, SP – 2020. 124 f.,il.

Trabalho Final (Mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2020.

1. Análisis de Viabilidad Populacional Espécie ameaçada
2. *Leontopithecus chrysopygus*
3. Biologia da Conservação
- I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

BANCA EXAMINADORA

Nazaré Paulista, 23 de Outubro de 2020.

Prof. Dr. Leandro Jerusalinsky

Prof. Dr. Anthony Rylands

Prof. Dr. Arnaud Diesbez

Prof. Dr. Claudio Benedito Valladares-Padua
(Orientador)

Dedicatória

*A cada uma das pessoas que dia-a-dia,
com seu trabalho e esforço, fazem possível a conservação do Mico-leão-preto*

AGRADECIMENTOS

A biologia da conservação é uma ciência multidisciplinar que foi desenvolvida como resposta à crise enfrentada pela diversidade biológica (Soulé, 1985). Somente somando forças e saberes de diferentes setores, pessoas e disciplinas faremos a diferença para as espécies e biomas ameaçados; sinto muita felicidade e tranquilidade em saber que o mico-leão-preto conta com esse grupo de pessoas que trabalham sinergicamente para sua conservação.

Este produto final é um ótimo exemplo desse trabalho interdisciplinar imprescindível para a conservação efetiva. O Capítulo I contém uma retrospectiva dos últimos quinze anos de trabalho desenvolvidos com o mico-leão-preto. Reunir todas essas informações não foi uma tarefa fácil, por isso, muitíssimo obrigada às pessoas que responderam meus e-mails, disponibilizaram seu tempo, atenderam minhas ligações e fizeram parte da construção do Capítulo I. Obrigada aos pesquisadores do IPÊ *Cláudio Pádua*, *Cristiana Martins*, *Gracinha de Souza* e *Eduardo Ditt* pela confiança em compartilhar comigo os relatórios antigos do IPÊ, por facilitar meu contato com outros pesquisadores e pelo apoio que recebi da parte de vocês; à *Gabriela Rezende* pelas semanas contínuas de entrevistas, por me receber na sua casa para assim conseguir todas as informações que eu precisava, pelo seu tempo e dedicação. Ao *Alcides Pissinatti* do CPRJ, uma honra ter falado com você em inúmeras oportunidades, saiba que sou muito grata pelas conversas legais e pelo inesquecível convite ao CPRJ. Ao *Marcio Port-Carvalho* do Instituto Florestal, ao *Nelson Antonio Gallo* da Fundação Florestal, à *Mara Marques* da Fundação Parque Zoológico de São Paulo e à *Patrícia Freitas* do LabBMC da UFSCar, obrigada por atenderem sempre minhas ligações e por serem tão atenciosos comigo no processo todo. À *Paola Ayala* do LabBMC da UFSCar, saiba minha admiração pelo seu trabalho e que sou imensamente feliz de ter encontrado uma colega colombiana que auxiliou muito este trabalho, uma amizade que nasceu pelo mico, mas que com certeza vai durar a vida toda. E à *Laurence Culot* do LaP/UNESP Rio Claro, *admirável* é uma palavra que usaria para descrever você e seu trabalho de pesquisa, te conhecer e participar das reuniões do LaP foram sonhos transformados em realidade, obrigada pelo tempo das entrevistas, pela boa disposição e ajuda sempre, os micos-leões têm sorte de ter vocês no trabalho de pesquisa.

A história para o Capítulo II não foi diferente, recebi ajuda de muitos pesquisadores a fim de criar, com certeza absoluta e sem medo a me enganar, a melhor Análises de Viabilidade Populacional. Obrigada ao meu orientador *Cláudio Pádua* pela super oportunidade, você falou que desenvolver este trabalho ia me dar uma experiência única e foi bem isso, a minha percepção sobre fazer conservação e pesquisa mudou muito, obrigada demais pela confiança e apoio; cada contribuição sua foi tão precisa e tão adequada! Você conseguiu ver em mim, o que nem eu mesma tinha enxergado e saiba que isso mudou a minha profissão daqui para frente. O melhor das nossas reuniões e ligações é que depois de falar dos micos e conservação, falamos de cozinha e da vida... eternamente grata Cláudio. À coordenadora do PCMLP e orientadora *Gabriela Rezende*, pelas horas de trabalho contínuo e constante arrumando dados, procurando informações e quebrando a cabeça para encontrar a melhor maneira de organizar todos os dados para inserir no modelo. Obrigada aos modeladores de

Vortex: *Fabio Stucchi Vannucchi, Mathias Dislich e Kathy Traylor-Holzer* (IUCN SSC/CPSG); Kathy, obrigada pela paciência, pelo seu tempo e boa disposição para me orientar, mas sobretudo, obrigada por transmitir essa sua paixão pelo seu trabalho e pelo – nosso melhor amigo Vortex- considero você minha mentora, e do seu lado espero aprender ainda muito mais, obrigada demais! Aos especialistas: *Gabriela Rezende, Laurence Culot, Mara Cristina Marques, Cauê Monticelli, Paola Andrea Ayala Burbano, Patrícia Freitas, Ariovaldo Pereria da Cruz Neto, Cláudio Pádua, Luciana Gosi Pacca e Leandro Jerusalinsky*, que contribuíram com informações e tempo para a construção do modelo. Muitíssimo obrigada a todos vocês pelo seu tempo e pela disponibilidade dos dados... o modelo ficou sensacional! Algumas vezes tive outros tipos perguntas que alguns pesquisadores auxiliaram amavelmente e tiveram tempo para conversar e discutir, obrigada *Arnaud Desbiez, Leandro Jerusalinsky, Fernando Lima, Simone Tenorio, Daniel Brito e Alexandre Uezu*, por responderem minhas perguntas rápidas, que não eram tão rápidas assim. Todos vocês fizeram possível meu trabalho, suas contribuições ajudaram no futuro Plano de Ação para Conservação do mico-leão-preto e esse é o melhor produto final que uma pessoa poderia desejar... valeu pessoal, juntos somos mais fortes e o mico-leão-preto mais viável!

Pessoalmente, não posso deixar de agradecer à *Anne Savage* e à *Rosamira Guillen* pela ajuda com a bolsa, essa oportunidade mudou minha percepção da conservação e me deu a melhor experiência de vida, saibam que trabalhar com vocês me deu as melhores ferramentas que uma conservacionista pode precisar, sua formação e exemplo me acompanham até hoje e fico muito orgulhosa de ser uma embaixadora do ótimo trabalho do *Proyecto Tití*.

Bom, não foi fácil abrir mão do trabalho dos meus sonhos e vir estudar no Brasil, mas conhecer a turma do mestrado, foi o melhor prêmio, meus amigos saibam que todos vocês me inspiram, conhecer vocês foi a melhor conquista! Obrigada pelos *happy hours* e noites ao ritmo do violão cantando... *Quando chega a noite e fica aquela neblina...*

Aos meus amigos da Copaíba *Ana Paula, Mayra, Monica e Tiago*, por ser uma fonte de inspiração, entre *reações* e *tensões* aprendi e cresci muito, obrigada gente! *Flávinha flaviceps*, você é o melhor ser humano que eu conheço, a minha admiração por você e pela Copaíba não tem limite, obrigada por me fazer parte dessa equipe maravilhosa, pela sua amizade, por me dar um cantinho na sua casa e dois cachorros que fizeram a diferença nos dias chatos da quarentena, amo você e nunca vou ter como te agradecer por TUDO.

Ahh eu tenho um grupinho *Du Mal* que me faz muito bem! A gente fez nosso próprio laboratório com reuniões semanais para discutir nossas pesquisas e nos desabafarmos. Vocês são demais, obrigada pela leveza da sua amizade, pelas risadas, as ligações, os cafés online, as receitas de bolo, a trca de figurinhas, as boas músicas e os dias em Nazaré curtindo a vida de mestrandas... mas sobretudo, obrigada pela irmandade que nasceu do blá blá News *Lê e Deia*, amo vocês mas amo ainda mais o ser que eu me tornei, quando conheci vocês!

À família Gregori, minha família brasileira! Gente obrigada pelo colo, pelo samba, pelos jantares inesquecíveis, pelas noites na Natura, pelos papos incríveis, as risadas, pelas noites

de baralho e pelo amor infinito, vocês fizeram tão gostosa a minha vida no Brasil... sobretudo os domingos difíceis, *Dani*, *Fer* e *Clara* amo vocês o que teria feito sem seu colo, hein?

A todo o staff do IPÊ em Nazaré pela paciência e amor com qual sempre receberam a gente, sobretudo por fazer as nossas comidas favoritas! Ao staff do IPÊ em Teodoro, em especial à *Aline* a minha companheira nos rolês! Um agradecimento mais do que especial aos meus amigos *Jose Wilson*, *André* e *Daniel Felippi* quantas histórias meninos! Obrigada pelos dias de campo, por me ensinarem tantas coisas dos micos, pela troca de saberes de campo, pela confiança e as risadas, saibam que meus dias mais felizes foram fazendo campo com vocês, uma amizade que sempre lembro com carinho e com um sorriso no rosto além dos carrapatos, quantas risadas nos nossos campos! *Gabi*, *Gui* e *Sofia* obrigada pelo meu quartinho em Pira, pela amizade e a troca, pela comida gostosa depois de horas de trabalho. Admiro muito seu trabalho, e ainda tenho muito que aprender com vocês, sobretudo para nossa fase seguinte... publicar. *Gabi*, seu nome aparece por todos os lados nos agradecimentos, obrigada por abrir para mim as portas do PCMLP, por me escutar e levar a sério o que eu falo. Obrigada por ser uma orientadora que me deixou andar sozinha, mas também algumas vezes pegou a minha mão para me ajudar a andar e outras vezes teve que me carregar no colo. Sem palavras para te agradecer por tudo, saiba que aprendi muito ao seu lado e que fico feliz por tudo o que passamos juntas, pelos desabafos e pela amizade construída, OBRIGADA.

À minha família, obrigada pela torcida, por serem meus patrocinadores oficiais, pelo apoio, pelas palavras de carinho, por entenderem meu estilo de vida, saibam que TUDO o que eu faço é por vocês, que de vocês eu obtenho a energia para ajudar os micos todos os dias e que tudo que eu tenho de bom vem de vocês. Meus amores lindos Nico, Helena, Santi e Pau vocês são o motor da minha vida! Aos meus amigos de sempre que ofereceram palavras motivadoras quando faltava vontade para continuar *Sonia*, *Juanita*, *Camila*, *Ruth*, *Johanna P.*, *Jeisson C.*, *Carolina G.*, *Gina R.*, *Maryi* e *Omar*! À *Mer P.* pela companhia e paciência, pelo apoio e torcida, pela amizade sincera e por estar sempre aí para me escutar, para dar risada e para acompanhar meus dias... sem você não teria sido possível, amo você! *Rafael Prieto* foi você quem mais me motivou para que eu fizesse este mestrado, sem sua amizade não teria sido possível. Obrigada por me escutar e dar risada comigo e de mim, obrigada pela ajuda com as planilhas e tabelas no excel, pela paciência quando eu estava a ponto de surtar, pelas dicas, por dar risada quando eu chorava, boa maneira de me animar, né? Rafa, saiba que você foi um orientador a mais e este mestrado é tão meu quanto seu!

Eu tinha uma ideia, bom...um sonho, adquirir novas ferramentas para fazer melhor meu trabalho como conservacionista, queria crescer como pesquisadora, conhecer pessoas inspiradoras e contribuir como voluntária em outros projetos de conservação, mas para isso tudo, eu precisava que alguém acreditasse no meu sonho, por isso eternamente grata com a *Becca Stievater* e a toda a equipe da *Wildlife Conservation Network (WCN)* e à *Stephanie Eisenman* e à equipe toda da *Education For Nature (EFN/WWF – programa Russell E. Train)* pelas bolsas e apoio oferecidos, vocês creditaram no meu potencial desde o primeiro momento, e fizeram esse sonho realidade! Obrigada

APRESENTAÇÃO	23
---------------------	-----------

CAPÍTULO 1	28
-------------------	-----------

UTILIDADE DOS PROCESSOS DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE POPULACIONAL E DO HABITAT PARA ORIENTAR AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DO MICO-LEÃO- PRETO	28
---	-----------

1 INTRODUÇÃO	28
---------------------	-----------

2 METODOLOGIA	33
----------------------	-----------

2.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SECUNDÁRIAS	33
--	-----------

2.1.1 A AVPH DE 2005 E O MICO-LEÃO-PRETO	33
--	----

2.1.2 TABELA DE MONITORAMENTO DO ANDAMENTO DAS AÇÕES PROPOSTAS EM 2005	35
--	----

2.1.3 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DA TABELA	38
---	----

2.2 ANÁLISE DA EXECUÇÃO DAS AÇÕES DO AVPH 2005 REFERENTE AO MICO-LEÃO-PRETO	38
--	-----------

2.2.1 EXECUÇÃO DE ATIVIDADES E DESAFIOS	38
---	----

2.2.2 LIÇÕES APRENDIDAS PARA A PRÓXIMA AVPH	39
---	----

2.3 PARALELO DE ARTICULAÇÃO ENTRE O PLANO DE AÇÃO DA AVPH 2005 E OS PANS PRIMATAS	40
--	-----------

3 RESULTADOS	41
---------------------	-----------

3.1 QUANTIFICAÇÃO E GRAU DE EXECUÇÃO DAS AÇÕES E OBJETIVOS PROPOSTOS NA AVPH 2005 PARA O CASO ESPECÍFICO DO MICO-LEÃO-PRETO	41
--	-----------

3.1.1 OBJETIVO GERAL 1: PLANO DE MANEJO DE METAPOPLAÇÃO DESENVOLVIDO E IMPLEMENTADO EM 10 ANOS	45
---	----

3.1.1.1 Demografia	45
--------------------	----

3.1.1.2 Genética	46
------------------	----

3.1.1.3 Saúde	47
---------------	----

3.1.1.4 Manejo	48
----------------	----

3.1.1.5 Desafios	50
------------------	----

3.1.2	OBJETIVO GERAL 2: TODAS AS ÁREAS CONHECIDAS DE OCORRÊNCIA DE MICO-LEÃO-PRETO LEGALMENTE PROTEGIDAS E CONSOLIDADAS EM 10 ANOS (+ 6.700 HA)	50
3.1.2.1	Legislação e Infraestrutura nas Áreas Protegidas	50
3.1.2.2	Aumento de conectividade	53
3.1.2.3	Educação ambiental e desenvolvimento comunitário	55
3.1.2.4	Pressão antrópica	57
3.1.2.5	Desafios	58
3.1.3	OBJETIVO GERAL 3: A CONSERVAÇÃO DO MICO-LEÃO-PRETO ESTÁ INCLUÍDA NAS POLÍTICAS PÚBLICAS REGIONAIS EM 5 ANOS	58
3.1.3.1	Políticas públicas	58
3.1.4	OBJETIVO GERAL 4: ÁREAS POTENCIAIS PARA GESTÃO IDENTIFICADAS, CARACTERIZADAS E PRIORIZADAS EM 2 ANOS	59
3.1.4.1	Caracterização das áreas	59
3.1.5	OBJETIVO GERAL 5: CONSOLIDAR UMA COMUNICAÇÃO EFICAZ E CONTÍNUA ENTRE AS VÁRIAS INSTITUIÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS ENVOLVIDAS NA CONSERVAÇÃO DO MICO-LEÃO-PRETO	59
3.1.5.1	Comunicação efetiva	59
3.1.6	OBJETIVO GERAL 6: ADOPTAR UM PROCESSO CONTÍNUO DE QUALIFICAÇÃO PARA PROFISSIONAIS DE DIFERENTES ÁREAS E COM DIFERENTES NÍVEIS DE CONHECIMENTO, VISANDO A DISPONIBILIZAR PESSOAL PARA REALIZAR AÇÕES DE CONSERVAÇÃO	60
3.1.6.1	Qualificação do pessoal envolvido	60
3.1.6.2	Integração de organizações	61
3.1.6.3	Desafios	61
3.1.7	OBJETIVO GERAL 7: CRIAR UMA CULTURA DE PUBLICAÇÃO ENTRE AS INSTITUIÇÕES E PESQUISADORES ENVOLVIDOS NA CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE	61
3.1.7.1	Publicação de resultados	61
3.1.7.2	Banco de dados	63
3.1.7.3	Desafios	63
3.1.8	OBJETIVO GERAL 8: ADMINISTRADORES E PESQUISADORES TRABALHANDO JUNTOS PARA MINIMIZAR PROBLEMAS BUROCRÁTICOS RELACIONADOS À PESQUISA E GESTÃO DE CONSERVAÇÃO.	63
3.1.8.1	Protocolos de referência para pesquisa	64
3.1.8.2	Espaços de comunicação	64
3.1.8.3	Gerenciamento	64

3.1.8.4	Eventos relacionados a conservação	64
3.1.8.5	Manejo	65
3.1.8.6	Desafios	65
3.2	PARALELO DE ARTICULAÇÃO ENTRE A AVPH 2005 E OS PANS	65
3.2.1	AVALIAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO AVPH 2005	69
4	<u>DISCUSSÃO</u>	70
4.1	QUÃO EFICAZ É A METODOLOGIA DE AVPH NA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE AÇÃO?	70
4.2	QUAIS SÃO OS PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE DIFICULTAM A IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES?	73
4.3	COMO FORNECER FEEDBACK QUE MELHORE A IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA E GUIE DECISÕES FUTURAS DE MANEJO?	75
4.4	QUAL É O PAPEL DA AVPH NAS POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAIS ONDE AS AÇÕES SÃO IMPLEMENTADAS?	76
5	<u>CONCLUSÕES</u>	78
6	<u>REFERÊNCIAS</u>	79
	<u>CAPÍTULO 2</u>	87
	<u>POPULATION VIABILITY ANALYSIS OF BLACK LION TAMARINS</u>	87
1	<u>INTRODUCTION</u>	87
2	<u>MATERIAL AND METHODS</u>	89
2.1	STUDY AREA	89
2.2	OBJECT OF STUDY	91
2.3	VORTEX SIMULATION SOFTWARE	92
2.4	DATA SOURCE	92
2.5	BASELINE MODEL INPUTS	94
2.5.1	SCENARIO SETTINGS	94

2.5.1.1	Duration and number of iterations	94
2.5.1.2	Extinction definition	94
2.5.2	SPECIES DESCRIPTION	95
2.5.2.1	Inbreeding depression	95
2.5.3	STATE VARIABLES	95
2.5.3.1	Population State Variables	96
2.5.3.2	Individual State Variables	97
2.5.3.3	Default values for variables in fuctions	97
2.5.4	DISPERSAL AMONG POPULATIONS	97
2.5.5	REPRODUCTIVE SYSTEM AND RATES	98
2.5.5.1	Reproductive system	98
2.5.5.2	Reproductive rates	99
2.5.6	MATE MONOPOLIZATION	100
2.5.7	MORTALITY RATES	100
2.5.8	CATASTROPHES	100
2.5.8.1	Meso-predator events in small populations	101
2.5.8.2	Fire	101
2.5.9	INITIAL POPULATION SIZE	104
2.5.9.1	Defining the number of populations (fragments) and fragment size	104
2.5.9.2	Initial population size estimates	105
2.5.9.3	Initial population model inputs	106
2.5.9.4	Initial population structure	107
2.5.10	CARRYING CAPACITY (K)	107
2.5.10.1	Current carrying capacity	107
2.5.10.2	Estimated changes in K due to climate change	108
2.5.10.3	Modeling fire and climate change impacts on K	109
2.5.11	STATE VARIABLES	110
2.5.11.1	Population State Variables	110
2.5.11.2	Individual State Variables	110
2.5.11.3	Default values for variables in functions	110
2.5.12	GENETICS	111
2.6	SENSITIVITY ANALYSIS	113
2.7	MODELING OF SCENARIOS	116
2.7.1	MINIMUM VIABLE POPULATION	116

2.7.2	CURRENT POPULATIONS AND METAPOPOPULATIONS VIABILITY	117
2.7.3	PONTAL METAPOPOPULATION: CORRIDORS AND SUPPLEMENTATIONS TO SAVE SMALL POPULATIONS	118
3	<u>RESULTS</u>	122
3.1	BASELINE MODEL	122
3.1.1.1	Deterministic rates	122
3.2	SENSITIVITY ANALYSIS	123
3.3	MODELING SCENARIOS	124
3.3.1	POPULATION VIABILITY AND MINIMUM VIABLE POPULATION	124
3.3.2	VIABILITY OF CURRENT BLACK LION TAMARIN WILD POPULATIONS AND METAPOPOPULATION	125
3.3.2.1	Pontal do Paranapanema Metapopulation	126
3.3.2.2	Medio Paranapanema Metapopulation	128
3.3.2.3	Alto Paranapanema Metapopulation	130
3.3.3	PONTAL METAPOPOPULATION: CORRIDORS AND SUPPLEMENTATIONS TO SAVE SMALL POPULATIONS	131
4	<u>DISCUSSION</u>	137
4.1	BASELINE MODEL	137
4.2	SENSITIVITY ANALYSIS ANALYSES	138
4.3	MODELING SCENARIOS	139
4.3.1	MINIMUM VIABLE POPULATION	139
4.3.2	VIABILITY OF CURRENT BLACK LION TAMARIN METAPOPOPULATION	140
4.3.3	PONTAL METAPOPOPULATION: CORRIDORS AND SUPPLEMENTATIONS TO SAVE SMALL POPULATIONS	142
5	<u>CONCLUSION</u>	143
6	<u>REFERENCES</u>	145

Lista de tabelas – Capítulo I

Tabela 1. Rotulação dos cinco pontos na escala tipo Likert, usada para identificar o nível de desenvolvimento das ações da AVPH 2005 para o mico-leão-preto. -----	37
Tabela 2. Desafios identificados pelos reesposáveis das ações da AVPH 2005 relativas ao mico-leão-preto. -----	39
Tabela 3. Categorização dos objetivos e ações dos instrumentos de gestão para a conservação do mico-leão-preto. -----	40
Tabela 4. Grau de execução das ações da AVPH 2005 relativas ao mico-leão-preto, dentro de cada objetivo proposto. -----	43
Tabela 5. Medidas de consolidação das Áreas Protegidas com ocorrência do mico-leão-preto. Destaca-se que, nos Planos de Manejo e outras medidas de proteção, as autoridades ambientais destacam a presença do mico-leão-preto e o impacto positivo dessas medidas para a proteção da espécie. -----	51
Tabela 6. Instrumentos de gestão na conservação do Mico-leão-preto. O PAN MAMAC apresenta o maior numero de ações. -----	67

Lista de Figuras – Capítulo I

Figura 1. Perfil dos entrevistados, atores responsáveis pela execução das ações do Plano de Ação produto da AVPH 2005 específicas para o mico-leão-preto.	42
Figura 2. Porcentagem do desenvolvimento de ações, produto da AVPH 2005, referentes ao mico-leão-preto. A maior parte das ações apresentaram execução maior que 60%.	43
Figura 3. Grau de execução das ações do Objetivo 1 da AVPH 2005 referentes ao mico-leão-preto, dentro de cada categoria proposta. Destacam-se as categorias Concluído e Não executado, com o maior numero de ações (6 e 5, respetivamente).	45
Figura 4. Mapa do corredor restaurado na Fazenda Rosanela. Ilustra-se o aumento de conectividade em parte da região do Pontal de Paranapanema. O Parque Estadual do Morro do Diabo conecta ao fragmento Tucano, que pertence à Estação Ecológica Mico-Leão-Preto. Fonte: IPÊ.	54
Figura 5. Áreas de mata ciliar prioritárias para aumento de conectividade entre as populações de mico-leão-preto no Alto Paranapanema. A proposta visa conectar os fragmentos com presença da espécie (em vermelho) através da recuperação das APPs dos principais rios (verde escuro). Fonte: Programa de Conservação do Mico-leão-preto/IPÊ.	55
Figura 6. Grau de execução do objetivo 7 da AVPH 2005 referente ao mico-leão-preto. A publicação dos resultados ocorreu em diferentes categorias, por diversos atores e por parcerias criadas entre eles. Destacam-se o LaP (57 publicações) e o IPÊ (53).	62
Figura 7. Comparação das categorias encontradas nos Instrumentos de Gestão objeto de estudo: AVPH 2005, MAMAC e PMMA. Nos três instrumentos, as categorias Gerenciamento e Pesquisa científica, concentram o maior numero de ações.	67
Figura 8. Comparação da categoria Gerenciamento e as subcategorias, nos três Instrumentos de Gestão objeto de estudo: AVPH 2005, MAMAC e PMMA.	68
Figura 9. Comparação da categoria Pesquisa científica e as subcategorias, nos três Instrumentos de Gestão objeto de estudo: AVPH 2005, MAMAC e PMMA.	68

Lista de Tabelas – Capítulo II

Table 1. Population state variables used to implement changes and to describe the characteristics of each population in the baseline inputs of black lion tamarins.-----	96
Table 2. Fire Risk and K changes for the fragments with black lion tamarin populations. Rio Claro/Turvinho (privately owned areas), Ponte Branca (BLT Ecological Station), and Tucano (BLT Ecological Station) are the areas that present the greatest potential for fire risk (in bold). -----	104
Table 3. Initial Population Size (N) of the seventeen populations of black lion tamarin. -----	106
Table 4. Carrying capacity (K) and climate change impacts on K after 30 and 60 years for each black lion tamarin population included in the Vortex model. -----	109
Table 5. Summary of the Vortex parameter inputs and values used for the baseline model of the black lion tamarin (<i>Leontopithecus chrysopygus</i>). Legend: EV = Environmental Variation; SD = Standard Deviation.-----	111
Table 6. Sensitivity Analysis to evaluate the effect of biological parameters on the stochastic growth rate of the black lion tamarins population. When making a change (low or high), the value of the stochastic growth rate can vary significantly, which indicates that the parameter is sensitive for the model, such as the mortality of subadults and the percentage of reproductive females (in bold).-----	115
Table 7. Black lion tamarin Metapopulations and the respective (sub)populations.-----	118
Table 8. The three populations of Pontal do Paranapanema (except for Morro do Diabo) supplemented in the long term, starting in different years and with the same supplementation interval, in a period of 100 years. -----	120
Table 9. Six Pontal do Paranapanema populations supplemented in the long term, starting in different years and with the same supplementation interval, in a period of 100 years.-----	121
Table 10. Minimum Viable Population (PMV) scenario results for differnt Initial Population Sizes. Stochastic growth rate (stoch-r), Probability of Extinction (PE), mean ending population size of iterations that do not go extinct (N-extant) and Gene Diversity (GD) results are displayed, only populations of 800 or more retain at least 98% gene diversity for 100 years.-----	125
Table 11. Probability of Extinction (PE_{100yr}) and Gene Diversity (GD_{100yr}) of black lion tamarin populations and metapopulation after 100 years. Populations with $PE_{100yr} < 2\%$ are in bold. -----	125
Table 12. Extinction Probability (PE) and Gene Diversity (GD) of the three metapopulations (Alto, Medio and Pontal do Paranapanema). The Medio Paranapanema Matapopulation has the highest extinction probability and the lowest capacity to retain genetic diversity in 100 years, compared to the other two metapopulations. ---	126
Table 13. Metapopulation Pontal Paranapanema. Of the seven populations analyzed, only Morro do Diabo State Park is viable ($PE < 2\%$ and $GD > 98\%$ over 100 years; in bold). Legend: Average Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population). -----	127
Table 14. Medio Paranapanema metapopulation. Legend: MetapAverage Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population). -----	129
Table 15. Alto Paranapanema Metapopulation. Only the Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba population is viable (in bold), according to our feasibility criteria. ($PE < 2\%$ and $GD > 98\%$ over 100 years). -----	130

Table 16. Pontal Metapopulation sin Morro do Diabo State Park population. Neither population is viable according to our criteria for viability ($PE < 2\%$ and $GD > 98\%$ over 100 years). Legend: Average Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population).

-----132

Table 17. Long-term supplementation in three of the populations (100 years) and increased connectivity of the Rosanela corridor. With the increase in the viability of these populations, the Santa Maria population slightly increases its viability. -----133

Table 18. Long-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations. -----134

Table 19 Short-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations. -----136

Lista de Figuras – Capítulo II

Table 1. Population state variables used to implement changes and to describe the characteristics of each population in the baseline inputs of black lion tamarins.-----	96
Table 2. Fire Risk and K changes for the fragments with black lion tamarin populations. Rio Claro/Turvinho (privately owned areas), Ponte Branca (BLT Ecological Station), and Tucano (BLT Ecological Station) are the areas that present the greatest potential for fire risk (in bold). -----	104
Table 3. Initial Population Size (N) of the seventeen populations of black lion tamarin. -----	106
Table 4. Carrying capacity (K) and climate change impacts on K after 30 and 60 years for each black lion tamarin population included in the Vortex model. -----	109
Table 5. Summary of the Vortex parameter inputs and values used for the baseline model of the black lion tamarin (<i>Leontopithecus chrysopygus</i>). Legend: EV = Environmental Variation; SD = Standard Deviation.-----	111
Table 6. Sensitivity Analysis to evaluate the effect of biological parameters on the stochastic growth rate of the black lion tamarins population. When making a change (low or high), the value of the stochastic growth rate can vary significantly, which indicates that the parameter is sensitive for the model, such as the mortality of subadults and the percentage of reproductive females (in bold).-----	115
Table 7. Black lion tamarin Metapopulations and the respective (sub)populations. -----	118
Table 8. The three populations of Pontal do Paranapanema (except for Morro do Diabo) supplemented in the long term, starting in different years and with the same supplementation interval, in a period of 100 years. -----	120
Table 9. Six Pontal do Paranapanema populations supplemented in the long term, starting in different years and with the same supplementation interval, in a period of 100 years.-----	121
Table 10. Minimum Viable Population (PMV) scenario results for different Initial Population Sizes. Stochastic growth rate (stoch-r), Probability of Extinction (PE), mean ending population size of iterations that do not go extinct (N-extant) and Gene Diversity (GD) results are displayed, only populations of 800 or more retain at least 98% gene diversity for 100 years.-----	125
Table 11. Probability of Extinction (PE _{100yr}) and Gene Diversity (GD _{100yr}) of black lion tamarin populations and metapopulation after 100 years. Populations with PE _{100yr} < 2% are in bold. -----	125
Table 12. Extinction Probability (PE) and Gene Diversity (GD) of the three metapopulations (Alto, Medio and Pontal do Paranapanema). The Medio Paranapanema Matapopulation has the highest extinction probability and the lowest capacity to retain genetic diversity in 100 years, compared to the other two metapopulations. ---	126
Table 13. Metapopulation Pontal Paranapanema. Of the seven populations analyzed, only Morro do Diabo State Park is viable (PE < 2% and GD > 98% over 100 years; in bold). Legend: Average Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population). -----	127
Table 14. Medio Paranapanema metapopulation. Legend: MetapAverage Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population). -----	129
Table 15. Alto Paranapanema Metapopulation. Only the Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba population is viable (in bold), according to our feasibility criteria. (PE < 2% and GD > 98% over 100 years). -----	130

Table 16. Pontal Metapopulation sin Morro do Diabo State Park population. Neither population is viable according to our criteria for viability (PE< 2% and GD> 98% over 100 years). Legend: Average Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population).

-----132

Table 17. Long-term supplementation in three of the populations (100 years) and increased connectivity of the Rosanela corridor. With the increase in the viability of these populations, the Santa Maria population slightly increases its viability. -----133

Table 18. Long-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations. -----134

Table 19 Short-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations. -----136

Abreviações - Capítulo I

ASPE - Áreas Sob Atenção Especial

AVP - Análise de Viabilidade Populacional

AVPH - Avaliação da Viabilidade Populacional e de Habitat

CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica

COMDEMA - Conselho Municipal de Desenvolvimento do Meio Ambiente

COP – Conferencia das partes

CPB- Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros

CPRJ - Centro de Primatologia de Rio de Janeiro

CPSG - Grupo de Especialistas em Planejamento de Conservação

ESEC - Estação Ecológica

FF - Fundação Florestal

FIOCRUZ - Fundação Instituto Oswaldo Cruz

FLONA - Floresta Nacional

FPZSP – Fundação Parque Zoológico de São Paulo

GAT - Grupo de Assessoramento Técnico

ICMBio - Instituto Chico Mendes

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IF - Instituto Florestal

IPÊ - Instituto de pesquisas Ecológicas

IUCN – International Union for Conservation of Nature

MMA – Ministério de Médio Ambiente

PAN - Plano de Ação Nacional

PAN MAMAC - Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central

PAN PPMA - Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e da Preguiça-de-coleira

PCMLP - Programa de Conservação do Mico-leão-preto

PE - Parque Estadual

PEMD - Parque Estadual Morro do Diabo

PNB - Política Nacional de Biodiversidade Brasileira

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

SSC - Comissão para a Sobrevivência de Espécies

UC - Unidade de Conservação

Abreviações - Capítulo II

BLT - Black Lion Tamarin

CPB/ICMBio - National Center for Research and Conservation of Brazilian Primates of the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation.

CPSG - Conservation Planning Specialist Group

EV - Environmental Variability

F - inbreeding coefficient

FF - Forestry Foundation

FPZSP - São Paulo Zoo Foundation

GD - Gene Diversity

I – Inbreeding

IF - Forestry Institute

IPÊ - Institute for Ecological Research

ISV - Individual State Variables

K - Carrying Capacity

LabBMC/UFSCar - Molecular Biodiversity and Conservation Laboratory of the Federal University of São Carlos

LaP/UNESP - Laboratory of Primatology of the Sao Paulo State University

LE - lethal equivalents

MVP - Minimum Viable Population

N – Initial Population size

NAP - National Actions Plans

PCMLP - Black Lion Tamarin Conservation Program

PE - Probability of Extinction

PS - State Variables

PSV - Population State Variables

PVA - Population Viability Analyses

APRESENTAÇÃO

A história natural do mico-leão-preto mudou radicalmente nas últimas quatro décadas. A espécie deixou de ser considerada extinta, na década dos 1970, e hoje é considerada uma espécie bandeira, símbolo da conservação do estado de São Paulo (Estado de São Paulo, 2014). O mico-leão-preto, diferente de outras espécies, contou com um grupo interdisciplinar de pessoas que, comprometidas com a causa, integraram esforços para mudar a categoria de ameaça da espécie e transformaram a história da sua conservação (Rezende, 2014).

Na década de 1970, esse pequeno primata, conceituado como espécie *rara* pela dificuldade de ser encontrado no ambiente (Coimbra-Filho, 1976), foi reencontrado no seu habitat e, desde então, as iniciativas pela sua conservação não pararam. O reconhecido primatólogo e naturalista Ademar Coimbra-Filho iniciou a conservação da espécie logo após sua redescoberta na natureza (Coimbra-Filho & Mittermeier, 1977; Rezende, 2014). Porém, no começo dos anos 1980, o mico-leão-preto encontrava-se na lista das dez espécies mais ameaçadas do mundo da IUCN (Mittermeier *et al.*, 1982).

Na metade da década de 1980, um grupo de pessoas comprometidas com a espécie consolidou o Programa de Conservação do Mico-leão-preto - PCMLP e, no final dessa década, já estavam em andamento trabalhos interdisciplinares em prol de sua conservação. Foi assim que, na década de 1990, as pesquisas foram direcionadas para levantar as informações requeridas pelo software Vortex, usado para modelar Análise de Viabilidade Populacional (AVP) (Soulé, 1986; Shaffer, 1981). Isso permitiu identificar os parâmetros biológicos da espécie e a viabilidade das populações dos micos-leões ao longo do tempo (Seal *et al.*, 1990).

O produto da AVP é uma ferramenta quantitativa usado nos nas oficinas participativos de Avaliação da Viabilidade Populacional e de Habitat (AVPH) para a elaboração de Planos de Ação (CBSG, 2010). Esses últimos têm como intuito um

planejamento integral que incorpora a dinâmica populacional da espécie, a genética das suas populações, a proteção das áreas de ocorrência da espécie e os aspectos socioeconômicos, como fatores importantes para identificar possíveis ameaças nas áreas de ocorrência da espécie e propor soluções (Ballou *et al.*, 1998; Holst *et al.*, 2006).

Foi assim que as metodologias AVP e AVPH entraram na história da conservação dos Micos-leões-pretos. A AVP e a AVPH têm sido usadas no planejamento de conservação dessa espécie nos últimos 30 anos (Seal *et al.*, 1990; Ballou, 1998; Holst *et al.*, 2006). Em 2005, foi feito o último Plano de Ação produto dessas metodologias, que é vigente até hoje e serviu como base para a criação de estratégias de conservação nacionais, como os Planos de Ação Nacionais (PANs).

Sabe-se que o Planejamento da Conservação é de fundamental importância para mudar a história de uma espécie ameaçada (Olney *et al.*, 1994; Byers & Seal, 2007). Mas recomenda-se também que esses processos sejam avaliados de tempos em tempos para que as lacunas e dificuldades sejam identificadas e direcionadas (Dietz, 2010). Nesse contexto, algumas perguntas emergem a respeito do planejamento de conservação do mico-leão-preto: 1. Hoje, 30 anos após a criação e implementação dessas metodologias, elas seguem sendo vigentes e efetivas para a conservação de espécies ameaçadas? 2. Quais têm sido os benefícios de seu uso para a conservação do mico-leão-preto? 3. Deve-se continuar usando essas metodologias para orientar Planos de Ação para a espécie? Respondê-las levará a atingir o objetivo geral deste trabalho: determinar a vigência e utilidade das ferramentas metodológicas AVP e AVPH para nortear as ações de conservação para espécies ameaçadas, como o mico-leão-preto. Para isso, este trabalho foi dividido em dois capítulos.

