



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA



MARÍLIA NASCIMENTO DOS SANTOS

**EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO
BALANÇO TÉRMICO E HÍDRICO DO GUIGÓ-DA-
CAATINGA (*Callicebus barbarabrownae*,
HERSHKOVITZ 1990) EM PAISAGENS
FRAGMENTADAS**

São Cristóvão, SE
2025.2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA



MARÍLIA NASCIMENTO DOS SANTOS

**EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO
BALANÇO TÉRMICO E HÍDRICO DO GUIGÓ-DA-
CAATINGA (*Callicebus barbarabrownae*,
HERSHKOVITZ 1990) EM PAISAGENS
FRAGMENTADAS**

Orientador: Sidney Feitosa Gouveia

Monografia apresentada ao
Departamento de Ecologia da Universidade
Federal de Sergipe como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Ecologia.

São Cristóvão, SE
2025.2



ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO DA MONOGRAFIA

A Banca Examinadora, composta por Sidney Feitosa Gouveia, Hamilton Ferreira Barreto e Saulo Emanuel Santos Valença, sob a presidência do primeiro, reuniu-se às 10 horas do dia 24/02/2026 na sala 6A-DBI da Universidade Federal de Sergipe, para avaliar a monografia intitulada “Efeitos das mudanças climáticas no balanço térmico e hídrico do guigó-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae*, HERSHKOVITZ 1990) em paisagens fragmentadas” apresentada pelo(a) discente Marília Nascimento dos Santos do Curso de Ecologia - Bacharelado, matriculado(a) na UFS sob o nº 202200021369. Dando início às atividades, o(a) Presidente da Sessão passou a palavra ao (à) discente para proceder à apresentação da monografia. A seguir, o primeiro examinador fez comentários e arguiu o(a) discente, que dispôs de igual período para responder ao questionamento. O mesmo procedimento foi seguido com o segundo examinador. Dando continuidade aos trabalhos, o(a) Presidente da Banca Examinadora, agradeceu os comentários e sugestões dos demais membros. Com base nos preceitos estabelecidos pela Instrução Normativa 01/2020/DECO, que normatiza a elaboração e avaliação das monografias do Curso de Ecologia – Bacharelado, a Banca Examinadora decidiu pela **aprovação** do(a) discente com a média **10 (dez)**. Nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou essa Ata que será assinada pelos seus membros e, em seguida, pelo(a) discente avaliado(a).

Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos, 24 de fevereiro de 2026.

Prof(a). Orientador(a) – Presidente

1º Examinador(a)

2º Examinador(a)

Discente

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força e por iluminar meu caminho em todos os momentos desta jornada, pois sem Sua permissão, nada teria sido possível.

À minha família, pelo amor incondicional, cada sacrifício feito, pela paciência e apoio que sempre me sustentou. Aos meus pais, que me ensinaram, com exemplo e dedicação, a persistir mesmo quando o caminho pareceu difícil.

Ao meu namorado, pela compreensão nos dias cansativos, pelas palavras de incentivo e por caminhar comigo com tanto carinho e gentileza.

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Sidney Feitosa Gouveia, pela orientação, confiança e dedicação no desenvolvimento de cada trabalho ao longo dessa jornada. Sua paciência, disponibilidade e sua forma generosa de ensinar foram fundamentais para que este estudo se tornasse possível.

Aos professores do Departamento de Ecologia da UFS, agradeço por contribuírem de forma essencial para a minha formação acadêmica e despertarem em mim o amor pela Ecologia e pela conservação da nossa biodiversidade.

Aos colegas de laboratório, que sempre estiveram dispostos a me ajudar, ensinar e mostrar o caminho a seguir durante as lutas com os programas computacionais que tanto me bati nessa jornada.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, obrigada pelas risadas, pelo apoio emocional e por tornarem essa jornada mais leve.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio e cada presença fizeram toda a diferença.

Muitíssimo obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Esquema da zona de neutralidade térmica em mamíferos.....	9
Figura 2– <i>Callicebus barbarabrownae</i> macho carregando filhote. Jeremoabo, Bahia. Foto: Hamilton Ferreira Barreto.....	13
Figura 3– Esquema da modelagem mecanística utilizada no estudo.....	23
Figura 4– Relação entre a temperatura do ar e a taxa metabólica em <i>Callicebus barbarabrownae</i>	26
Figura 5– Taxa de perda de água (g/h) do <i>Callicebus barbarabrownae</i> em temperaturas extremas.....	27
Figura 6– Taxa de perda de água (ml/min) em diferentes temperaturas em <i>Callicebus barbarabrownae</i>	28
Figura 7– Distribuição da perda d’água dentro e fora dos remanescentes.....	29
Figura 8– Perda d’água projetada em diferentes cenários climáticos para áreas dentro e fora dos remanescentes florestais.	30
Figura 9– Índice de perda d’água atual e futuro (SSP2.45, SSP3.70 e SSP5.85) para <i>Callicebus barbarabrownae</i> , destacando áreas potenciais de refúgio climático.	31

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	OBJETIVOS.....	11
2.1	OBJETIVO GERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1	Espécie	12
3.2	Área de estudo.....	13
3.3	Modelos mecanísticos	14
3.4	Análise de cenários climáticos e cobertura do solo.....	24
3.5	Análise estatística.....	25
4.	RESULTADOS	25
4.1	Zona de neutralidade térmica, metabolismo e sensibilidade ao frio.....	25
4.2	Perda de água e mecanismos evaporativos.....	26
4.3	Influência da cobertura vegetal sobre a perda hídrica	28
4.4	Projeções climáticas futuras de refúgio.....	29
5.	DISCUSSÃO.....	31
5.1	Zona de neutralidade térmica, metabolismo e sensibilidade ao frio.....	32
5.2	Perda de água e mecanismos evaporativos.....	32
5.3	Influência da cobertura vegetal sobre a perda hídrica	33
5.4	Projeções climáticas futuras de refúgio.....	33
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