O primeiro capítulo tem foco no passado, e visa avaliar o quão eficazes têm sido as metodologias AVP/AVPH nestes últimos 15 anos de conservação da espécie. Para isso, será avaliado o nível de execução do Plano de Ação, produto da AVPH 2005; sua articulação com os Planos de Ação Nacional; e as lições aprendidas no processo de implementação.

O segundo capítulo tem foco no futuro, e pretende estimar a viabilidade atual das populações conhecidas, considerando todos os esforços de conservação para a espécie até o momento. Para isso, será feito um modelo-base com o software Vortex, para determinar a

viabilidade populacional do mico-leão-preto. Para conhecer seu atual potencial biológico, serão modeladas as condições que afetam hoje a espécie, como, por exemplo, o efeito das mudanças climáticas na capacidade-suporte das áreas de ocorrência, a presença de corredores ecológicos que conectam fragmentos onde se encontram suas populações, o risco de fogo na sua área de distribuição e a depressão por endogamia das populações.

Em conjunto, os Capítulos I e II, poderão auxiliar na elaboração de futuras ações de conservação, no próximo Plano de Ação para a conservação do mico-leão-preto.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, Jonathan; LACY, Robert; KLEIMAN, Devra; *et al.* *Leontopithecus* II: The Second Population and Habitat Viability Assessment for Lion Tamarins (*Leontopithecus*): Final Report. [s.l.]: Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN): Apple Valley, MN., 1998.
- BALLOU, Jonathan; WANG, Richard; PAZER, Harold; *et al.* Modeling Information Manufacturing Systems to Determine Information Product Quality. *Management Science*, v. 44, n. 4, p. 462–484, 1998.
- BYERS, O.; SEAL, U. S. The Conservation Breeding Specialist Group (CBSG): activities, core competencies and vision for the future. *International Zoo Yearbook*, v. 38, n. 1, p. 43–53, 2003.
- REZENDE, Gabriela. Mico-leão-preto: a história de sucesso na conservação de uma espécie ameaçada. [s.l.: s.n.], 2014.
- COIMBRA-FILHO, Ademar. Os saguis do gênero *Leontopithecus* cesso, 1840 (Callithricidae - Primates). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1976.
- COIMBRA-FILHO, Ademar; RUSSELL, Mittermeier. Conservation of the Brazilian Lion Tamarins (*Leonthopithecus Rosalia*). *In*: *Primate Conservation*. [s.l.: s.n.], 1977.
- CONSERVATION BREEDING SPECIALIST GROUP (CBSG). Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) Workshop Process.
- DIETZ, Lou Ann, BROWN, Marcia; SWAMINATHAN, Vinaya. Increasing the impact of conservation projects. *American Journal of Primatology*, v. 72, n. 5, p. 425–440, 2010.
- HOLST, Bengt; MEDICI, Patrícia; KLEIMAN, Devra; *et al.* Lion Tamarin Population and Habitat Viability Assessment Workshop 2005, final report. [s.l.]: IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, 2006.
- MITTERMEIER, Russell A.; COIMBRA-FILHO, Ademar F.; CONSTABLE, Isabel D.; *et al.* Conservation of primates in the Atlantic forest region of eastern Brazil. *International Zoo Yearbook*, v. 22, n. 1, p. 2–17, 1982.
- OLNEY, P. J., MACE, G.; FEISTNER, A. (Orgs.). *Creative Conservation: Interactive*

management of wild and captive animals. [s.l.]: Springer Netherlands, 1994.

SEAL, Ulysses S., BALLOU, J. D.; PADUA, C. V. *Leontopithecus*: population viability analysis: workshop report, Belo Horizonte, Brazil, 20-23 June 1990. [s.l.: s.n., s.d.].

SHAFFER, Mark L. Minimum Population Sizes for Species Conservation. *BioScience*, v. 31, n. 2, p. 131–134, 1981.

SOULÉ, Michael E. (Org.). *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland, Mass: Sinauer Associates, 1986.

Capítulo 1

Utilidade dos processos de Avaliação de Viabilidade Populacional e do Habitat para orientar ações de conservação do Mico-leão-preto

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual de extinção de espécies encontra-se entre cem e mil vezes acima que as taxas históricas naturais (Ceballos *et al.*, 2017). Nas regiões tropicais, entre 0,1% e 0,3% das espécies e 0,8% das populações se extinguem a cada ano (Balmford *et al.*, 1998), o que já se denomina como a Sexta Onda de Extinção em Massa (Wake & Vredenburg, 2008; Ceballos *et al.*, 2017). Esse é um dos maiores desafios que a biologia da conservação enfrenta atualmente.

Para frear essa perda da diversidade biológica, diferentes ferramentas de gerenciamento ambiental têm sido criadas. Esses instrumentos integram fatores ambientais, econômicos e sociais no processo de planejamento de ações para a conservação (Byers & Seal, 2003). Esse planejamento permite focar o uso de esforços e recursos, priorizar as estratégias a serem implementadas, identificar os responsáveis e colaboradores e seu papel na execução das ações, a fim de atingir os objetivos projetados (Staniforth & Getty Conservation Institute, 2013; Westgate *et al.*, 2013; Oliveira & Didier, 2015; IUCN/SSC, 2017).

Para esse planejamento não existe metodologia certa ou errada, simplesmente instrumentos que respondem melhor às problemáticas de conservação a serem resolvidas para cada espécie (ou grupo de espécies) e às necessidades que estas enfrentam (Seal *et al.*, 1990). O contexto das espécies em perigo de extinção com populações pequenas e fragmentadas tem sido alvo de estudo na implementação desses instrumentos, já que é indispensável identificar as condições mínimas para a persistência dessas espécies no longo prazo.

A Análise de Viabilidade Populacional (AVP) é uma metodologia para prever probabilidades de possíveis situações das populações em um período de tempo determinado, baseando-se em parâmetros demográficos, ambientais e genéticos modelados com softwares computacionais (Shaffer, 1981; Soulé, 1986; Miller & Lacy, 2003; Brook *et al.*, 2006; Lacy, 2019). Os modelos de simulação integram os efeitos determinísticos e estocásticos, e as interações de fatores genéticos, demográficos, ambientais e catastróficos sobre a dinâmica da população, estimando seu risco de extinção (Chapman & Hall, 1994; Conway, 1995; Gilpin & Soulé, 1986; Brito, 2009; Lacy *et al.*, 2015).

Como resultado das simulações e de cenários projetados, a AVP permite avaliar a probabilidade do risco de extinção de cada população, informações essas que são discutidas nas oficinas de Avaliação da Viabilidade Populacional e de Habitat (AVPH) (CBSG, 2010; IUCN/SSC, 2017). Essas oficinas são participativas, com integração de atores interdisciplinares que influenciam direta e indiretamente a conservação da espécie e são, na sua maioria, facilitadas pelo Grupo de Especialistas em Planejamento de Conservação da UICN (CPSG/UICN) e da Comissão para a Sobrevivência de Espécies (SSC) (CBSG, 2010; IUCN/SSC, 2017).

Desde sua criação, em 1979, o CPSG ajudou no desenvolvimento de Planos de Ação, envolvendo mais de 250 espécies através de mais de 600 oficinas de AVPH, realizadas em 71 países (CPSG, 2019). Essa trajetória e vigência desta metodologia para o planejamento de conservação de espécies ameaçadas. As oficinas de AVPH têm o intuito de nortear ações de conservação, decisões de manejo da espécie, bem como de políticas ambientais. Em conjunto, a AVP e AVPH são consideradas instrumentos de planejamento para o gerenciamento ambiental e baluartes da Biologia da Conservação (Chapman & Hall, 1994; Miller *et al.*, 2008; Brito, 2009).

Porém, como qualquer outro instrumento, AVP e AVPH apresentam desvantagens. Estas metodologias são de implementação restrita, com foco em uma única espécie, ou grupo pequeno de espécies (Lawton, 1999). Além disso, a quantidade de detalhe dos dados que são necessários para rodar as AVPs é conhecida para poucas espécies (Akçakaya & Sjögren-Gulve, 2000). Na maioria, precisam-se estudos de longo prazo para responder às minúcias que são pedidas pelos softwares. Apesar de ser possível usar dados de espécies próximas,

essa opção aumenta a incerteza do modelo (Akçakaya, 2000; Ferson & Oberkampf, 2009), podendo levar a conclusões imprecisas, ainda que sejam feitos testes de sensibilidade para os modelos (Akçakaya, 2000; Lacy *et al.*, 2015).

Apesar dessas dificuldades, as AVPHs têm sido amplamente usadas e fornecem um recurso importante para o desenvolvimento de programas de conservação e recuperação de táxons ameaçados (Chapman & Hall, 1994; Miller *et al.*, 2008). Com esse fim, no caso dos micos-leões, já foram realizadas três oficinas participativas de AVPH (Rezende, 2014). Nos três seminários fizeram parte pesquisadores, educadores, representantes governamentais e gestores de áreas protegidas, visando planejar as ações de manejo com um enfoque interdisciplinar (Holst *et al.*, 2006). Pretende-se que esses Planos de Ação sejam documentos vivos, continuamente reavaliados e revisados com base em novas informações e mudanças nas necessidades para a conservação das espécies-alvo (Seat *et al.*, 1990; Chapman & Hall, 1994; Ballou, 1998; Conway, 1995; Holst *et al.*, 2006; IUCN/SSC, 2017).

Os dois primeiros seminários de AVPH para os micos-leões foram realizados na cidade de Belo Horizonte, em 1990 e 1997, respectivamente; o último aconteceu em Brasília, em 2005. Para o caso específico do mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*), espécie classificada como Em Perigo (EN) segundo os critérios da UICN (Rezende *et al.*, 2020) e, Em Perigo (EN), pelo critério B2ab(ii,iii,iv,v) segundo a Portaria Número 444, de 17 de dezembro de 2014 e o Livro Vermelho da Fauna Brasileira (ICMBio, 2018); o resultado da modelagem de AVP de 2005 demonstrava que, se manejadas individualmente, todas as populações, exceto a do Morro do Diabo, estariam extintas em menos de 100 anos (Holst *et al.*, 2006; Rezende, 2014). Esse panorama era alarmante para as expectativas do Plano de Ação para a conservação do mico-leão-preto.

Os Planos de Ação para espécies em perigo de extinção, são produto dos esforços e orientações globais como as Metas Globais de Biodiversidade, definidas pela Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), principal fórum mundial para questões ambientais (Naciones Unidas, 1992). Quem dirige a CDB é a Conferencia das Partes (COP), que a cada dois anos monitora e avalia o avanço dos compromissos por parte dos países signatários, permitindo estabelecer o nível de avanço no cumprimento das metas do seu Plano Estratégico (Naciones Unidas, 1992; UICN *et al.*, 2011; MMA, 2018).

O último Plano Estratégico da CBD (2011-2020) apresenta 20 metas que buscam proteger a biodiversidade de forma preservacionista e sustentável, conhecidas como as Metas de Aichi, estabelecidas na COP10 que teve lugar no Japão no ano 2010. A CBD propõe acordos e metas gerais, mas é compromisso de cada país signatário, contextualizar e gerar espaços de discussão entre atores relevantes e o governo, para gerar estratégias que permitam atingir as metas (UICN *et al.*, 2011). Uma maneira de implementar esses acordos diplomáticos é por meio de políticas públicas, que transformem os compromissos globais em ações e políticas nacionais, globais e regionais (Nascimento, 2015).

Dentro das políticas públicas brasileiras criadas para atingir as Metas Globais de Biodiversidade, encontram-se o Decreto 4339/2002, que define a Política Nacional de Biodiversidade (PNB) Brasileira e o Plano de Ação Nacional de Biodiversidade (PAN-Bio), instituídos pelo Decreto no 4.339/2002, estruturando uma política de biodiversidade com base nas orientações da CBD (MMA, 2018). E, por meio da Resolução CONABIO no06/2013, o Brasil firmou 20 Metas Nacionais, espelhadas nas Metas Globais de Biodiversidade. Dentro das metas estabelecidas, a meta 12, busca a proteção da fauna em perigo de extinção a traves dos Planos de Ação Nacionais (PANs), que têm como premissa o caráter sinérgico e sistêmico do processo de conservação, ou seja, ameaças comuns a diversas espécies devem resultar em ações de conservação que beneficiem não apenas a uma espécie, mas a um conjunto destas (UICN *et al.*, 2011).

Os PANs são também ferramentas participativas de planejamento estratégico, adotadas pelo Governo Brasileiro a partir de 2014 e atribuída ao Instituto Chico Mendes (ICMBio) através do Decreto 7.515/2011 (Presidência da República do Brasil, 2011), no âmbito das estratégias governamentais para cumprimento das Metas de Aichi. Eles têm como objetivo reverter a situação de ameaça das espécies catalogadas nesse risco, priorizando ações para a conservação da biodiversidade e seus ambientes naturais, programadas para um período de tempo determinado (MMA/ICMBio, 2018). O processo todo, desde a construção até a avaliação final do PAN, passando pelas monitorias da implementação, é orientado pela Normativa ICMBio No. 21/2018.

Esse instrumento baseia-se no planejamento estratégico que permite incluir desde uma única espécie até um conjunto de espécies que apresentem situações singulares com

risco de extinção local e impacto regional (MMA/ICMBio, 2018). A revisão do cumprimento das ações dos PANs é feita através do preenchimento de uma matriz de implementação, que é monitorada através das reuniões anuais do Grupo de Assessoramento Técnico (GAT) (Filleto-Dias *et al.*, 2014; MMA/ICMBio, 2018). De acordo com o nível de execução alcançado na implementação, e o contexto de cada PAN, podem ser realizados ajustes nos indicadores, metas e nos objetivos específicos (MMA/ICMBio, 2018).

No caso de PANs multi-espécies, eles contemplam ações de conservação abrangendo um amplo conjunto de espécies ameaçadas de extinção com características taxonômicas e/ou ecológicas convergentes (PAN MAMAC, 2016). Com esses critérios como base, o mico-leão-preto foi incluído em dois PANs, no PAN para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central (PAN MAMAC, 2010-2015) e, posteriormente, no PAN para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e da Preguiça-de-coleira (PAN PPMA, 2018-2023).

O PAN MAMAC foi elaborado em novembro de 2010, contemplando 27 táxons, com o objetivo de “Incrementar a viabilidade das espécies-alvo, com reversão do declínio populacional e ampliação da extensão, conectividade e qualidade de seus habitats em áreas estratégicas dentro de cinco anos” (MAMAC/ICMBio). A coordenação foi assumida pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB), oficializada no DOU pela Portaria ICMBio N°134, de 23 de dezembro de 2010.

Para a elaboração do PAN MAMAC, foram feitas oficinas participativas, com 89 colaboradores de 46 instituições. O Plano foi estruturado com 1 objetivo geral, 6 específicos e 141 ações que envolviam 51 articuladores; 20 deles fizeram parte do GAT. O PAN MAMAC, seguindo a instrução da normativa (MMA/ICMBio, 2018), realizou 5 oficinas de monitorias, incluindo 1 avaliação de meio termo e monitoria e 1 avaliação final. Como avaliação final do PAN MAMAC, foi concluído que o PAN não atingiu os objetivos esperados (Relatório final MAMAC, 2016). Mas, no processo, foram listados desafios e lições aprendidas, que foram a base para a criação do atual PAN PPMA.

O PAN PPMA foi elaborado em abril de 2018, abarcando 13 espécies de primatas e a preguiça-de-coleira. Foi criado com o objetivo geral de “Aumentar o habitat e reduzir o declínio das populações de primatas e preguiça ameaçados da Mata Atlântica em cinco anos”.

A coordenação foi assumida pelo CPB, oficializada no DOU pela Portaria ICMBio N° 702 de 2018. A oficina participativa para elaboração desse PAN contou com 45 colaboradores de 33 instituições. O PAN PPMA foi estruturado com 1 objetivo geral, 6 específicos e um total de 49 ações. O GAT foi instituído pela Portaria ICMBio n° 404/2019.

Portanto, ambas metodologias de planejamento de conservação (AVP/AVPH e PAN) foram cruciais para a evolução das ações de conservação do mico-leão-preto; é importante compreender a articulação do AVPH 2005 com as Políticas Públicas Brasileiras para espécies ameaçadas, como os Planos de Ação Nacionais (PANs). Num contexto de avaliação de metodologias visando a melhoria desses processos, surgem perguntas como: Quão eficaz é a metodologia de AVP/AVPH no planejamento de ações para a conservação de espécies? Quais são os principais problemas que dificultam a implementação das ações? Como fornecer feedback que melhore a implementação da metodologia e guie decisões futuras na gestão dos Planos de Ação? Qual é o papel da AVPH em políticas públicas nacionais onde são implementadas? Responder essas perguntas atingiriam os objetivos deste trabalho de (1) avaliar o uso da ferramenta AVPH no planejamento para a conservação, (2) quantificar o grau de execução das ações e objetivos propostos no AVPH 2005 para o caso específico do mico-leão-preto, para assim, (3) fornecer as lições aprendidas, com base nos desafios apresentados na execução das ações do Plano de Ação e, finalmente, (4) identificar a articulação, ou não, entre a AVPH 2005 e os PANs, no que diz respeito às ações que abrangem o mico-leão-preto.

2 Metodologia

2.1 Levantamento de informações secundárias

2.1.1 A AVPH de 2005 e o Mico-leão-preto

O último seminário de AVPH para as quatro espécies de Micos-Leões aconteceu em 2005, em Brasília, Distrito Federal, Brasil, com a facilitação do CPSG/IUCN. Participaram 51 membros entre gestores, cientistas, funcionários do governo, educadores e pesquisadores do Brasil, Estados Unidos e Europa. O objetivo central do seminário era contextualizar, para cada espécie, o estado das populações, discutir sobre as ameaças e argumentar as ações a serem desenvolvidas para ajudar a mitigar esses problemas (Holst *et al.*, 2006). Essas informações foram condensadas no Plano de Ação para a conservação dos Micos-leões.

O seminário de AVPH começa com a implementação da AVP para cada espécie, gerando um modelo-base que identifica o potencial biológico da espécie, baseando-se nos parâmetros demográficos, ambientais e genéticos na área de estudo, a fim de identificar o estado atual e a viabilidade das populações e da metapopulação (Gilpin & Soulé, 1986; Chapman & Hall, 1994; Miller *et al.*, 2008) Com esse modelo-base, neste caso gerado com o software Vortex, simulam-se diferentes cenários alternativos, modelando as populações e as ameaças conhecidas que as impactam. Assim é possível detectar os fatores que mais interferem no crescimento populacional e tê-los como foco no desenvolvimento das estratégias que mitigam as ameaças (Holst *et al.*, 2006).

No caso específico deste capítulo, o ponto central está relacionado aos resultados obtidos na AVPH de 2005, referentes ao mico-leão-preto cujos objetivos eram (1) Identificar os problemas e organizá-los em ordem de prioridade, (2) Desenvolver estratégias que resolvessem as dificuldades, especificando objetivos (também em ordem de prioridade) gerais e específicos a serem alcançados nos cinco anos seguintes e, finalmente, (3) Elaborar ações para atingir esses objetivos.

Nesse seminário, para o mico-leão-preto, foram identificados oito (8) problemas/ameaças (Quadro 1) e cada um deles contou com um Objetivo geral a ser atingido, além de uma lista de pessoas e colaboradores responsáveis pela execução/articulação das quarenta e quatro (44) ações propostas.

Quadro 1. Problemas e objetivos identificados para o Mico-leão-preto no seminário de AVPH 2005 (Holst *et al.*, 2006).

Número	Problema/Ameaça	Objetivo geral
1	As populações conhecidas do mico-leão-preto ocorrem em baixa densidade em áreas isoladas. Esta situação causa problemas genéticos e demográficos que afetam a sobrevivência da espécie, e a falta de conhecimento estratégico para ajudar a conservação da espécie agrava o problema.	1.1 Plano de Manejo de Metapopulação desenvolvido e implementado em 10 anos.
2	Quanto maior a fragmentação do habitat, mais alta é a pressão antrópica nas áreas de ocorrência do mico-leão-preto.	2.1 Todas as áreas conhecidas de ocorrência de mico-leão-preto legalmente protegidas e

Número	Problema/Ameaça	Objetivo geral
		consolidadas em 10 anos (+ 6.700 ha). 2.2 Reduzir a pressão antrópica sobre os recursos naturais no entorno das áreas protegidas e potenciais (ainda não estudadas) em 30% em 10 anos.
3	Falta de políticas públicas ambientais para a conservação do mico-leão-preto.	3.1. A conservação do mico-leão-preto incluída nas políticas públicas regionais em 5 anos.
4	Falta de informação sobre a disponibilidade e qualidade de habitats potenciais a serem manejados.	4.1. Áreas potenciais para manejo identificadas, caracterizadas e priorizadas em 2 anos.
5	Problemas de relacionamento entre as instituições envolvidas prejudica a definição de estratégias de conservação.	5.1. Consolidar uma comunicação eficaz e contínua entre as várias instituições nacionais e internacionais envolvidas na conservação do mico-leão-preto.
6	Ausência de pessoal qualificado em diversas áreas de atuação limita as ações de manejo e conservação do mico-leão-preto.	6.1. Adotar um processo contínuo de qualificação para profissionais de diferentes áreas e com diferentes níveis de conhecimento, visando a disponibilização de pessoal para realizar ações de conservação.
7	A falta de informações organizadas e facilmente acessíveis está impedindo ações integradas de pesquisa e manejo.	7.1. Criar uma cultura de publicação entre as instituições e pesquisadores envolvidos na conservação da espécie. 7.2. Informação existente a respeito da espécie e seu habitat organizada e disponível em um ano e sendo continuamente atualizada.
8	A burocracia é um obstáculo às ações de pesquisa e manejo.	8.1. Administradores e pesquisadores trabalhando juntos para minimizar problemas burocráticos relacionados à pesquisa e gestão de conservação.

2.1.2 Tabela de monitoramento do andamento das ações propostas em 2005

O Plano de Ação produto da AVPH 2005 não contava com um instrumento de monitoramento das ações. Por isso, para monitorar o atual avanço das ações propostas, no âmbito desse trabalho, elaborei uma tabela de monitoramento, usando como base a planilha de monitoria dos PANs (Anexo I). A planilha foi preenchida com informações obtidas

diretamente com os responsáveis, a partir de entrevistas semiestruturadas que realizei com cada um deles (Manzini, 2004). Dessa maneira, pretendo identificar o nível de andamento de cada ação. A tabela inclui os seguintes campos:

Número: No seminário de AVPH de 2005, os oito problemas foram classificados por ordem de importância, numa escala de 1 a 8, sendo 1 o mais importante.

Problema: Foram identificados, definidos e ranqueados os problemas/ameaças que afetam direta e indiretamente a espécie, segundo a experiência profissional dos atores presentes e as informações secundárias levantadas no contexto do mico-leão-preto.

Objetivo geral: Cada um dos problemas tem um objetivo geral a ser atingido, mediante a realização de diferentes ações.

Ação geral: Para os objetivos gerais amplos (caso do primeiro e de segundo, especificamente), foram criadas ações gerais que seriam atingidas com a implementação das *ações específicas*.

Tipo de ação: As ações foram categorizadas em: demográfica, genética, saúde, manejo, infraestrutura, conselhos consultivos, aumento de conectividade, educação ambiental e desenvolvimento comunitário, pressão antrópica, comunicação efetiva, políticas públicas, caracterização das áreas, qualificação do pessoal envolvido, publicação de resultados, banco de dados, protocolos de referência para pesquisa, integração de organizações, eventos relacionados a conservação, e gerenciamento.

Ação específica: Atividades a serem feitas para cumprir os Objetivos específicos e gerais, e mitigar os Problemas.

Responsáveis: Especialistas e atores envolvidos, encarregados de articular as ações específicas.

Colaboradores: Atores que apoiam os responsáveis no desenvolvimento das atividades.

Indicador do estado de andamento: consultei cada um dos responsáveis específicos ou, no caso de não ser possível o atendimento, perguntei a outros atores envolvidos na AVPH 2005. Para identificar o nível de desenvolvimento das ações, criei cinco categorias (Tabela

1), tendo como base a adaptação da escala de mensuração tipo Likert (Likert, 1932; Dalmoro & Mendes, 2014; Joshi *et al.*, 2015).

Para alcançar resultados satisfatórios e confiáveis, que permitam chegar a conclusões apropriadas, a construção da escala Likert deve ter cuidados centrais com o número de pontos e a rotulação dos mesmos (Krosnick, 1991). Para isso, em relação ao primeiro aspecto, criei uma escala de cinco pontos, a opção mais recomendada por ter um ponto neutro (*Parcialmente executado*), mantendo a mesma distância entre cada ponto. Dessa maneira, obtém-se resultados estáveis em qualquer ponto da escala e, por isso, dados mais confiáveis (Cañada & Sánchez, 1998; Dalmoro & Mendes, 2014; Joshi *et al.*, 2015).

Já para o segundo aspecto, a rotulação dos pontos, usei âncoras verbais nos dois extremos das categorias de seleção, permitindo obter respostas com valores mínimos (*Não executado* e *Ligeiramente executado*) e máximos (*Quase concluído* e *Concluído*) (Cañada & Sánchez, 1998; Weathers *et al.*, 2005). Esses cuidados na criação da escala garantem limpeza na quantificação para o posterior uso de técnicas paramétricas.

Tabela 1. Rotulação dos cinco pontos na escala tipo Likert, usada para identificar o nível de desenvolvimento das ações da AVPH 2005 para o mico-leão-preto.

Categoria	Porcentagem de andamento (%)
Não Executado	0-19
Ligeiramente Executado	20-39
Parcialmente Executado	40-59
Quase Concluído	60-79
Concluído	80-100

Descrição do andamento: Neste espaço, detalhei o andamento e a justificativa do indicador do estado de andamento.

Desafios que justificam a não execução parcial ou total da ação: Neste espaço, listei as principais dificuldades no desenvolvimento das ações.

Recomendações/Observações: Caso se aplique, cada ação pode ter recomendações para a próxima AVPH. Listei as lições aprendidas no desenvolvimento de cada ação.

Produto esperado: Cada ação específica têm produtos esperados.

Produto obtido: O resultado do desenvolvimento de cada ação pode resultar em um ou vários produtos, listados aqui.

2.1.3 Levantamento das informações para o preenchimento da tabela

Consultei os responsáveis por cada ação que aparecem no relatório da AVPH 2005 e, quando não foi possível, interroguei outros atores envolvidos. O roteiro da entrevista incluía perguntas básicas do perfil do entrevistado; perguntas dos itens da tabela de monitoramento sob sua responsabilidade e espaço para outras informações, caso emergissem outras inquietações.

2.2 Análise da execução das ações do AVPH 2005 referente ao mico-leão-preto

2.2.1 Execução de atividades e desafios

Ao preencher a tabela com as informações da entrevista semiestruturada, o *Indicador do estado de andamento* quantifica em porcentagem o nível de execução de cada atividade. Esta informação remete o nível de alcance dos objetivos. Posteriormente, analisa-se quantas, quais e em qual proporção foram atingidas. Ao mesmo tempo, é importante analisar os desafios encontrados no desenvolvimento das ações e se estes afetaram o cumprimento dos objetivos.

As informações obtidas no indicador *Desafios que justificam a não execução parcial ou total da ação* é organizada usando a metodologia Triangulação Hermenêutica por Propriedade, para estabelecer categorias e subcategorias (Cisterna, 2005). Uma vez que as respostas dos entrevistados estão organizadas no indicador *Desafios*, o primeiro passo é identificar palavras relevantes por ação. O segundo passo é comparar as palavras-chave entre as ações, para serem agrupadas e formar *Subcategorias*; um conjunto de subcategorias com características em comum dá origem às *Categorias Gerais*. Cada categoria criada é excludente e restrita em relação às outras, seguindo a metodologia de Análises de conteúdo (Cisterna, 2005; Carlomagno & Rocha, 2016). Com relação aos desafios no desenvolvimento

das ações da AVPH 2005, foram estabelecidas seis categorias e vinte subcategorias (Tabela 2).

Tabela 2. Categorização dos desafios identificados pelos reesposáveis das ações da AVPH 2005 relativas ao mico-leão-preto.

Categorias	Subcategorias
Recursos	Recursos financeiros Recursos humanos capacitados Recursos Materiais
Gestão	Falta de comprometimento Falta de monitoramento de ações Conflitos de interesses Descontinuidade de projetos Falta de capacitação Falta de comunicação Pouca administração de projetos Falta de organização
Atividades de pesquisa	Falta de amostras para fazer estudos Não é um estudo prioritário Falta de protocolos Falta de novas técnicas para monitoramentos Falta de um banco de dados organizado
Logística	Dificuldade na mobilização/Transporte
Política	Burocracia Falta de vontade política
Outro	Redação da ação não foi clara

2.2.2 Lições aprendidas para a próxima AVPH

Os erros e acertos representam uma oportunidade de aprendizado que permite melhorar a qualidade dos processos. Uma vez analisadas as informações das planilhas de monitoramento, criei uma lista de lições aprendidas, baseada nesses desafios encontrados pelos especialistas. A ideia é usar essa informação no próximo seminário de AVPH, para ter uma contextualização das ações que foram mais bem-sucedidas, e as que não; os desafios mais frequentes e os produtos obtidos nos últimos quinze anos de conservação da espécie.

2.3 Paralelo de articulação entre o plano de ação da AVPH 2005 e os PANs primatas

Para analisar complementaridade, ou não, entre os dois instrumentos, AVPH 2005 e os PANs (MAMAC e PPMA), construí uma planilha (Anexo II) que levanta os pontos em comum e dissemelhantes dos objetivos definidos pelos três diferentes planos de ação. Para isso, seguindo a metodologia de Análises de conteúdo (Cisterna, 2005; Carlomagno & Rocha, 2016), criei 8 categorias e 32 subcategorias (Tabela 3). Estabeleci o número de categorias e comparei os resultados obtidos entre os diferentes instrumentos.

Tabela 3. Categorização dos objetivos e ações dos instrumentos de gestão para a conservação do mico-leão-preto.

Categoria	Subcategoria
Ameaças	Pressão antrópica Controle de espécies invasoras Tráfico Pressão de caça
Conectividade	Aumento de conectividade Identificação de áreas prioritárias para a conectividade
Educação ambiental e desenvolvimento comunitário	Educação ambiental e desenvolvimento comunitário Ciência cidadã Educação ambiental e pressão de caça
Gerenciamento	Qualificação do pessoal envolvido Integração de organizações Publicação de resultados Espaços de comunicação Gerenciamento Eventos relacionados à conservação Comunicação efetiva Mobilização de recursos
Gestão de UC	Infraestrutura Conselhos consultivos

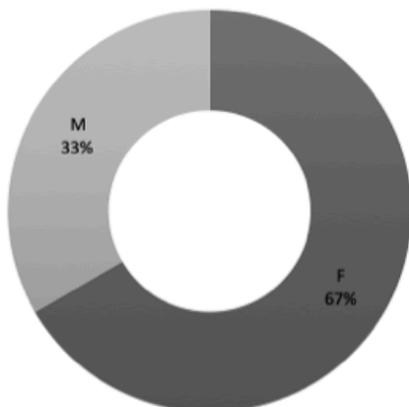
Categoria	Subcategoria
Manejo	Gerenciamento de UC
	Criação de novas unidades de conservação
	Manejo
Pesquisa científica	Identificação de áreas para manejo de populações
	Demografia
	Genética
	Saúde
	Caracterização do hábitat
	Banco de dados
	Protocolos de referência para pesquisa
	Controle de espécies invasoras
	Febre amarela
	Políticas Públicas

3 Resultados

3.1 Quantificação e grau de execução das ações e objetivos propostos na AVPH 2005 para o caso específico do mico-leão-preto

As 44 ações estão sob responsabilidade de 9 principais responsáveis. Para este estudo, todos foram contatados, mas obtive resposta de 4 pessoas. Foram contatadas outras 5 pessoas, como atuais atores na conservação do mico-leão-preto, para um total de 9 entrevistados. A maioria dos entrevistados era do gênero feminino (66%). As pessoas contatadas representam instituições do terceiro setor, academia e entidades governamentais (Figura 1).

Gênero dos entrevistados



Organização setorial

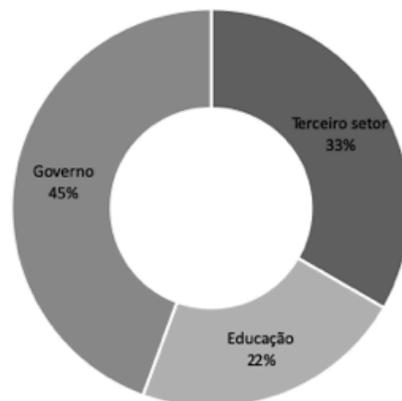


Figura 1. Perfil dos entrevistados, atores responsáveis pela execução das ações do Plano de Ação produto da AVPH 2005 específicas para o mico-leão-preto.

Das 44 ações, 22 foram *Concluídas* (50%), enquanto 7 ações *Não executadas* (9%), sendo o maior número de ações sem executar (n=5) concentrado no Objetivo Geral 1. A maior parte das ações (n=32, 70%) apresentou execução maior que 60%. Sobre os objetivos gerais, 5 dos 8 foram atingidos com sucesso (Figura 2).

Execução das ações do Plano de Ação - AVPH 2005

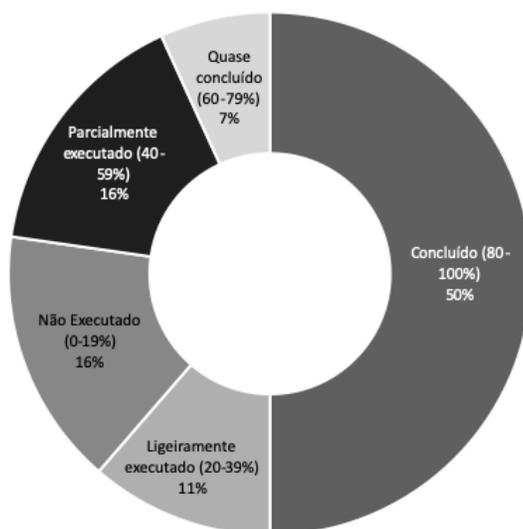


Figura 2. Porcentagem do desenvolvimento de ações, produto da AVPH 2005, referentes ao mico-leão-preto. A maior parte das ações apresentaram execução maior que 60%.

Tabela 4. Grau de execução das ações da AVPH 2005 relativas ao mico-leão-preto, dentro de cada objetivo proposto.

Objetivos Gerais	Concluído	Quase concluído	Parcialmente executado	Ligeiramente executado	Não executado	Total geral
1	6	3	4	4	5	22
2	6	1				7
3	2					2
4				1		1
5	1					1
6	4					4
7			1		1	2
8	3		1		1	5
Total geral	22	4	6	5	7	44

Com relação aos desafios encontrados, o Objetivo Geral 1 concentra a maior quantidade de desafios (n=50), contrário aos objetivos gerais 3, 4 e 5 (n=0) (Quadro 2). Os desafios mais frequentes são relacionados a Recursos (n=38), Gestão (n=19) e Atividades de pesquisa (n=19).

Quadro 2. Desafios categorizados apresentados no cumprimento dos objetivos da AVPH 2005. Os objetivos 1, 2 e 6 apresentaram maior numero de desafios (negrito); os desafios que os responsáveis pela execução das ações consideraram mais frequentes foram Recursos, nas suas três subcategorias Recursos financeiros, humanos e materiais (negrito).

Objetivo geral	Recursos			Gestão					Atividades de pesquisa					Logis-tica	Polí-tica	Total	
	Recursos financeiros	Recursos humanos	Recursos materiais	Comprometimento	Monitoramento de ações	Conflito de interesses	Descontinuidade de projetos	Capacitação	Falta de comunicação	Falta de amostras para fazer estudos	Não é um estudo prioritário	Protocolos	Falta de novas técnicas para monitoramentos	Banco de dados	Mobilização/ Transporte		Burocracia
1	9	6	6	1	2	2	2	2	3	3	5	3	1		4	1	50
2	2	2	1	2			3	1							1		12
3																	0
4																	0
5																	0
6	2	3	1	1			1	2									10
7	2	2												2			6
8	1	1									1			1			4
Total	16	14	8	4	2	2	6	5	3	3	5	4	1	3	5	1	82

3.1.1 Objetivo Geral 1: Plano de Manejo de Metapopulação desenvolvido e implementado em 10 anos

Metade das ações do plano fazem parte do Objetivo geral 1 (n=22) e encontram-se distribuídas em quatro tipos: Manejo (n=9), Saúde (n=6), Genética (n=5) e Demografia (n=2) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

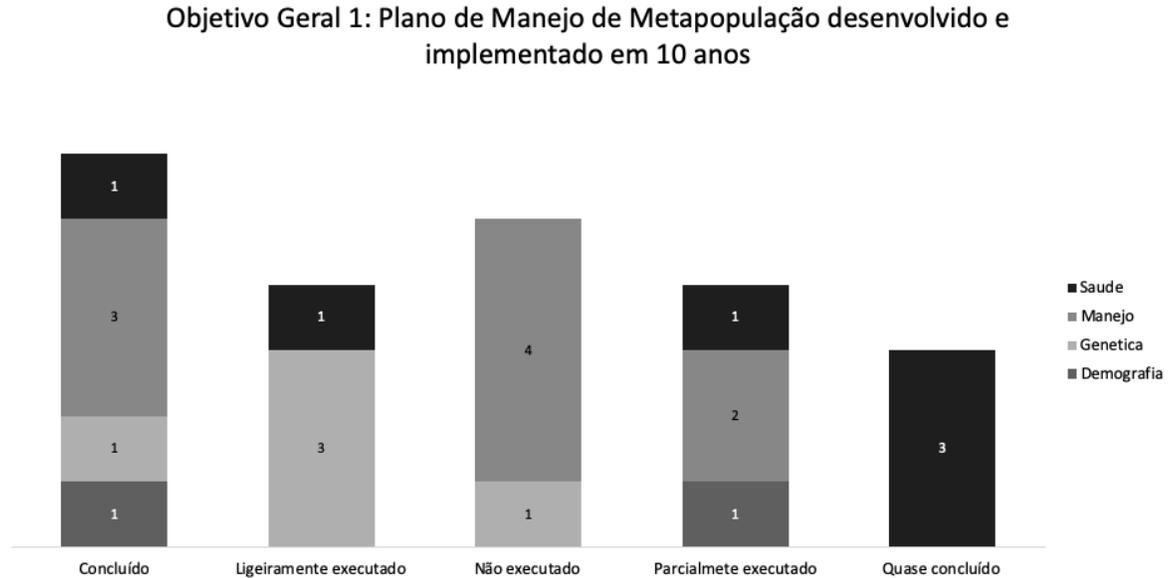


Figura 3. Grau de execução das ações do Objetivo 1 da AVPH 2005 referentes ao mico-leão-preto, dentro de cada categoria proposta. Destacam-se as categorias Concluído e Não executado, com o maior número de ações (6 e 5, respectivamente).