RESUMO

A Caatinga abriga espécies endêmicas altamente especializadas, como o primata *Callicebus barbarabrownae*, criticamente ameaçado de extinção e restrito aos Estados de Sergipe e Bahia. As mudanças climáticas intensificam os riscos para espécies sensíveis, tornando urgente compreender seus limites fisiológicos. Nosso objetivo foi investigar a ecologia biofísica de *C. barbarabrownae* em paisagens fragmentadas da Caatinga, determinando seu balanço térmico e hídrico a partir de mecanismos biofísicos e avaliando os efeitos das mudanças climáticas sobre esses processos em diferentes condições microclimáticas ao longo da paisagem. Para isso, utilizamos um modelo mecanístico de balanço térmico e hídrico implementado no pacote NicheMapR, que descreve explicitamente os processos biofísicos envolvidos na troca de energia e água entre o organismo e o ambiente, incluindo metabolismo, condução, convecção, radiação e evaporação, para avaliar as respostas fisiológicas frente a diferentes condições ambientais e simulamos cenários climáticos futuros (otimista, intermediário e pessimista) com o intuito de identificar áreas potenciais de refúgio climático para a espécie. Observamos que a espécie apresenta uma zona de neutralidade térmica estreita (aproximadamente 20 °C a 40 °C) onde acima de 30 °C ocorre aumento expressivo na perda de água, principalmente pela via respiratória, elevando o risco de estresse hídrico mesmo quando a temperatura corporal ainda se mantém dentro de limites fisiológicos adequados. Também verificamos que remanescentes florestais funcionam como refúgios climáticos, reduzindo a perda hídrica em comparação a áreas abertas, embora os cenários futuros projetem aumentos significativos em todos os contextos simulados. Concluimos que apenas no cenário mais otimista (SSP 2.45) persistem condições semelhantes às atuais em duas localidades na Chapada Diamantina (Lençóis e Morro do Chapéu), o que reforça a necessidade de conservar e conectar fragmentos florestais para garantir a sobrevivência da espécie frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Ecologia biofísica; Modelagem mecanística; Estresse hídrico; Microclima; Termorregulação.

1. INTRODUÇÃO

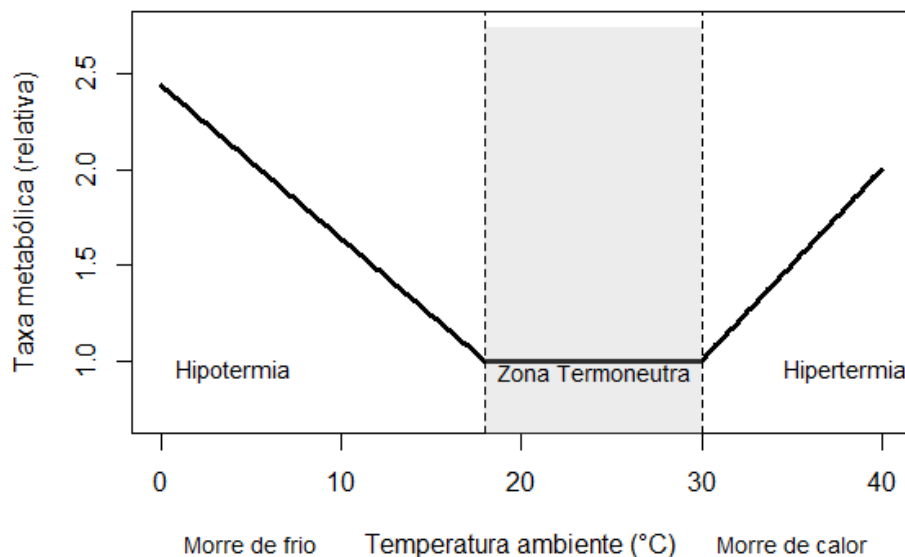
As mudanças no clima e no uso do solo estão entre as principais ameaças à biodiversidade (Brook et al. 2008). Ambas alteram a disponibilidade de recursos e a distribuição de condições ambientais na Terra. As mudanças climáticas têm provocado um aumento sistemático das temperaturas médias globais e das flutuações das condições, resultando em maior frequência de eventos climáticos extremos (IPCC, 2022). Por sua vez, as mudanças do uso do solo, especialmente a perda e fragmentação de florestas tropicais, eliminam habitats e recursos necessários às espécies, isolam populações em manchas de habitat e as expõem à novas condições microclimáticas, incluindo maiores insolação e temperaturas e menor umidade (Travis; 2003). Essas novas condições são geralmente intoleráveis à maioria das espécies florestais, as quais são extirpadas, resultando em perda de biodiversidade.

Dentre os grupos biológicos mais sensíveis à modificação de habitat estão os primatas. Esses animais são predominantemente florestais e com alta sensibilidade às condições locais e disponibilidade de recursos. Estima-se que 93% das 521 espécies conhecidas de primatas estejam em declínio, com 68% das espécies classificadas em algum grau de ameaça de extinção, principalmente em decorrência da perda e fragmentação de habitat (IUCN, 2022). Contudo, estudos indicam que muitas espécies são sensíveis também às mudanças climáticas (e.g., Meyer et al., 2017; Gouveia et al., 2016; Barreto et al., 2022). Os efeitos dessas mudanças incluem alterações nas distribuições espaciais dos ecossistemas ocupados pelos primatas, afetando a conectividade entre remanescentes (Gouveia et al., 2016), o que aumenta o isolamento e o risco de exposição em áreas abertas. Isso se dá através do stress térmico que os indivíduos são capazes de tolerar em condições de insolação máxima em áreas abertas quando são forçados a migrar entre manchas de habitat.

Para garantir suas funções metabólicas e sobreviver, os organismos buscam manter sua temperatura corporal dentro de um intervalo específico e que varia conforme a espécie. Entre animais endotérmicos, esse intervalo é definido como a faixa de temperatura que permite ao

animal minimizar o seu gasto de energia, ou taxa metabólica basal e é denominada zona de neutralidade térmica (TNZ) (Figura 1; Seabra e Dittrich, 2017). Nesse intervalo, a produção total de calor do organismo se mantém aproximadamente constante e equilibrada com a perda de calor para o ambiente, caracterizando uma condição de balanço térmico estável (Morgan et al., 1997). Em temperaturas abaixo da TNZ, ocorre um aumento na taxa metabólica como resposta a perda de calor para o ambiente, o que exige uma maior produção de calor para manter sua temperatura corporal, enquanto em temperaturas superiores da TNZ, o organismo depende de mecanismos de dissipação térmica, como o aumento da perda de calor, o que leva a um maior custo hídrico. Por serem mamíferos, portanto, animais endotérmicos, os primatas possuem alta capacidade de tolerar condições ambientais diversas, especialmente devido à sua flexibilidade comportamental, que os permite ajustar vários aspectos da conduta, padrão de atividade e estratégia de forrageio, a fim de minimizar o estresse térmico e hídrico em condições adversas (Hill et al., 2004).

Figura 1. Esquema da zona de neutralidade térmica em mamíferos.



Por outro lado, pouco se sabe sobre aspectos fisiológicos da grande maioria das espécies, incluindo capacidades de tolerância e desempenho dos indivíduos submetidos a diferentes temperaturas e níveis de desidratação. Essa falta de conhecimento fisiológico decorre principalmente de aspectos éticos ligados à experimentação de animais de médio e grande porte. Entre primatas, o grande volume de estudos fisiológicos e biomédicos é restrito a poucas espécies, tais como o macaco rhesus, o chimpanzé e o saimiri, e com foco em questões em experimentação farmacêutica, neurociência e doenças infecciosas ligadas à saúde humana (Fortman et al., 2017). Portanto, o conhecimento sobre a diversidade fisiológica de primatas é restrito, sobretudo em relação à ecologia termal.

Uma maneira de contornar essa dificuldade é investigar aspectos fisiológicos a partir de modelos mecânicos baseados em princípios biofísicos. Esses modelos permitem calcular o balanço (i.e., ganho ou perda) de calor e de água a partir de equações que descrevem os processos biofísicos comuns a quaisquer organismos, tais como metabolismo, convecção, condução, radiação, emissão e evaporação. Esses processos são bem conhecidos e envolvem equações específicas que calculam os fluxos de calor e de água em função de aspectos morfológicos das espécies e de características físicas do ambiente. Diversos estudos têm empregado esses modelos, obtendo alta capacidade preditiva para diferentes aspectos da vida dos organismos, como padrão de atividade, fenologia e distribuição geográfica (e.g., Kearney et al., 2018).

No Brasil, país com a maior diversidade de primatas do mundo, não há estudos focados em ecologia biofísica de primatas. Neste trabalho, investigamos a ecologia biofísica do guigó-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae*), espécie de primata adaptada às condições climáticas da Caatinga, ecossistema brasileiro que apresenta as condições térmicas e hídricas mais rigorosas no Brasil.

De acordo com Gouveia et al. (2016), a configuração da paisagem na Caatinga tem sido drasticamente alterada por mudanças no uso do solo e pelas mudanças climáticas, o que tende a agravar o isolamento populacional e reduzir a disponibilidade de habitats adequados para espécies endêmicas. Guerreiro (2024) reforça que *C. barbarabrownae* ocorre preferencialmente em fragmentos com menor impacto antrópico, o que ressalta a importância

de considerar a paisagem local para estudos voltados à conservação. Nesse sentido, a escolha da Caatinga como área de referência permite avaliar como o ambiente influencia diretamente as respostas fisiológicas de espécies ameaçadas. Essas condições devem representar um enorme desafio fisiológico para os guigós.

Assim, desenvolvemos modelos biofísicos para essa espécie, como fizemos para sua espécie-irmã da Mata Atlântica. Contudo, avançamos com nossos modelos para tentar estimar o balanço térmico da espécie, não somente em condições de habitat florestal, mas em áreas abertas, buscando entender o impacto da exposição máxima sobre a biologia termal da espécie durante a dispersão entre manchas de habitat. Essa abordagem permitiu entender como a espécie pode ser afetada em termos de hipertermia e desidratação em um contexto metapopulacional. Esse conhecimento indicou o tempo máximo e a distância máxima possível da espécie em condições de exposição máxima, permitindo entendermos como a distribuição atual dos remanescentes da Caatinga podem restringir a mobilidade da espécie na paisagem e assim subsidiar ações de manejo e restauração florestal orientadas para esta espécie.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o balanço térmico e hídrico de guigós-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae*) em função de mecanismos biofísicos ao longo de paisagens fragmentadas da Caatinga e avaliar o efeito de mudanças climáticas sobre esses processos fisiológicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desenvolver um modelo mecanístico de balanço de calor específico para *Callicebus barbarabrownae* a partir de equações biofísicas de troca de energia e massa;
2. Determinar a variação da taxa metabólica da espécie em função da temperatura;
3. Aplicar os modelos ao longo do espaço geográfico, incluindo condições florestais e matrizes da paisagem, a partir das áreas de distribuição da espécie;

4. Avaliar os efeitos das mudanças climáticas em diferentes cenários futuros sobre o balanço térmico e hídrico de *Callicebus barbarabrownae*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Espécie

O guigó-da-Caatinga (*Callicebus barbarabrownae*) (Figura 2) é um primata endêmico de Sergipe e do norte da Bahia, restrito a fragmentos florestais dentro do domínio da Caatinga e classificado como criticamente em perigo. Segundo Guerreiro (2024), sua ocorrência está diretamente associada a áreas com cobertura vegetal nativa preservada e maior conectividade entre fragmentos. Barreto et al. (2022) demonstram que a espécie enfrenta múltiplas ameaças simultâneas, como a perda de habitat, a degradação ambiental e a baixa viabilidade populacional, fatores que afetam diretamente sua distribuição e aumentam seu risco de extinção. A escolha dessa espécie para estudos fisiológicos justifica-se por sua vulnerabilidade ecológica e pela necessidade de compreender como limitações fisiológicas afetam sua sobrevivência diante das mudanças climáticas.

Figura 2. *Callicebus barbarabrownae* macho carregando filhote. Jeremoabo, Bahia. Foto: Hamilton Ferreira Barreto.



3.2 Área de estudo

A área de estudo corresponde ao bioma Caatinga, ecossistema semiárido caracterizado por elevadas temperaturas, baixa umidade relativa e escassez de água durante grande parte do ano. Essas condições impõem pressões ambientais severas sobre a fauna local, especialmente sobre espécies com baixa tolerância térmica e hídrica. As localidades utilizadas para investigar o balanço térmico e hídrico dos guigós foram obtidas do estudo de Barreto et al. (2022), que reuniu 128 registros de ocorrência da espécie e organizados em 49 fragmentos florestais, nos estados da Bahia e de Sergipe.

3.3 Modelos mecanísticos

Os modelos mecanísticos baseados em processos biofísicos permitem descrever o funcionamento dos organismos a partir de princípios físicos e fisiológicos fundamentais, como as trocas de energia e água com o ambiente. Nesses modelos o metabolismo, condução, convecção, radiação e evaporação são representados por equações específicas, o que possibilita avaliar as respostas dos organismos a diferentes condições ambientais ao longo do espaço e do tempo. Por considerar diretamente os limites fisiológicos dos organismos, esse tipo de modelagem é utilizado na avaliação da vulnerabilidade das espécies diante de variações microclimáticas e de cenários de mudanças climáticas (Kearney & Porter, 2017).

O NichemapR é um conjunto de programas desenvolvido para o ambiente de programação R, voltado para modelagem mecanística de nicho ecológico e microclima, com base nos princípios da ecologia biofísica. Seu objetivo é avaliar se um organismo é capaz de sobreviver e persistir em determinado local e período, considerando restrições físicas e fisiológicas fundamentais, como superaquecimento, desidratação e inanição (Kearney & Porter, 2017).

Cada processo biofísico envolvido no balanço térmico e hídrico dos organismos é representado por uma equação específica, com parâmetros morfológicos e ambientais. Essas equações envolvem parâmetros morfológicos tais como tamanho, forma, coeficiente de transferência de calor, condutividade térmica, absorvância, entre outros (Tabela 1). Alguns desses parâmetros são específicos da espécie, como a massa e forma corporal, comprimento e cor do pelo (que determina o coeficiente de transferência de calor e absorvância), enquanto outros parâmetros são comuns aos mamíferos em geral, como a condutividade do tecido dos animais. Parâmetros específicos de *C. barbarabrownae* foram mensurados a partir da literatura e de espécimes preservados na coleção de mamíferos da UFS, enquanto demais parâmetros foram obtidos da literatura.

Tabela 1. Parâmetros morfológicos e biofísicos para obter informações sobre o microclima local.