3.1.1.1 Demografia

Esta categoria contempla duas ações (nº 1 e 2). Foi *Concluído* o mapa com o número e nome das populações onde a espécie ocorre e sua distribuição no Sudeste (ação 1). O IPÊ, através do projeto realizado com o financiamento da Funbio e Virginia Mars, fez um mapa com as populações descobertas até 2006 (Ditt, 2002; Ditt *et al.*, 1999). Essas informações foram a base para muitos trabalhos de pesquisa e, com o passar do tempo, foram sendo atualizadas pelos diferentes atores que trabalham com a espécie (Linares *et al.*, 2019).

Foi *Parcialmente executada* a realização de censos de populações recém-identificadas e a atualização de dados sobre as populações de Caetetus, Fazenda Rio Claro e ESEC Mico-leão-preto (ação 2). Foi feito um censo no Parque Estadual Morro do Diabo

(PEMD – FF-SP) pela pesquisadora Karla Paranhos (IPÊ), dados que são usados até hoje (Paranhos, 2006). Complementarmente, o pesquisador Fernando Lima (IPÊ) fez trabalhos importantes para a demografia da espécie, como os levantamentos para a população de Buri, informação publicada em um artigo científico (Lima *et al.*, 2003), e a publicação da área de distribuição da espécie. Parte dos dados obtidos no trabalho do Fernando Lima não foram publicados, mas fazem parte dos relatórios do IPÊ e têm sido importantes para a tomada de decisões. Mais recentemente, alguns desses registros integraram a publicação ATLANTIC-PRIMATES (Culot *et al.*, 2019).

Os trabalhos atuais de monitoramento dão ideia das densidades populacionais e demografia em alguns dos fragmentos florestais. Destacam-se, nesse âmbito, os trabalhos realizados pelo Laboratório de Primatologia (LaP/UNESP Rio Claro), liderado pela Dr^a. Laurence Culot, cujas informações estão publicadas no artigo sobre as populações no Médio e Alto Paranapanema (Culot *et al.*, 2015) e o censo da população da ESEC Angatuba, feito pela pesquisadora Francine Garcia (UFSCar), cujas informações estão disponíveis no *datapaper* ATLANTIC-PRIMATES (Culot *et al.*, 2019). Outro estudo importante para a demografia da espécie é o artigo do Dr. Guilherme Garbino (UFMG), Gabriela Rezende (IPÊ) e Claudio Valladares-Padua (IPÊ), que atualiza as informações de ocorrência das populações, identificando os registros atuais e passados para a espécie (Garbino *et al.*, 2016).

3.1.1.2 Genética

Essa categoria contempla cinco ações (nº 3 até 7). Foi totalmente *Concluído* o compilado de informações sobre amostras e dados existentes (ação 3). Foi feita uma base de dados padronizada das amostras, que inclui o local de coleta, o protocolo que foi seguido e o coletor. Essa ação foi desenvolvida pelo pessoal do Laboratório de Biodiversidade Molecular e Conservação (LabBMC/UFSCar), liderado pela pesquisadora Dr^a. Patrícia Domingues de Freitas, em parceria com o LaP/UNESP e o IPÊ.

Foi *Ligeiramente executado* o referente às ações 4, 5 e 6. Foi iniciado o compilado de informações sobre linhagem das populações (ação 4). Em 2018, foi feito um estudo preliminar sobre linhagem, desenvolvido pela estudante Yngrid Veltrone do LabBMC/UFSCar, com amostras coletadas em vida livre para as populações de Capão

Bonito e Santa Maria, o restante das amostras são provenientes de indivíduos em cativeiro (Caldano, 2014; Ayala-Burbano, 2015; Veltroni, 2018). Por isso, é importante mencionar que, pelo número de amostras e de populações amostradas em vida livre para esse trabalho, os resultados não dão informações contundentes da linhagem da espécie, por enquanto. Atualmente, com a coleta de mais amostras de diferentes populações, espera-se continuar a pesquisa de linhagem.

A coleta de amostras para uma análise genética das populações identificadas como prioritárias (ação 5) não foi feita em totalidade. Até o momento, foram coletadas amostras das populações: Capão Bonito, Morro do Diabo, Santa Maria I, Ponte Branca e Guareí. Entretanto, a coleta não é feita a partir de uma lista de populações prioritárias, e sim de onde se desenvolvem trabalhos de pesquisa em ecologia. A realização de análises genéticas (ação 6) depende diretamente do desenvolvimento da ação 5, portanto, ao não ter amostras suficientes, não se realizaram ainda as análises genéticas esperadas.

Foi *Não executado* o referente à definição de populações e áreas prioritárias a serem amostradas (ação 5) para os estudos de genética. Não foi feito um planejamento das áreas e populações prioritárias para a coleta das amostras. Os estudos genéticos estão sendo desenvolvidos com as amostras trazidas pelos pesquisadores de campo, com base em suas prioridades de pesquisa.

3.1.1.3 Saúde

Essa categoria contempla oito ações (nº 8 até 13). Foi *Concluída* a realização de um estudo preliminar sobre patógenos em populações selvagens de mico-leão-preto (ação 13). O IPÊ realizou um programa piloto com o veterinário e pesquisador à época da Fundação Instituto Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Danilo Simonini Teixeira, para o desenvolvimento de um protocolo para a coleta de amostras e avaliação da saúde dos indivíduos em vida livre. Esse protocolo tem sido implementado em cada expedição de capturas e continua sendo melhorado com o novo veterinário e pesquisador Daniel Felippi da UNESP Botucatu. Até o momento, não foram identificados patógenos ou parasitas nos indivíduos monitorados.

Foi *Quase concluída* a caracterização dos principais agentes infecciosos que apresentam riscos potenciais ou reais para as populações de mico-leão-preto (ação 8). Para

isso, o Centro de Primatologia de Rio de Janeiro (CPRJ), liderado pelo veterinário e pesquisador Alcides Pissinatti, tem feito diagnósticos (em cativeiro) de agentes virais, parasitas e bactérias que afetam a espécie. Além disso, tem sido feitas publicações sobre algumas doenças que podem se apresentar na espécie, como a microbiota nasal, oral e retal do mico-leão-preto (Carvalho *et al.*, 2014).

A ação para se ter um registro de instituições de referência e pesquisadores para realizar análises diagnósticas (ação 10) foi quase concluída. Dentro da lista de parcerias e de instituições que fazem pesquisas de diagnóstico de doenças para os micos-leões, encontram-se instituições como: CPRJ, FIOCRUZ (para vacina de febre amarela), UFRJ, Durrell Conservation Trust, FPZSP e, recentemente, o Instituto Adolfo Lutz, para análises de amostras biológicas.

Foi *Parcialmente executado* estimular o compromisso de diferentes atores envolvidos em projetos de conservação relativos a processos sanitários (ação 11). Tem novos atores trabalhando com a saúde dos micos-leões, mas como desafio apresentou-se que os estudos da saúde não têm orientação preventiva, ou seja, são feitos estudos quando aparecem as doenças, o que tem dificultado o desenvolvimento deste tipo de pesquisa.

A implementação de técnicas de diagnóstico alternativas mais específicas e baratas (ação 9) foi parcialmente executada. Novas técnicas têm sido implementadas pelo CRPJ e parceiros envolvidos, mas ao mesmo custo. Em geral, os testes de diagnóstico e as pesquisas relacionadas à identificação de parasitas e alguns grupos de vírus são caros e, muitas vezes, as instituições ou os pesquisadores não contam com esse recurso financeiro.

Foi *Ligeiramente concluída* a colaboração com ações de manejo fornecendo dados de saúde (ação 12). Os animais selvagens não são prioridade no campo da saúde. A maior quantidade de recursos está destinada para pequenos animais (estimação) e animais de produção, por isso os estudos de saúde nessa área são incipientes.

3.1.1.4 Manejo

Esta categoria contempla nove ações (nº 14 até 22). Três *Concluídas*, duas *Parcialmente executadas* e quatro delas *Não executadas*.

Foi *Concluída* a definição das populações a serem conectadas em projetos de corredores (ação 17). Essa ação foi feita totalmente para a região do Pontal Paranapanema. Para a região do Alto Paranapanema, foi feito um mapa de áreas importantes para a conectividade na região. Essas atividades foram desenvolvidas pelo IPÊ. Neste momento, essa ação faz parte do PAN PPMA (1.3), e fez parte do PAN MAMAC (1.5; 1.6; 1.7; 1.13).

A atualização do *Studbook* para a população de mico-leão-preto em cativeiro (ação 21) e a lista de zoológicos que mantém a espécie e o estado da população em cativeiro (ação 22) foram concluídas com sucesso. De acordo o relatório do *Studbook* 2019 e observações pessoais dos atuais *studybook keepers* Dominic Wormell, da instituição Durrell Wildlife Conservation Trust, e Mara Cristina Márquez, da FPZSP, a população em cativeiro é formada, atualmente, por 60 indivíduos, sendo 38 machos, 21 fêmeas e 2 ainda não sexados. A instituições mantenedoras da espécie hoje são: FPZSP, Zoo de Belo Horizonte, Criadouro Onça Pintada, Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, Zoo de Pomerode e Durrell Zoo/UK. Próximas ações de manejo serão desenvolvidas em breve e Durrell e Chester Zoo/UK receberão mais indivíduos.

Foi *Parcialmente executada* a definição de critérios para avaliar os resultados de reintrodução, translocação e outras técnicas de manejo (ação 16). Algumas publicações, relatórios e participações em eventos fazem parte do desenvolvimento dessa ação, como o trabalho de doutorado da Cristiana Martins, pesquisadora do IPÊ, e publicações resultantes (Valladares-Padua *et al.*, 2000; Medici *et al.*, 2003), a atual linha de pesquisa do Programa de Conservação do Mico-leão-preto (PCMLP/IPÊ) no tema, apresentações e participações em congressos e eventos falando sobre o assunto. Porém, não foi publicada uma lista de critérios e lições aprendidas da translocação, objetivo da ação.

Os monitoramentos demográficos para avaliar o estado da metapopulação (ação 20) não foram implementados em todas as áreas de distribuição da espécie. Essa ação foi desenvolvida em maior parte pelo IPÊ e pelo LaP/UNESP.

Foram *Não executadas* as ações 15, 18 e 19, que estão relacionadas à modelagem com o software Vortex, à definição do estado das populações e às ações de manejo a serem feitas para a viabilidade da espécie. Essas ações não foram feitas devido ao trabalho logístico e

recursos financeiros e humanos que necessitam. Essas atividades são parte do PAN PPMA (ação 2.6 e 2.9) e do MAMAC (3.6 e 3.7), também não implementadas até então.

A execução de projetos para refinar as técnicas atuais e investigar novas técnicas de transferência de animais em vida livre/de cativeiro (ação 19) não foi realizada, já que não foram feitas mais transferências de animais, nem desenvolvidas mais pesquisas sobre o assunto.

3.1.1.5 Desafios

O objetivo 1 contém o maior número de desafios, com 50 apontamentos em 17 subcategorias (de 18 possíveis). A maior quantidade de desafios está na categoria Recursos (21), especificamente nas subcategorias Recursos Financeiros (9), Humanos (6) e Materiais (6).

3.1.2 Objetivo Geral 2: Todas as áreas conhecidas de ocorrência de mico-leão-preto legalmente protegidas e consolidadas em 10 anos (+ 6.700 ha)

O Objetivo geral 2 está composto por 7 ações (nº 23 até 29), distribuídas em seis categorias: Legislação e Infraestrutura nas Áreas Protegidas (2 ações), Aumento de conectividade (1 ação), Educação ambiental e desenvolvimento comunitário (1 ação) e Pressão antrópica (2 ações).

3.1.2.1 Legislação e Infraestrutura nas Áreas Protegidas

Foi *Concluída* a implementação de infraestrutura para unidades de conservação (ação 23). Na ESEC de Angatuba (FF-SP) foram construídos um alojamento e um novo centro de visitantes, usado frequentemente por pesquisadores do LaP/UNESP e do PCMLP/IPÊ. Foi concluído um processo estadual para reforma da infraestrutura do Parque Estadual Morro do Diabo (FF-SP). Para a ESEC Caetetus (FF-SP), está em processo a adequação da casa do pesquisador. Nas três regiões de ocorrência do mico, têm sido desenvolvidas melhorias na infraestrutura das Unidades de Conservação.

A Consolidação das áreas protegidas, conselhos consultivos ativos e planos de gestão (ação 24) foi *Concluída* com sucesso. Foram criadas três RPPNs: Olavo Egydio Setúbal (616,5 ha), Mosquito (2.195 ha) e Trápaga (70 ha); declaradas duas Áreas Sob Atenção Especial do Estado em Estudo para a Expansão da Conservação da Biodiversidade (ASPE – FF-SP): ASPE do Pontal do Paranapanema (58.586 ha) e ASPE do Mico-leão-preto (185.190 ha); elaborados cinco Planos de Manejo correspondentes às ESECs Caetetus (FF-SP), Angatuba (FF-SP) e Mico-leão-preto (ICMBio), e à FLONA Capão Bonito (ICMBio); o Plano de Manejo do PEMD (FF-SP) foi atualizado.

Os conselhos consultivos, criados com a finalidade de contribuir no cumprimento dos Planos de Manejo e das ações propostas nos mesmos (ICMBio, 2018), foram estabelecidos para as ESECs Angatuba e Mico-leão-preto; FLONA Capão Bonito e PEMD (Tabela 5).

Tabela 5. Medidas de consolidação das Áreas Protegidas com ocorrência do mico-leão-preto. Destaca-se que, nos Planos de Manejo e outras medidas de proteção, as autoridades ambientais ressaltam a presença do mico-leão-preto e o impacto positivo dessas medidas para a proteção da espécie.

Unidade de Conservação	Medida de proteção	Data	Impacto para o mico-leão-preto
PE Morro do Diabo	Atualização Plano de Manejo	Abr-2006	As linhas de pesquisa incluídas no Plano de Manejo envolvem a ecologia do mico-leão-preto, e a espécie foi prioritária no planejamento, pelo fato dessa UC abrigar a maior população na vida livre. O Plano de Manejo do PEMD incentiva a conectividade do PEMD aos fragmentos florestais do seu entorno, principalmente à ESEC Mico-Leão-Preto.
ESEC Mico-leão-preto	Plano de Manejo	Nov-2007	Documento norteador da ESEC MLP para a prevenção e combate a incêndios; vários projetos de pesquisa em andamento que tratam de ecologia da paisagem, incluindo o mico-leão-preto, e atividades de educação ambiental.
ASPE do Pontal do Paranapanema	Resolução SMA Nº 10, de 07 de fevereiro de 2014	Fev-2014	Destina-se, principalmente, à proteção da Mata Atlântica, promovendo conectividade entre as unidades de conservação e demais áreas protegidas aí existentes e proporcionando o domínio maior de proteção desta região, aplicando-lhe as normas e medidas a

Unidade de Conservação	Medida de proteção	Data	Impacto para o mico-leão-preto
			serem definidas pelos órgãos nacionais, nos termos da legislação em vigor. A área, com 58.586 há, abrange os municípios de Marabá Paulista, Mirante do Paranapanema, Presidente Epitácio, Sandovalina, Teodoro Sampaio, Euclides da Cunha Paulista e Rosana.
RPPN Olavo Egydio Setúbal (Rio Claro)	Resolução SMA No 29-24/04/2008	Abr-2008	Total de 615,50 hectares protegidos no Médio Paranapanema. Dentro das ações da RPPN se desenvolvem atividades de pesquisa, a maioria em parceria com a UNESP.
RPPN Mosquito	Resolução SMA No 70-23/9/2008	Sep-2008	Reconhece como de interesse público e em caráter de perpetuidade a RPPN “Mosquito”, em uma área de 2.195,89 hectares, localizada no Município de Narandiba, Estado de São Paulo, que abriga atualmente uma população reintroduzida de mico-leão-preto.
ESEC Caetetus	Plano de Manejo	Fev-2005	O Plano de Manejo da ESEC Caetetus visa proporcionar condições e disciplinar atividades para que esta unidade possa cumprir os elevados propósitos pelos qual foi criada; incluindo ações de proteção para o mico-leão-preto, uma das espécies protegidas pela UC.
ASPE Mico-leão-preto	Resolução SMA 2.325/2014	Jun- 2014	A Área Sob Atenção Especial do Estado em Estudo para a Expansão da Conservação da Biodiversidade do Mico Leão Preto - ASPE do Mico-Leão-Preto abrange uma área total de 185.190 ha e, destina-se à realização de estudos, visando à implantação de soluções e instrumentos de política pública ambiental para a proteção da fitofisionomia da Mata Atlântica - Floresta Estadual Semidecidual, e da espécie do mico-leão-preto (<i>Leontopithecus chrysopygus</i>), aplicando-lhe as normas e medidas previstas na legislação em vigor.
ESEC Angatuba	Plano de Manejo	Fev-2009	Destaca dentre os Pontos Fortes a presença do mico-leão-preto e como prioridade foi estabelecido estimar a

Unidade de Conservação	Medida de proteção	Data	Impacto para o mico-leão-preto
			população da espécie na UC, identificar os fragmentos particulares com presença dos micos no entorno e avaliar o uso do habitat pelos grupos para implementação de projetos a médio-longo prazo.
FLONA Capão Bonito	Plano de Manejo (Nº 375 de 23-04-2028)	Abr-2018	Dentre as ações do Plano de Manejo da FLONA está a realização de pesquisas com o mico-leão-preto; manejo nas matas ciliares do rio Apiaí-Mirim e dos riachos que nascem dentro da FLONA Capão Bonito, já que possuem apenas pequenos corredores de mata nativa; implementar ações propostas no PAN MAMAC.
RPPN Trápaga	Resolução SMA No 10, De 30 de Janeiro de 2018.	Jan-2018	Tem 71 hectares de extensão e fica no município de São Miguel Arcanjo, região de Sorocaba. O Instituto Manacá desenvolve ações de conservação nesta área protegida, incluindo um programa especial de proteção ao mico-leão-preto.

3.1.2.2 Aumento de conectividade

Foi dada como *Concluída* a ação de restauração de zonas de benefício (corredores, trampolins, abraços verdes) para aumento da conectividade (ação 25). Como parte desse conjunto de ações feitas, encontra-se a restauração da paisagem no Pontal de Paranapanema, liderada pelo IPÊ. O corredor ecológico restaurado liga a parte sul do fragmento Tucano da ESEC Mico-leão-preto (ICMBio) e o PEMD (FF-SP) (Figura 4). O objetivo é reestabelecer a conectividade entre os fragmentos da região, ampliando a área útil para o mico-leão-preto e demais espécies. Foi realizado através de parcerias com proprietários rurais, órgãos responsáveis, associações e assentados pela reforma agrária, considerando as matas que precisavam ser restauradas com base no Código Florestal brasileiro (Rezende, 2014). Hoje conta com uma área aproximada de 1.000 hectares, 20 quilômetros de extensão e, cerca de 2,5 milhões de árvores plantadas, sendo considerado o maior corredor de reflorestamento do Brasil (Rezende, 2014; IPÊ, 2019).

Ainda na região do Pontal do Paranapanema, foi desenvolvida uma iniciativa para elaboração do Plano Operacional de Conectividade entre Unidades de Conservação e demais áreas protegidas no Oeste Paulista (Linares *et al.*, 2019). Esse documento consiste na indicação de áreas prioritárias para a criação de novas Unidades de Conservação e restauração de corredores florestais entre os remanescentes de floresta na região. As propostas foram encaminhadas à Fundação Florestal de São Paulo e estão sob análise.

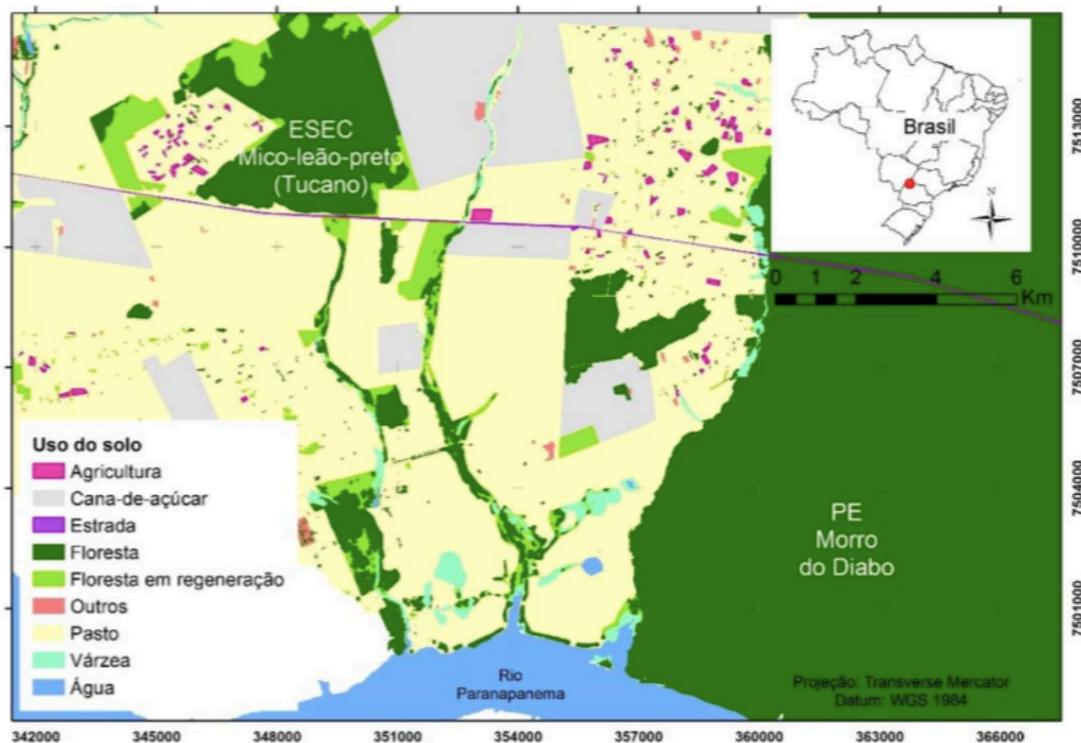


Figura 4. Mapa do corredor restaurado na Fazenda Rosanela. Ilustra-se o aumento de conectividade em parte da região do Pontal de Paranapanema. O Parque Estadual do Morro do Diabo conecta ao fragmento Tucano, que pertence à Estação Ecológica Mico-Leão-Preto. Fonte: IPÊ.

Para o Alto Paranapanema foi feita a identificação das áreas prioritárias para a conectividade, ligando os principais fragmentos florestais que tem presença de mico-leão-preto a partir da restauração de matas ciliares dos principais rios da região. Até a data da

realização deste trabalho, a implementação do projeto não foi feita, apenas seu planejamento (Figura 5).

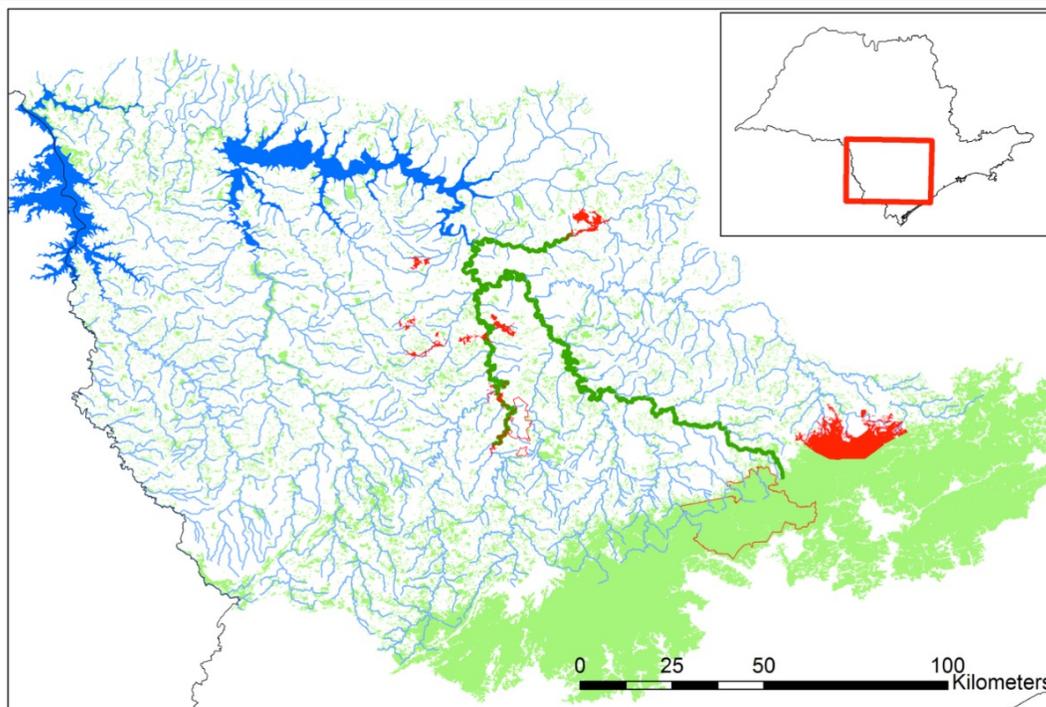


Figura 5. Áreas de mata ciliar prioritárias para aumento de conectividade entre as populações de mico-leão-preto no Alto Paranapanema. A proposta visa conectar os fragmentos com presença da espécie (em vermelho) através da recuperação das APPs dos principais rios (verde escuro). Fonte: Programa de Conservação do Mico-leão-preto/IPÊ.

3.1.2.3 Educação ambiental e desenvolvimento comunitário

Foi *Concluída* a ação de promover ações de divulgação das unidades de conservação na comunidade, promovendo o envolvimento da comunidade na conservação das espécies e seu habitat, por meio de campanhas educativas e distribuição de material impresso, visando atingir 50% da unidade paisagística (ação 26). Segundo relatórios técnicos do IPÊ, nos lugares onde se desenvolveram trabalhos de pesquisa foram feitas atividades de educação ambiental incluindo: cursos para professores (atingindo cerca de 38 docentes); duas semanas temáticas (Meio ambiente e Árvore), que atingiram cerca de 1.250 estudantes de 11 escolas

do município e 20 professores. Na região de Buri (2006) foram realizados dois eventos em parceria, atingindo cerca de 4.000 pessoas.

Tanto para a região do Pontal quanto para Buri foram feitas Eco-negociações promovendo encontros participativos com representantes de diferentes setores sociais, com o objetivo de divulgar, com linguagem acessível para todos, a importância da conservação do mico-leão-preto e da Mata Atlântica. Com os resultados desses encontros participativos, identificam-se problemas, potenciais, sonhos ou objetivos a alcançar, para estabelecer alianças que resultem no desenvolvimento dos projetos descritos.

Além dos trabalhos de educação ambiental desenvolvidos pelo IPÊ, as Unidades de Conservação fazem divulgação nas visitas que recebem. Em 2015, a pesquisadora Thabata Rodrigues de Carvalho, do LaP/UNESP, desenvolveu o Projeto “Concepções de alunos do ensino fundamental I sobre o mico-leão-preto, uma espécie ameaçada de extinção”, com o intuito de divulgar cientificamente a importância da espécie, com foco na região do Alto Paranapanema. Complementar a isso, o Programa de Educação Ambiental desenvolvido por esse laboratório faz divulgação voltada à conservação do mico-leão-preto em Guareí e Angatuba.

Foi *Quase concluído* o planejamento de atividades de educação ambiental direcionadas à conservação do mico-leão-preto incluídas nos calendários das escolas (ação 27). Totalmente feito para o Pontal, o programa de Educação ambiental liderado pelo IPÊ encontra-se nos ensinamentos formal e informal. A parceria com as diretorias municipal e estadual de educação permite um diálogo constante com diretores, coordenadores e professores e, portanto, a contínua capacitação (gratuita) deles no *Curso ambiental do Mico-leão-preto*, desenvolvido em 44 escolas da região (IPÊ, 2019).

No Alto Paranapanema (Buri e Narandiba), estagiários de educação ambiental do IPÊ fizeram campanhas de capacitação e Eco-negociações, mas parou o andamento, pela descontinuidade de financiamento. Porém, alguns dos programas de fiscalização, desenvolvidos pelas unidades de conservação do Alto Paranapanema, incluem atividades de educação ambiental que envolvem a comunidade (IPÊ, 2009).

3.1.2.4 Pressão antrópica

Foi *Concluído* o diagnóstico das pressões antrópicas nas áreas de ocorrência da espécie (ação 28). Para isso, os gestores das unidades de conservação que abrigam a espécie realizaram atividades de incremento de diagnóstico das ameaças e fiscalização. A ESEC Mico-leão-preto e o PEMD contam com contratação terceirizada de uma equipe especializada para trabalho terrestre e aquático, com o intuito de detectar e controlar as pressões antrópicas nas áreas protegidas e seu contexto local. Complementar a isso, as áreas contam com o apoio da Polícia Ambiental.

Visto o grau de importância que representa o controle de fogo e incêndios florestais, o Governo do Estado de São Paulo criou e desenvolveu o Sistema Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, denominado *Operação Corta Fogo*. O PEMD recebe apoio desse programa. Fazer parte desses programas de mitigação de ameaças permite o acesso a mais recursos, neste caso um carro novo para vigilância, elementos de proteção pessoal, treinamentos e tanques.

A ESEC Caetetus conta com vigilância rodante terceirizada, além da equipe de fiscalização da Fundação Florestal; a UC também conta com apoio da Polícia Ambiental. Com relação aos incêndios, essa área não tem histórico destas ameaças e, portanto, não faz parte da Operação Corta fogo. Mesmo assim, foi feito um polo preventivo no local.

Foi *Concluída* a identificação de alternativas para reduzir a pressão antrópica (geração de renda, mobilização da comunidade, etc.) a serem desenvolvidas em conjunto com as comunidades que vivem nas unidades de conservação (ação 29). A identificação foi feita para as duas regiões planejadas do Pontal e do Alto Paranapanema. Para o Pontal, foram desenvolvidos projetos comunitários como Sistemas Agroflorestais (SAFs), viveiros, Café com floresta, artesanato e Eco-negociações. O projeto socioambiental em parceria regional foi prova do sucesso das demandas da Eco-negociação, desenvolvida em cinco municípios e com 70 participantes. No Alto Paranapanema, foi executado o programa de Eco-negociação e projetos envolvendo estagiários da região; as atividades não seguiram sendo executadas, pela descontinuidade do projeto por falta de recursos (IPÊ, 2019).

3.1.2.5 Desafios

O Objetivo 2 expõe 12 desafios e, por isso, é o segundo na lista de objetivos com maior dificuldade na execução das ações. As dificuldades encontradas estão distribuídas em 7 subcategorias; destacando-se *Descontinuidade de projetos*, com o maior número de manifestações.

3.1.3 Objetivo geral 3: A conservação do mico-leão-preto está incluída nas políticas públicas regionais em 5 anos

O objetivo 3 contém 2 ações (nº 30 e 31), as duas na categoria de Políticas Públicas e *Concluídas*.

3.1.3.1 Políticas públicas

Foi *Concluída* a identificação e participação estratégica em fóruns de desenvolvimento regional, que incluam a conservação do mico-leão-preto (ação 30). Os coordenadores dos programas de educação ambiental e restauração florestal do IPÊ participam ativamente nos eventos que envolvem as UCs na área de distribuição do mico-leão-preto. Destaca-se sua atuação nos Conselhos Consultivos da FLONA Capão Bonito, PEMD e ESEC Mico-Leão-Preto, no COMDEMA (Conselho Municipal de Desenvolvimento do Meio Ambiente) de Teodoro Sampaio/SP, no Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema e na comissão Pró-Primatas Paulistas; participação na elaboração do Plano de Manejo da ESEC Mico-Leão-Preto, da proposta para ampliação da mesma ESEC, e do POC do Pontal de Paranapanema.

Os dados do PCMLP/IPÊ foram usados no workshop de áreas prioritárias para a conservação da Mata Atlântica e na delimitação da área para criação da ASPE Mico-Leão-Preto. Como resultado dessa participação estratégica, declarou-se o mico-leão-preto como Patrimônio Ambiental do Estado de São Paulo e espécie símbolo da conservação da fauna no estado (Decreto 60.519/2014) e instaurou-se o dia 28 de fevereiro como o dia nacional da espécie.

A Realização de reuniões periódicas para disseminar informações estratégicas para as partes interessadas (ação 31) foi *Concluída*. Atores da conservação do mico-leão-preto têm participação ativa no PAN MAMAC, PAN PPMA, além do GAT dos respectivos planos,

na Comissão Pró-Primatas Paulistas e nas avaliações de listas estaduais e federais sobre o grau de ameaça da espécie.

3.1.4 Objetivo geral 4: Áreas potenciais para gestão identificadas, caracterizadas e priorizadas em 2 anos

3.1.4.1 Caracterização das áreas

Foi *Ligeiramente executada* a utilização de variáveis ambientais (levantamento de ocorrência de espécies, vegetação, solo, clima, hidrografia) em um sistema GIS para integrar ações e identificar áreas prioritárias para conservação (ação 32). Não foi realizada a caracterização de todas as áreas nas quais habita o mico-leão-preto. Como parte do doutorado da pesquisadora Gabriela Rezende (IPÊ e LaP/UNESP) foi desenvolvida a pesquisa de modelagem de nicho e caracterização de alguns fragmentos florestais onde a espécie está presente. O custo para o desenvolvimento dessa ação em campo é altíssimo, sendo um dos desafios para atingir o objetivo geral 4.

3.1.5 Objetivo geral 5: Consolidar uma comunicação eficaz e contínua entre as várias instituições nacionais e internacionais envolvidas na conservação do mico-leão-preto

3.1.5.1 Comunicação efetiva

Foi *Concluída* a realização de reuniões com as instituições envolvidas para resolver conflitos, definir papéis e objetivos comuns para potencializar ações para a conservação da espécie (ação 33). Dentro da comissão Pró-Primatas Paulistas, há um espaço de organização de atores e ações. Outros espaços que ajudam no desenvolvimento dessa ação são os encontros relacionados aos PANs.

3.1.6 Objetivo geral 6: Adotar um processo contínuo de qualificação para profissionais de diferentes áreas e com diferentes níveis de conhecimento, visando a disponibilizar pessoal para realizar ações de conservação

3.1.6.1 Qualificação do pessoal envolvido

Foi *Concluída* a ação de qualificação dos profissionais que já atuam no campo da conservação do mico-leão-preto (ação 34). Anualmente, o IPÊ envia um profissional da equipe para fazer parte do treinamento em manejo de espécies ameaçadas, realizado pela Durrell Conservation Academy, em parceria com a Universidade de Kent (Reino Unido). Do PCMLP/IPÊ, 6 pesquisadores já fizeram o treinamento nos últimos 15 anos. Alguns trabalhos desenvolvidos pelo pesquisador Laury Cullen Jr. (IPÊ) com os corredores ecológicos do Pontal, capacitam profissionais em técnicas de restauração e monitoramento dos corredores. O IPÊ também promoveu atividades de capacitação interna de estagiários/assistentes de campo e ofereceu espaços de capacitação em primatologia de campo para os integrantes do LaP/UNESP. O IF-SP e a FF-SP têm espaços de palestras sobre fiscalização, caça, georreferenciamento, e parte da equipe acompanha eventos e workshops de conservação e brigada contra incêndios.

Foi *Concluída* a qualificação de novos profissionais (ação 35). Foram capacitados novos estagiários e voluntários que desenvolvem trabalhos com o IPÊ, estudantes e pesquisadores do LaP/UNESP. Os projetos implementados na ESEC Angatuba incluem a capacitação de funcionários da UC e formação de novos pesquisadores.

Foi *Concluído* incentivar oportunidades de qualificação profissional em conservação da biodiversidade (ação 36). Espaços como voluntariados, estágios e abertura para o desenvolvimento de pesquisas com o mico-leão-preto e com os corredores ecológicos do IPÊ no Pontal incentivam a capacitação em Conservação. Outros espaços como Workshops e Congressos de Primatologia e Mastozoologia são fundamentais para o desenvolvimento acadêmico e profissional; atores envolvidos com o mico-leão-preto são incentivados a fazer parte desses eventos, destacando a participação do LaP/UNESP, PCMLP/IPÊ, LabBMC/UFSCAR e pesquisadores da FPZSP.

3.1.6.2 Integração de organizações

Foi *Concluído* integrar organizações governamentais e não-governamentais para desenvolver programas de educação ambiental nas unidades de conservação, onde ocorre a espécie, com o objetivo de contribuir para a educação ambiental de líderes locais, pessoal de organizações e membros da comunidade local (ação 37). Atividades de educação, como o Curso de Capacitação sobre Viveiros e Produção de Mudanças, foram desenvolvidas pelo IPÊ em parceria com as comunidades e atores governamentais para cinco comunidades rurais de Buri, Capão Bonito e alguns participantes da área urbana em 2008.

Até esse mesmo ano (2008), o Programa de Educação Ambiental para Conservação do Mico-leão-preto do IPÊ foi implementado nas unidades de conservação localizadas em áreas de ocorrência da espécie (PEMD, ESEC Mico-Leão-Preto, ESEC Caetetus, FLONA Angatuba, FLONA Capão Bonito e Estação Experimental Buri).

Atualmente, o programa de educação ambiental do IPÊ é implementado na rede pública de ensino no Pontal do Paranapanema. Na região do Alto Paranapanema, a partir de 2014, com a criação da Comissão Pró-Primatas Paulistas, tem se desenvolvido ações em prol do aumento de sensibilidade ambiental, referentes ao mico-leão-preto.

3.1.6.3 Desafios

O objetivo geral 6 apresenta 10 desafios, ressaltando a subcategoria *Recursos humanos* com o maior número de impasses para o desenvolvimento das ações.

3.1.7 Objetivo geral 7: Criar uma cultura de publicação entre as instituições e pesquisadores envolvidos na conservação da espécie

3.1.7.1 Publicação de resultados

Foi *Parcialmente executada* a publicação dos resultados como ferramenta de divulgação do trabalho de conservação do mico-leão-preto entre os anos de 2005 e 2020, tendo sido consolidados em 163 trabalhos no período de estudo (Figura 6). Os resultados dos estudos foram levantados a partir do que foi divulgado no curriculum Lattes dos pesquisadores, websites dos laboratórios e, complementar a isto, foi feita uma busca no

Google Scholar filtrando como palavra-chave a espécie e o período de tempo foco desse estudo (2005-2020). Os produtos encontram-se distribuídos em três categorias: Congressos/simpósios (n=90), Dissertações e TCCs (n=42), Artigos científicos (n=27) e Livros/Capítulos de livros (n=4). Destacando a participação do IPÊ (n=53), LaP/UNESP (n=57), e a parceria IPÊ-LaP/UNESP (n=5), LabBMC/UFSCar (n=15) e FPZSP (n=4); alguns produtos são resultado de parcerias, destacando o papel da FPZSP, que aparece como parceiro de diferentes programas e universidades, como LabBMC/UFSCar-FPZSP (n=6), UFSCar-FPZSP (n=2), UNESP-FPZSP (n=4) e USP-FPZSP (n=1).

Objetivo geral 7: Criar uma cultura de publicação entre as instituições e pesquisadores envolvidos na conservação de espécies

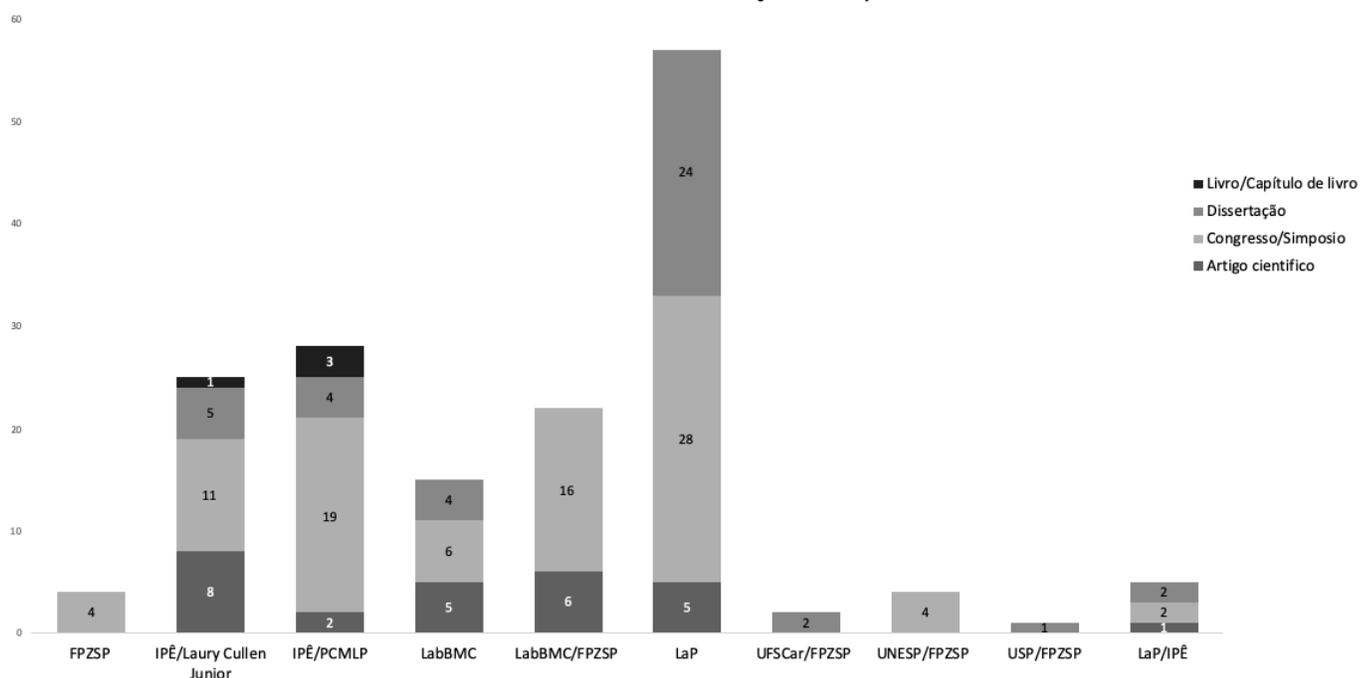


Figura 6. Grau de execução do objetivo 7 da AVPH 2005 referente ao mico-leão-preto. A publicação dos resultados ocorreu em diferentes categorias, por diversos atores e por parcerias criadas entre eles. Destacam-se o LaP (57 publicações) e o IPÊ (53).

O IPÊ lidera a divulgação dos resultados obtidos, ressaltando sua participação em congressos e simpósios, com pesquisa de dois programas: Restauração Ecológica e Conservação *in situ* do mico-leão-preto (PCMLP), cujas pesquisas são coordenadas por Dr. Laury Cullen Junior e Gabriela Cabral Rezende, respectivamente. Muitas informações obtidas das pesquisas ainda estão em relatórios não publicados. Porém, são usados para

orientar a tomada de decisões e escrever novas propostas com o objetivo de captar recursos para as ações de conservação da espécie.

A contribuição da pesquisa acadêmica para o avanço no cumprimento das ações do AVPH 2005 é relevante, destacando a participação acadêmica na produção de trabalhos nos diferentes níveis (iniciação científica, mestrado e doutorado). Sobressai-se o trabalho do LaP/UNESP, que produziu o maior número de trabalhos de graduação e pós-graduação (n=24) e o trabalho do LaBBMC/UFSCar, com a participação científica referente à genética.

3.1.7.2 Banco de dados

Foi *Não Concluído* desenvolver, padronizar, implementar e disponibilizar um banco de dados para a espécie (ação 39). Organizar os dados brutos precisa de tempo e pessoal capacitado, o que dificultou a execução desta ação. Por outro lado, como parte do trabalho de doutorado da Paola Ayala-Burbano (LabBMC/LaP) e dando continuidade ao trabalho de conclusão de curso desenvolvido por Mariana Winter, está em construção um banco de dados que compila informações presentes em artigos científicos, publicações e relatórios não publicados, referentes à biologia, ecologia e genética da espécie.

3.1.7.3 Desafios

O objetivo geral 7 apresenta desafios nas categorias de Recursos e Atividades de pesquisa, enfatizando a subcategoria de *Falta de Banco de dados* unificado e padronizado como um dos principais obstáculos ao cumprimento das ações.

3.1.8 Objetivo geral 8: Administradores e pesquisadores trabalhando juntos para minimizar problemas burocráticos relacionados à pesquisa e gestão de conservação.

O objetivo geral 8 contém 5 ações (nº 40 e 44), pertencentes a cinco categorias diferentes: Protocolos de referência para pesquisa, Espaços de comunicação, Gerenciamento, Eventos relacionados à conservação e Manejo.

3.1.8.1 Protocolos de referência para pesquisa

Foi *Parcialmente concluído* desenvolver e distribuir um documento de referência para obter permissões de pesquisa e outro para direcionar os procedimentos de pesquisa (ação 40). Para todas as pesquisas que envolvem a espécie, seguem-se as regras do COTEC, disponíveis no site do IF. Mas, referente aos protocolos de pesquisa, estão faltando instrumentos para sistematizar a informação que precisa ser coletada em campo, padronizar a metodologia de coleta de dados e amostras, e capacitação de todos os pesquisadores e auxiliares de campo no conhecimento desses protocolos.

3.1.8.2 Espaços de comunicação

Foi *Não executada* a realização de reuniões entre membros do comitê de conservação do mico-leão-preto e diretores do IBAMA e do IF (ação 41). Mudanças na Legislação Nacional levaram ao não cumprimento dessa ação. Desde 2006, o Instituto Florestal não é mais o Órgão Gestor das Unidades de Proteção Integral onde ocorre o mico-leão-preto, com exceção das ESECs Angatuba e Paranapanema. O IBAMA também passou a atribuição ao ICMBio, e o Comitê Internacional foi descontinuado em 2009. Com essas mudanças de legislação, o Comitê Internacional foi substituído pelo Grupo de Assessoramento Técnico (GAT) e, atualmente, tem espaço dentro das reuniões anuais de monitoria dos PANs.

3.1.8.3 Gerenciamento

Foi *Concluído* o agendamento de visitas de analistas do IBAMA a locais de pesquisa de mico-leão-preto e visitas de pesquisadores à sede do IBAMA e escritórios regionais (ação 42). No âmbito do PAN MAMAC esta ação foi realizada.

3.1.8.4 Eventos relacionados a conservação

Foi *Concluído* incentivar e facilitar a participação de analistas de propostas do IBAMA em eventos relacionados à conservação de espécies (ação 43). As reuniões dos PANs

e da Comissão Pró Primatas Paulistas funcionam como espaços participativos que facilitam a comunicação entre instituições e atores responsáveis pela conservação do mico-leão-preto.

3.1.8.5 Manejo

Foi *Concluído* recomendar que o Centro Brasileiro de Primatas (IBAMA) se torne um agente de controle de transferências de animais, de acordo com a recomendação de manejo em cativeiro (ação 44). As transferências são feitas com a indicações do *Studybook Keeper* e autorizadas pelo ICMBio. Essa ação faz parte dos PANs e atualmente está em andamento sem desafios.

3.1.8.6 Desafios

O objetivo geral 8 contém 4 desafios, nas categorias Recursos (n=2) e Atividades de pesquisa (n=2).

3.2 Paralelo de articulação entre a AVPH 2005 e os PANs

A comparação do número de ações em cada plano de ação e a distribuição delas nas diferentes categorias está apresentada na Tabela 6. Importante destacar que o PAN MAMAC concentra o maior número de ações propostas (n=105), referentes à conservação do mico-leão-preto. Tanto para o PAN PPMA quanto para o MAMAC, não foram contabilizadas as ações que não tinham como objetivo a conservação do mico-leão-preto. Isto por serem instrumentos de gestão mais abrangentes que também contemplam ações específicas para outras espécies.

A principal diferença entre os instrumentos é o número de ações (Tabela 6). Os três instrumentos concentram a maior parte dos esforços nas categorias de Gerenciamento, Manejo e Pesquisa científica (Figura 7). As duas categorias que apresentaram mais diferenças entre os três instrumentos correspondem a Gerenciamento (Figura 8) e Pesquisa Científica (Figura 9).

No Gerenciamento, a AVPH não apresenta ações para a subcategoria de *Comunicação efetiva*, referente ao diálogo entre os responsáveis frente às novidades no processo de execução das ações, antes de atingir os resultados. Mesmo no objetivo 5 da AVPH, que trata da promoção de uma comunicação entre as instituições, o intuito não é comunicar sobre o avanço das ações. Outra categoria é *Mobilização de recursos*, que não apresenta ações no AVPH, contrário aos dois PANs.

Por outro lado, MAMAC e PPMA não tem ações para *promover eventos relacionados a conservação*, diferentemente da AVPH, que concentra esforços nessa subcategoria. Na Pesquisa científica, somente o PPMA tem ações focadas no *Controle de espécies invasoras*. Ainda que as ações não estejam focadas somente no mico-leão-preto, as ações propostas têm como foco a área de distribuição da espécie.

Tabela 6. Instrumentos de gestão na conservação do Mico-leão-preto. O PAN MAMAC apresenta o maior numero de ações.

Instrumento	Objetivos	Nº de ações	Nº de ações que competem ao mico-leão-preto	Categorias	Subcategorias
AVPH	8	44	44	8	20
MAMAC	6	141	105	8	20
PPMA	7	49	44	8	19

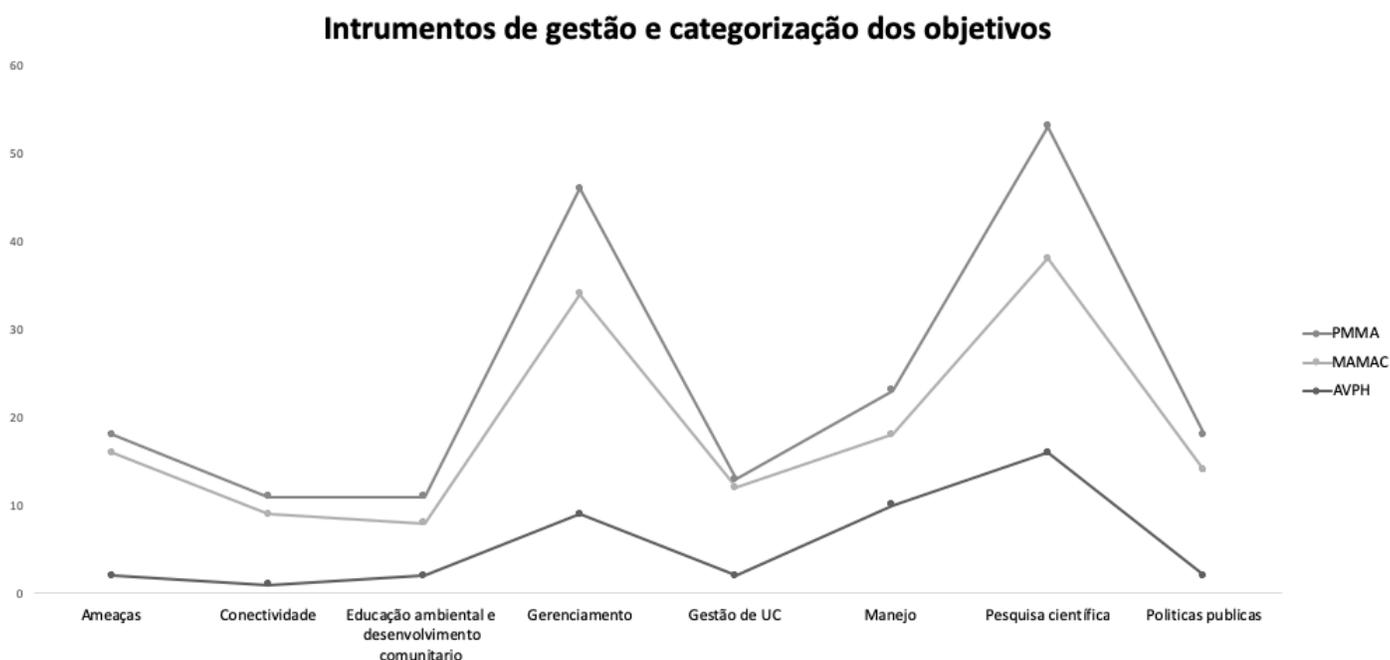


Figura 7. Comparação das categorias encontradas nos Instrumentos de Gestão objeto de estudo: AVPH 2005, MAMAC e PMMA. Nos três instrumentos, as categorias Gerenciamento e Pesquisa científica, concentram o maior numero de ações.



Figura 8. Comparação da categoria Gerenciamento e as subcategorias, nos três Instrumentos de Gestão objeto de estudo: AVPH 2005, MAMAC e PMMA.

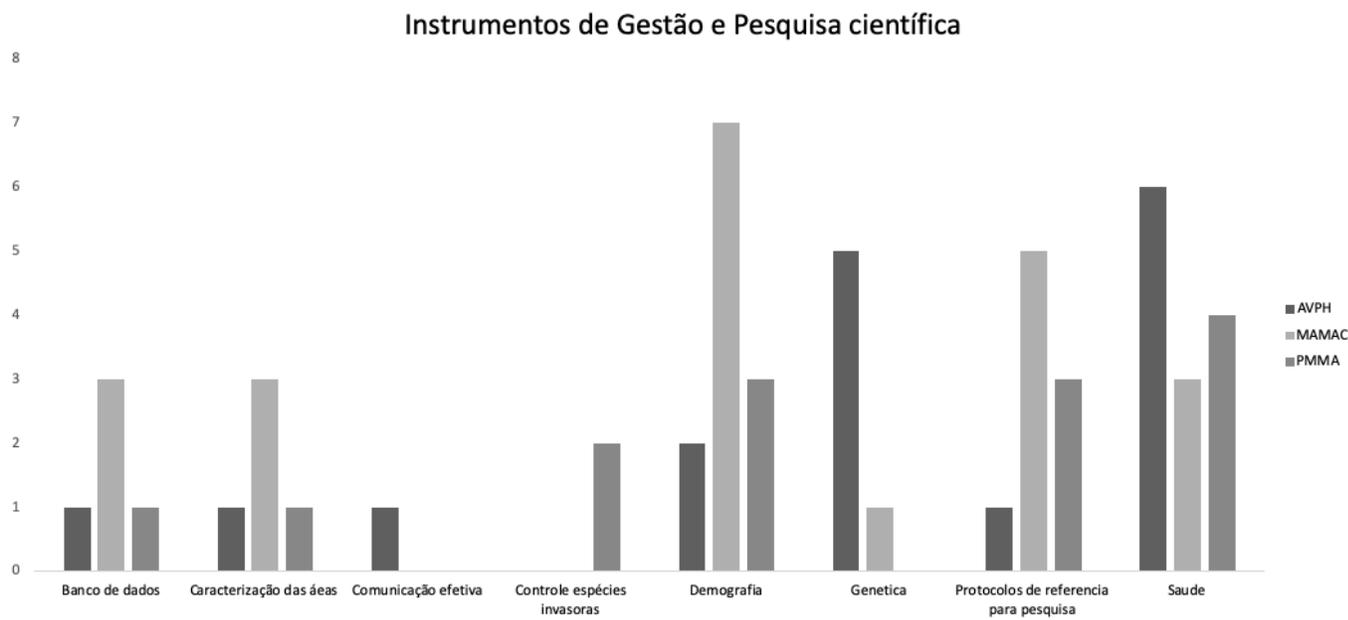


Figura 9. Comparação da categoria Pesquisa científica e as subcategorias, nos três Instrumentos de Gestão objeto de estudo: AVPH 2005, MAMAC e PMMA.

3.2.1 Avaliação do Plano de Ação AVPH 2005

O Objetivo 1 (Plano de Manejo de Metapopulação desenvolvido e implementado em 10 anos) não foi atingida com sucesso. Nessa, estava contemplada a metade das ações do Plano de ação (n = 22), sendo que somente 13 superaram 60% da sua execução. Além de ser o objetivo com maior número de ações, é a com o maior número de desafios (n = 50), um dos motivos que pode ter levado ao não cumprimento dos objetivos. A falta de recursos, em todas as subcategorias, foi o desafio mais frequente no desenvolvimento das ações. Para algumas das ações não foram obtidos recursos porque, segundo financiadores, “não fazem parte de estudos prioritários”.

O Objetivo 2 (Todas as áreas conhecidas de ocorrência de mico-leão-preto legalmente protegidas e consolidadas em 10 anos (+ 6.700 ha)) foi atingida com sucesso. Todas as ações (n=7) foram executadas com sucesso. Porém, os desafios Objetivo 2 (n=12) estão associados à falta de recursos e à descontinuidade de projetos.

O Objetivo 3 (A conservação do mico-leão-preto está incluída nas políticas públicas regionais em 5 anos), que contemplava 2 ações, também foi atingida com sucesso. Não foram apresentados desafios por parte dos entrevistados (n=0).

O Objetivo 4 (Áreas potenciais para manejo identificadas, caracterizadas e priorizadas em 2 anos) não foi atingida com sucesso. A ação estabelecida (n=1), não foi realizada e apesar disso, não foram apresentados desafios por parte dos entrevistados (n=0).

O Objetivo 5 (Consolidar uma comunicação eficaz e contínua entre as várias instituições nacionais e internacionais envolvidas na conservação do mico-leão-preto), que contemplava uma ação (n=1), foi atingida com sucesso. Importante destacar a participação dos atores em espaços de conservação, como congressos, workshops e comissões que têm como foco a conservação de primatas. Além desses espaços, as reuniões de monitoria anuais dos PANs e da Comissão Pró-Primatas Paulistas também facilitam a comunicação eficaz entre as instituições que trabalham na conservação de primatas. Na execução desse objetivo não foram apresentados desafios por parte dos entrevistados (n=0).

O Objetivo 6 (Adotar um processo contínuo de qualificação para profissionais de diferentes áreas e com diferentes níveis de conhecimento, visando disponibilizar pessoal para realizar ações de conservação), com 4 ações, também foi desenvolvida com sucesso. Dentre

os 10 desafios identificados, o objetivo apresentou como principal deles a falta de recursos financeiros. Além disso, quando os projetos terminam, a mão de obra capacitada vai embora. Com isso, vemos que quando se investe na capacitação das pessoas, essa mão-de-obra, no geral, nem sempre fica nas instituições.

O Objetivo 7 (Criar uma cultura de publicação entre as instituições e pesquisadores envolvidos na conservação de espécies), que incluía 2 ações, uma delas foi *Parcialmente executada* (40-59 %) e outra *Não executada* (0-10%). Este objetivo apresentou a maior quantidade de desafios (n=10), segundo os entrevistados, devido à dificuldade que implica publicar, criar bancos de dados e organizar as informações para expor os resultados obtidos.

O Objetivo 8 (Administradores e pesquisadores trabalhando juntos para minimizar problemas burocráticos relacionados à pesquisa e gestão de conservação), com 5 ações, foi atingida com sucesso. Ainda assim, os entrevistados apresentaram 4 desafios. Ainda hoje, se apresentam problemas burocráticos para o desenvolvimento de ações relacionadas à conservação do mico, mas o trabalho interdisciplinar entre instituições mitiga o impacto da burocracia. Os espaços de comunicação dos PANs e comissões são chaves para isso. Na Gestão, o maior desafio é a descontinuidade de projetos e a burocracia.

4 Discussão

4.1 Quão eficaz é a metodologia de AVPH na elaboração de Planos de Ação?

Planejar a conservação permite identificar as ações necessárias para torná-la eficaz. Independente da metodologia usada, o intuito consiste em obter o máximo ganho com recursos limitados (Franklin *et al.*, 2011). O adjetivo *Eficaz* indica que foi alcançado um resultado desejado. Sob essa definição, a metodologia AVPH para o planejamento da gestão na conservação é útil e cumpre com os objetivos planejados; a maior parte das ações (n=32, 70%) apresentou execução maior que 60% e em termos dos objetivos gerais, 5 dos 8 foram atingidos com sucesso.

A ferramenta é adequada, já que permite (1) identificar problemas nos alvos de conservação mediante a modelagem de cenários e o impacto na dinâmica populacional (Gilpin & Soulé, 1986; Chapman & Hall, 1994; Conway, 1995; Akçakaya and Sjögren-Gulve, 2000; Brito, 2009; Lacy *et al.*, 2017), permitindo um diagnóstico crítico das ameaças; no caso específico do mico-leão-preto, essas modelagens indicaram que as populações conhecidas do mico-leão-preto ocorrem em baixa densidade e em áreas isoladas e que, esta situação causa problemas genéticos e demográficos que afetam a sobrevivência da espécie, e a falta de conhecimento estratégico para ajudar a conservação da espécie agrava o problema (Ameaça 1 - Quadro 1) Complementar a isso, quanto maior a fragmentação do habitat, mais alta é a pressão antrópica nas áreas de ocorrência do mico-leão-preto (Ameaça 2 - Quadro 1).

Identificar essas ameaças permitiu a fase posterior de uma metodologia *Eficaz*, (2) criar ações de manejo com maior impacto na viabilidade da metapopulação como um todo e das populações (Lindenmayer *et al.*, 1993; Brito, 2009; Miller *et al.*, 2008; Lacy, 2019); exemplo disto foram a criação e execução dos censos de populações trabalhos atuais de monitoramento dão ideia das densidades populacionais e demografia (ação 2); a definição das populações a serem conectadas em projetos de corredores (ação 17); a execução de um novo *Studbook* para a população de mico-leão-preto em cativeiro (ação 21); a lista de zoológicos que mantém a espécie e o estado da população em cativeiro (ação 22); a Consolidação das áreas protegidas, conselhos consultivos ativos e planos de gestão (ação 24); a ação de restauração de zonas de benefício (corredores, trampolins, abraços verdes) para aumento da conectividade (ação 25).

O planejamento e execução dessas ações, levou a (3) estimular novas perguntas de pesquisa, já que na modelagem se identificam pontos-chaves a serem pesquisados, o que gera a demanda por estudos adicionais (Gilpin & Soulé, 1986; Brito, 2009); no caso da AVPH do mico-leão-preto, esse estímulo potencializou a elaboração de Dissertações e TCCs (n=42), Artigos científicos (n=27) e Livros/Capítulos de livros (n=4) e a participação ativa desses pesquisadores em ambientes acadêmicos como congressos/simpósios (n=90). Um dos pontos em comum que tem as ações totalmente executadas é que esses trabalhos correspondiam a trabalhos de pesquisa desenvolvidos por estudantes de mestrado/doutorado, ligados às instituições que trabalham com a espécie. Isso demonstra a importância de vincular o setor acadêmico e o terceiro setor na execução das ações do plano.

O fato de ser um espaço participativo e interdisciplinar, no qual os atores se enfrentam diretamente com as ameaças e o risco de extinção das populações, através da modelagem de cenário, tem evidenciado um comprometimento dos responsáveis com a execução das ações (Lindenmayer *et al.*, 1993; Akçakaya & Sjögren-Gulve, 2000; Brito, 2009). Isso traz vantagens e torna a metodologia *Eficaz* (4) o comprometimento dos atores da AVPH 2005 levou ao atingimento dos Objetivos 2, 3, 4 e 5 (Quadro 1), destacando a importância do trabalho feito pelos gestores das UCs e a participação dos pesquisadores do terceiro setor nos conselhos consultivos onde se desenvolvem os trabalhos. O atingimento desses objetivos demonstra a importância de manter projetos de longo prazo, que facilitem a participação dos pesquisadores e atores nos conselhos consultivos das UCs, como foi visto no caso de sucesso do IPÊ no Pontal e em Capão Bonito.

Este gerenciamento mais eficiente, permite a mobilização de recursos para a execução das ações, gerando produtos como a atualização dos planos de manejo, participação ativa dos conselhos consultivos, publicação de decretos que viabilizam e visibilizam ações para a conservação da espécie e seu habitat, como a criação de novas áreas protegidas, conectividade entre as áreas, divulgação da espécie e desenvolvimento de pesquisas com o intuito de diminuir o conflito entre a vida silvestre e a sociedade.

O atingimento com sucesso do Objetivo 3, evidencia a importância da participação dos atores de conservação da espécie nas políticas públicas. Essa participação em espaços políticos resultou na criação de novas cinco áreas protegidas na área de ocorrência do mico-leão-preto; uma atualização e quatro novos Planos de Manejo, os quais tem como alvo de conservação o mico-leão-preto; além dos Decretos e políticas públicas que tem a espécie como alvo de conservação, o que facilita seu estudo, a captação de recursos para o desenvolvimento de pesquisas e o reconhecimento por parte da comunidade.

O seminário participativo gera a oportunidade de juntar diversos atores num mesmo espaço e com o mesmo objetivo, dando origem ao (5) estabelecimento de parcerias, permitindo que novos estudos sejam realizados, vínculos com a academia, mobilização de recursos, produção científica, captação de fundos, e representação em eventos para divulgação de resultados (Lindenmayer *et al.*, 1993; Byers & Seal, 2003).

4.2 Quais são os principais problemas que dificultam a implementação das ações?

Os principais problemas identificados nesse trabalho podem ser divididos em duas categorias: os referentes à metodologia e os encontrados na implementação das ações do Plano de Ação.

Referente à *metodologia de AVPH*, podemos destacar:

(1) A falta de indicadores de monitoramento, que permitam quantificar o estado atual de desenvolvimento das ações, os resultados diretos do cumprimento dos objetivos e a avaliação do Plano em si. Algumas ações poderiam ter sido desenvolvidas durante o próprio seminário de AVPH, como a lista das populações prioritárias para o desenvolvimento de pesquisas, o que permite a elaboração de ações de conservação focadas, a determinação de quais atores podem trabalhar nessas áreas, e o planejamento da logística que é necessária.

Conservacionistas dos Pangolins (*Manis pentadactyla*) fizeram a comparação do nível de atendimento das AVPH 2004 e 2017 e, nas suas lições aprendidas, também encontraram a importância de um monitoramento contínuo para avaliar os avanços (Kao *et al.*, 2020). Isso permite examinar a situação da espécie em qualquer momento, sendo um fator importante para a tomada de decisões, sem esperar um novo workshop de planejamento.

Outros estudos de planejamento na conservação já identificaram esta necessidade de revisões periódicas, independente da metodologia utilizada para a elaboração dos Planos de Ação (Margules & Pressey, 2000; Gardner, 2010). Com base nisso, pesquisadores do calau-de-capacete (*Rhinoplax vigil*) incluíram no Plano de Ação, produto de uma AVPH, um monitoramento da implementação das ações propostas (CPSG, 2017), que pode ser usado como referência em futuros processos de AVPH. Algumas metodologias, como o *Manejo adaptativo* (Holling, 1986), focam no monitoramento contínuo das estratégias usadas, aprendendo e adaptando sistematicamente as ações, com o intuito de melhorar esses processos e alcançar o impacto desejado.

No caso específico da AVPH do mico-leão-preto, um monitoramento contínuo, poderia ter identificado que o objetivo 1 incluía a metade das ações propostas (n=22), e no cumprimento dessas ações podem levar à não execução efetiva de todo o Plano. Uma

sugestão é criar objetivos com menor número de ações que sejam bem distribuídas e articuladas com outras ações

(2) A falta de articuladores nos objetivos gerais e a má formulação destes que leva a sua não realização, mesmo diante do cumprimento de todas as ações contempladas dentro deles. Um articulador por meta/objetivo geral pode ter como funções avaliar o nível de execução das ações, juntar os produtos das ações executadas e avaliar o que está faltando. No monitoramento do AVPH 2004 de pangolins, encontraram a mesma dificuldade e, por isso, nas sugestões para o AVPH 2017, propuseram estabelecer um grupo de trabalho para coordenar as atividades gerais acordadas do Plano de Ação (Kao *et al.*, 2020).

No caso da AVPH do mico-leão-preto, o objetivo 1 por ser um objetivo tão ambicioso, que contém ações interdisciplinares e multi-setoriais, era necessário um monitoramento e acompanhamento de perto. É importante que tanto as ações quanto os objetivos sejam monitorados e tenham um gestor ou articulador. Neste caso, se as 22 ações tivessem sido desenvolvidas, ainda assim o objetivo não seria atingido, já que era necessário um segundo momento para pôr todas essas informações em discussão, elaborar o referido Plano de Manejo de Metapopulação e, só então, começar sua execução. Um dos aspectos que pode ser pensado para uma próxima AVPH é a escolha de uma pessoa, além daquelas responsáveis por cada ação, que assegure o cumprimento do objetivo como um todo.

Esse articulador poderia ter foco no monitoramento dos resultados e na adaptação das atividades de acordo com o obtido no processo. A metodologia *Padrões Abertos para a Prática de Conservação* baseia a eficácia da conservação na aprendizagem das evidências, medindo, comparando e compartilhando abertamente as lições aprendidas na execução das ações (CMP, 2020), ferramentas desse tipo, poderiam resultar úteis no caso específico das atividades relacionadas à genética e saúde da AVPH 2005, nas quais a não execução de algumas ações impediu a realização de outras, que dependiam diretamente da coleta de amostras biológicas.

Ações não atingidas, como a criação de protocolos e capacitação de pessoal e pesquisadores de campo para a coleta dessas amostras, foram criando obstáculos aos estudos genéticos. É preciso destacar que essa não foi a única causa do não cumprimento dessas ações, mas isso demonstra a importância da organização da informação no desenvolvimento

das ações de campo. Ter protocolos estabelecidos e parcerias claras, desde a coleta das amostras até a publicação do resultado, é um ponto chave para desenvolver na próxima AVPH.

(3) Um plano de comunicação, i.e., um canal de comunicação entre os atores do Plano de Ação, pode ajudar a encontrar soluções aos desafios encontrados, substituir responsáveis das ações, caso seja preciso, estabelecer parcerias e identificar oportunidades para divulgação de resultados. Kao e colaboradores (2020) encontraram que um maior espaço de comunicação das atividades do Plano de Ação dos Pangolins era o próprio Workshop de planejamento. Tais espaços mostram-se necessários para que cientistas locais e outras partes interessadas compartilhem e integrem informações atuais, examinem a situação atual das espécies ameaçadas e colaborem em pesquisas e atividades de conservação.

Na *implementação do Plano de Ação*, os desafios que se mostraram mais frequentes correspondem a Recursos financeiros, humanos (pessoal capacitado) e materiais. O financiamento para execução das ações sempre será um fator limitante na conservação (WWF, 2014; Oliveira & Didier, 2015). Para isso, uma medida de precaução pode ser vincular as atividades do Plano de Ação à agenda de trabalho institucional dos atores (CPSG, 2017). Outra maneira de mitigar o impacto deste desafio é a implementação do plano de comunicação proposto, que pode funcionar como uma estratégia para divulgar oportunidades de bolsas, estabelecimento de parcerias para acessar algum recurso e capacitações estratégicas.

4.3 Como fornecer feedback que melhore a implementação da metodologia e guie decisões futuras de manejo?

O CPSG e sua metodologia para a elaboração dos Planos de Ação é aberta a sugestões que tenham como intuito melhorar o processo de planejamento na conservação através da AVPH (CPSG, 2017). Embora não haja muita informação sobre isso, destaca-se o trabalho no AVPH de Gorilas (Miller *et al.*, 2008), que ajudou a melhorar a condução dos seminários, baseando-se nas lições aprendidas desse processo. Além disso, os resultados do monitoramento dos AVPH dos Pangolins e suas recomendações (Kao *et al.*, 2020), também serão avaliados para futuros seminários de planejamento. Esperamos que nossas lições

aprendidas também ajudem no aperfeiçoamento desta metodologia. Com as informações obtidas no desenvolvimento desse trabalho, foi feita uma lista de Lições Aprendidas na AVPH 2005 dos Micos-Leões e recomendações para execução futura dessa Metodologia:

1. Criação de *Indicadores de sucesso* na execução das ações e cumprimento dos objetivos.
2. Um articulador por cada objetivo geral e um coordenador/ ponto focal do Plano de Ação, que mantenha a comunicação com os articuladores dos objetivos.
3. Objetivos bem definidos, mensuráveis e que contemplem um número razoável de ações, suficientes para o cumprimento de cada objetivo.
4. Perguntas de pesquisa vinculadas a projetos de mestrado e doutorado, ou a grupos de pesquisa.
5. Espaços de monitoramento entre os articuladores dos objetivos, para avaliar a execução do Plano de Ação.
6. Canal de comunicação entre os atores do Plano de Ação, de tal forma que se conheçam a tempo os desafios na execução das ações, mudanças de pessoal, novos atores, estabelecimento de parcerias e divulgação de resultados.
7. Plano de comunicação do Plano de Ação.

4.4 Qual é o papel da AVPH nas políticas públicas nacionais onde as ações são implementadas?

O sucesso na conservação do mico-leão-preto se deve à implementação sinérgica de ações, produto dos diferentes instrumentos de gestão. Tanto os PANs quanto as AVPH têm como objetivo o planejamento de ações que mitiguem o risco de ameaça das espécies (Lindenmayer *et al.*, 1993; Byers & Seal, 2003; CBSG, 2010; MMA/ICMBio, 2018; CPSG, 2019) e, de maneira conjunta, esses instrumentos têm contribuído para a conservação eficaz do mico-leão-preto.

No caso do mico-leão-preto, a maior parte das ações da AVPH estão incluídas nos PANs, o que mostra a articulação desse instrumento com as políticas públicas brasileiras. Os

três instrumentos concentram a maior parte dos esforços nas categorias de Gerenciamento, Manejo e Pesquisa científica.

Importante destacar que os Planos de Ação produto da AVPH, diferentemente de outros instrumentos, tem forte base científica, usando como suporte os resultados da AVP específica para a espécie. Essas análises levam em consideração um compilado de informações biológicas, populacionais, ecológicas e genéticas que permitem que as ações de conservação propostas sejam mais específicas, cumprindo os requerimentos biológicos inerentes à espécie e mitigando o risco de extinção das populações, o que representa uma maior eficácia na conservação da espécie. Essa modelagem e criação de cenários, permitiu identificar as 8 principais ameaças para a espécie que serviram como base para estabelecer os objetivos gerais (n=8) e as ações específicas (n=44) para melhorar o estado de conservação da espécie (Quadro 1).

Nos seminários participativos de AVPH, esse entendimento biológico, junto com a incorporação de aspectos sociais, econômicos e políticos que afetam o sistema da espécie, permite a tomada de decisão sobre o manejo das espécies (Lindenmayer *et al.*, 1993; IUCN/SSC, 2017; CPSG, 2019). Como produto dessa troca, as ações são amplamente aplicáveis e usadas em outros instrumentos de gestão, conforme foi observado nesse trabalho.