1. Microclima acima do solo (ambientais)

Parâmetro	Valor	Descrição
TA	Estimado localmente	Temperatura do ar na altura local
TAREF	Estimado localmente	Temperatura do ar na altura de referência
TGRD	Estimado localmente	Temperatura do solo
TSKY	Estimado localmente	Temperatura do céu
VEL	Estimado localmente	Velocidade do vento
RH	Estimado localmente	Humidade relativa
QSOLR	Estimado localmente	Radiação solar, plano horizontal
Z	90	Ângulo zenital do sol (graus acima)
ELEV	0	Elevação (m)
ABSSB	0.8	Absortividade solar do substrato (fracionário, 0-1)

2. Outras variáveis ambientais (fluido)

Parâmetro	Valor	Descrição
------------------	--------------	------------------

FLTYPE	0	Tipo de fluido: 0 (ar); 1 = água doce; 2 = água salgada
TCONDSB	Estimado localmente	Temperatura da superfície para condução
KSUB	2.79	Condutividade térmica do substrato
TBUSH	Estimado localmente	Temperatura da vegetação
BP	-1	Pa, negativo significa que a elevação é usada
O2GAS	20.95	Concentração de oxigênio no ar, para levar em conta concentrações não atmosféricas, por ex. em tocas
R_PCO2	CO2GAS / 100	Referência à concentração de dióxido atmosférico no ar
PDIF	0.15	Proporção de radiação solar difusa (fracionária, 0-1)
2.1 Comportamento		
SHADE	1	Nível de sombra
UNCURL	0.1	Permite que o animal se desenrole para SHAPE_B_MAX, o valor sendo o incremento SHAPE_B é aumentado por iteração
TC_INC	0.1	Ativa a elevação da temperatura central, sendo o valor o incremento pelo qual o TC é aumentado por interação

PCTWET_INC	0.1	Ativa a transpiração, sendo o valor o incremento pelo qual o PCTWET é aumentado por iteração
PCTWET_MAX	70	Área de superfície máxima que pode ser molhada
AK1_INC	0.1	Ativa o aumento da condutividade térmica (W/mK), sendo o valor o incremento pelo qual AK1 é aumentado por iteração
AK1_MAX	2.8	Condutividade máxima do tecido
PANT	1	Multiplicador na frequência respiratória para simular respiração ofegante
PANT_INC	0.1	Incremento para multiplicador na frequência respiratória para simular respiração ofegante
PANT_MULT	1.05	Multiplicador na taxa metabólica basal no nível máximo de respiração ofegante

3. Morfologia

3.1 Geometria

AMASS	1.2	Kg (massa corporal) (Jerusalinsky, 2013)
ANDENS	1000	Kg/m ³ (densidade)
FATPCT	20	Percentual de gordura corporal (%)
SHAPE	4	Forma (1 é cilindro, 2 é esfera, 3 é placa, 4 é elipsoide)

SHAPE_B	7	Relação entre eixo longo e curto, deve ser > 1 (medida empiricamente)
SHAPE_B_MA X	7	Relação máxima possível entre eixo longo e curto, deve ser > 1 (-)
SHAPE_C	Estimado localmente	Relação atual de comprimento:altura (placa)
PVEN	0.3	Fração da área de superfície que é o pêlo ventral (fracionário, 0-1)
PCOND	0	Fração da área de superfície que toca o substrato (fracionário, 0-1)
SAMODE	2	Se 0, usa a área de superfície para a geometria do parâmetro SHAPE, se 1, usa a alometria da área de superfície da pele do pássaro de Walsberg & King. 1978. JEB 76:185–189, se 2 usa a área de superfície de mamíferos de Stahl 1967.J. Aplicativo. Fisiol.
ORIENT	1	se 1 = normal aos raios solares (maximização do calor), se 2 = paralelo aos raios solares (minimização do calor), 3 = vertical e variando com a altitude solar, #ou 0 = média

3.2 Propriedades de pele

FURTHRMK	0	Condutividade térmica da pele especificada pelo usuário (W/mK), não usada se 0
DHAIRD	3.00E-05	Diâmetro do pêlo, dorsal (m)
DHAIRV	3.00E-05	Diâmetro do pêlo, ventral (m)

LHAIRD	5.70E-02	Comprimento do pêlo, dorsal (m)
LHAIRV	4.40E-02	Comprimento do pêlo, ventral (m)
ZFURD_MAX	Estimado localmente	Profundidade máxima do pêlo, dorsal (m)
ZFURV_MAX	Estimado localmente	Profundidade máxima do pêlo, ventral (m)
ZFURD	2.20E-02	Profundidade do pêlo, dorsal (m)
ZFURV	1.70E-02	Profundidade do pêlo, ventral (m)
RHOD	3.00E+07	Densidade do pêlo, dorsal (1/m ²)
RHOV	3.00E+07	Densidade do pêlo, ventral (1/m ²)
REFLD	0.2	Refletividade da pele dorsal (fracionária, 0-1)
REFLV	0.2	Refletividade da pele ventral (fracionária, 0-1)
ZFURCOMP	Estimado localmente	Profundidade do pêlo comprimido (para condução) (m)
KHAIR	0.209	Condutividade térmica do pelo
XR	1	Profundidade fracionária da pele na qual a radiação de ondas longas é trocada (0-1)

3.3 Troca de radiação

EMISAN	0.99	Emissividade animal (-)
--------	------	-------------------------

FABUSH	0	Isto é para vegetais abaixo/ao redor do animal (no TALOC)
FGDREF	0.5	Fator de configuração de referência para terra
FSKREF	0.5	Fator de configuração para o céu
4. Fisiologia		
4.1 Térmico		
TC	37	Temperatura interna
TC_MAX	39	Temperatura interna máxima
AK1	0.9	Condutividade térmica inicial do tecido (0,412 - 2,8 W/m°C)
AK2	0.23	Condutividade da gordura (W/m°C)
4.2 Evaporação		
PCTWET	0.5	Parte da superfície da pele que está molhada (%)
FURWET	0	Parte do pelo que fica molhada depois da chuva (%)
PCTBAREVAP	0	Área de superfície para evaporação que é a pele, por ex. lambendo patas (%)
PCTEYES	0	Área de superfície composta pelo olho (%) - zero se estiver dormindo

DELTAR	0	Deslocamento entre a temperatura do ar e a respiração (°C)
--------	---	------------------------------------------------------------

RELXIT	100	Umidade relativa do ar exalado, %
--------	-----	-----------------------------------

4.3 Metabolismo/Respiração

QBASAL	$(70 * AMASS ^ 0.75) * (4.185 / (24 * 3.6))$	Geração de calor basal (W) de Kleiber (1947)
--------	----------------------------------------------	----------------------------------------------

RQ	0.8	Quociente respiratório (fracionário, 0-1)
----	-----	-------------------------------------------

EXTREF	20	Eficiência de extração de O2 (%)
--------	----	----------------------------------

PANT_MAX	5	Multiplicador de frequência respiratória máxima para simular respiração ofegante (-)
----------	---	--------------------------------------------------------------------------------------

PZFUR	0	Redução fracionária incremental em ZFUR do estado piloereto (-) (um valor maior que zero desencadeia resposta de piloereção)
-------	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Q10	2	Fator Q10 para ajuste da TMB para TC
-----	---	--------------------------------------

TC_MIN	19	Temperatura central mínima durante o torpor (TREGMODE = 0)
--------	----	------------------------------------------------------------

5. Condições inicial

TS	TC-3	Temperatura da pele (°C)
----	------	--------------------------

TFA	TA	Temperatura da interface pele/ar (°C)
-----	----	---------------------------------------

6. Outras configurações do modelo

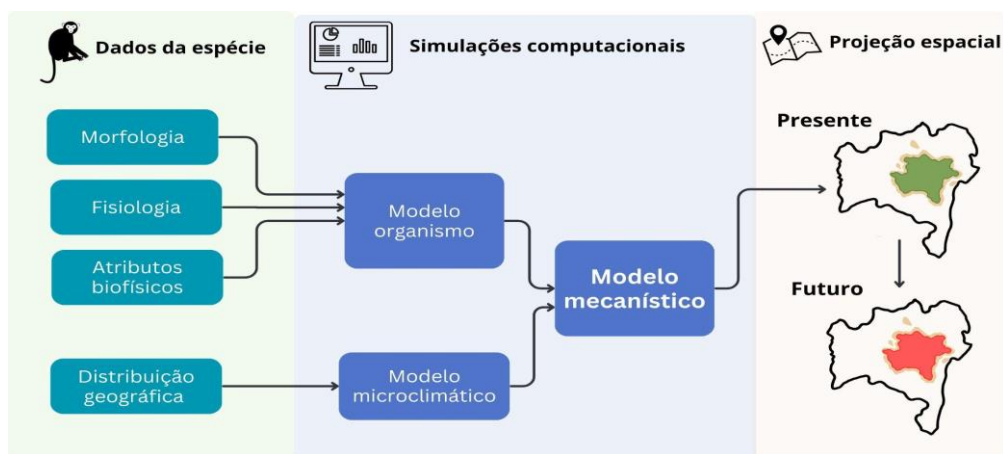
DIFTOL	0.001	Tolerância para SIMULSOL
THERMOREG	1	Invocar resposta termorreguladora
RESPIRE	1	Calcular a respiração e a perda de calor associada
TREGMODE	1	0 = torpor, 1 = levantar o núcleo, depois ofegar e depois suar, 2 = levantar o núcleo e ofegar simultaneamente, depois suar

Para tratar as equações simultaneamente, utilizamos um modelo computacional dinâmico (Figura 3) que resolve numericamente os vários processos envolvidos (i.e., metabolismo, convecção, condução, radiação, emissão e evaporação). Este modelo computacional foi desenvolvido por Kearney & Porter (2017), através do módulo ‘endotherm’ do pacote NicheMapR, em ambiente R (R Core Team, 2025). Em endotérmicos, o modelo não busca estimar de forma direta a temperatura corporal, mas calcula a taxa metabólica necessária para manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos adequados. Isso permite determinar o custo metabólico em diferentes temperaturas, podendo indicar a zona de neutralidade térmica (TNZ), a faixa de temperatura corporal em que o gasto metabólico em repouso é minimizado.

O modelo requer informações dos parâmetros morfológicos indicados acima, além de informações da localidade de ocorrência dos organismos para poder obter informações sobre o microclima local. A partir dessas informações, são estimadas condições microclimáticas locais, as quais são incorporadas ao modelo mecanístico que deriva as estimativas de balanço térmico e hídrico dos organismos. Esse procedimento é realizado por outro módulo do pacote NicheMapR, chamado ‘microclim’, que integra dados climáticos global mensal com características locais do ambiente, estimando variáveis como temperatura do ar seco e úmido,

radiação solar e umidade, utilizando também dados sobre altura, altitude, cobertura de sombra, horário, posição geográfica, tipo do solo (Kearney & Porter, 2017).

Figura 3. Esquema da modelagem mecânica utilizada no estudo.



Neste estudo, utilizamos a função *micro_global*, que utiliza dados mensais globais de condições macroclimáticas para estimar as condições microclimáticas na área de distribuição da espécie, nos pontos de ocorrência do *Callicebus barbarabrownae*. Os dados climáticos de entrada foram obtidos do WorldClim v2.1, com resolução espacial de 2,5 minutos de arco (~4–5 km). Os dados de altitude foram obtidos a partir de modelos digitais de elevação globais, e as informações de cobertura vegetal a partir do conjunto de dados de cobertura florestal de Hansen et al. (2013). Todos os mapas ambientais utilizados como entrada no modelo foram reamostrados para a resolução de 2,5 minutos de arco, de forma que as estimativas microclimáticas geradas também apresentaram essa mesma resolução espacial.

As estimativas geradas são então incorporadas ao modelo endotérmico, simulando o balanço térmico e hídrico da espécie, em diferentes tipos de cobertura vegetal e cenários climáticos para o presente e futuro. Inicialmente, estimamos a zona de neutralidade térmica (TNZ) da espécie, a partir da simulação do metabolismo em diferentes temperaturas do ar. A TNZ representa o intervalo de temperatura em que o guigó minimiza o gasto de energia para

manter a temperatura do corpo. Chegamos a essa estimativa observando as curvas geradas pelo modelo, o que nos permitiu visualizar o ponto em que o metabolismo começa a aumentar com o frio ou com o calor.

3.4 Análise de cenários climáticos e cobertura do solo

A partir das informações de distribuição espacial da espécie (i.e., coordenadas geográficas) obtivemos informações sobre os remanescentes florestais de ocorrência das populações, aspectos microambientais e da paisagem, tais como proporção de abertura da cobertura vegetal e tipo de uso do solo. Essas informações foram obtidas a partir da plataforma MapBiomas (mapbiomas.org), já o dado de abertura da cobertura florestal foi obtido a partir dos dados de Hansen et al. (2013), correspondendo à percentagem de cobertura arbórea por pixel e foi utilizado para estimar o grau de abertura dos fragmentos florestais ao longo da paisagem. Com essas informações, podemos parametrizar nossos modelos biofísicos, considerando todas as informações locais e elaboração de mapas de superfície térmicas, que indicam o stress térmico e hídrico específicas para os guigós, ao longo do espaço.

Para investigar como mudanças climáticas e simplificação florestal afetam a ecologia termal de *C. barbarabrownae*, simulamos mudanças nos parâmetros do módulo microclim, especificamente das temperaturas locais, com base nos cenários climáticos disponíveis para o período entre 2060 e 2080. Os cenários descrevem diferentes trajetórias possíveis do clima global segundo as diferentes medidas que a comunidade global irá adotar nas próximas décadas (IPCC 2022). Esses cenários incluem um mais otimista, o RCP 2.45, em que as emissões globais são cessadas, um intermediário, RCP 3.70, em que as emissões seguem aumentando na taxa atual, até um cenário mais pessimista, o RCP 5.85, em que as emissões sofrem um aumento nos próximos anos. A partir da introdução de temperaturas dos cenários do modelo de circulação global para o futuro, os modelos mecanísticos da espécie recalculam seu balanço térmico, fornecendo um indicador do efeito da mudança climática sobre aquela população analisada.