Outro destaque positivo e diferenciado dos Planos de Ação produtos das AVPH consiste na criação de uma coesão do grupo que participa dos seminários (CBSG, 2010; CBSG, 2017). Isso tem permitido a internalização das ações nas instituições que cada integrante representa, garantindo a continuidade dos trabalhos, inclusive frente às mudanças de pessoal. Essa coesão pode ser perdida quando o instrumento de gestão é muito abrangente e o processo da oficina inclui muitos táxons e integrantes com foco em diferentes espécies, como foi o caso do PAN MAMAC. Esse fator pode acabar dificultando a comunicação entre as partes, resultando no não cumprimento dos objetivos.

Dentro das ações propostas nos Plano de Ação da AVPH, encontra-se a proposta de ter espaços de comunicação entre os responsáveis das ações. No caso específico do mico-leão-preto, até 2009, ainda no âmbito da AVPH, a reunião do Comitê Internacional dos Micos-leões tinha esse objetivo, permitindo que o grupo de atores se mantivesse coeso. Com as mudanças na legislação e o fim do Comitê Internacional dos Micos-leões, essas reuniões

passaram a acontecer, já no âmbito dos PANs, durante as oficinas de monitoria feitas com o Grupo de Assessoramento Técnico (GAT), permitindo o encontro de alguns atores.

Os Planos de Ação das AVPH são monitorados de maneira qualitativa, sem indicadores de monitoramento. Os indicadores são importantes para quantificar o nível de andamento de cada ação, mensurar o cumprimento dos objetivos propostos e, caso seja necessário, fazer mudanças (Oliveira & Didier, 2015; MMA/ICMBio, 2010). Os PANs, por exemplo, incluem matrizes que permitem essa quantificação e a modificação oportuna de ações por parte do GAT. Para o caso do mico-leão-preto, o uso dessas matrizes tem sido positivo, já que as ações da AVPH 2005 que foram inseridas no PAN têm essa quantificação do andamento. O PAN permite, e está sendo usado, como um espaço para comunicar os resultados obtidos na execução das ações do plano de ação da AVPH 2005, que acabaram sendo incorporadas aos PANs, por não terem sido cumpridas até o momento da elaboração destes, mas que ainda eram vistas como prioritárias para a conservação da espécie.

5 Conclusões

- A AVPH é uma metodologia eficaz, que pode ser usada no Planejamento da Conservação, pois permite atingir os resultados esperados na recuperação de espécies em risco de extinção, ainda com aspectos para melhorar como o monitoramento das ações e responsáveis pelos objetivos gerais.

- A AVPH é uma metodologia adequada no Planejamento da Conservação, já que permite identificar problemas nos alvos de conservação mediante a modelagem de cenários e o impacto na dinâmica populacional e logo disso, a criação de ações que mitigam

- Esta metodologia dialoga com as políticas nacionais, permitindo um trabalho conjunto para o aprimoramento de estratégias que mitiguem os impactos negativos nas espécies a recuperar.

- É indispensável promover projetos de longo prazo, que permitam a execução das ações prioritárias para a conservação das espécies. A descontinuidade de projetos é um dos desafios mais frequentes na avaliação de Planos de Ação.

- As ações de conservação propostas por atores interdisciplinares, facilitam a conservação efetiva das espécies ameaçadas,

6 Referências

AKÇAKAYA, Reşit; SJÖGREN-GULVE, Per. Population viability analyses in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins* 48:9-21., 2000.

AKÇAKAYA, Reşit. Viability analyses with habitat-based metapopulation models. *Population Ecology*, v. 42, n. 1, p. 0045, 2000.

CMP (conservation Measures Partnership) 2020. Padrões abertos para a prática de conservação, Versão 4.0. <<http://cmp-openstandards.org/>>

AYALA-BURBANO, Paola. Variabilidade genética e verificação de paternidade da colônia cativa do mico-leão-preto (*Leontopithecus Chrysopygus*) (Primates, Callithricidae) utilizando marcadores microssatélites. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética Evolutiva e Biologia Molecular, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Genética Evolutiva e Biologia Molecular., Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - São Paulo, 2015.

BALMFORD, A. Conservation Conflicts Across Africa. *Science*, v. 291, n. 5513, p. 2616–2619, 2001.

BRITO, Daniel. Análise da viabilidade de populações: uma ferramenta para a conservação da biodiversidade no Brasil. *Oecologia brasiliensis*, v. 13, n. 03, p. 452–469, 2009.

BROOK, Barry; TRAILL, Lochran; BRADSHAW, Corey. Minimum viable population sizes and global extinction risk are unrelated: MVP is unrelated to global extinction risk. *Ecology Letters*, v. 9, n. 4, p. 375–382, 2006.

BYERS, O.; SEAL, U. S. The Conservation Breeding Specialist Group (CBSG): activities, core competencies and vision for the future. *International Zoo Yearbook*, v. 38, n. 1,

p. 43–53, 2003.

CALDANO, Lucas. Censo populacional e avaliação da variabilidade genética das populações de mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*, Mikan, 1823) na Floresta Nacional de Capão Bonito- SP. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Genética Evolutiva e Biologia Molecular, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Genética Evolutiva e Biologia Molecular. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - São Paulo, 2014.

CAÑADAS, Isabel; SÁNCHEZ, Alfonso. Categorías de respuesta en escalas tipo likert. *Psicothema*, v. 10, no 3, p. 623–631, 1998.

CARLOMAGNO, Márcio C; ROCHA, Leonardo Caetano da. Como criar e classificar categorias para fazer análise de conteúdo: uma questão metodológica. *Revista Eletrônica de Ciência Política*, v. 7, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/politica/article/view/45771>>. Acesso em: 10 set. 2020.

CARVALHO, Vania M.; VANSTREELS, Ralph E.T.; PAULA, Cátia D.; *et al.* Nasal, oral and rectal microbiota of Black lion tamarins (*Leontopithecus chrysopygus*). *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 45, n. 4, p. 1531–1539, 2014.

CONSERVATION BREEDING SPECIALIST GROUP (CBSG). Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) Workshop Process. Disponível em: <https://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/PHVA_Reference_Packet_2010.pdf>.

CEBALLOS, Gerardo, EHRLICH, Paul R.; DIRZO, Rodolfo. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 30, p. E6089–E6096, 2017.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE PRIMATAS BRASILEIROS (CPB); MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE/ INSTITUTO CHICO MENDES. Oficina para Avaliação Final do Plano de Ação Nacional para Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central - PAN MAMAC. 2016.

CISTERNA, Francisco. Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, v. 14, p. 61–71, 2005.

- CONWAY, William. Wild and zoo animal interactive management and habitat conservation. *Biodiversity and Conservation*, v. 4, n. 6, p. 573–594, 1995.
- CPSG. Conservation Planning Specialist Group. Annual report. [s.l.]: International Union for the Conservation of Nature/Species Survival Commission, 2019.
- CULOT, Laurence; GRIESE, Juliana; KNOGGE, Christoph; *et al.* New records, reconfirmed sites and proposals for the conservation of black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) in the middle and upper Paranapanema. *Neotropical Primates*, v. 22, 2015.
- CULOT, Laurence; PEREIRA, Lucas Augusto; AGOSTINI, Ilaria; *et al.* ATLANTIC - PRIMATES: A dataset of communities and occurrences of primates in the Atlantic Forests of South America. *Ecology*, v. 100, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecy.2525>>. Acesso em: 10 set. 2020.
- DALMORO, Marlon; MENDES, Kelmara. Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: O número de itens e a disposição influenciam nos resultados? *Revista Gestão Organizacional*, 2014.
- ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto no 60.519, de 05 de junho de 2014.
- DESHLER, W. O. Recomendações para o manejo do Morro do Diabo. São Paulo: Instituto Florestal, 1975.
- DIETZ, Lou Ann, BROWN, Marcia; SWAMINATHAN, Vinaya. Increasing the impact of conservation projects. *American Journal of Primatology*, v. 72, n. 5, p. 425–440, 2010.
- DITT, Eduardo Humberto. Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema. [s.l.]: Annablume, 2002.
- DITT, Humberto, VALLADARES-PÁDUA, Cláudio; BASSI, Clarice. Rescuing the Atlantic Forest of the interior of São Paulo State, Brazil.
- FERSON, Scott; OBERKAMPF, William L. Validation of imprecise probability models. *International Journal of Reliability and Safety*, v. 3, n. 1/2/3, p. 3, 2009.
- FILETO-DIAS, Fabiane, LUGARINI, Camile; PEREIRA-SERAFINI, Patricia. Avaliação do “Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Papagaios da Mata Atlântica” na conservação dessas espécies. *Atualidades Ornitológicas*, 2014.

- FRANKLIN, J.; REGAN, H. M.; HIERL, L. A.; et al. Planning, implementing, and monitoring multiple-species habitat conservation plans. *American Journal of Botany*, v. 98, n. 3, p. 559–571, 2011.
- GARBINO, Guilherme Siniciato Terra, REZENDE, Gabriela Cabral; VALLADARES-PADUA, Claudio. Pelage Variation and Distribution of the Black Lion Tamarin, *Leontopithecus chrysopygus*. *Folia Primatologica*, v. 87, n. 4, p. 244–261, 2016.
- GARDNER, Toby. Monitoring forest biodiversity: improving conservation through ecologically responsible management. London; Washington, DC: Earthscan, 2010. (The Earthscan forest library).
- GILPIN, Michael; SOULÉ, Michael. Minimum viable populations: processes of species extinction. In *Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (ed. Soulé, M. E.) 19–34 (). [s.l.]: Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, 1986, 1986. (Conservation).
- GUILLAUMON, J. R.; POLL, E.; SINGY, J.M. Análise das Trilhas de Interpretação. São Paulo: Instituto Florestal, 1977.
- HOLLING, C. S. Adaptive Environmental Management. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, v. 28, n. 9, p. 39–39, 1986.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília, D.F.: ICMBio/MMA, 2018, 2018. VII.
- IPÊ. Relatório de Atividades 2019. [s.l.]: Instituto de pesquisas Ecológicas, 2019.
- IPÊ. Relatório de Atividades. [s.l.]: Instituto de pesquisas Ecológicas, 2009.
- IUCN/SSC. IUCN Guidelines for Species Conservation Planning. [s.l.]: IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland, 2017. Disponível em: <https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/iucn_ssc_quarterly_report_dec2017_web.pdf>.
- JOSHI, Ankur; KALE, Saket; CHANDEL, Satish; et al. Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, v. 7, n. 4, p. 396–403,

2015.

- KAO, Jim; CHAO, Jung-Tai; CHIN, Jason Shih-Chien; et al. Conservation planning and PHVAs in Taiwan. In: Pangolins. [s.l.]: Elsevier, 2020, p. 559–577.
- KROSNICK, Jon A. Response strategies for coping with the cognitive demands of attitude measures in surveys. *Applied Cognitive Psychology*, v. 5, n. 3, p. 213–236, 1991.
- LACY, Robert C. Lessons from 30 years of population viability analysis of wildlife populations. *Zoo Biology*, v. 38, n. 1, p. 67–77, 2019.
- LACY, Robert, MILLER, Philip; TRAYLOR-HOLZER, Kathy. Vortex 10 User's Manual. [s.l.]: IUCN SSC Conservation Breeding Group & Chicago Zoological Society, 2015.
- LAWTON, John H. Are there general laws in Ecology? *Oikos*, v. 84, n. 2, p. 177–192, 1999.
- LIKERT, Rensis. A Technique for the Measurement of Attitudes. New York: [s.n.], 1932. (Archives of Psychology, 140).
- LIMA, Fernando; DA SILVA, Isabel; MARTINS, Cristiana; et al. On the occurrence of the black-lion-tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) in Buri, São Paulo, Brazil. *Neotropical Primates*, v. 11, 2003.
- LINDENMAYER, David B.; CLARK, Tim W.; LACY, Robert C.; et al. Population viability analysis as a tool in wildlife conservation policy: With reference to Australia. *Environmental Management*, v. 17, n. 6, p. 745–758, 1993.
- MANZINI, Eduardo José. Entrevista semi-estruturada: Análise de objetivos e de roteiros. A pesquisa Qualitativa em Debate, 2004.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. *Nature*, v. 405, n. 6783, p. 243–253, 2000.
- MEDICI, Emilia Patricia; VALLADARES-PÁDUA, Claudio; RYLANDS, Anthony; et al. Translocation as a Metapopulation Management Tool for the Black Lion Tamarin, *Leontopithecus chrysopygus*. *Primate Conservation*, v. 19, p. 23–31, 2003.
- MILLER, Philip; WESTLEY, Frances; BYERS, Ann; et al. An Experiment in Managing the Human Animal: The PHVA Process and Its Role in Conservation Decision-Making. In: STOINSKI, T. S., STEKLIS, H. D.; MEHLMAN, P. T. (Orgs.). Conservation in the 21st

- Century: Gorillas as a Case Study. Boston, MA: Springer US, 2008, p. 173–188.
- MILLER, Philip; LACY, Robert. VORTEX: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version 9.21 User’s Manual. [s.l.]: Apple Valley, MN: Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN), 2003.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE; INSTITUTO CHICO MENDES. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central. 2010.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE; INSTITUTO CHICO MENDES. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e da Preguiça-de-coleira. 2018.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE/INSTITUTO CHICO MENDES. Instrução Normativa N. 21. [s.l.: s.n.], 2018.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE; SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE DEPARTAMENTO DE CONSERVAÇÃO DE ECOSSISTEMAS. Processo Brasileiro de Construção da Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade (EPANB) - Caminhos e Lições Aprendidas. Brasília, DF: [s.n.], 2018.
- NACIONES UNIDAS. Convenio sobre la Diversidad Biológica. 1992.
- NASCIMENTO, Douglas. O Brasil e as Metas de Aichi para 2020. ABRI – Associação Brasileira de Relações Internacionais, 2015.
- OLIVEIRA, Leonardo; DIDIER, Karl. O que precisamos saber para o Sucesso de um bom Monitoramento? Dicas Baseadas nos Padrões Abertos de Conservação. 2015.
- PARANHOS, Karla. Estimativas populacionais para espécies raras: o Mico-leão-preto *Leontopithecus chrysopygus* (Mikan, 1823) como modelo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Decreto Nº 7.515.
- REZENDE, Gabriela; KNOGGE, C; PASSOS, Fernando; *et al.* The IUCN Red List of Threatened Species 2020: *Leontopithecus chrysopygus*. [s.l.]: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2020.
- SERRA, Cristina. Uma história de conservação: a Mata Atlântica e o mico-leão-dourado =

- A conservation history: the Atlantic Forest and the golden lion tamarin. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2019.
- SHAFFER, Mark L. Minimum Population Sizes for Species Conservation. *BioScience*, v. 31, n. 2, p. 131–134, 1981.
- SOULÉ, Michael E. (Org.). Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sunderland, Mass: Sinauer Associates, 1986.
- STANIFORTH, Sarah; GETTY CONSERVATION INSTITUTE (Orgs.). Historical perspectives on preventive conservation. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2013. (Readings in conservation).
- THOMPSON, Steven D. Captive breeding for wildlife conservation. A review of Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals, edited by P. J. S. Olney, G. M. Mace, and A. T. C. Feistner. London, Chapman & Hall, 1994, 517 pp., hardbound. *Zoo Biology*, v. 14, n. 3, p. 285–287, 1995.
- UICN, WWF-BRASIL; IPÊ. Metas de Aichi: Situação atual no Brasil. [s.l.: s.n.], 2011. (Diálogos sobre Biodiversidade: construindo a estratégia brasileira para 2020).
- VALLADARES-PÁDUA, Claudio; MARTINS, Cristiana; SETZ, Eleonore; *et al.* Preliminary evaluation of the reintroduction of a mixed wild-captive group of black lion tamarins *Leontopithecus chrysopygus*. *Dodo*, v. 36, p. 30–38, 2000.
- VALLADARES-PÁDUA, Cláudio; BALLOU, Jonathan; MARTINS, Cristiana; *et al.* Metapopulation management for the conservation of Black-lion-tamarins. *In: AGUIRRE, A. Alonso; SUKUMAR, R. (Orgs.). Tropical conservation: perspectives on local and global priorities.* New York, NY: Oxford University Press, 2017.
- VELTRONI, Yngrid. Estrutura genética matrilinear e relações de parentesco no mico leão preto, *Leontopithecus chrysopygus* (Primatas) uma espécie ameaçada que apresenta sistema de reprodução cooperativa. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Biotecnologia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia., Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - São Paulo, 2018.
- WAKE, D. B.; VREDENBURG, V. T. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A

view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. Supplement 1, p. 11466–11473, 2008.

WEATHERS, Danny, SHARMA, Subhash; NIEDRICH, Ronald. The impact of the number of scale points, dispositional factors, and the status quo decision heuristic on scale reliability and response accuracy. *Journal of Business Research*, v. 58, n. 1516–1524, 2005.

WESTGATE, Martin J., LIKENS, Gene E.; LINDENMAYER, David B. Adaptive management of biological systems: A review. *Biological Conservation*, v. 158, p. 128–139, 2013.

WWF. *Living Planet Report*. [s.l.]: World Wildlife Fund, 2014.

Capítulo 2

Population Viability Analysis of Black lion tamarins

1 INTRODUCTION

Wild populations are at risk of decline or even extinction due to many threats, including habitat loss that can fragment populations. Small, isolated populations are impacted more significantly by the synergistic impacts of stochastic processes. As a result, ecological, demographic, and genetic population consequences may interact in a feedback loop, leading the species into an extinction vortex (Gilpin & Soulé, 1986).

Population size and viability can be influenced by both deterministic and stochastic factors (Shaffer, 1981; Gilpin & Soulé, 1986; Lindenmayer *et al.*, 1993; Miller *et al.*, 2008; Brito, 2009; Lacy *et al.* 2015). Deterministic factors are mostly associated with human actions: hunting, deforestation, pollution, and the introduction of invasive species, among others (Estrada, 2019). These processes and their impacts on the species can be estimated and often controlled.

The population dynamics of small and isolated populations can be also dominated by stochastic factors (Shaffer, 1981; Gilpin & Soulé, 1986), whose consequences occur at random and can lead to the population extinction. Stochastic processes can be of four types: (1) demographic stochasticity, which is the random change in demographic rates, such as birth rates, mortality, and sex ratio, due to sample size; (2) environmental variation, which is the variation in demographic rates from year to year due to annual fluctuations in environmental conditions; (3) catastrophic events, which are natural or human-caused outlier events that can impact a population; and (4) genetic stochastic events, including inbreeding depression and genetic drift (random loss of genetic variation) that can reduce evolutionary flexibility (Shaffer, 1981; Brito, 2009).

Population Viability Analysis (PVA) is a reliable and valid methodology in Conservation Biology (Miranda *et al.*, 2008; Miller *et al.*, 2008; Medici & Desbiez, 2012; Lacy, 2019; Desbiez *et al.*, 2020). The PVA methodology explores the risk of extinction and other measures of population viability based on life-history traits, population dynamics, and

the combination of stochastic and deterministic factors (Lacy *et al.*, 2019). PVA results provide information on the current and projected status of populations under different conditions and management actions.

Like any methodology, PVA has limitations (Ludwig, 1999; Akçakaya, 2000; Brook *et al.*, 2006). It typically focuses on only one population or several populations of a single species, ignoring the community and ecosystem interaction dynamics (Akçakaya, 2000). PVA also requires population- and species-specific data to produce precise viability projections. However, there are ways of overcoming these limitations if the results are carefully interpreted (Ruggiero *et al.*, 1994; Miranda *et al.*, 2008; Lacy, 2019). Multi-species PVAs using metamodels and research on population dynamics have been conducted (Miller *et al.*, 2016); besides, models with insufficient data can be developed knowing how to manage uncertainties and interpret results (Akçakaya & Raphael, 1998; Akçakaya, 2000).

Wild populations of the black lion tamarin (BLT) provide a study case for applying PVA. Black lion tamarins are currently present in 17 fragments of Atlantic Forest in the Paranapanema River basin, Sao Paulo state, Brazil, and for their conservation as this method has been used with the species since 1990 (Seal *et al.*, 1990; Ballou, 1998; Holst *et al.*, 2006). Fifteen years have passed since the last PVA for this species (Holst *et al.*, 2006); more data are available to improve the model, and the situation for the species and its habitat has changed (Rezende, 2014).

For black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*), categorized as Endangered (EN) according to the IUCN Red List (Rezende *et al.* 2020) and the Brazilian Red List (ICMBio, 2018), a PVA was completed in 2005 as part of a conservation planning workshop for all four lion tamarin species in Brazil (Holst *et al.* 2006). Interdisciplinary actions have been implemented from the resulting Action Plan and the subsequent Brazilian National Actions Plans (NAP) directed to the species – NAP for the Conservation of Mammals from Central Atlantic Forest and NAP for the Conservation of the Atlantic Forest Primates and Sloth (MMA/ICMBio; 2010; MMA/ICMBio; 2018).

Here, we aimed to estimate the current viability of known populations of black lion tamarin. The Vortex software program (Lacy & Pollak, 2020) was used to create the 2020 PVA baseline model, based on the 2005 model, and to conduct sensitivity testing. The

baseline model integrates the current threats to the species and its habitat, such as the effects of climate change and fires on the carrying capacity of areas to support black lion tamarins' populations. The minimum viable population (MVP) for the species under different conditions was estimated. The impact of increased connectivity through the implementation of ecological corridors and other management strategies that affect the viability of the species were investigated. We expect this model to be an example of how to address some of the challenges in implementing the methodology by other researchers, thus promoting the use of PVA for other species and conservation biology problems.

2 Material and Methods

2.1 Study area

The Atlantic Forest is one of the world's ecosystems with the highest estimates of diversity (IUCN, 2012). In this biome, there are approximately 850 bird species, 370 amphibians, 200 reptiles, 350 fish, and 270 mammal species (MMA, 2010). Approximately 60% of the flora and fauna species are classified under some threat category (SOS Mata Atlântica, 2018). Currently, the Atlantic Forest presents only 12.4% of its original extent, with only 8.5% presenting good conservation status (SOS Mata Atlântica, 2018). Most of this biome is fragmented and more than 80% of the fragments are smaller than 50 hectares (Ribeiro *et al.*, 2009). It is one of the richest areas in terms of biodiversity and, at the same time, one of the most threatened on the planet, and hence considered a global hotspot (Myers *et al.*, 2000; Uezu *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2009).

The area of this study corresponds to the Atlantic Forest fragments within the current black lion tamarin (Figure 1), the hydrological basin of the Paranapanema River (Garbino *et al.*, 2016). About 80% of the black lion tamarin wild population lives in the west of São Paulo state, a region called Pontal do Paranapanema, in the Morro do Diabo State Park, two private fragments, and the Mico-Leão-Preto Ecological Station (Holst *et al.*, 2006; Garbino *et al.*, 2016). In the center-east of the state, the Médio Paranapanema region, are the populations of Caetetus and Fazenda Rio Claro/Turvinho, and in the eastern portion of the state, the Alto Paranapanema region, the species is present in fragments of the municipalities of Guareí,

Buri, Itapeva, Paranapanema, Taquarivaí and Angatuba (Culot *et al.*, 2015; Lima *et al.*, 2003). A recent record of black lion tamarin groups in the Paranaciacaba Mountain chain, in the municipalities of Pilar do Sul and São Miguel Arcanjo, this report could significantly influence the future and conservation status of the species (Röhe *et al.*, 2003; Lima *et al.*, 2003; Rodrigues *et al.*, 2013).

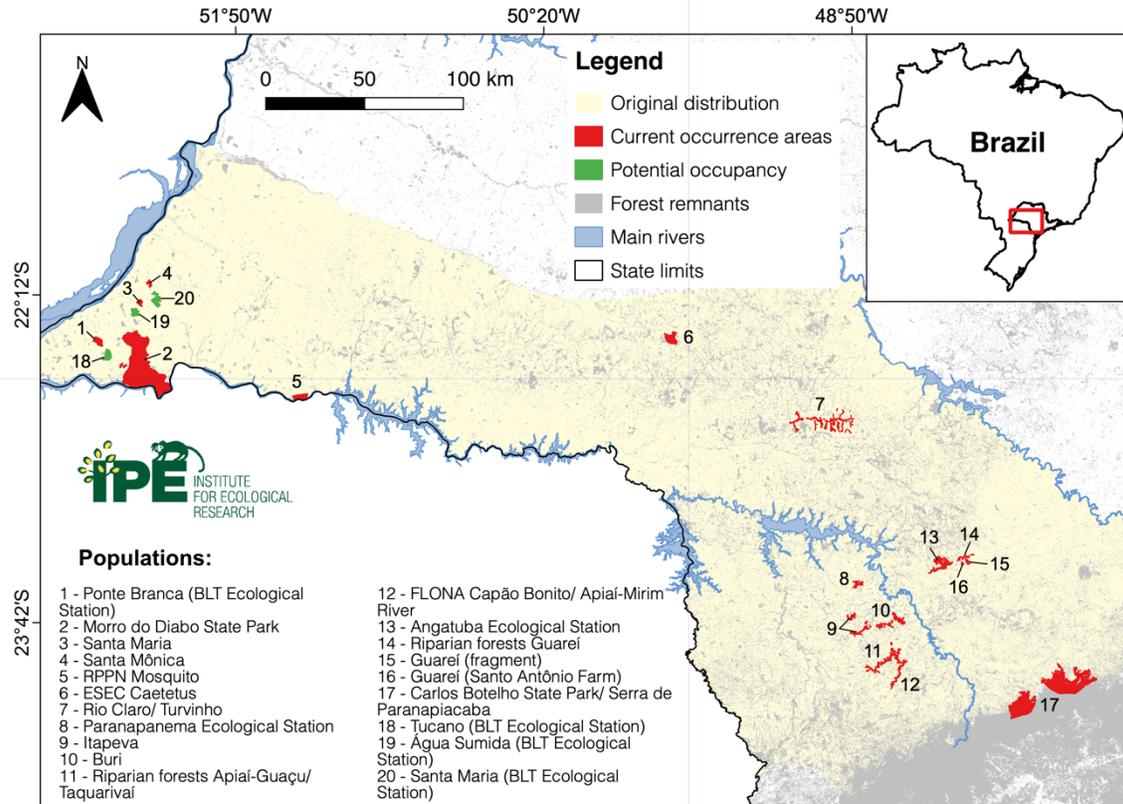


Figure 1. Black lion tamarin distribution map. The 17 known populations for the species (red) and the possible occupancy areas (green). Source: IPÊ.

2.2 Object of study

Black lion tamarins (*Leontopithecus chrysopygus*) are primates that belong to the family Callitrichidae, the smallest primates in the Neotropics. They weigh between 500 and 700 grams (adults), are diurnal, and live in family groups of two to eight individuals (Coimbra-Filho, 1977). They have frugivorous-insectivorous diets, but other food items like nectar, exudates (gum and sap), and small vertebrates are also part of their diet (Valladares-Padua, 1993; Passos, 1999). Black lion tamarins consume at least 53 species of fruits belonging to 24 different families; consumed fruits are typically small, soft, sweet, and with a lot of pulp, and are collected more from trees than from vines or lianas, most of which belonging to the Myrtaceae family (Valladares-Padua, 1993). One of the most frequently eaten fruits, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae), has been identified as the most important

resource in many areas where Black lion tamarins occur (Valladares-Pádua, 1993; Mamede-Costa & Gobbi, 1998). The consumption of tree exudates comprised 0 to 55% of the observations, mainly during the dry season (Passos, 1999). Foraging occurs in natural hollows of trees, bark, palm fronds and sheaths of fronds, flowers, and other similar places (Valladares-Padua, 1993; Passos, 1999). Tree hollows are the predominant places for night shelter, and all of these sites belong to or are close to areas of intensive use by the groups (Valladares-Padua, 1993). The black lion tamarin occupancy areas summed up to ~480 km² (Valladares-Padua, 1993; Kleiman & Rylands, 2002), and the number of individuals in the wild was estimated at 1,500 in the past (Paranhos, 2006; Holst *et al.*, 2006).

2.3 Vortex simulation software

Current wild populations of black lion tamarins were modeled with Vortex software v10.4 (Lacy & Pollak, 2020), a Monte Carlo individual-based simulation of the effects of factors that influence population dynamics: stochastic forces, such as demographic stochasticity, environmental variation, genetic processes and catastrophes, and deterministic factors, such as habitat fragmentation (Lacy, 1993; Lacy, 2000; Lacy, 2000b; Lacy *et al.*, 2019; Lacy, 2019). The program simulates demographic events (births, deaths and inter-population dispersal) over the simulation period and also simulates and tracks genetic processes (inbreeding and genetic drift). Vortex is a widely used software program for PVA and is especially well-suited for small vertebrate populations (Lacy, 2000; Lacy, 2000b).

2.4 Data source

This Vortex model was initially developed using model inputs from the black lion tamarin model developed by K. Traylor-Holzer at the 2005 PHVA workshop (Holst *et al.*, 2006). These inputs were reviewed and revised, as appropriate, based on additional data and expertise as well as on new software capabilities. The information used in the baseline model was made available from the following sources:

1. Black Lion Tamarin Conservation Program (PCMLP/IPÊ).

2. Research developed by the Laboratory of Primatology of the Sao Paulo State University (LaP/UNESP-Rio Claro).

3. Data from the Black Lion Tamarin Genome Project, developed by the Molecular Biodiversity and Conservation Laboratory (LabBMC) of the Federal University of São Carlos (UFSCar).

4. São Paulo Zoo Foundation (FPZSP).

5. Black Lion Tamarin International Studbook.

6. National Center for Research and Conservation of Brazilian Primates (CPB/ICMBio).

7. Published literature, such as scientific articles, books, reports, theses, and research papers developed on the species.

8. Forestry Institute (IF) and Forestry Foundation (FF).

9. When no specific information was obtained for the species, we used available information from the golden lion tamarin (*L. rosalia*).

For the development and validation of the baseline model, we held 6 online meetings, from March to June 2020, with black lion tamarin experts from different fields of expertise. In these meetings, we discussed in detail the input parameters of the model, especially reproduction, survival, dispersal, and genetic data. Current population size and habitat carrying capacity also was discussed for all fragments to parameterize the baseline model. These meetings were facilitated by the IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group (CPSG).

Modelers

- Francy Forero Sanchez, Institute for Ecological Research (ESCAS/IPÊ)
- Kathy Traylor-Holzer, IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group (CPSG)
- Fabio Stucchi Vannucchi, Sao Paulo State University (UNESP) - São Vicente-SP / CPSG Brasil
- Mathias Dislich, Parque das Aves (PdA) / CPSG Brasil

Contributing black lion tamarin experts

- Gabriela Rezende, IPÊ
- Francy Forero Sanchez, ESCAS/IPÊ
- Laurence Culot, UNESP - Rio Claro
- Mara Cristina Marques, FPZSP
- Cauê Monticelli, FPZSP
- Paola Andrea Ayala Burbano, UFSCar
- Patrícia Freitas, UFSCar
- Ariovaldo Pereria Da Cruz Neto, UNESP - Rio Claro
- Claudio Padua, IPÊ
- Leandro Jerusalinsky, ICMBio / IUCN SSC Primate Specialist Group (PSG)

Meeting Facilitators

- Fabiana Lopes Rocha, IUCN SSC CPSG Brasil
- Eugenia Cordeiro, IUCN SSC CPSG Brasil

2.5 Baseline model inputs

The input parameters are discussed in the order of the parameter input screens in the Vortex software.

2.5.1 Scenario settings

2.5.1.1 Duration and number of iterations

Each scenario was simulated 1000 times, for a period of 100 years. This period represents approximately 14 generations for this species (Baker *et al.*, 2008 *apud* Kleiman & Rylands, 2008; Rezende *et al.*, 2020), which is enough time to observe instabilities in populations and long-term population trends (Lacy *et al.*, 2019).

2.5.1.2 Extinction definition

Biological extinction is defined when the population declines and no longer has individuals of both sexes (IUCN, 2019). In this model, extinction is defined as the absence of at least one sex (Lacy, 1993; Lacy, 2000; Lacy, 2000b; Lacy *et al.*, 2019).

2.5.2 Species description

2.5.2.1 Inbreeding depression

Inbreeding is reproduction between two related individuals. Negative impacts of inbreeding on the resulting (inbred) offspring is called inbreeding depression. Inbreeding depression is the most immediate and potentially damaging loss of adaptive genetic diversity and mutation accumulation (Frankham *et al.*, 2002; O’Grady *et al.*, 2006), especially in small and isolated populations.

The impact of inbreeding on black lion tamarin populations was modeled as 4.07 lethal equivalents (LE), based on data from wild golden lion tamarin populations and used in the 1997 and 2005 PVA models for lion tamarin species (Ballou *et al.*, 1998; Holst *et al.*, 2006). This is about 74% of the default value (LE=6.29) for the production and survival of juveniles to one year of age, estimated for wild vertebrate populations (O’Grady *et al.*, 2006). This inbreeding impact is modeled in two ways in Vortex: as recessive lethal alleles, and as reduced juvenile survival of inbred individuals (becoming more severe with increasing degree of inbreeding). The impact of the 4.07 LEs was divided into 50% for each of these two methods. This means that individuals with unrelated parents will be unaffected, while any individuals with related parents will have lower first-year survival.

Genetic studies on black lion tamarins developed by LabBMC/UFSCar suggest that inbreeding impacts may also affect older age classes (Patrícia Freitas, unpublished data). Therefore, additional inbreeding depression (4 LEs) was added to the model to reduce survival in the subadult age classes (due entirely to non-lethal effects); this value represents 67% of the impacts estimated by O’Grady *et al.* (2006) for these age classes and so is considered to be a reasonable, conservative estimate for lion tamarins.

2.5.3 State variables

State variables can be created to describe the characteristics of each population (population state variables, or PSVs), and each individual (individual state variables, or ISVs). These can be useful if other input values will be specified as functions of such state variables, or if a state variable tallies some metric of interest (Lacy *et al.*, 2019).

2.5.3.1 Population State Variables

We created 13 population state variables (PSV), most of which were used to track and implement changes in habitat carrying capacity due to climate change and to fire. Each PSV is calculated separately for each population once during each model year (Table 1). PS Update was moved up in the order of annual events in the model to fall between Environmental Variability (EV) and Breed (on Scenario Settings input screen).

Table 1. Population state variables used to implement changes and to describe the characteristics of each population in the baseline inputs of black lion tamarins.

PS	Description
PS1	Function for initial population size (N) at the beginning of each 100-year simulation. Uses a beta distribution to draw initial N from the estimated range of current population size.
PS2	Function for estimated carrying capacity (K) each year due to climate change; changes are linear.
PS3	Proportion of K that is lost when there is a fire; varies between populations (2, 5, or 8% loss).
PS4	Number of years for K to fully recover from fire; varies between populations (20, 30 or 50 years).
PS5	Marks a year with a fire (=1); otherwise 0 (no fire).
PS6	K for the population at the beginning of each year (taken from the end of the last year).
PS7	K directly after fire risk (goes down if there is a fire).
PS8	Amount of K lost in the last fire; stays constant until the next fire occurs to reset it to a new value.
PS9	K at the time of the last fire (K calculated immediately after a fire occurs, so includes the loss of K due to that fire); stays constant until the next fire occurs to reset it to a new value.
PS10	Amount of K recovered since last fire; increases each year until lost K is fully recovered.

PS	Description
PS11	K for that year after any fires and any recovery.
PS12	Current K, including impacts of climate change, fire, and recovery from fire; compares PS11 to the limited K due to climate change (PS2) and takes the smaller of the two values.
PS13	Mean inbreeding coefficient (F) of all individuals (from IS1); this variable is necessary to calculate mean F based on different starting initial kinships for small populations (the mean F reported in standard results is based on a gene drop of one neutral locus and assumes all starting kinships are zero).

2.5.3.2 Individual State Variables

Vortex lets users create variables that define the characteristics of the individual. These variables can be used to represent body condition or representing any feature of the organism that can be specified or coded by a numeric value (Lacy *et al.* 2019). We created one IS1 (INDF) to track the inbreeding coefficient (F) of each individual. We then used PS13 (to track the mean F for the entire population).

2.5.3.3 Default values for variables in functions

Default values were set for N (75), K (100), and inbreeding (I=0) for setting the stable age distribution when N is at 75% of K (with no inbreeding).

2.5.4 Dispersal among populations

Dispersal is used in the Vortex program to simulate the movement of individuals among populations, including the characteristics of dispersing individuals and the conditions and rates of dispersal (Lacy *et al.*, 2020). For the black lion tamarin model, inter-population dispersal was restricted to individuals between 2-4 years of age, with males (85%) dispersing in a greater proportion than females (15%), according to studies of the golden lion tamarin (Kleiman & Rylands, 2008) and the black lion tamarin (Perez-Sweeney, 2008). Sub-adults

disperse in search of habitat and available mates; in this model, only dispersal between populations is relevant and needed to be estimated.

To estimate long-distance dispersal rates, information on the use of the habitat matrix by the species (Pinto, 2017; Santos, 2016) and the current state of the landscape connectivity were considered, as these factors directly influence the dispersion of individuals between one population and another. The movement of an individual from its current population to each of the other populations was classified into one of four categories, defined as follows: none = no dispersal; low = 1 black lion tamarin every ~ 10 years; moderate = 1 black lion tamarin every ~ 2.5 years; high = ~ 2 black lion tamarins every year.

Dispersal was limited in the model to years when population size is greater than 90% of K ($N > 0.9 * K$) to simulate the need for individuals to search areas outside of the population. Mortality (10%) was applied to dispersing animals to simulate risk of death before reaching another population. Dispersers were not allowed to enter saturated populations ($N \geq K$). Individuals from adjacent areas were allowed to disperse into the three empty habitat patches included in the Pontal Metapopulation when connectivity is estimated to exist.

2.5.5 Reproductive system and rates

2.5.5.1 Reproductive system

Breeding system: long-term monogamy

Field data show that lion tamarins are not entirely monogamous but suggest polygenic reproduction, as in other groups of wild callitrichids (Baker *et al.*, 2008 *apud* Kleiman & Rylands, 2008). For this model, long-term monogamy represents the best description of the reproductive system of the species, since social groups can remain together for long seasons and generations, while the breeders remain stable in the groups (Holst *et al.*, 2006).

Average age of the first reproduction: 4 years old

Although tamarins can begin to breed before the age of four, it is at that age that reproduction rates begin to coincide with those of adults (males and females) in full reproduction.

Maximum age and reproductive lifespan

Maximum age was set at 16 years, with maximum age of reproduction set to 13 years for females and 16 years for males. Data for wild lion tamarins tracked in the studbook indicate that few animals survive beyond 16 years (Valladares-Padua, 1993; Baker *et al.*, 2002; Holst *et al.*, 2006). Captive studbook data suggest that females may become post-reproductive at age 13, while males remain reproducing throughout their lives.

Maximum number of litters per year and offspring per litter

The maximum number of litters produced by a breeding pair in the same year was set at 2, with a maximum of 2 offspring per litter. Reproduction was not considered to be density-dependent.

Sex ratio at birth

The average sex ratio for newborn offspring is 50% males (Valladares-Padua, 1993; Holst *et al.*, 2006; French *et al.*, 2003).

2.5.5.2 Reproductive rates

% adult females breeding

The 2005 PVA model used a 21-year dataset for golden lion tamarins to estimate that 73% of adult females breed each year. Environmental variation for this parameter was calculated as 9.4% (Holst *et al.*, 2006) and is used as a standard deviation for the distribution of mean breeding rate across all years.

Distribution of number of litters and litter size

The mean number of offspring per pair per year was estimated to be 1.99 as follows: the same ratio of mean offspring per year in the wild/mean captive litter size for golden lion tamarins ($\sim 2.14/1.9$) was applied to the captive black lion tamarin mean litter size (1.76), resulting in 1.99 for wild BLTs. This number is similar to other research carried out by the Golden Lion Tamarin Project (Baker *et al.*, 2002). The distribution of the number of litters per year (82.5% and 17.5% for 1 and 2 litters, respectively) and the distribution of offspring per year (1 offspring=31%; 2 offspring=69%) were developed to result in an average of 1.99 offspring.

2.5.6 Mate monopolization

Given the long-term monogamous mating system, all adult males are considered to be potential breeders and available to pair with adult females, so 100% of adult males were considered to be in the breeding pool (i.e., available as a mate to reproductive females in need of a mate)

2.5.7 Mortality rates

Mortality rates used were the same as those estimated for large populations in the 2005 PVA model, based on wild golden lion tamarin field data before the observed mesopredator events (Baker & Dietz, 1996; Baker & Dietz; Baker *et al.*, 2002; Baker & Dietz unpublished data). These 2005 PVA rates were sex-specific and density-dependent, increasing between N of 50-100% K (see Holst *et al.*, 2006 for details).

While it is generally thought by species specialists that mortality causes may differ between protected and non-protected areas, there is no current evidence that rates are different according to the areas' status of protection; thus, the same rates were used across all black lion tamarin populations.

As described earlier, inbreeding depression (4.07 LEs) was incorporated into first-year mortality in the model; that is, inbred juveniles have additional mortality imposed in relation to the degree of inbreeding. Additional 4 LEs (non-lethal) of inbreeding depression were applied to subadult mortality rates; this value represents 67% of the impacts estimated (O'Grady *et al.*, 2006) for these age classes and, so, is considered to be a reasonable, conservative estimate for lion tamarins.

2.5.8 Catastrophes

Catastrophes are defined as outlier events in environmental variation that can impact demographic rates such as reproduction and/or survival, environmental conditions such as carrying capacity, and/or other factors impacting species. Two types of catastrophes were added to the black lion tamarin model.

2.5.8.1 Meso-predator events in small populations

Meso-predator events have been observed in golden lion tamarin populations and can have a severe short-term impact (see lion tamarin PVA in Holst *et al.*, 2006). It was decided to add these events into this model for the six small populations currently estimated with fewer than 20 individuals; for large populations, predation is considered to be part of environmental variation. Since these events have not been observed in this species, the risk used in this model was only 20% of that calculated for golden lion tamarins in the 2005 PVA (i.e., reduced from 10% to 2% risk of occurrence per year). This is a frequency of about once per 50 years or about 14% chance per generation. The severity of such events was modeled as a 50% reduction in survival across all sex and age classes. This value is the default value suggested for generic severe catastrophes (Reed *et al.*, 2003).

2.5.8.2 Fire

For this model fires are assumed not to impact the survival or reproduction of black lion tamarins directly, but to reduce the carrying capacity of the habitat (which may lead to death if population size exceeds K). In the model, the Catastrophe option was used to track the occurrence of fires (local to each population). The impact of fire on K and the recovery of the habitat and K were tracked through the use of population state variables (see PS3-PS11 in Table 1).

To estimate the fire risk for each black lion tamarin population, a kernel map was made using the hotspots of historical INPE data (2015-2020) within the extent of occurrence of black lion tamarins (Figure 2). A qualitative weight was developed for fire outbreaks, based on the table of attributes of fire risk provided with the database. The meteorological principle for estimating fire risk was that the more days in a row without rain in a place, the greater the risk of fire. Additionally, local effects of vegetation type, maximum daily temperature, minimum relative humidity, topographic elevation, and latitude were considered, as well as the past presence of fire in the area.

Five classes of fire risk were defined, on a scale of 0 to 1: Minimum (blue), below 0.15; Low (green), from 0.15 to 0.4; Medium (yellow), from 0.4 to 0.7; High (orange), from 0.7 to 0.95; and Critical (red), above 0.95. Kernel analysis determined the risk value and the focus points, presented as the “hotspots”. Kernel gave a value for each pixel and based on

this value we calculated the fire risk for each population. These values were transformed to generate a value that represents the fire risk for 100 years for each population and added into the model as a catastrophe that results in a reduction in K , with a linear recovery of K over the length of time (Table 2).

No impacts of fire on survival or reproduction were included in the model. When the population is below K , it is assumed that black lion tamarins can escape to empty adjacent (unburned) habitat; if N is close to or at K , then reduced K in the model will cause a corresponding reduction in N due to truncation of N to K at the end of each model year.

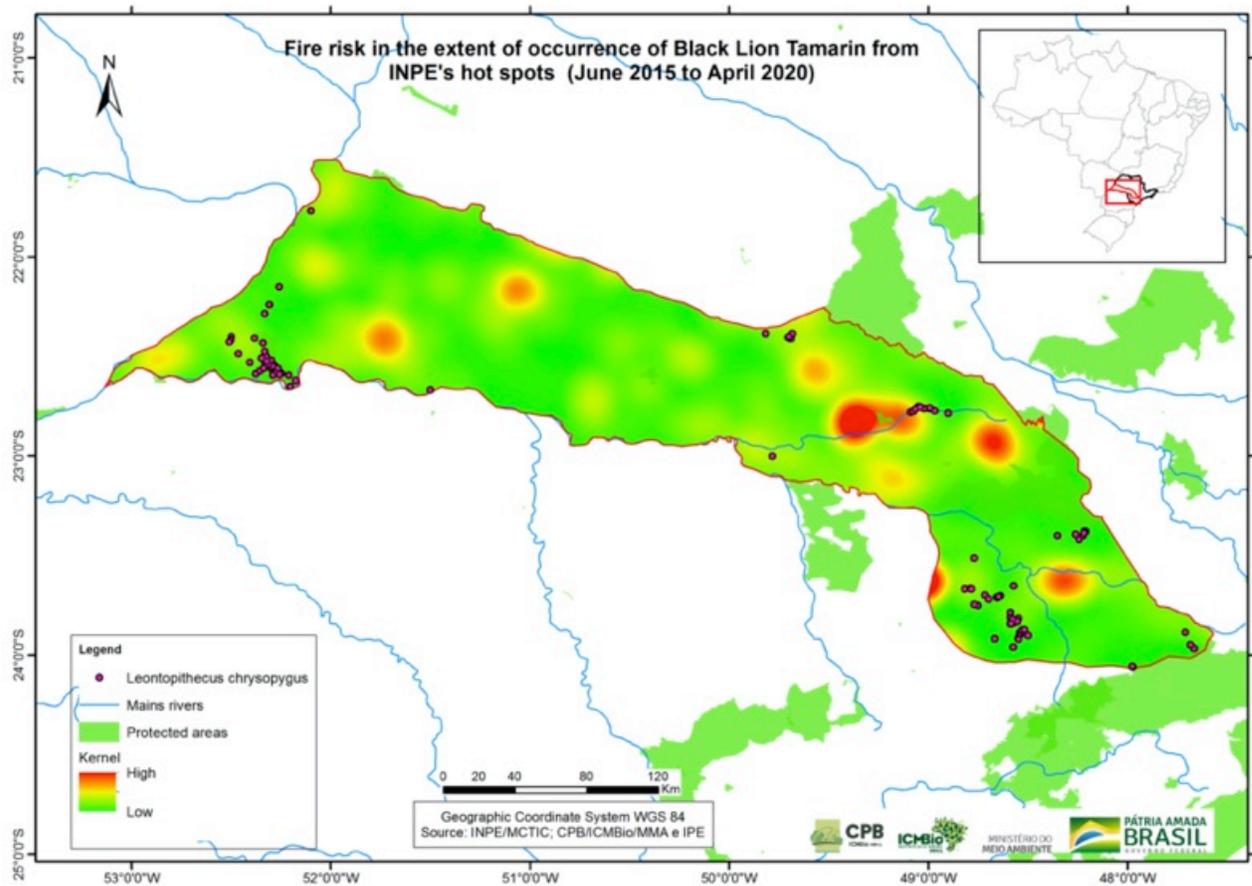


Figure 2. Fire Risk hotspots within the extent of occurrence of black lion tamarins. Data source: INPE/MCTIC; CPB/ICMBio/MMA; IPÊ. Elaborated by Luciana Pacca.

Table 2. Fire Risk and K changes for the fragments with black lion tamarin populations. Rio Claro/Turvinho (privately owned areas), Ponte Branca (BLT Ecological Station), and Tucano (BLT Ecological Station) are the areas that present the greatest potential for fire risk (in bold).

No	Fragment	Current K	Risk/year	New K after fire	# years for K to return to normal K
1	Ponte Branca (BLT Ecological Station)	139	6,4	132	30
2	Morro do Diabo State Park	1340	4	1313	20
3	Santa Maria	63	2	60	30
4	Santa Mônica	60	0,4	57	30
5	RPPN Mosquito	161	4	153	30
6	ESEC Caetetus	204	1,2	193	30
7	Rio Claro/ Turvinho	177	8	163	50
8	Paranapanema Ecological Station	77	2,4	73	30
9	Itapeva	176	2,4	162	50
10	Buri	270	4,4	248	50
11	Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí	339	5	312	50
12	FLONA Capão Bonito/ Apiaí-Mirim River	90	4	83	50
13	Angatuba Ecological Station	149	6	141	30
14	Riparian forests Guareí	15	4,8	14	50
15	Guareí (fragment)	17	4,8	16	30
16	Guareí (Santo Antônio Farm)	21	4,8	20	30
17	Carlos Botelho State Park/ Serra de Paranapiacaba	1314	0,6	1288	20
18	Tucano (BLT Ecological Station)*	208	6,4	198	30
19	Água Sumida (BLT Ecological Station)*	128	2,8	122	30
20	Santa Maria (BLT Ecological Station)*	203	1,6	193	30

*Fragments without the presence of black lion tamarins but included in the metapopulation model.

2.5.9 Initial population size

To identify isolated black lion tamarin populations and the current size of each population, the following criteria were taken into account:

2.5.9.1 Defining the number of populations (fragments) and fragment size

Seventeen isolated fragments harboring black lion tamarins were identified, as well as three additional adjacent habitat fragments with no records of the species' presence but in

the process of being connected to other populations through forest corridor restoration. These fragments, and the size of each fragment, were defined as follows.

1. If the fragment is a Brazilian protected area, the official size was used. Fragments: Paranapanema Ecological Station; Angatuba Ecological Station; ESEC Caetetus; Ponte Branca (BLT Ecological Station); RPPN Mosquito.

2. If fieldwork with black lion tamarins has been carried out within a fragment, the areas identified as suitable habitat for the species that are informed in these studies were used as a baseline and summed to adjacent (connected) areas given by the MapBiomas database of forest remnants (Souza *et al.*, 2020). Fragments: FLONA Capão Bonito/Apiáí-Mirim River; Rio Claro/Turvinho; Morro do Diabo State Park.

3. If there is no information on fragment size, the MapBiomas database of forest remnants (Souza *et al.*, 2020) was used to estimate the areas occupied by black lion tamarins. Fragments: Santa Mônica; Santa Maria; Riparian forests Apiáí-Guaçu/Taquarivaí; Buri; Itapeva; Riparian forests Guareí; Guareí (fragment); Guareí (Santo Antônio Farm).

4. For the population of the Carlos Botelho State Park/Serra de Paranapiacaba, where the species occupancy is unknown, a buffer zone was estimated between the two occurrence records (that are 32 km apart) within this continuous forest. Fragment: Serra de Paranapiacaba (Carlos Botelho State Park and João XXIII).

2.5.9.2 Initial population size estimates

1. If a population density study was carried out, the available information was used. Fragments: Morro do Diabo State Park (Paranhos, 2006), Guareí (fragment), Guareí (Santo Antônio Farm), Riparian forests Guareí (Pinto, 2017), Santa Mônica (Culot *et al.*, 2019), FLONA Capão Bonito/Apiáí-Mirim River (Caldano *et al.*, 2016), Angatuba Ecological Station (Culot *et al.*, 2019), RPPN Mosquito (Culot *et al.*, 2019), ESEC Caetetus (Passos, 1999), Rio Claro/Turvinho (Mamede-Costa, 1997).

2. If population density study was not carried out, but the fragment was in close proximity to one where this information is known, and has similar characteristics (size,

successional state, vegetation type, and potential connectivity), the density value was extrapolated with high or low confidence, according to the available knowledge from fieldwork activities in those areas. Fragments: Ponte Branca (BLT Ecological Station) and Santa Maria (Morro do Diabo State Park values), Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí, Buri and Itapeva (FLONA Capão Bonito/Apiaí-Mirim River).

3. If there are no studies and the fragment characteristics are unknown, the lowest population density recorded for the species was used to estimate population size (Ruiz-Miranda, 2019), in this case, 0.01 in/ha (Passos, 1990). Fragments: Carlos Botelho State Park/Serra de Paranapiacaba.

2.5.9.3 Initial population model inputs

Because of the uncertainty in the current population size for each population, it was decided to start each simulation with an initial population size drawn from a beta distribution defined by the minimum, maximum, and the best estimate of the current N for each of the 17 populations (PS1). This incorporates our uncertainty in the current number of black lion tamarins in each population. Draws from this beta distribution (10,000 iterations) result in a right-skewed distribution of the current number of black lion tamarins in the wild, ranging from approximately 2,000 to 3,100, with a mean of 2,453 (SD = ±186). It is important to mention that this value may be overestimated, due to the extrapolation of the population density for Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba. The results can be found in Table 3.

Table 3. Initial Population Size (N) of the seventeen populations of black lion tamarin.

No	Population	Hectares	Estimate of current N	Min N	Max N
1	Ponte Branca (BLT Ecological Station)	1306	46	37	55
2	Morro do Diabo State Park	32641	1142	914	1370
3	Santa Maria	515	18	14	22
4	Santa Mônica	484	3	2	17
5	RPPN Mosquito	1534	14	11	17
6	ESEC Caetetus	2254	23	18	74
7	Rio Claro/ Turvinho	1799	83	66	100

No	Population	Hectares	Estimate of current N	Min N	Max N
8	Paranapanema Ecological Station	635	6	5	21
9	Itapeva	1947	64	51	175
10	Buri	2986	99	79	269
11	Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí	2831	277	93	332
12	FLONA Capão Bonito/ Apiaí-Mirim River	754	74	25	89
13	Angatuba Ecological Station	1394	46	37	137
14	Riparian forests Guareí	83	12	10	14
15	Guareí (fragment)	105	15	12	18
16	Guareí (Santo Antônio Farm)	96	13	10	16
17	Carlos Botelho State Park/ Serra de Paranapiacaba	32000	320	256	1056
	TOTAL	83364	2255		

2.5.9.4 Initial population structure

Distribution of initial individuals into age and sex classes followed an estimated stable age distribution by Vortex based on a population with $N/K = 0.75$. All initial individuals were assumed to be unrelated (kinships = 0) except for small populations.

2.5.10 Carrying capacity (K)

2.5.10.1 Current carrying capacity

Values for K for the habitat available to each population were estimated based on an energetic model developed with specific parameters for the species, considering the abundance of a key resource in the black lion tamarin's diet, i.e., fruits of the palm *Jerivá*, *Syagrus romanzoffiana* (Valladares-Padua, 1993; Passos, 1999; Mamede-Costa & Gobbi, 1998; Rezende *et al.*, in prep). We had information on the abundance of *S. romanzoffiana* in some areas with black lion tamarin populations (Rezende *et al.*, in prep.) and estimated the abundance for all other areas through a simple regression between fragment size and abundance. Finally, based on these values, we estimated the carrying capacity for each population using an energetic model.

There are several methods to determine K. In this case, we used the model of nutritional contribution and energy methods (McCall *et al.*, 1997), where the nutritional components required by the animal (dry matter, digestible energy, metabolizable energy and crude protein) are related with the kg of vegetable matter and / or the nutritional components available for animal consumption. This type of model shows a good approximation with population density and bearing capacity (McCall *et al.*, 1997).

Considering that the Morro do Diabo population is large and self-sustaining, we assumed that the population in that area approaches carrying capacity. Based on the energetic model developed, the estimated K for this population was very close to the estimated population for this area, which gave us confidence in using this model for estimating K for the other areas.

2.5.10.2 Estimated changes in K due to climate change

To incorporate the effects of climate change into K (i.e., the ability of each fragment to support black lion tamarins), we examined the estimates of changes in habitat suitability (Meyer *et al.*, 2014) for the protected areas inhabited by black lion tamarins in each region, which included projections for the years 2050 and 2080. We extrapolated these trends in habitat suitability values to the other populations in each respective region (Alto Paranapanema, Medio Paranapanema, and Pontal do Paranapanema); however, the resulting degree of change was thought overestimated by species specialists to be overestimated, with some areas losing all capacity for black lion tamarins.

Colombo & Joly (2010) projected a 20% reduction of the possible occurrence of 38 plant species of the Atlantic Forest (including many genera that are key resources for black lion tamarins). We used this as a proxy of reduction in the carrying capacity of habitat for this primate. Therefore, we considered 20% as the maximum reduction in K that would occur by 2080 (next 60 years). We rescaled the projected losses proposed by Meyer *et al.* (2014) to 20% of their proposed rates, following the same trend from present to 2050 to 2080. All changes were modeled as linear using PS2. For the second set of scenarios, we extended the same rate of loss from 2050 to 2080 to the end of the 100-year simulation (Table 4).

Table 4. Carrying capacity (K) and climate change impacts on K after 30 and 60 years for each black lion tamarin population included in the Vortex model.

Population	K present	K+30 years	K+60 years
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	139	133	112
Morro do Diabo State Park	1340	1340	1088
Santa Maria	63	60	51
Santa Mônica	60	57	48
RPPN Mosquito	161	129	129
ESEC Caetetus	204	163	163
Rio Claro/ Turvinho	177	142	142
Parapanema Ecological Station	77	74	70
Itapeva	176	170	160
Buri	270	260	246
Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí	339	327	308
FLONA Capão Bonito/ Apiaí-Mirim River	90	87	82
Angatuba Ecological Station	149	143	135
Riparian forests Guareí	15	14	14
Guareí (fragment)	17	16	15
Guareí (Santo Antônio Farm)	21	20	19
Carlos Botelho State Park/ Serra de Paranapiacaba	1314	1346	1275
Tucano (BLT Ecological Station)*	208	198	167
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	128	122	102
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	203	193	162

* Areas where black lion tamarins are not currently present.

2.5.10.3 Modeling fire and climate change impacts on K

Using population state variables (PS), Vortex first calculated the estimated K for each year due to climate change. The model then applied any loss of K due to fire in that year and any habitat recovery following fires in previous fires. Finally, Vortex compared the two K values, i.e., the K based on climate change and the K based on fires and recovery; and chose the lowest of the two. Therefore, habitat (K) can never recover to a level higher than the K based on climate change.

2.5.11 State variables

State variables can be created in Vortex to describe the characteristics of each population (population state variables, or PSVs), and each individual (individual state variables, or ISVs). These can be useful if other input values will be specified as functions of such state variables, or if a state variable tallies some metric of interest (Lacy *et al.*, 2019).

2.5.11.1 Population State Variables

We created 13 population state variables (PSVs), most of which were used to track and implement changes in habitat carrying capacity due to climate change and to fire (Table 1). Each PSV is calculated separately for each population once during each model year. PS Update was moved up in the order of annual events in the model to fall between Environmental Variability (EV) and Breed (on Scenario Settings input screen).

2.5.11.2 Individual State Variables

Vortex lets users create variables that define the characteristics of the individual. These variables can be used to represent body condition or any feature of the organism that can be specified or coded by a numeric value (Lacy *et al.* 2019). We created one ISV (IS1) to track the inbreeding coefficient (F) of each individual. We then used PS13 to calculate and track the mean F for the entire population.

2.5.11.3 Default values for variables in functions

Vortex uses demographic inputs to calculate a starting stable age distribution and to make deterministic calculations of population growth rate and generation time. In this model mortality rates are both density dependent and are influenced by inbreeding. In order to support deterministic calculations, default values were set for N (75), K (100), and inbreeding (I=0) for setting the stable age distribution when N is at 75% of K (with no inbreeding).

2.5.12 Genetics

Small black lion tamarin populations (Santa Maria, Santa Monica, Paranapanema Ecological Station, Riparian forests Guareí, Guareí (fragment), Guareí (Santo Antônio Farm), Ponte Branca (BLT Ecological Station), RPPN Mosquito, ESEC Caetetus, Angatuba Ecological Station), those currently < 50 individuals), are believed to have been isolated for at least 10-20 years, with the current individuals more likely to be related to each other than in the larger populations. To account for this, the initial kinships in these small populations were set to 0.01 based on modeling of inbreeding accumulation in similarly sized populations (~ mean F after 10-15 years). The Vortex option was applied to calculate gene diversity (GD) results based on kinships instead of allele frequencies (default). Similarly, IS1 and PS3 were used to produce Vortex output for the population mean F to be calculated based on kinships (PS3), as well as the default F output based on homozygosity at a neutral locus via gene drop.

Table 5. Summary of the Vortex parameter inputs and values used for the baseline model of the black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*). Legend: EV = Environmental Variation; SD = Standard Deviation.

Parameter	Value
<i>Species description</i>	
<i>Inbreeding Depression</i>	
Lethal Equivalents (applied to first-year survival)	4.07
% due to Recessive lethal	50
Additional Lethal Equivalents applied to subadult survival (100% non-lethal)	4 (applied using a function in mortality rates)
<i>Reproductive System</i>	
Reproductive System	Long-term Monogamy
Age of 1st reproduction (females)	4
Age of 1st reproduction (males)	4
Maximum age of reproduction (females)	13
Maximum age of reproduction (males)	16
Maximum lifespan	16

Parameter	Value
Maximum # Litters/Year	2
Maximum # Offspring /Year	2
Sex Ratio at birth (% males)	50
Distribution of litters per year	1litter: 82.5 2 litters: 17,5
Density-dependent reproduction	No
Reproductive Rates	
Percentage of adult female breeding per year	73
EV in % breeding	9.4
Mortality Rates - Females (density dependent)	
Mortality from age 0 to 1	32.8
SD in 0 to 1 mortality due to EV	8.7
Mortality from age 1 to 2	12-19.3 (increasing linearly from 50% to 100% K), with 4 LEs, using the following function: =100-[(100-[12+((N>(K/2))*(7,6/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))]*EXP(-I*2))]
SD in 1 to 2 mortality due to EV	13.3
Annual mortality after age 2	=100-[(100-[12,8+((N>(K/2))*(11,7/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))]*EXP(-I*2))]
SD in mortality after age 2	7.6
Annual mortality after age 3 to 4	=100-[(100-[15,3+((N>(K/2))*(5,7/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))]*EXP(-I*2))]
SD in mortality after age 3 to 4	0
Annual mortality after age 4	=8,3+((N>(K/2))*(4,3/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))
SD in mortality after age 4	6.7
Mortality Rates - Males	
Mortality from age 0 to 1	29.8
SD in 0 to 1 mortality due to EV	7
Mortality from age 1 to 2	=100-[(100-[12,6+((N>(K/2))*(3,6/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))]*EXP(-I*2))]
SD in 1 to 2 mortality due to EV	9.9
Annual mortality after age 2	=100-[(100-[15,1+((N>(K/2))*(4,4/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))]*EXP(-I*2))]

Parameter	Value
SD in mortality after age 2	0
Annual mortality after age 3 to 4	$=100-[(100-[15,1+((N>(K/2))*(4,4/((K/2)+1)))*(N-((K/2)+1)))]*[\text{EXP}(-I*2)]]$
SD in mortality after age 3 to 4	7.5
Annual mortality after age 4	$=8,9+((N>(K/2))*(3,6/((K/2)+1))*(N-((K/2)+1)))$
SD in mortality after age 4	8.2
<i>Catastrophes</i>	
Meso-Predator and small populations	Six small populations only (Santa Maria, Santa Monica, Paranapanema Ecological Station, Riparian forests Guareí, Guareí (fragment)
Frequency and extent of occurrence	
Local	Yes
Frequency %	2
Severity	
Reproduction	1
Survival	0.5
Fire	
Frequency and extent of occurrence	
Local	Yes
Frequency %	0.4 to 6.4 (see Table 2)
Severity (loss of K only)	See Table 2
<i>Mate monopolization</i>	
% Males in breeding pool	100

2.6 Sensitivity analysis

Sensitivity analysis is a methodology that systematically tests changes in the estimated values for model parameters for impacts on the population. If population measures (e.g., growth rate, extinction risk) has low sensitivity to changes in a particular parameter, it means that the model results are not highly dependent on the value of the respective parameter across the range tested. This can be valuable to assess the importance of any uncertainty in model inputs on the model results. It also is valuable to compare the relative sensitivity of the model across parameters to identify those parameters that strongly determine population dynamics, to be estimated with greater precision through additional

research. Generally, the parameters are tested for which the data uncertainty is greater. An additional value to sensitivity testing is to identify parameters that influence population viability and therefore may be important concerns for management action.

A sensitivity analysis was conducted to evaluate the effects of biological and reproductive parameters on the stochastic growth rate of the black lion tamarin populations. For each scenario, a single population of 500 individuals ($K=500$) was simulated 1000 times for 100 years, with only one parameter varied at a time, using the highest and lowest estimated values (Table 6) This population size should be larger enough to be relatively free from stochastic processes that might obscure the results of varying the input values.

Table 6. Sensitivity Analysis to evaluate the effect of biological parameters on the stochastic growth rate of the black lion tamarins population. When making a change (low or high), the value of the stochastic growth rate can vary significantly, which indicates that the parameter is sensitive for the model, such as the mortality of subadults and the percentage of reproductive females (in bold).

	First Reproduction Age	Maximum Female Reproductive Age	Maximum Age	% Fem Breed	Mean Young	First Year Mortality	SubAdult Mortality	Adult Mortality	Inbreed Yes/Not	Catastrophe Yes/Not
Low	0,0491	0,0282	0,0253	0,0334	0,0331	0,0334	0,0338	0,0290	0,0274	
Baseline	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246	0,0246
High			0,0243	0,0164	0,0159	0,0162	0,0167	0,0203		0,0194

2.7 Modeling of scenarios

2.7.1 Minimum Viable Population

A minimum viable population (MVP) can be defined as the minimum size that a population must maintain to ensure its probability of survival over a certain time period (Shaffer, 1981; Gilpin, 1996; Lacy, 2000a; Akçakaya, 2000; Brito, 2009). The value assigned to MVP for a species is dependent upon the definition used for viability, e.g., maximum extinction risk over a defined time period. MVP is often defined for populations that are assumed to be isolated (closed populations with no migrants) and free from threats. Alternative conditions, such as the impacts of invasive species or disease, can require a larger population size to meet the same viability criteria.

To estimate MVP for a species, stochastic population simulation models are used to incorporate demographic, environmental, and genetic events (Shaffer, 1981; Brito, 2009). Because MVP varies with the definition of viability and with environmental conditions, MVP is not a unique value or a "magic number" that accurately describes the population viability of a species (Lacy, 2000a; Brito, 2009).

We define a *viable population* as a black lion tamarin population that can maintain at least 98% gene diversity compared to a theoretical, large population, and has no more than a 2% probability of extinction (PE) in 100 years (Holst *et al.*, 2006), in the absence of habitat loss, catastrophic events or other such threats. MVP was explored using the PVA base model demographic inputs that produce positive intrinsic growth (deterministic $r=0.0461$ at carrying capacity) and with no catastrophes or changes in K . In each MVP scenario with Vortex 10, a single isolated population was modeled for 100 years (1000 iterations each). Six scenarios were tested, from $N=500$ to $N=1000$. For each scenario, K was set to $K=\text{initial } N * 1.1$ in order to maintain the average N at the initial N in the presence of truncation to K . Preliminary testing showed that inbreeding accumulation and impacts were very low at the modeled population sizes; therefore, inbreeding impacts were removed from the model to greatly speed up running time.

2.7.2 Current populations and metapopulations viability

We used the black lion tamarin baseline model to simulate the current status of the 17 populations (individually simulated) and their viability within 100 years, or approximately 14 generations. All the parameters and their operation in Vortex were explained in the previous section (scenario settings). We added specific information for the populations and threats:

- Initial size of each population (N) and its respective carrying capacity (K).
- Catastrophes: mesopredator for small populations and fire risk.
- Changes in the carrying capacity (K) due to fires, when they occur.
- Changes in carrying capacity (K) due to the effects of climate change.

This baseline scenario incorporating each of the existing populations of black lion tamarins was used to estimate the extinction risk, stochastic growth rate, population size and gene diversity of each population over time. This information will be useful to identify the populations that need management actions in the short, medium, or long term.

However, considering that most of the populations have small population sizes and are in a fragmented landscape, we also propose a scenario to model the populations grouped in metapopulation scenarios (Holst *et al.*, 2006).

A metapopulation can be defined as a local population that presents a discontinuous distribution due to habitat fragmentation, meaning that animals present reduced dispersal rates among fragments (McCullough, 1996). Metapopulations are composed of subpopulations. In this text, we use the term populations to define each component of the Black lion tamarin metapopulations. In the light of this definition of metapopulation and the geographical distribution of the species, three metapopulations were defined: Pontal do Paranapanema, Alto Paranapanema, and Medio Paranapanema (Table 7). Model scenarios were developed to estimate the viability of each metapopulation and determine which populations require management actions.

The RPPN Mosquito population geographically would belong to the Pontal metapopulation; however, we consider this population as part of the Medio Paranapanema metapopulation due to its genetic characteristics. The RPPN Mosquito population is a

translocated population, whose individuals came from the Rio Claro/Turvinho and Buri populations. For management actions, this population should be considered as part of the Medio/Alto Paranapanema.

Table 7. Black lion tamarin Metapopulations and the respective (sub)populations.

Metapopulation	Population
Pontal do Paranapanema	Ponte Branca (BLT Ecological Station)
	Morro do Diabo State Park
	Santa Maria
	Santa Mônica
	Tucano (BLT Ecological Station)*
	Água Sumida (BLT Ecological Station)*
	Santa Maria (BLT Ecological Station)*
Medio Paranapanema	RPPN Mosquito
	ESEC Caetetus
	Rio Claro/Turvinho
Alto Paranapanema	Paranapanema Ecological Station
	Itapeva
	Buri
	Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí
	FLONA Capão Bonito/ Apiaí-Mirim River
	Angatuba Ecological Station
	Riparian forests Guareí
	Guareí (fragment)
	Guareí (Santo Antônio Farm)
	Carlos Botelho State Park/ Serra de Paranapiacaba

* Areas where black lion tamarins are not currently present.

2.7.3 Pontal Metapopulation: Corridors and supplementations to save small populations

The management of small and fragmented populations is one of the main challenges of conservation biology. Management actions, such as translocations among isolated fragments and the establishment of forest corridors, can reestablish the genetic flow and reduce the extinction risk of these populations (Valladares-Pádua, 2002; Frankham *et al.*,

2004; Rezende, 2014). The metapopulation of Pontal de Paranapanema is inserted in a context of habitat management, where ecological corridors are being reforested to connect small and isolated forest fragments to the largest population of black lion tamarins, found in Morro do Diabo State Park (Rezende, 2014; IPÊ, 2019).

Except for Morro do Diabo State Park, all the populations that make up the Pontal de Paranapanema metapopulation are small, isolated, and not viable in the long term, with the probability of suffering from accelerated loss of genetic diversity, inbreeding depression and lower capacity to respond to climate change (Frankham *et al.*, 2004; Perez-Sweeney, 2008; also see Results). In the meantime, niche-based models project a 94% reduction of suitable habitat for the species in the Morro do Diabo State Park in the next 60 years (Meyer *et al.*, 2014). Their ability to respond to these changes, highly influenced by genetic factors, will determine their survival in the long term.

Genetic studies on the small populations of the Pontal do Paranapanema demonstrated the importance of their conservation and long-term maintenance to preserve genetic variation, crucial for the metapopulation to adapt to environmental changes or pressures and, therefore, to survive (Perez-Sweeney, 2008). For this reason, the management of these small and isolated populations is imperative.

Our models show that Pontal's metapopulation is viable mainly due to the presence of the Morro do Diabo State Park population (see Results). Thus, considering that imminent threats to the largest population of black lion tamarins could directly impact the viability of the species, and given the role of the small populations in retaining genetic diversity within this metapopulation, we developed a scenario t to assess the viability of the Pontal metapopulation without the Morro do Diabo.

Scenario 1: Metapopulation of Pontal Paranapanema without the Morro do Diabo State Park population.

In this scenario we simulated the Pontal metapopulation without the population of Morro do Diabo State Park, but including simulated habitat management through increased connectivity between the fragments, a function performed by the reforested corridor that connects the southern part of the Tucano fragment (ESEC Mico-Leão-Preto/ICMBio) and the Morro do Diabo State Park (PEMD).

These forest corridors are established through partnerships with landowners and settlers from the agrarian reform and, today, an area of more than 1,000 hectares has been restored, with nearly 2.8 million trees planted (IPÊ, 2019; Rezende, 2014). It is of interest to model (using Vortex) the metapopulation viability including the current and projected areas of the restored corridors in Pontal do Paranapanema that will connect the largest forest remnants in the region, thus, determining the importance of connectivity in the population viability of the species.

By removing the Morro do Diabo State Park population from the model, the natural movement of animals to and from Morro do Diabo is lost. To simulate this natural connectivity, annual harvest was added to the Ponte Branca population, 0.005 females per year from 2 years of age, and 0.029 males per year from 2 years of age.

We used this scenario as a base model for creating the following scenarios. A population was defined as viable when it is able to maintain at least 90% of its gene diversity and has a no more than 10% probability of extinction in 100 years (Ballou, 1998). We simulate each scenario 500 times.

Scenario 2: Supplementation of three populations for 100 years

Population management (translocation of individuals) was modeled through supplementation of populations (Table 8). In this scenario, population (Santa Maria, Santa Monica, and Ponte Branca populations) was supplemented with 3 pairs of adult tamarins, once every 11 years for 100 years. To determine this period of time and number of supplements, each population was simulated individually until it was viable in 100 years. Then we modeled the three populations together.

Table 8. The three populations of Pontal do Paranapanema (except for Morro do Diabo) supplemented in the long term, starting in different years and with the same supplementation interval, in a period of 100 years.

Population	First year of supplementation	Last year of supplementation	Interval between supplementations	Total of Supplementations
Ponte Branca	1	100	9	9
Santa Maria	3	100	9	10
Santa Mônica	5	100	9	10

Scenario 3: Supplementation of the six populations for 100 years

In this scenario, the six populations were supplemented (Table 9), including the three fragments that currently do not register the presence of the species. We constantly supplemented each of these three fragments with three pairs of monkeys (adults) for fifteen years, intending to evaluate whether constant short-term supplementation works to increase long-term viability. In the fifteenth year, we stopped supplementing, the model results showed that migrants start showing up about this time, since these three populations were receiving new tamarins through natural dispersions, possible due to the functional connectivity established by the restored corridor.

Table 9. Six Pontal do Paranapanema populations supplemented in the long term, starting in different years and with the same supplementation interval, in a period of 100 years.

Population	First year of supplementation	Last year of supplementation	Interval between supplementations	Total of supplementations
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	1	100	11	9
Santa Maria	3	100	9	10
Santa Mônica	5	100	9	10
Tucano (BLT Ecological Station)*	1	15	1	15
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	1	15	1	15
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	1	15	1	15

For each scenario, the following base criteria were established:

- Three black lion tamarin populations: Santa Maria, Santa Mônica and Ponte Branca (BLT Ecological Station), plus 3 empty habitat patches (Tucano, Agua Sumida, and Santa Maria ESEC), representing one metapopulation without Morro do Diabo State Park.
- The only population with connectivity with Morro do Diabo State Park population is Ponte Branca (BLT Ecological Station) population. For maintaining the connectivity between these two populations, we added Harvest and Supplementation to maintain the natural dispersion rates, using the information from the baseline model (current scenario).
- Initial N entered as a range, entered in PS1 (baseline model)
- K was based on the energetic model (baseline model)
- Changes in K due to Climate Change entered in PS2
- No catastrophes were considered

- Viability was defined as $\geq 90\%$ GD and $\leq 10\%$ PE in 100 years.