3.5 Análise estatística

Para testar diferenças entre os valores obtidos nas simulações (por exemplo, entre cenários climáticos, tipos de cobertura vegetal ou condições ambientais), foi aplicado o teste não paramétrico de Wilcoxon, uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal. Todos os procedimentos de manipulação de dados, elaboração dos modelos e análise de dados foram realizados no software R (R Core Team, 2025).

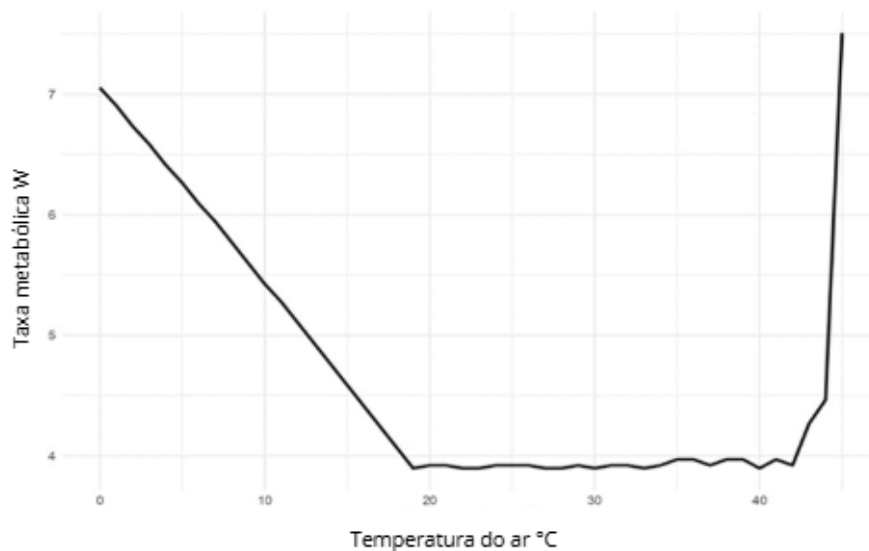
4. RESULTADOS

4.1 Zona de neutralidade térmica, metabolismo e sensibilidade ao frio

Os resultados do modelo mostram que o Balanço Energético (ENBAL) se manteve estável entre todos os cenários simulados. Isso porque, em todos eles, a temperatura corporal da espécie continuou dentro da zona de neutralidade, sem exigir grandes respostas fisiológicas. As maiores mudanças apareceram na perda de água, que variou bastante entre os diferentes tipos de cobertura vegetal e também entre os cenários climáticos, principalmente nos mais extremos.

Os dados fisiológicos obtidos para *Callicebus barbarabrownae* mostram que a espécie consegue manter sua temperatura corporal equilibrada com gasto energético mínimo em temperaturas que variam de 20 °C até cerca de 40 °C, no entanto, a partir dos 30 °C, a perda de água começa a aumentar mais rapidamente, indicando que, embora o guigó ainda esteja dentro da TNZ, ele já começa a enfrentar um gasto hídrico maior. Esses resultados indicam que, apesar de o *Callicebus barbarabrownae* suportar temperaturas de até 40 °C, sua faixa térmica mais confortável concentra-se entre 20 °C e 30 °C, quando o metabolismo e a perda d'água são menores (Figura 4).

Figura 4. Relação entre a temperatura do ar e a taxa metabólica em *Callicebus barbarabrownae*.

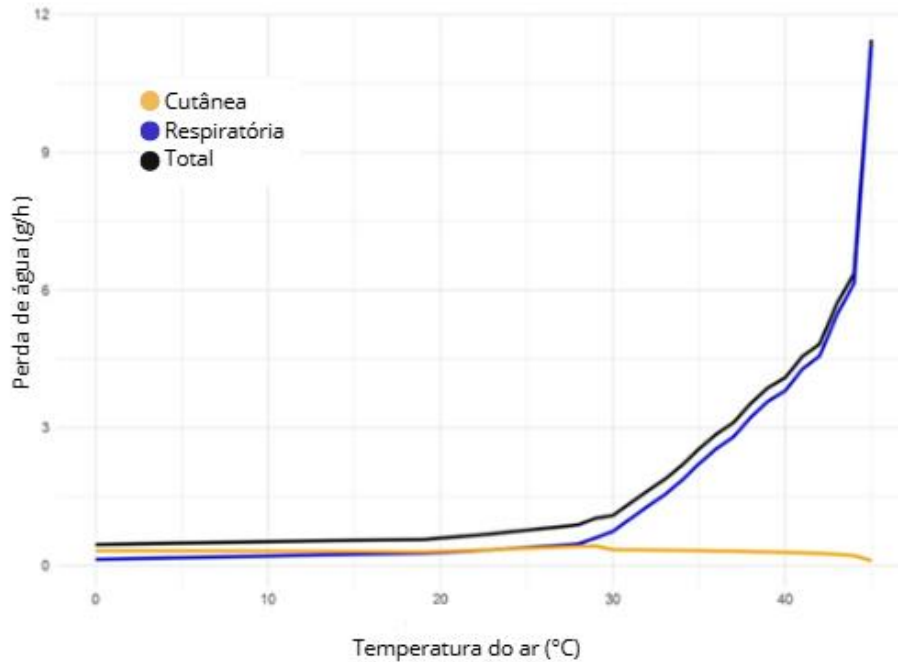


Em temperaturas abaixo da TNZ, o metabolismo também se eleva consideravelmente, evidenciando a alta sensibilidade da espécie ao frio.

4.2 Perda de água e mecanismos evaporativos

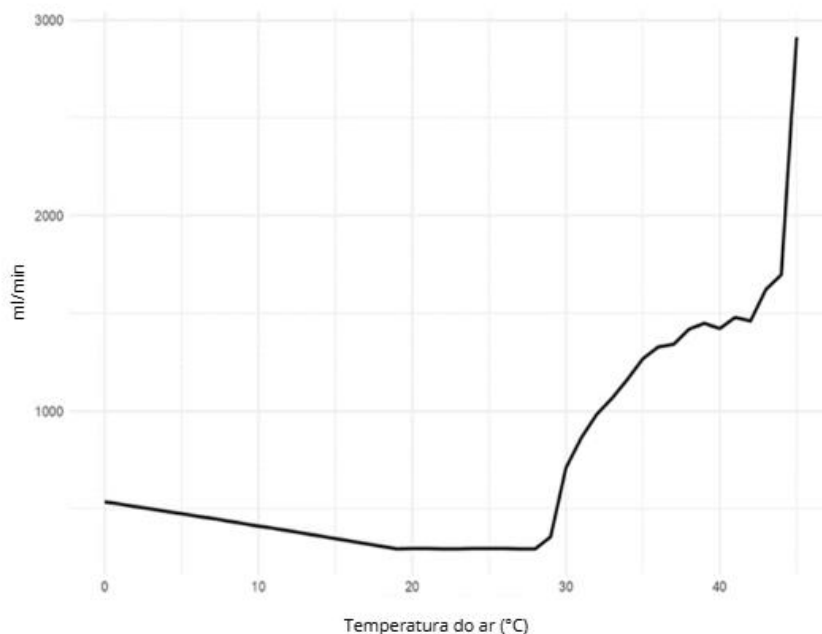
A análise da perda de água (Figura 5) mostra que, até aproximadamente 30 °C, os valores se mantêm baixos, o que indica predominância da via respiratória em relação à via cutânea. Acima desta temperatura, há um aumento na perda hídrica tanto por transpiração quanto por respiração, indicando o uso da ofegação como principal mecanismo para diminuir o calor excessivo.

Figura 5. Taxa da perda em gramas de água por hora do *Callicebus barbarabrownae* em temperaturas extremas.



Esse padrão de resposta fisiológica com o metabolismo aumentando no frio e a perda de água crescendo no calor, indica que a espécie consegue manter sua temperatura corporal estável mesmo diante de diferentes condições ambientais. Acima de 30°, observa-se um aumento da perda d'água (Figura 6), o que sugere o uso de mecanismo evaporativos de dissipação térmica, como ofegação e sudação.

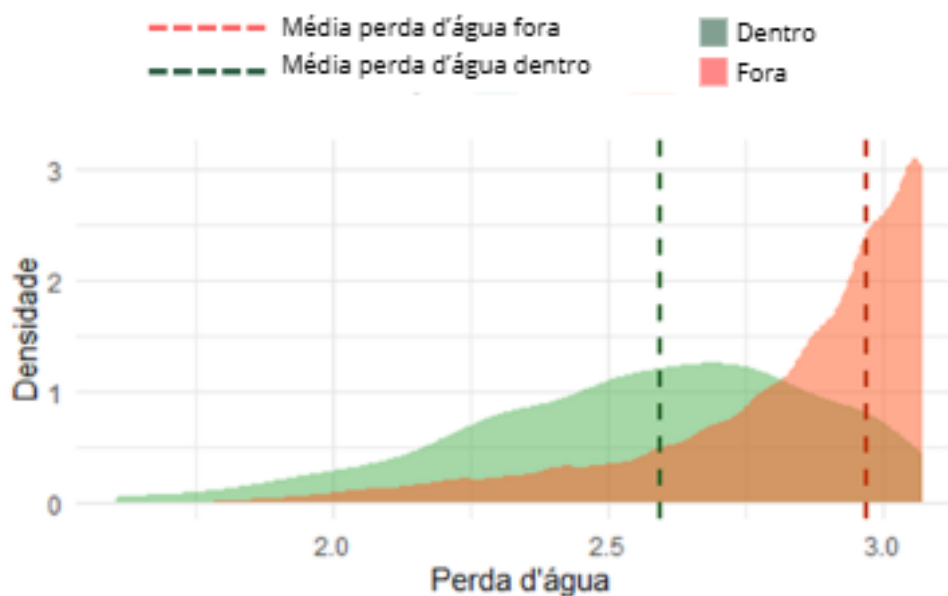
Figura 6. Taxa da perda de água (ml/min) em diferentes temperaturas de *Callicebus barbarabrownae*.



4.3 Influência da cobertura vegetal sobre a perda hídrica

A análise da perda d'água nas áreas de ocorrência da espécie revelou que os menores valores estão concentrados nos remanescentes florestais onde vive o guigó, enquanto os maiores valores foram observados fora desses fragmentos (Figura 7). Isso indica que os ambientes ocupados pela espécie oferecem melhores condições microclimáticas, com menor estresse hídrico, provavelmente devido à vegetação mais densa e à umidade local. De forma mais clara, a perda média foi de aproximadamente 2,6 g/h dentro dos remanescentes e 2,9 g/h fora deles, o que mostra a importância da vegetação na regulação climática em geral e fisiológica dessa espécie. Os resultados indicaram que a diferença foi estatisticamente significativa, reforçando o papel dos remanescentes na proteção térmica e hídrica da espécie.

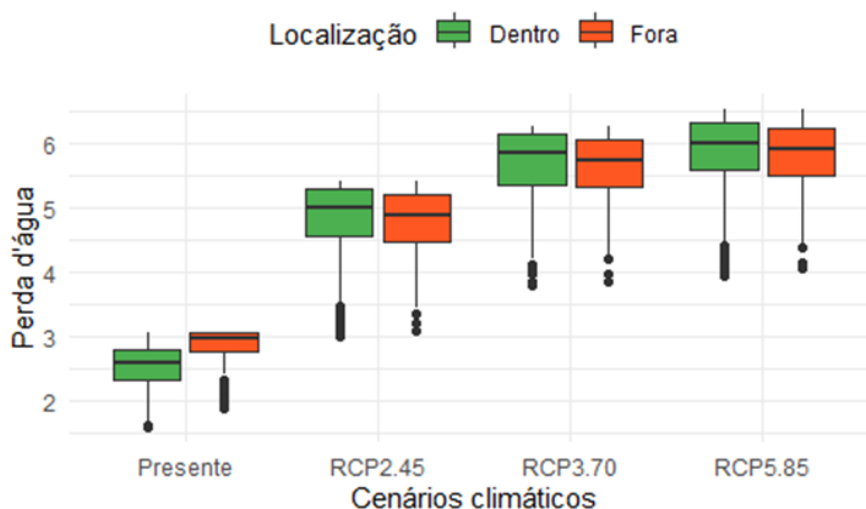
Figura 7. Distribuição da perda d'água em áreas dentro e fora dos pontos de ocorrência do *Callicebus barbarabrownae*.