3 Results

3.1 Baseline model

3.1.1.1 Deterministic rates

Deterministic projections assume no stochastic fluctuations due to demographic stochasticity or environmental variation, no inbreeding depression, no limitation of mates, no harvest, and no supplementation. Catastrophic fires were removed from these calculations as well; however, the risk of mesopredator events for small populations was included, leading to a slightly lower deterministic rate for these populations. Since mortality is density dependent in this model, deterministic growth is highest at $N \leq 50\%$ of K , and decreases as N approaches K .

The demographic rates in the baseline model result in a deterministic growth rate (r_{det}) of 0,1074 (0,0974 for small populations) at 50% K , declining to 0,0461 (0,0361 for small populations) at K . This is referred to as the intrinsic growth rate of the population and represents an annual potential growth rate of approximately 10-11% at low density and about 4-5% at high density, in the absence of stochastic processes. Generation time based on deterministic rates is estimated at 7,57-7,73 years depending upon population size and density.

Overall, these population characteristics are reasonable for the black lion tamarin, matching similar estimates of potential growth rates and generation time (Baker *et al.*, 2008 *apud* Kleiman & Rylands, 2008; Rezende *et al.* 2020), and lend validity to the baseline model as a reasonable representation for the species in the absence of threats, growth would be very different than the intrinsic rate if, black lion tamarins were poached or experienced disease outbreaks.

3.2 Sensitivity analysis

The purpose of sensitivity testing is to investigate the relative impact of input parameters on the model results. This is done by using a base model of a healthy, growing population (not under threat) and varying the value of one input parameter at a time to see the effect on the population. A relatively large population ($N=500$) is modeled to avoid stochastic effects. Sensitivity testing is useful to explore uncertainties in the baseline model inputs. It also can indicate priority research data gaps as well as inform management action priorities, and therefore is useful even when data are of good quality.

Stochastic growth (r_{stoch}) was selected as the most informative measure of the sensitivity testing results. Of the ten parameters tested, all of them resulted in positive growth over the range of values tested, suggesting that none are highly critical to model results. Age of first reproduction for females in the model (age 3-4) was the most sensitive but is also based on good field data. Other relatively sensitive parameters are the percent of adult females breeding each year, the mean number of offspring produced, and the mortality rates for juveniles and subadults (Figure 3). These parameters were varied by $\pm 10\%$ of the base value (calculated on survival, not mortality) and therefore are on the same scale. Good data exist for reproduction, while mortality rates are more uncertain. Taken together, this highlights the importance of the production of surviving offspring for black lion tamarins and suggests important data gaps. Adult mortality is of some, but less, influence. Lifespan and reproductive lifespan have little effect over the ranges tested and do not represent important data gaps. Catastrophic events as modeled have relatively little effect in large populations not under threat given the high positive growth rate. Finally, inbreeding has little impact in an initial genetically diverse population of this size and over 100 years.

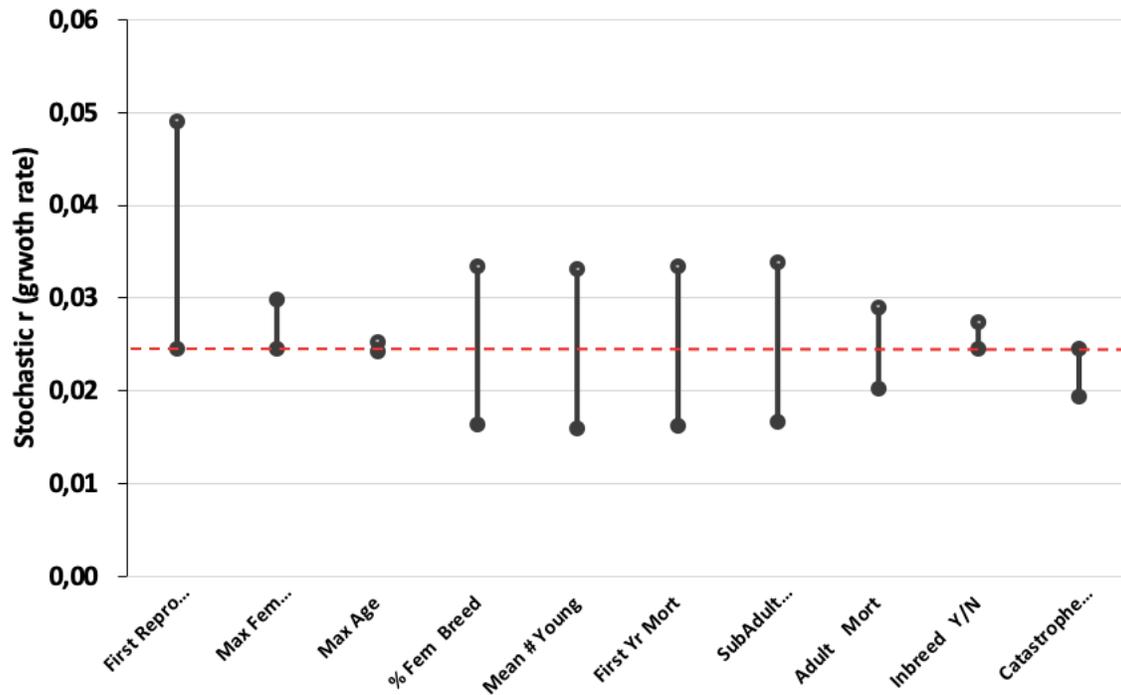


Figure 3. Sensitivity analysis results for Vortex parameters of black lion tamarin's PVA. Changes in the parameters indicate their sensitivity to the model, altering the stochastic growth rate of the base model (red line).

3.3 Modeling scenarios

3.3.1 Population Viability and Minimum Viable Population

The results of the MVP scenarios indicate that, for a population to meet both of our criteria for viability, it must have at least 800 individuals (Table 10). All populations of 500 or more have positive growth rates and no extinction risk over 100 years under the conditions modeled. However, only populations of 800 or more retain at least 98% gene diversity for 100 years. These results are based on a starting population that is genetically diverse (i.e., not inbred), has sufficient good quality habitat, and is not under threat. The minimum viable population size will be different under other conditions (e.g., disease outbreaks) and with different definitions of viability.

Table 10. Minimum Viable Population (PMV) scenario results for different Initial Population Sizes. Stochastic growth rate (stoch-r), Probability of Extinction (PE), mean ending population size of iterations that do not go extinct (N-extant) and Gene Diversity (GD) results are displayed, only populations of 800 or more retain at least 98% gene diversity for 100 years.

Initial Population Size	stoch-r	PE	N-extant	GeneDiv	SD(GD)
500	0,0278	0	496,74	0,9695	0,0044
600	0,0277	0	596,89	0,9748	0,003
700	0,0278	0	705,56	0,9782	0,0025
800	0,0278	0	798,73	0,981	0,002
900	0,0276	0	896,99	0,983	0,0018
1000	0,0273	0	994,90	0,9847	0,0016

3.3.2 Viability of Current Black Lion Tamarin Wild Populations and Metapopulation

Based on the results of the baseline model, the entire wild metapopulation of black lion tamarins is projected to retain 99,5% gene diversity and have no risk of extinction in the next 100 years, under the conditions modeled. This projection meets the management goal for the species of retaining at least 98% gene diversity and having $\leq 2\%$ probability of extinction for 100 years. However, the viability of individual populations varies greatly.

If we analyze the viability of the 17 populations of black lion tamarins individually, only the Morro do Diabo State Park population meets the definition of viability set for the metapopulation (Table 11). While model results suggest that the Carlos Botelho State Park/Serra de Paranapiacaba population also meets these criteria, the data that were used in this study are not sufficient to conclude this premise. Field studies are required to verify the data for this population. An additional three populations exhibit good viability, with an extinction probability of less than 2% and gene diversity retention of $\sim 90\%$ or higher (). Of the remaining 12 populations, five are projected to have modest PE risk and loss of GD and seven are almost certain to go extinct within 100 years.

Table 11. Probability of Extinction (PE_{100yr}) and Gene Diversity (GD_{100yr}) of black lion tamarin populations and metapopulation after 100 years. Populations with $PE_{100yr} \leq 2\%$ are in bold.

Population	PE_{100yr}	GD_{100yr}
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	0,1950	0,8095
Morro do Diabo State Park	0,0000	0,9874
SantaMaria	1,0000	0,0000
SantaMonica	1,0000	0,0000

RPPN Mosquito	0,8900	0,6716
ESEC Caetetus	0,2350	0,8335
Rio Claro/ Turvinho	0,0350	0,8282
Parapanema Ecological Station	1,0000	0,0000
Itapeva	0,0000	0,8971
Buri	0,0000	0,9300
Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí	0,0000	0,9443
FLONA Capão Bonito/ Apiaí-Mirim River	0,1500	0,8217
Angatuba Ecological Station	0,0550	0,8327
Guareí (Santo Antônio Farm)	1,0000	0,0000
Riparian forests Guareí	1,0000	0,0000
Guareí (fragment)	1,0000	0,0000
Carlos Botelho State Park/Serra de Paranapiacaba	0,0000	0,9868
Metapopulation	0,0000	0,9951

Thinking about the recovery of small populations and the population structure of the black lion tamarin, we simulated three metapopulations: Pontal, Medio, and Alto Paranapanema. This allowed us to explore the viability of each regional metapopulation and their populations and to evaluate management alternatives. These model results suggest that two of the three metapopulations meet the viability criteria, $PE \leq 2\%$ and $GD \geq 98\%$ over 100 years (Table 12).

Table 12. Extinction Probability (PE) and Gene Diversity (GD) of the three metapopulations (Alto, Medio and Pontal do Paranapanema). The Medio Paranapanema Matapopulation has the highest extinction probability and the lowest capacity to retain genetic diversity in 100 years, compared to the other two metapopulations.

Scenario	PE	GeneDiv
Pontal Metapopulation	0,0000	0,9879
Alto Paranapanema Metapopulation	0,0000	0,9915
Medio Paranapanema Metapopulation	0,0120	0,8991

3.3.2.1 Pontal do Paranapanema Metapopulation

The Pontal metapopulation is made up of four populations, only the Morro do Diabo State Park population is viable (according to the definition of our criteria) for 100 years. The populations of Santa Maria and Santa Mônica have a mean extinction time of 18 and 49 years, respectively. These two populations require urgent management actions to avoid the local extinction of the species in these fragments.

In this metapopulation simulation, we model the future connectivity and increased dispersion of individuals among habitat fragments connected through the Rosanela ecological corridor. Habitat areas that currently are not believed to contain black lion tamarins are modeled as initially empty habitats and are able to gain individuals in the model simulation through dispersal. This allows for population growth; however, as shown in Figure 4, that survival is not maintained for a long time, due to the small population size and the stochastic consequences within populations. Population management actions likely will need to be implemented to increase the population size, genetic flow and viability of these small populations.

Pontal metapopulation is viable due to the presence of the largest population recorded for the species. Local extinctions have already occurred in the region and if these populations are not managed, we can use these results for is to prioritize management actions, and what kind of actions you might want to consider. In table 13, there are 5 small populations that Will go extinct without changes in the situation. These changes could be supplementation (probably forever), or more permanent solutions like increased connectivity and /or expanded habitat so that the populations can Grow and/or be supplemented naturally.

Table 13. Metapopulation Pontal Paranapanema. Of the seven populations analyzed, only Morro do Diabo State Park is viable ($PE < 2\%$ and $GD \geq 98\%$ over 100 years; in bold). Legend: Average Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population).

Population	PE	N-all	GD	MedianTE
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	0,1480	27,43	0,8045	0
Morro do Diabo State Park	0,0000	1086,01	0,9874	0
Santa Maria	1,0000	0,00	0,0000	49
Santa Monica	1,0000	0,00	0,0000	18
Tucano (BLT Ecological Station)*	0,9960	0,01	0,5754	1
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,00	0,0000	1
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,00	0,0000	1
Metapopulation	0,0000	1113,44	0,9879	0

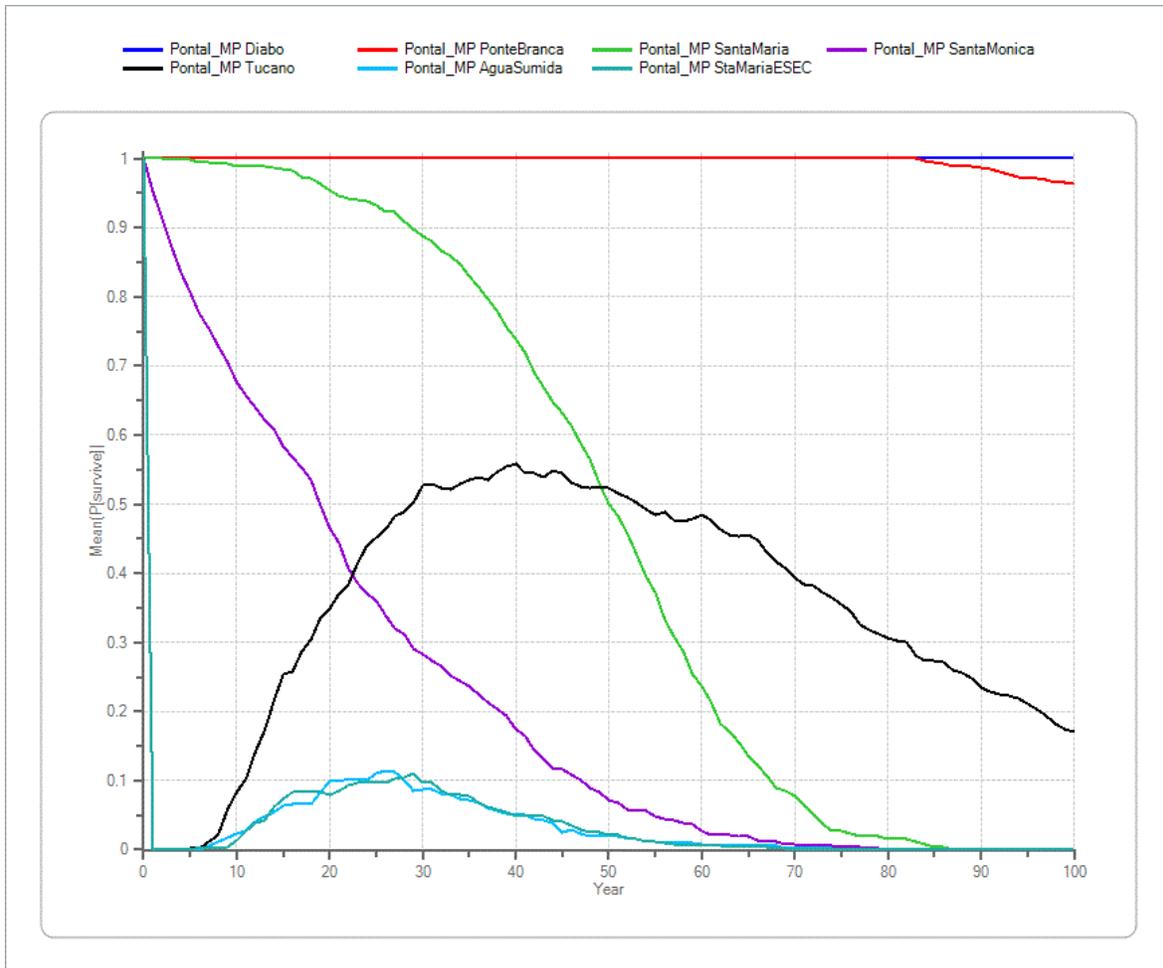


Figure 4. Probability of population survival (i.e., at least one male and one female) over 100 years for each population of the Metapopulation Pontal do Paranapanema. Morro do Diabo State Park (blue) and Ponte Branca (red) are the only population that have a high probability of persisting in the long term (100 years). According to the simulation, the fragments that do not register the presence of the species currently Tucano (BLT Ecological Station), Água Sumida (BLT Ecological Station) *, Santa Maria (BLT Ecological Station); they begin to register the presence of the species, due to the functional connectivity of the Rosanela corridor.

3.3.2.2 Medio Paranapanema Metapopulation

This metapopulation is composed of three populations that could not be connected through ecological corridors, due to the great distances between the fragments. However, it was considered as a metapopulation, considering individual management actions that can reinforce genetic diversity. In particular, considering the population of RPPN Mosquito, which has a mean extinction time of 69 years (Table 14).

In general, none of the populations (nor the metapopulation) meets the definition of viability established in our study. Although management actions may be required for all three populations of this metapopulation, action may be required more quickly in RPPN Mosquito to prevent local extinction of this population (Figure 5).

Table 14. Medio Paranapanema metapopulation. Legend: MetapAverage Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population).

Population	PE	N-all	GeneDiv	MedianTE
RPPN Mosquito	0,8900	1,48	0,6902	69
ESEC Caetetus	0,1420	45,57	0,8314	0
Rio Claro/ Turvinho	0,0400	34,86	0,8258	0
Metapopulation	0,0120	81,90	0,8991	0

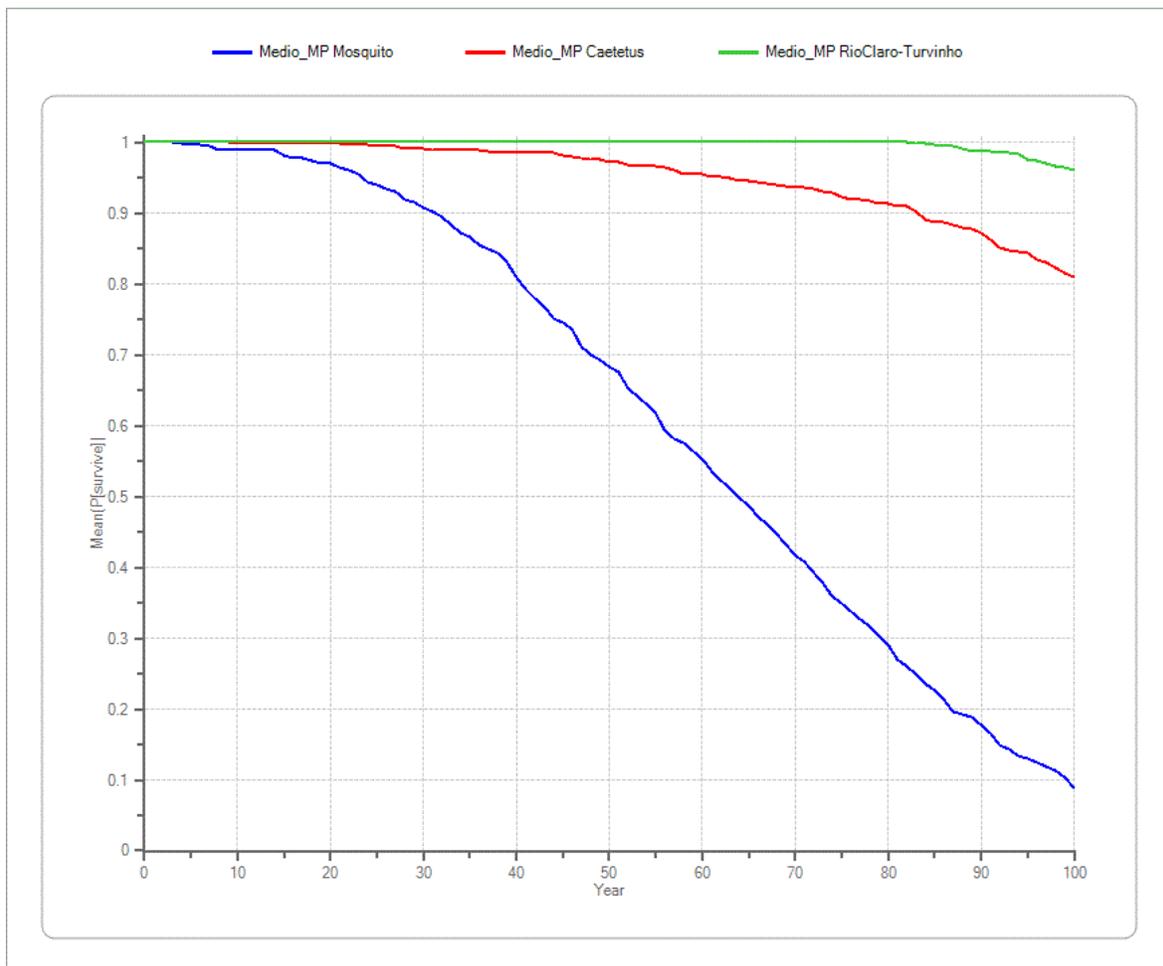


Figure 5. Mean survival of the Medio Paranapanema Metapopulation.

3.3.2.3 Alto Paranapanema Metapopulation

This metapopulation is made up of ten Paranapanema Ecological Station populations, of which only Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba turns out to be viable according to our definition. However, it is important to mention that the data used for this population modeling are based on a few studies and extrapolations. Since there is no solid research on the possible population density of black lion tamarin in this area, for which, additional studies are suggested to characterize this population, which turns out to be the most important population for the metapopulation of Alto Paranapanema and the second most important population for the species (along with Morro do Diabo State Park).

The other nine populations do not turn out to be viable for 100 years (Table 15). Management actions are required for the populations of Guareí (Santo Antônio Farm), Paranapanema Ecological Station, Riparian forests Guareí and Guareí (fragment), whose mean extinction times range between 25 and 31 years.

The populations of Itapeva, Buri, Riparian forests Apiaí-Guaçu / Taquarivaí, FLONA Capão Bonito/Apiaí-Mirim River, Angatuba Ecological Station present a probability of extinction less than 2%, however, they retain less than 98% of their genetic load during 100 years, for which management strategies should be considered to help reduce this risk of genetic loss (Figure 6).

In general terms, the metapopulation of Alto Paranapanema is viable, this is due to the presence of Carlos Botelho State Park/Serra de Paranapiacaba population. Alto Paranapanema Metapopulation. Only the Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba population is viable (in bold), according to our feasibility criteria. ($PE \leq 2\%$ and $GD \geq 98\%$ over 100 years)

Table 15. Alto Paranapanema Metapopulation. Only the Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba population is viable (in bold), according to our feasibility criteria. ($PE \leq 2\%$ and $GD \geq 98\%$ over 100 years).

Population	PE	N-all	GeneDiv	MedianTE
Paranapanema Ecological Station	0,9980	0,01	0,4614	26
Itapeva	0,0000	84,59	0,8959	0
Buri	0,0000	153,68	0,9294	0
Riparian forests Apiaí-Guaçu/ Taquarivaí	0,0000	203,41	0,9448	0

FLONA Capão Bonito/ Apiaí-Mirim River	0,0860	26,25	0,8254	0
Angatuba Ecological Station	0,0640	41,63	0,8313	0
Guareí (Santo Antônio Farm)	1,0000	0,00	0,0000	31
Riparian forests Guareí	1,0000	0,00	0,0000	25
Guareí (fragment)	1,0000	0,00	0,0000	28
Carlos Botelho State Park/ Serra de Paranapiacaba	0,0000	1307,96	0,9870	0
Metapopulation	0,0000	1817,53	0,9915	0

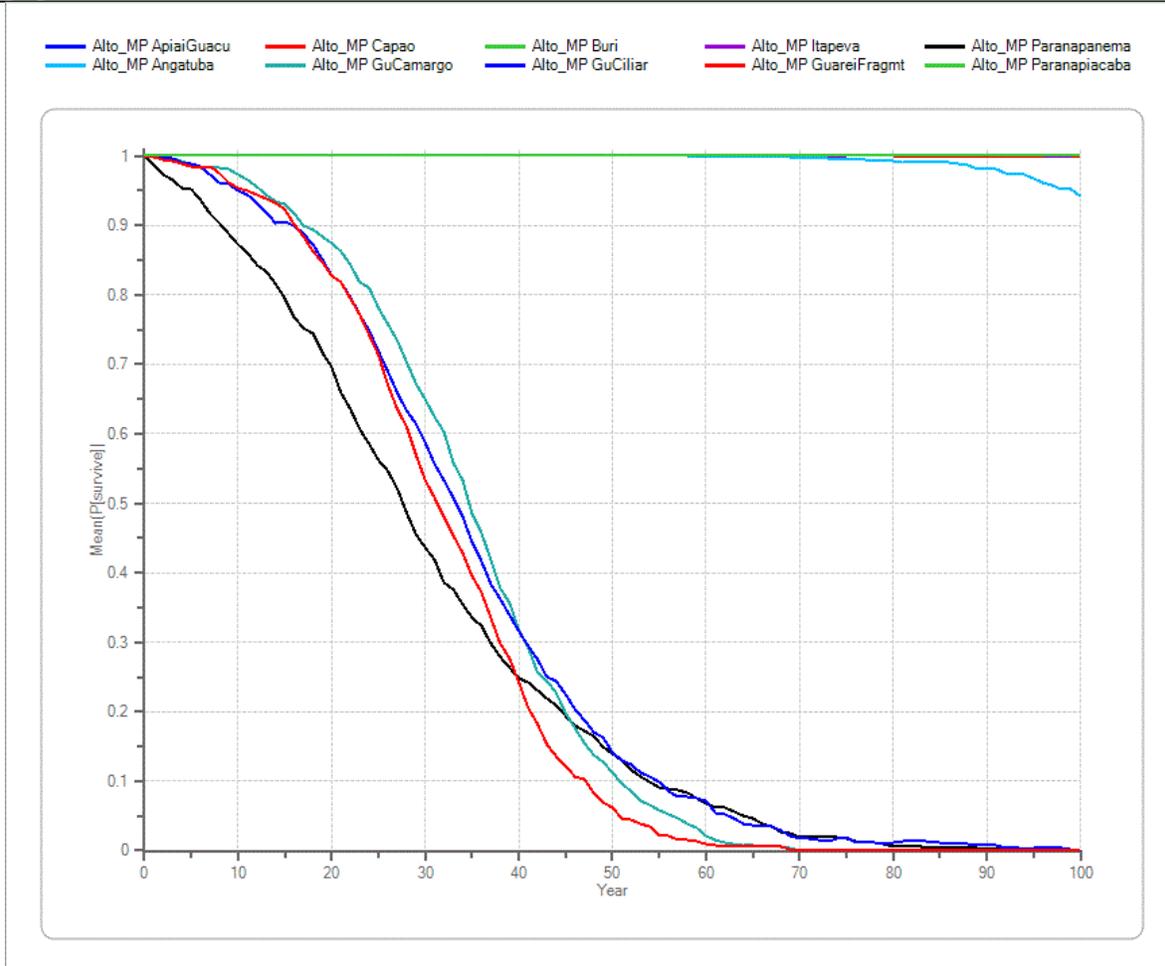


Figure 6. Mean survival of the Alto Paranapanema Metapopulation.

3.3.3 Pontal Metapopulation: Corridors and supplementations to save small populations

Scenario 1: Metapopulation of Pontal de Paranapanema without the Morro do Diabo State Park population.

When removing the Morro do Diabo State Park population, the Pontal de Paranapanema metapopulation presents a probability of extinction of 4%, with the capacity to retain 86% of genetic diversity and an average extinction time of 64 years; unfeasible according to our definition (Table 16). In an average time of 50 years, all populations would be extinct, except for Ponte Branca, which would have the mean time of extinction of 64 years (Figure 7).

Table 16. Pontal Metapopulation sin Morro do Diabo State Park population. Neither population is viable according to our criteria for viability ($PE \leq 2\%$ and $GD \geq 98\%$ over 100 years). Legend: Average Extinction Time (MedianTE); Probability of Extinction (PE); Gene Diversity (GD); N-all (final size of the population).

Population	PE	N-all	GeneDiv	MeanTE
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	0,0400	45,26	0,8649	63,0
Santa Maria	1,0000	0,00	0,0000	46,9
Santa Mônica	1,0000	0,00	0,0000	14,8
Tucano (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,04	0,0000	1,0
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,00	0,0000	1,0
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,00	0,0000	1,0
Metapopulation	0,0400	45,30	0,8649	64,0

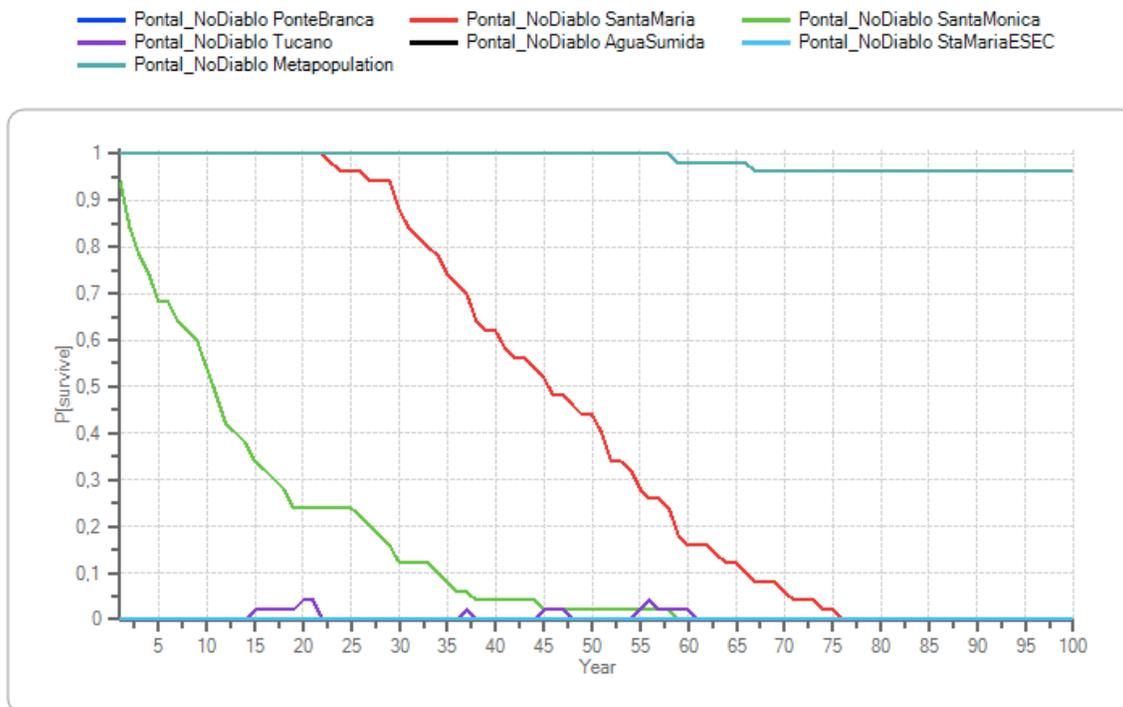


Figure 7. Mean survival of the populations.

Scenario 2: Supplementation of three populations for 100 years

Supplementation of individuals can be defined as the addition of individuals to an existing population of conspecifics (Ballou, 1998). In this scenario, Ponte Branca, Santa Maria, and Santa Mônica were supplemented under minimal conditions, to determine how many pairs of monkeys, and in what period of time, must be added to these populations, to be viable in 100 years.

Based on the hypothetical scenario results, each of the three populations requires 3 pairs of adult monkeys, every 11 years for 100 years to be viable ($PE \leq 2\%$ and $GD \geq 98\%$ over 100 years). Increasing the viability of these three populations, the fragments that currently do not record the species continue to be unviable in the long term, even with the presence of ecological corridors that allow dispersal between the fragments (Table 17).

Long-term supplementation in three of the populations (100 years) and increased connectivity of the Rosanela corridor. With the increase in the viability of these populations, the Santa Maria population slightly increases its viability (Figure 8).

Table 17. Long-term supplementation in three of the populations (100 years) and increased connectivity of the Rosanela corridor. With the increase in the viability of these populations, the Santa Maria population slightly increases its viability.

Population	PE	N-all	GeneDiv	MeanTE
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	0,0000	82,85	0,9316	0,0
Santa Maria	0,0000	38,59	0,9100	36,7
Santa Monica	0,0000	41,12	0,9221	7,0
Tucano (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,17	0,0000	1,0
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	1,0000	0,16	0,0000	1,0
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	0,9400	0,74	0,6964	1,0
Metapopulation	0,0000	163,63	0,9718	0,0

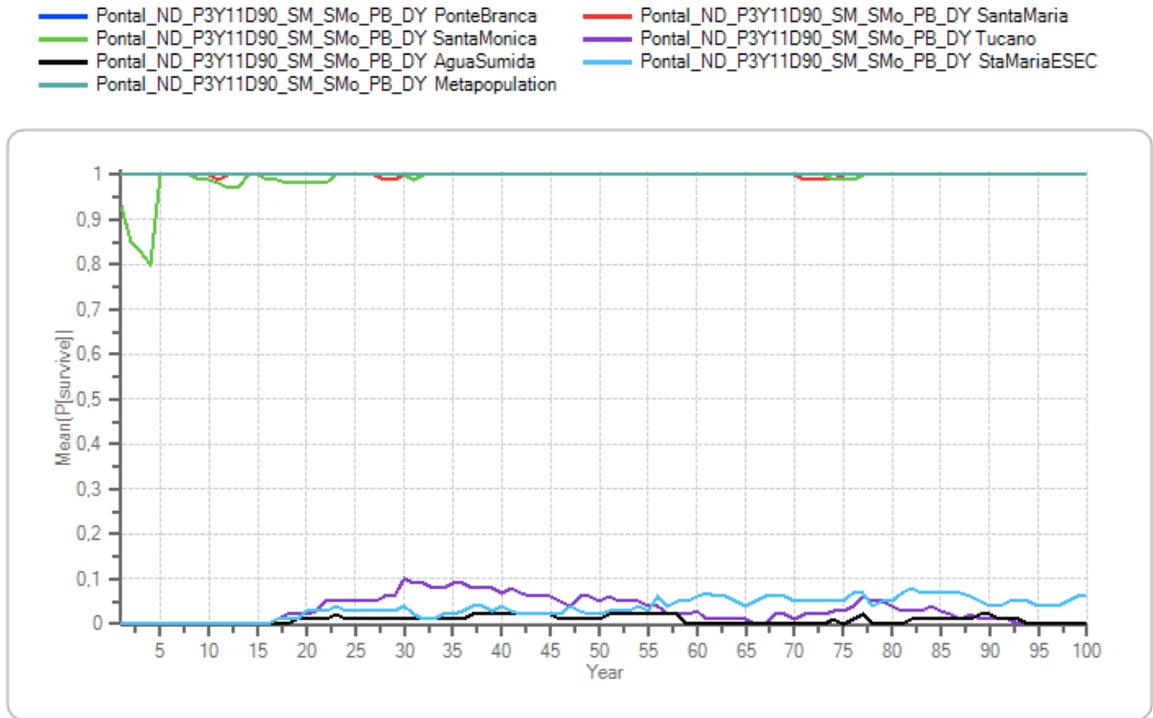


Figure 8. Mean survival of the modeled populations. With the supplementation of the three populations that register the presence of the species, the survival of the species increases slightly in fragments that do not have black lion tamarins.

Scenario 3: Supplementation of the six populations for 100 years

By simulating supplementation in the three populations with the presence of monkeys and repopulation to the same extent the fragments that currently do not register the species, we obtained that, by supplementing / minimally repopulating, the three fragments that do not register black lion tamarin, would not be viable in a period of 100 years, however, its viability increases significantly due to the presence of the corridors and the enhanced supplements, reducing the mean extinction time to 87 years (Table 18). The population of Agua Sumida would be the first to become extinct (Figure 9).

Table 18. Long-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations.

Population	PE	N-all	GeneDiv	MeanTE
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	0,0000	93,10	0,9302	0,0
Santa Maria	0,0000	40,25	0,9175	0,0

Santa Monica	0,0000	38,30	0,9179	1,3
Tucano (BLT Ecological Station)*	0,0000	72,55	0,8686	0,0
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	0,2500	23,90	0,8109	87,2
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	0,0000	81,85	0,8780	0,0
Metapopulation	0,0000	349,95	0,9790	0,0

* Areas where black lion tamarins are not currently present.

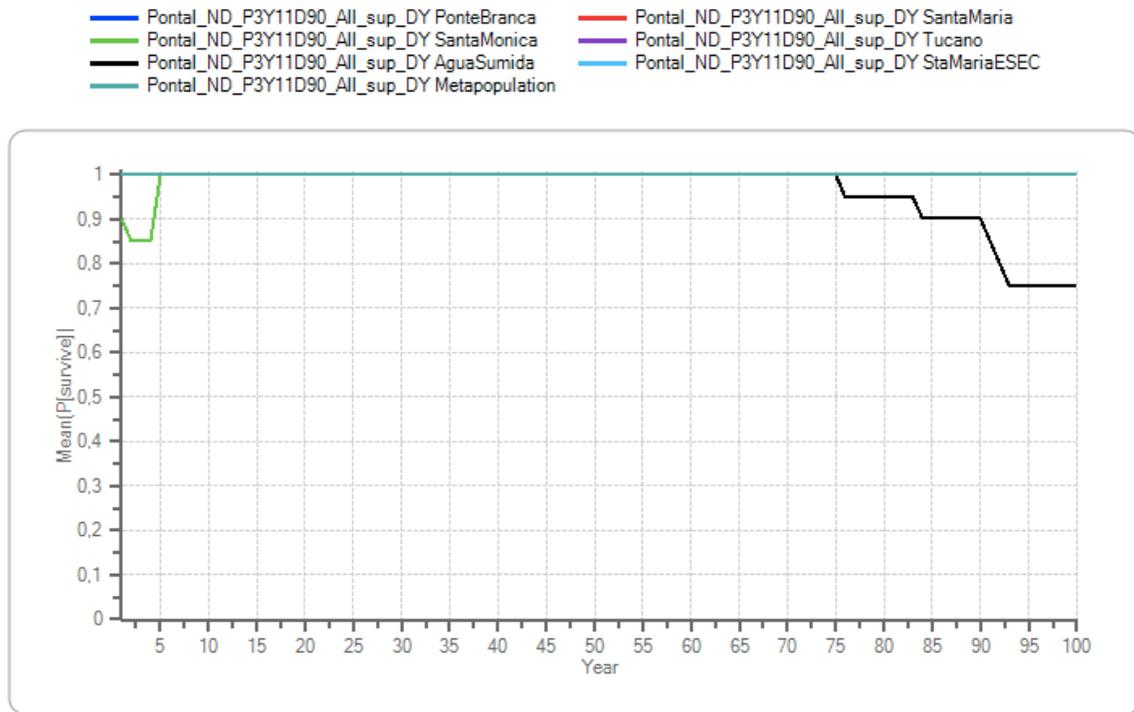


Figure 9. Mean survival of the modeled populations.

Scenario 4: Short-term supplementation for long-term viability, is it possible?

What is the population viability, if we carry out intensive supplementation/repopulation, in the short term (20 years)? By simulating these supplements, together with the Rosanela corridor and the dispersion that it will allow in the medium term, the populations reduce their average extinction time, with the Santa Monica population being the first to become extinct (69 years old) (Table 19); however, none of the populations would have the capacity to retain 90% of the genetic diversity in a period of 100 years (Figure 10).

Figure . Short-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations.

Table 19 Short-term intensive supplementation (20 years) reduces the probability of extinction of all populations, however, the ability to maintain genetic diversity in the long term is a challenge for all populations.

Population	PE	N-all	GeneDiv	MeanTE
Ponte Branca (BLT Ecological Station)	0,0200	48,17	0,8664	91,6
Santa Maria	0,9820	0,14	0,5642	72,3
Santa Monica	0,9820	0,15	0,6196	69,9
Tucano (BLT Ecological Station)*	0,0130	71,23	0,8730	93,8
Água Sumida (BLT Ecological Station)*	0,1660	21,39	0,7819	92,2
Santa Maria (BLT Ecological Station)*	0,0070	74,51	0,8736	92,4
Metapopulation	0,0000	215,60	0,9591	0,0

* Areas where black lion tamarins are not currently present.

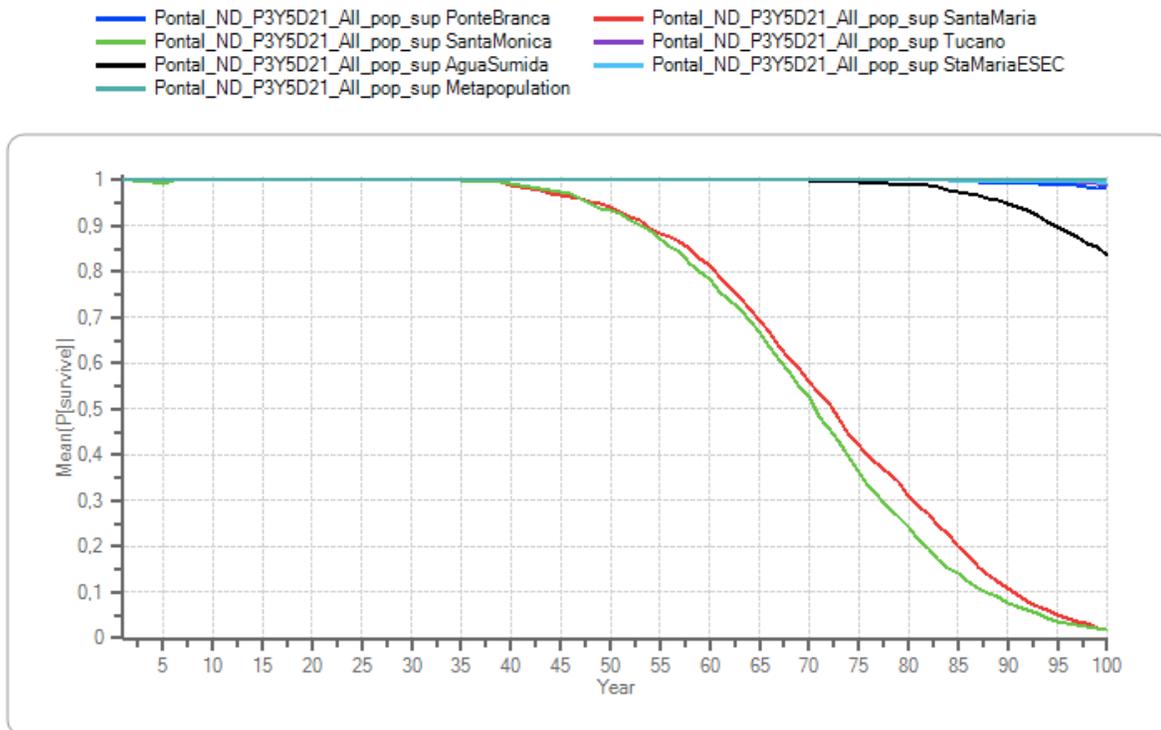


Figure 10. Mean survival of the modeled populations.

4 Discussion

PVA models have been and continue to be highly used in different taxonomic groups, from higher predators (Boitani et al, 2012); first-order predators such as turtles (Famelli *et al.*, 2015); herbivores (Medici & Desbiez, 2012). In the Primates order, this methodology has been developed for large species such as orangutans (Marshall *et al.*, 2008) and gorillas (Miller et al. 2008) to small Micoes-leões (Seal *et al.*, 1990; Ballou, 1998; Holst *et al.*, 2006).

In most cases, a single species and the known context of each of its populations are evaluated; however, meta-models have been made, which may include the demographic dynamics of more than one species (Miller *et al.*, 2016).

In all cases, the results of the quantitative analyses have served to project the future of the species under certain assumptions and conditions, which has allowed the creation of specific conservation strategies for the context of each species and its populations (Durant & Mace, 1994; Marshall *et al.*, 2012; Miller *et al.*, 2016; Lacy, 2019).

4.1 Baseline model

Representing the growth of a population as an annual percentage change using mathematical models together with the factors that influence the size of a population, allows to establish predictions about this variable in the future (Shaffer, 1987; Lacy 1993/1994; CBSG, 2010; Miller *et al.*, 2016). According to the results of the base model for black lion tamarin, the projections for a biologically correct but hypothetical population show a deterministic growth 0,1074 (0,0974 for small populations) at 50% K, declining to 0,0461 (0,0361 for small populations) at K, in the absence of demographic fluctuations due to stochastic factors.

These growth rates (deterministic and stochastic) although positive suggest that the population will Grow if it is large and there are no threats. This means that small alterations in the habitat or the dynamics of the populations can directly impact the demographics of the population, directly affecting the stability of the species (Ruggiero *et al.*, 1994).

The growth rate reported by our study coincides with the dynamics observed for the species and gives us the confidence to represent the biological potential of black lion tamarin through this model (PCMLP, unpublished data), which includes detailed and updated information for the species in each one of the input parameters. This model may be useful for the construction of other models for this species, or related species.

4.2 Sensitivity analysis analyses

The sensitivity analysis allows determining the parameters that most affect the viability of the population and, in turn, indicates the parameters that could be important in the management of the population and for future research (Durant & Mace, 1994; Akçakaya, 2000; Zeigler *et al.*, 2013; Miller *et al.*, 2016). Sensitivity testing also informs the relative importance of any uncertainty in input values on the model results.

The parameters that are less sensitive for the model were maximum age, maximum age of reproduction, inbreeding, and catastrophes (as defined, and for large populations). Studies related to these parameters, mostly related to longevity, can be considered as less priority, since, according to the results obtained, the data currently available are sufficient to carry out projections and models that indicate the viability of the populations.

The parameters that showed the highest sensitivity in their impact on the stochastic growth rate of the population were: the first age of reproduction, % adult females breeding, mean number of offspring, first-year mortality, and subadult mortality. This type of parameters has been reported as sensitive in studies with nearby species, for *Leontopithecus chrysomelas* (Zeigler *et al.*, 2013), in which the most sensitive parameters were the percentage of reproductive females, disperser survival, dispersal rate, and female mortality.

Other studies have used the sensitive parameters of the model to create conservation strategies. In the study carried out by Miller *et al.* (2016), sensitivity testing indicated as a sensitive parameter, the number of "preyed nests" of an endangered species, due to an invasive species; under this criterion measures such as control were established and reduction of the invasive species to reduce the number of preyed nests. With these results and thinking about the metapopulation management of black lion tamarin, future studies and research related to the species must have a focus on those sensitive parameters that are related to

aspects of the biology of females and their reproductive potential, the survival of juveniles and subadults, and the dynamics of dispersion of subadults.

4.3 Modeling scenarios

4.3.1 Minimum Viable Population

The size of populations influences their probability of extinction. Species that live in small populations are more vulnerable to extinction than the species that live in large populations (Gilpin 1987; Soulé, 1986); the smaller the population size, the lower their genetic diversity and greater vulnerability to stochastic impacts, which synergistically increases their probability of extinction (Reed *et al.*, 2003). Therefore, the population size is one of the reference criteria to determine the threat status of a species (IUCN, 2000). Consequently, knowing the minimum size that a population must have for the species to survive in the long term is one of the objectives of conservation planning (Gilpin 1987; Shaffer 1987; CPSG, 2019).

Minimum Viable Population (MVP) changes according to the conservation objective and the conditions used to define viability (Shafer, 1987; Gilpin 1987; Brito, 2009), so the estimate of MVP changes when the definition of viability changes. Using our definition of population viability, the black lion tamarin model results suggest that at least 800 individuals in a single, panmictic population are necessary to meet PE <2% and GD > 98% in 100 years. If the current black lion tamarin populations are modeled in isolation, only the Morro do Diabo population would be large enough to meet these MVP criteria, even in the absence of threats. The viability of the species may depend on a single population, since the other known populations are small, which makes them even more vulnerable to threats and thus increases the probability of extinction over time.

MVP varies according to the criteria established to define viability and the biological characteristics and environmental conditions of each species; therefore, the results vary case by case. Defining a viable population as PE = 0 and 95% of GD remaining after 100 years; approximately 200 tapirs are required to have a viable population (Medici & Desbiez, 2012). For primates, we found MVP from 200 *Callicebus coimbrai* individuals with a probability of extinction of 5% and maintaining the genetic diversity of 90% in 100 years (Jerusalinsky,

2003). With the same definition of viability, *Sapajus flavius* is estimated to need 70 individuals to have a MVP (Montenegro, 2011). Our results are similar to those found for *Brachyteles hypoxanthus*, which requires 700 individuals to maintain 90% of the genetic diversity in a period of 100 years (Coutinho, 2007).

4.3.2 Viability of Current Black Lion Tamarin Metapopulation

For the construction of this scenario, and to identify the viability for the 17 populations of black lion tamarin, we used the most up-to-date information for the species (published and unpublished), advances in ecological and genetic research, the impact of catastrophes on the populations. small, historical fire risk data in the species' distribution area, energy models based on fruit consumption to establish the carrying capacity of the areas, and estimated negative impacts on carrying capacity due to climate change.

This information improved and updated the model used in the 2005 PHVA, in which the number of populations was smaller, the initial sizes of the populations were higher, and the carrying capacity of the areas was based on the extrapolated densities (Holst *et al.*, 2006). However, even with the updating of this information, the general projected future for the species remains that 88% of the populations do not meet the species-level criteria for viability, due primarily to threats associated with small population size and isolation.

The loss of habitat, fragmentation, and the consequential isolation of populations is the main threat to all primates (Estrada, 2019). PVA studies for Bornean (*Pongo pygmaeus*) and Sumatran (*Pongo abelii*) orangutans indicated that smaller populations were more unstable and became extinct after disaster-induced decline rather than recovering (Marshall *et al.*, 2008); the small size of these orangutan populations is due to habitat loss and selective logging.

The future landscape is not different for the species of the Brazilian Atlantic Forest, a biome considered highly fragmented (Ribeiro *et al.*, 2009). PVA studies for *Tapirus terrestris* in this biome (Medici & Desbiez, 2012) indicate that most of the forest fragments are too small to provide enough space to meet the needs of tapirs. The same threat has been reported for other species *Alouatta* spp. (Bicca-Marquez *et al.*; 2019); *Leontopithecus chrysomelas* (Zeigler *et al.*, 2013); *Brachyteles hypoxanthus* (Coutinho, 2007).

This is the context of regional populations in a mosaic within a fragmented landscape, where some patches have already suffered local extinctions. This led us to model viability in a metapopulation system (Durant & Mace, 1994; Mccullough, 1996), aiming at conserving the species and seeking the permanence of its populations in the long term. The 17 populations were grouped into three metapopulations (Alto, Medio, and Pontal do Paranapanema).

Model results suggest that the viability of the species depends to a great extent on two populations: Morro do Diabo State (Pontal Metapopulation) and Carlos Botelho State Park / Serra de Paranapiacaba (Alto Paranapanema Metapopulation). More data are needed for the second population, since the data used in this study were obtained through extrapolations and based on the few reports that are available for this population. Two of the three metapopulations meet the viability criteria for the species: Pontal and Alto Paranapanema metapopulations.

These results suggest immediate management actions (targeting both habitat and individuals). In terms of habitat management, it is important to implement conservation measures that seek to expand and connect the fragments and improve the landscape matrix, to provide functional and structural connectivity that allows increasing dispersal rates, population dynamics and with this, increasing the possibility of gene flow between populations, which would increase the biological potential of the species (Ribeiro *et al.*, 2009; Bicca-Marquez *et al.*, 2019; Estrada *et al.*, 2019).

Likewise, it is important to increase the number of protected areas; since 53% of the populations of Black lion tamarin ($n = 9$), are within some category of the system of protected areas of Brazil. Highlighting that the fact of being in protected areas mitigates some threats to the species, even when there are some challenges (Estrada *et al.*, 2019).

Likewise, effective management strategies are required for the recovery of small populations with small population size and more rapid loss of genetic diversity, especially for the populations of Santa Maria and Santa Monica in Pontal do Paranapanema; Mosquito in Medio Paranapanema, and Guareí (Santo Antônio Farm), Riparian forests Guareí, Guareí (fragment) and Paranapanema Ecological Station.

Strategies such as the translocation of individuals from other populations to improve reproductive efficiency and restore genetic diversity (Frankham *et al.*, 2004). There is successful experimental evidence of these management strategies for golden lion tamarin individuals (Kleiman *et al.*, 1986; Kierulff *et al.*, 2012); black lion tamarins (Valladares-Padua *et al.*, 2000; Medici *et al.*, 2003; Rezende, 2014); and orangutans (Sherman, 2020). That has increased the viability of these populations over time.

4.3.3 Pontal Metapopulation: Corridors and supplementations to save small populations

Why conserve small populations? Regardless of the context of each species, the problem always ends up being the same: Size! Small populations are not viable over time (Durant & Mace, 1994), are unstable, and end up being dominated by random factors (Shaffer, 1987). In the short term, like some of the black lion tamarin populations, they could become extinct a few generations. PVA models for several species have indicated possible future extinction due to inbreeding depression, such as *Tapirus terrestris* (Medici & Desbiez, 2012), *Leontopithecus chrysomelas* (Zeigler *et al.*, 2013), *Brachyteles hypoxanthus* (Coutinho, 2007; Fagundes, 2008), *Hydromedusa maximilian* (Famelli *et al.*, 2014).

Small populations can be important sources of unusual genetic variability (Frankham *et al.*, 2004; O'Grady *et al.*, 2006; Perez-Sweeney, 2008), presence of rare alleles (Frankham *et al.*, 2004; Perez-Sweeney, 2008), and resistant individuals against possible threats (Perez-Sweeney, 2008; Bicca-Marquez *et al.* 2019), such as climate change or disease outbreaks.

Should we spend their limited resources elsewhere? Based on the current status of the black lion tamarin populations and the viability outlook for most populations, if management strategies are not implemented most black lion tamarin populations are likely to go extinct. However, the idea of modeling of one of the metapopulations (Pontal) that is mostly composed of small populations is to indicate the importance of carrying out management actions that contribute to the conservation of these populations, with important functions for the preservation of the biological potential of the species.

We simulated habitat management, generating increased dispersion rates among populations, a function that the Rosanela corridor will perform in the Pontal metapopulation

in the medium term, and at the same time, we simulate the management of individuals through continuous supplementation for a period of 20 years. By combining these strategies, fragments that do not contain the species today would have up to 74 individuals and would remain relatively viable for approximately 50 years.

With this model, we want to show the importance of combining management strategies that enhance the population dynamics of the species and reduce its risk of extinction. Modeling ecological corridors to increase dispersal rates and with them, the increase in genetic flow between populations, was carried out for *Tapirus terrestris* (Medici & Desbiez, 2012), which did not result in an increase in the stochastic growth rate, but resulted in an increase in the percentage of genetic diversity maintained.

Even knowing that short-term management strategies, no matter how intensive, do not solve the problem of viability for populations over long periods (greater than 100 years), this model indicates that restoring and reconnecting small fragments of habitat, to promote the dispersal of individuals and potentiating the genetic flow between populations is undoubtedly one of the strategies that contribute significantly to the persistence of the species in this fragmented landscape. Supplementation of individuals would be highly useful to maintain the size of these populations and slow the loss of genetic diversity.

5 Conclusion

- Population viability analysis (PVA) is a current tool that allows quantifying and projecting the viability of populations. To meet this objective, the questions posed to the model must be clear and with theoretical and empirical foundations of the species under study. Although much has been said about the quantity and quality of the data that must be inserted into the model, it is important to clarify that the sensitivity analysis allows the identification of parameters driving the model results, in order to estimate the level of confidence of model results in the face of data uncertainty. Well-developed model based on high quality data can be used to evaluate different management scenarios and with this, propose strategies that help in conservation of the species.

- This black lion tamarin PVA model includes parameters that affect other species, such as fire risk, climate change, higher predation mortality in small populations, and

inbreeding depression. This allows this model to be used as a basis for further studies of this species and / or related species.

- Population size is the most important risk factor for black lion tamarin populations based on these model results. It is necessary to prioritize the planning of management strategies (habitat and individuals) such as increasing protected areas, reconnecting isolated populations with corridors through forest restoration, and genetically studying populations to determine individual management actions.

- This study is the result of a joint work among different specialists: biologists, physicists, ecologists, geneticists; which shows that, with 30 years of implementation of this methodology, even today, the objective of its creation is fulfilled: interdisciplinary work for the creation of conservation strategies for species.

- It is important to carry out management actions in the small populations of Pontal Paranapanema, specifically in the Santa Maria, Santa Monica, and Agua Sumida populations; to obtain viable populations over time.

- It is recommended to carry out population censuses in the Alta Paranapanema region, especially in Carlos Botelho State Park, to determine the population density there.

- It is necessary to reestablish the functional connectivity between forest fragments that contain black lion tamarins, they should continue to be implemented, since, these strategies allow the increase of the dispersion rate between the groups and increase of the ecological and behavioral dynamics of the species, which increases the viability along of time.

6 References

- AKÇAKAYA, H. Reşit; RAPHAEL, Martin G. Assessing human impact despite uncertainty: viability of the northern spotted owl metapopulation in the northwestern USA. *Biodiversity and Conservation*, v. 7, n. 7, p. 875–894, 1998.
- AKÇAKAYA, Reşit. Viability analyses with habitat-based metapopulation models. *Population Ecology*, v. 42, n. 1, p. 0045, 2000.
- BAKER, Andrew; DIETZ, James. Immigration in wild groups of golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *American Journal of primatology*, 1996.
- BALLOU, Jonathan; LACY, Robert; KLEIMAN, Devra; *et al.* *Leontopithecus* II: The Second Population and Habitat Viability Assessment for Lion Tamarins (*Leontopithecus*): Final Report. [s.l.]: Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN): Apple Valley, MN., 1998.
- BICCA-MARQUES, Júlio César, CHAVES, Óscar M.; HASS, Gabriela Pacheco. Howler monkey tolerance to habitat shrinking: Lifetime warranty or death sentence? *American Journal of Primatology*, v. 82, n. 4, 2020.
- BOITANI, Luigi; POWELL, Roger A. (Orgs.). *Carnivore ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford; New York: Oxford University Press, 2012. (Techniques in ecology and conservation series).
- BORGES, Luiz H. M.; CALOURO, Armando. M.; BOTELHO, André L. M.; *et al.* Diversity and habitat preference of medium and large-sized mammals in an urban forest fragment of southwestern Amazon. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 104, n. 2, p. 168–174, 2014.
- BRAIN, Paul. *Lion Tamarins: Biology and Conservation*. Edited by DEVRA G. KLEIMAN and ANTHONY B. RYLANDS, 2002 (Washington, DC: Smithsonian Institution Press) [Pp. 422]. *Journal of Natural History*, v. 38, n. 11, p. 1459–1460, 2004.
- CALDANO, Lucas. Censo populacional e avaliação da variabilidade genética das populações de mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*, Mikan, 1823) na Floresta Nacional de Capão Bonito- SP. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos- São Paulo, 2014.
- COIMBRA-FILHO, Ademar; RUSELL, Mittermeier. Conservation of the Brazilian Lion Tamarins (*Leontopithecus Rosalia*). *In: Primate Conservation*. [s.l.: s.n.], 1977.
- COLOMBO, Af.; JOLY, Ca. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 3 suppl, p. 697–708, 2010.
- COUTINHO, Bruno. Análise de viabilidade populacional do muriqui, *Brachyteles hypoxanthus* (Primates: Atelidae), em fragmentos de Mata Atlântica de Santa Maria de

- Jetibá - Espírito Santo. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2007.
- CPSG. Conservation Planning Specialist Group. Annual report. [s.l.]: International Union for the Conservation of Nature/Species Survival Commission, 2019.
- CULOT, Laurence; GRIESE, Juliana; KNOGGE, Christoph; *et al.* New records, reconfirmed sites and proposals for the conservation of black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) in the middle and upper Paranapanema. *Neotropical Primates*, v. 22, 2015.
- CULOT, Laurence; PEREIRA, Lucas Augusto; AGOSTINI, Ilaria; *et al.* ATLANTIC - PRIMATES: A dataset of communities and occurrences of primates in the Atlantic Forests of South America. *Ecology*, v. 100, n. 1, 2019.
- DESBIEZ, Arnaud Leonard Jean, BERTASSONI, Alessandra; TRAYLOR-HOLZER, Kathy. Population viability analysis as a tool for giant anteater conservation. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 18, n. 2, p. 124–131, 2020.
- DURANT, S.M.; MACE, C.M. Species differences and population structure in population viability analysis, 1994.
- ESTRADA, Alejandro; GARBER, Paul A.; RYLANDS, Anthony B.; *et al.* Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, v. 3, n. 1, p. e1600946, 2017.
- FAGUNDES, Valéria; PAES, Marcela F.; CHAVES, Paulo B.; *et al.* Genetic structure in two northern miquiqui populations (*Brachyteles hypoxanthus*, Primates, Atelidae) as inferred from fecal DNA. *Genetics and Molecular Biology*, v. 31, n. 1, p. 166–171, 2008.
- FAMELLI, Shirley; PIACENTINI PINHEIRO, Sarah Cristina; SOUZA, Franco Leandro; *et al.* Population Viability Analysis of a Long-Lived Freshwater Turtle, *Hydromedusa maximiliani* (Testudines: Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology*, v. 11, n. 2, p. 162–169, 2012.
- FRANKHAM, R. Stress and adaptation in conservation genetics. *Journal of Evolutionary Biology*, v. 18, n. 4, p. 750–755, 2005.
- FRANKHAM, Richard, BALLOU, J. D.; BRISCOE, David A. A primer of conservation genetics. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, 2004.
- FRENCH, Jeffrey A.; BALES, Karen L.; BAKER, Andrew J.; *et al.* Endocrine Monitoring of Wild Dominant and Subordinate Female *Leontopithecus rosalia*. *International Journal of Primatology*, v. 24, n. 6, p. 1281–1300, 2003.
- GARBINO, Guilherme Siniciato Terra, REZENDE, Gabriela Cabral; VALLADARES-PADUA, Claudio. Pelage Variation and Distribution of the Black Lion Tamarin, *Leontopithecus chrysopygus*. *Folia Primatologica*, v. 87, n. 4, p. 244–261, 2016.

- GILPIN, Michael; SOULÉ, Michael. Minimum viable populations: processes of species extinction. In *Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (ed. Soulé, M. E.) 19–34 (). [s.l.]: Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, 1986, 1986. (Conservation).
- GILPIN, Michael. Forty-eight Parrots and the Origins of Population Viability Analysis. *Conservation Biology*, v. 10, n. 6, p. 1491–1493, 1996.
- GILPIN, Michael. Forty-eight Parrots and the Origins of Population Viability Analysis. *Conservation Biology*, v. 10, n. 6, p. 1491–1493, 1996.
- HAAG, T.; SANTOS, A. S.; SANA, D. A.; *et al.* The effect of habitat fragmentation on the genetic structure of a top predator: loss of diversity and high differentiation among remnant populations of Atlantic Forest jaguars (*Panthera onca*): JAGUAR CONSERVATION GENETICS. *Molecular Ecology*, v. 19, n. 22, p. 4906–4921, 2010.
- HOLST, Bengt; MEDICI, Patrícia; KLEIMAN, Devra; *et al.* Lion Tamarin Population and Habitat Viability Assessment Workshop 2005, final report. [s.l.]: IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, 2006.
- IPÊ. Relatório de Atividades 2019. [s.l.]: Instituto de pesquisas Ecológicas, 2019.
- IUCN Standards and Petitions Committee. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 14. Prepared by the Standards and Petitions Committee, 2019.
- JERUSALINSKY, Leandro. Distribuição geográfica e conservação de *Callicebus coimbrai* Kobayashi & Langguth, 1999 (Primates-Pitheciidae) na Mata Atlântica do nordeste do Brasil. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa - Paraíba, 2003.
- KIERULFF, M. C. M.; RUIZ-MIRANDA, C. R.; OLIVEIRA, P. Procópio; *et al.* The Golden lion tamarin *Leontopithecus rosalia*: a conservation success story: Golden Lion Tamarin: Conservation Success Story. *International Zoo Yearbook*, v. 46, n. 1, p. 36–45, 2012.
- KLEIMAN, Devra G.; BECK, Benjamin B.; DIETZ, James M.; *et al.* Conservation Program for the Golden Lion Tamarin: Captive Research and Management, Ecological Studies, Educational Strategies, and Reintroduction. *In*: BENIRSCHKE, Kurt (Org.). *Primates*. New York, NY: Springer New York, 1986, p. 959–979.
- LACY, Robert C. Lessons from 30 years of population viability analysis of wildlife populations. *Zoo Biology*, v. 38, n. 1, p. 67–77, 2019.
- LACY, Robert, MILLER, Philip; TRAYLOR-HOLZER, Kathy. Vortex 10 User's Manual. [s.l.]: IUCN SSC Conservation Breeding Group & Chicago Zoological Society, 2019.
- LACY, Robert, MILLER, Phillip; TRAYLOR-HOLZER, Kathy. Vortex 10 User's Manual.
- LACY, Robert; POLLAK, J.P. Vortex: A Stochastic Simulation of the Extinction Process. Version. Brookfield, Illinois, USA.: Chicago Zoological Society, 2020.

- LACY, Robert. Considering threats to the viability of small populations. *Ecological Bulletins*, v. 48, p. 39–51, 2000.
- LACY, Robert. Structure of the VORTEX simulation model for population viability analysis. *Ecological Bulletins*, v. 48, p. 191-203., 2000.
- LACY, Robert. VORTEX: A computer simulation model for Population Viability Analysis. [s.l.: s.n.], 1993. (Wildlife Research).
- LACY, Robert. What is Population (and Habitat) Viability Analysis? *Primate Conservation*, v. 14/15, p. 27–33, 1993.
- LIMA, Fernando; DA SILVA, Isabel; MARTINS, Cristiana; *et al.* On the occurrence of the black-lion-tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) in Buri, São Paulo, Brazil. *Neotropical Primates*, v. 11, 2003.
- LINDENMAYER, David B.; CLARK, Tim W.; LACY, Robert C.; *et al.* Population viability analysis as a tool in wildlife conservation policy: With reference to Australia. *Environmental Management*, v. 17, n. 6, p. 745–758, 1993.
- LUDWIG, Donald. IS IT MEANINGFUL TO ESTIMATE A PROBABILITY OF EXTINCTION? *Ecology*, v. 80, n. 1, p. 298–310, 1999.
- MCCALL, TC; Brown, RD; Bender, LC. 1997. Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity for white-tailed deer. *J Range Manage* 50, 33-38.
- MAMEDE-COSTA, Ana Carolina. Ecologia de um grupo de micos-leões-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*, Mikan, 1823) na mata ciliar da Fazenda Rio Claro, Lençóis Paulista, SP. MSc thesis, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro-SP, 1997.
- MAMEDE-COSTA, Ana Carolina; GOBBI, Nivar. The black lion tamarin *Leontopithecus chrysopygus* – its conservation and management. *Oryx*, v. 32, n. 4, p. 295–300, 1998.
- MANDUJANO, Salvador; ESCOBEDO-MORALES, Luis A. Population Viability Analysis of Howler Monkeys (*Alouatta Palliata Mexicana*) in a Highly Fragmented Landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Tropical Conservation Science*, v. 1, n. 1, p. 43–62, 2008.
- MARSHALL, A J; LACY, R; ANCRENAZ, M; *et al.* Orangutan population biology, life history, and conservation. Perspectives from population viability analysis models. 2009.
- MCCULLOUGH, Dale R. Spatially Structured Populations and Harvest Theory. *The Journal of Wildlife Management*, v. 60, n. 1, p. 1, 1996.
- MCCULLOUGH, Dale Richard. *Metapopulations and Wildlife Conservation*. [s.l.]: Island Press, 1996.

- MEDICI, Emília Patrícia; DESBIEZ, Arnaud Leonard Jean. Population viability analysis: using a modeling tool to assess the viability of tapir populations in fragmented landscapes. *Integrative Zoology*, v. 7, n. 4, p. 356–372, 2012.
- MEYER, Andreas L.S.; PIE, Marcio R.; PASSOS, Fernando C. Assessing the exposure of lion tamarins (*Leontopithecus* spp.) to future climate change: Exposure of Lion Tamarins to Climate Change. *American Journal of Primatology*, v. 76, n. 6, p. 551–562, 2014.
- MILLER, Philip S.; LACY, Robert C.; MEDINA-MIRANDA, Roseanne; *et al.* Confronting the invasive species crisis with metamodel analysis: An explicit, two-species demographic assessment of an endangered bird and its brood parasite in Puerto Rico. *Biological Conservation*, v. 196, p. 124–132, 2016.
- MILLER, Philip; WESTLEY, Frances; BYERS, Ann; *et al.* An Experiment in Managing the Human Animal: The PHVA Process and Its Role in Conservation Decision-Making. *In: STOINSKI, T. S., STEKLIS, H. D.; MEHLMAN, P. T. (Orgs.). Conservation in the 21st Century: Gorillas as a Case Study.* Boston, MA: Springer US, 2008, p. 173–188.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE; INSTITUTO CHICO MENDES. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central. 2010.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE; INSTITUTO CHICO MENDES. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas da Mata Atlântica e da Preguiça-de-coleira. 2018.
- MIRANDA, Guilherme, VALLADARES-PÁDUA, Cláudio; RODRIGUES, Flávio Henrique. Análise de Viabilidade Populacional como Ferramenta para Conservação de Tamanduá-bandeira, *Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758 (Mammalia, Pilosa), no Parque Nacional das Emas. *Ecologia de Mamíferos*, 2008.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. Mata Atlântica Manual de Adequação Ambiental. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2010. (Biodiversidade).
- MONTENEGRO, Mônica. *Ecologia de Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 2011.
- MORAES RODRIGUES, Suelen Barbosa, GAGETTI, Bruna Leone; PIRATELLI, Augusto João. First record of *Leontopithecus chrysopygus* (Primates: Callitrichidae) in Carlos Botelho State Park, São Miguel Arcanjo, São Paulo, Brazil. *Mammalia*, v. 80, n. 1, 2016.
- MURCIA, Carolina. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.
- MYERS, Norman; MITTERMEIER, Russell A.; MITTERMEIER, Cristina G.; *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.

- O'GRADY, Julian J.; BROOK, Barry W.; REED, David H.; *et al.* Realistic levels of inbreeding depression strongly affect extinction risk in wild populations. *Biological Conservation*, v. 133, n. 1, p. 42–51, 2006.
- OLNEY, Peter J. S, MACE, G. M; FEISTNER, A (Orgs.). *Creative conservation: interactive management of wild and captive animals*. London; New York: Chapman & Hall, 1994.
- PASSOS, Fernando de Camargo. Dieta de um grupo de mico-leão-preto, *Leontopithecus chrysopygus* (Mikan) (Mammalia, Callitrichidae), na Estação Ecológica dos Caetetus, São Paulo. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 16, n. suppl 1, p. 269–278, 1999.
- PEREZ-SWEENEY, Beatriz M.; VALLADARES-PADUA, Claudio; MARTINS, Cristiana Saddy; *et al.* Examination of the Taxonomy and Diversification of *Leontopithecus* using the Mitochondrial Control Region. *International Journal of Primatology*, v. 29, n. 1, p. 245–263, 2008.
- PINTO, Bruna. Influência da paisagem e das características locais na ocorrência do mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*, callitrichidae). Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia)., Universidade Estadual Paulista, Rio Claro -São Paulo, 2017.
- REED, David H; O'GRADY, Julian J; BROOK, Barry W; *et al.* Estimates of minimum viable population sizes for vertebrates and factors influencing those estimates. *Biological Conservation*, v. 113, n. 1, p. 23–34, 2003.
- REZENDE, Gabriela; KNOGGE, C; PASSOS, Fernando; *et al.* The IUCN Red List of Threatened Species 2020: *Leontopithecus chrysopygus*. [s.l.]: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2020.
- REZENDE, Gabriela. Mico-leão-preto: a história de sucesso na conservação de uma espécie ameaçada. [s.l.: s.n.], 2014.
- RIBEIRO, Milton Cezar; METZGER, Jean Paul; MARTENSEN, Alexandre Camargo; *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.
- RODRIGUEZ-TOLEDO, Erika M., MANDUJANO, Salvador; GARCÍA-ORDUÑA, Francisco. Relationships between Forest Fragments and Howler Monkeys (*Alouatta palliata mexicana*) in Southern Veracruz, Mexico. *In*: MARSH, Laura K. (Org.). *Primates in Fragments*. Boston, MA: Springer US, 2003, p. 79–97. RÖHE, Fabio, PINASSI ANTUNES, André; FARAH DE TÓFOLI, Cristina. The Discovery of a new population of black lion tamarins (*Leontopithecus chrysopygus*) in the Serra de Paranapiacaba, São Paulo, Brazil. *Neotropical Primates*, v. 11, p. 75–76, 2003.
- RUGGIERO, Leonard F., HAYWARD, Gregory D.; SQUIRES, John R. Viability Analysis in Biological Evaluations: Concepts of Population Viability Analysis, Biological Population, and Ecological Scale. *Conservation Biology*, v. 8, n. 2, p. 364–372, 1994.

- RUIZ-MIRANDA, Carlos R.; DE MORAIS, Marcio M.; DIETZ, Lou Ann; *et al.* Estimating population sizes to evaluate progress in conservation of endangered golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). PLOS ONE, v. 14, n. 6, p. e0216664, 2019.
- SANTOS, Mayara. O uso da matriz pelo mico-leão-preto, *Leontopithecus chrysopygus*, no município de Guareí, São Paulo. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado - Ciências biológicas), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - São Paulo, 2016.
- SEAL, Ulysses S., BALLOU, J. D.; PADUA, C. V. *Leontopithecus*: population viability analysis: workshop report, Belo Horizonte, Brazil, 20-23 June 1990. [s.l.: s.n., s.d.].
- SHAFFER, Mark L. Minimum Population Sizes for Species Conservation. BioScience, v. 31, n. 2, p. 131–134, 1981.
- SHERMAN, Julie, ANCRENAZ, Marc; MEIJAARD, Erik. Shifting apes: Conservation and welfare outcomes of Bornean orangutan rescue and release in Kalimantan, Indonesia. Journal for Nature Conservation, v. 55, p. 125807, 2020.
- SOS, Mata Atlântica. Chamada de projetos para unidades de conservação públicas e privadas da mata atlântica e ambientes marinhos e costeiros. [s.l.]: SOS Mata Atlântica, 2018.
- SOUZA, Carlos M.; Z. SHIMBO, Julia; ROSA, Marcos R.; *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.
- UEZU, Alexandre, METZGER, Jean Paul; VIELLIARD, Jacques M.E. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. Biological Conservation, v. 123, n. 4, p. 507–519, 2005.
- UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos. La Mata Atlántica en Argentina, Brasil y Paraguay, como bioma prioritario para la conservación. Resoluciones y Recomendaciones Congreso Mundial de la Naturaleza. Gland, Suiza: [s.n.], 2012. (UICN).
- VALLADARES-PADUA, Claudio, PADUA, Suzana M.; CULLEN, Laury. Within and surrounding the Morro do Diabo State Park: biological value, conflicts, mitigation and sustainable development alternatives. Environmental Science & Policy, v. 5, n. 1, p. 69–78, 2002.
- VALLADARES-PÁDUA, Cláudio. The ecology, behavior and conservation of the black lion tamarins. Ph.D, University of Florida, Gainesville.
- ZEIGLER, Sara L., DE VLEESCHOUWER, Kristel M.; RABOY, Becky E. Assessing Extinction Risk in Small Metapopulations of Golden-headed Lion Tamarins (*Leontopithecus chrysomelas*) in Bahia State, Brazil. Biotropica, v. 45, n. 4, p. 528–535, 2013.