4.4 Projeções climáticas futuras de refúgio

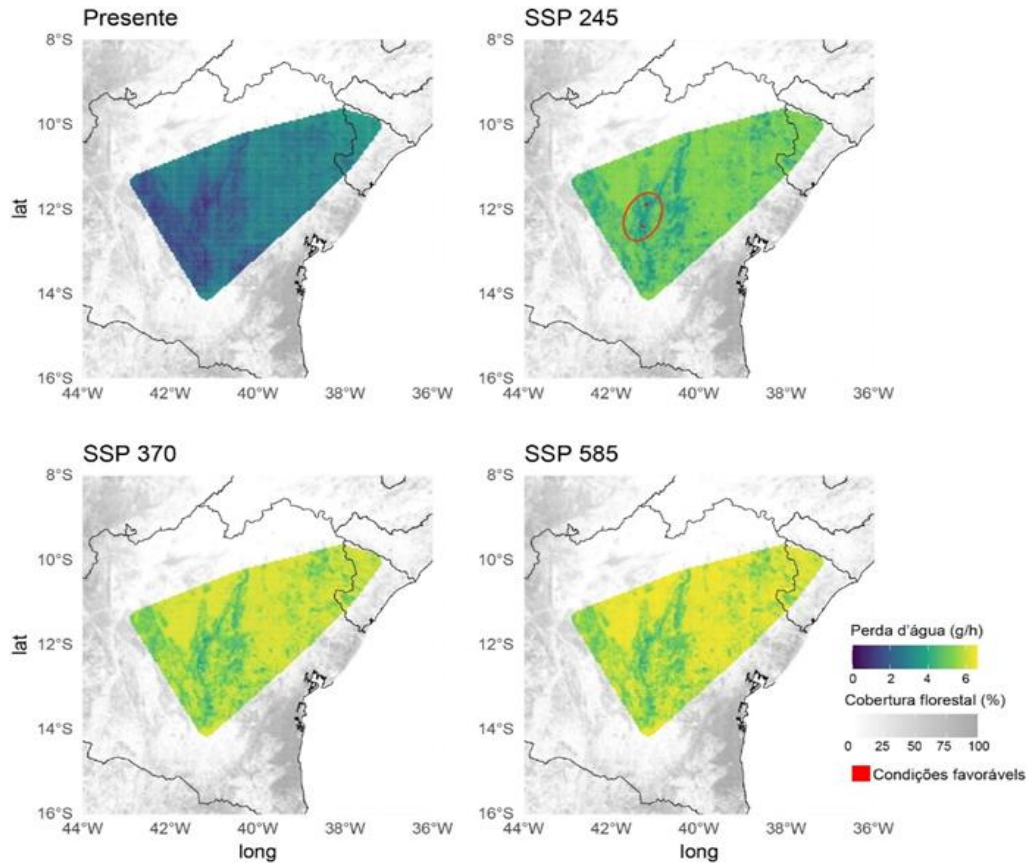
Os dados referentes à perda d'água projetada para diferentes cenários climáticos indicam um aumento progressivo do estresse hídrico em toda a área de ocorrência de *Callicebus barbarabrownae*. Nos cenários intermediário (RCP3.70) e pessimista (RCP5.85), os níveis de perda d'água foram semelhantes, mas mesmo no cenário mais otimista (RCP2.45), os valores dentro dos remanescentes foram mais altos do que aqueles registrados fora deles no presente (Figura 8).

Figura 8. Perda d'água em diferentes cenários climáticos para áreas dentro e fora dos pontos de ocorrência do *Callicebus barbarabrownae*.



Com base na simulação do cenário mais otimista, identificamos algumas áreas dentro dos remanescentes florestais onde a perda d'água prevista ainda está com condições favoráveis e dentro dos limites atuais da espécie, destacadas em vermelho (Figura 9). Essas células ficam em dois pontos no município de Lençóis e dois em Morro do Chapéu, Chapada Diamantina-BA, e apresentam valores iguais ou até menores do que o máximo registrado hoje dentro da distribuição do guigó. Isso mostra que, mesmo com as mudanças climáticas, ainda restam alguns pontos que podem continuar sendo adequados para a espécie no futuro. No entanto, essas áreas são muito restritas e pontuais na paisagem, o que reforça a vulnerabilidade da espécie e a importância de conservar esses fragmentos de vegetação nativa. A figura mostra os mapas do índice climático atual e nos três cenários futuros (SSP2.45, SSP3.70 e SSP5.85), com as cores indo do azul (menor perda d'água) até o amarelo (maior perda d'água), e o fundo cinza representando a vegetação.

Figura 9. Mapas do índice de perda d'água para *Callicebus barbarabrownae* no presente e em três cenários futuros de mudança climática.



5. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que *Callicebus barbarabrownae* apresenta uma zona de neutralidade térmica relativamente estreita, onde o balanço energético se mantém estável, mas com aumento da perda hídrica em temperaturas mais elevadas. Além disso, observou-se que a cobertura vegetal tem papel fundamental no estresse térmico e hídrico do guigó-da-Caatinga, como refúgio microclimático em paisagens fragmentadas. As projeções

climáticas futuras indicam um agravamento dessas condições, com redução das áreas potencialmente adequadas à manutenção do balanço térmico e hídrico.

5.1 Zona de neutralidade térmica, metabolismo e sensibilidade ao frio

Os resultados do modelo mecanístico indicam que, mesmo que *Callicebus barbarabrownae* suporte até 40 °C, sua faixa mais confortável de temperatura fica entre 20 °C e 30 °C, onde o metabolismo e a perda d'água se mantêm mais baixos (Figura 4). Essa resposta indica que o guigó-da-Caatinga apresenta baixa tolerância térmica, dependendo de ajustes metabólicos e comportamentais para lidar com variações ambientais extremas (Morgan et al., 1997). A ofegação constitui uma estratégia fisiológica eficiente para a termorregulação em situações de calor intenso (Hill et. al., 2011). Esse tipo de resposta é comum entre mamíferos em estresse térmico, embora envolva um elevado custo hídrico para o organismo (Maloney et al., 2007). Esse fator se torna ainda mais relevante considerando que *C. barbarabrownae* é endêmico da Caatinga, um bioma com altas temperaturas, baixa umidade relativa e escassez de água durante boa parte do ano. Nesse contexto, estratégias de termorregulação baseadas em perda hídrica, como a ofegação, podem se tornar desvantajosas em períodos de seca, aumentando a vulnerabilidade da espécie diante de condições ambientais extremas.

5.2 Perda de água e mecanismos evaporativos

A partir das análises realizadas, foi revelado que a zona de neutralidade térmica da espécie é relativamente estreita, o que significa que pequenas variações fora dessa faixa exigem ajustes fisiológicos (Figuras 5 e 6). Além disso, o aumento do metabolismo e da perda de água em temperaturas mais altas pode limitar os períodos de atividade de guigó-da-Caatinga (Figura 6), forçando a adoção de estratégias comportamentais como maior atividade em horários mais amenos ou o uso de refúgios térmicos. Segundo Campos e Fedigan (2009), primatas como os macacos-pregos, que vivem em florestas tropicais sazonais, apresentam esse tipo de adaptação para evitar as horas mais quentes do dia, mantendo o equilíbrio térmico e minimizando o estresse hídrico.

Essa limitação fisiológica, combinada com as projeções climáticas para a Caatinga, torna a situação da espécie ainda mais preocupante. De acordo com Marques, Cunha e Ferrari (2020), o aumento da temperatura média, aliado à intensificação de eventos extremos de calor e seca, podem comprometer seriamente a sobrevivência de primatas endêmicos do Nordeste brasileiro, como o *C. barbarabrownae*. Os autores reforçam a importância de integrar dados fisiológicos às estratégias de conservação, principalmente em biomas semiáridos, onde o estresse térmico e hídrico tende a se intensificar nas próximas décadas.

5.3 Influência da cobertura vegetal sobre a perda hídrica

Em relação à diferença entre os balanços térmico e hídrico entre áreas abertas e fechadas, sabe-se que primatas em geral tendem a selecionar habitats com maior conforto térmico e maior disponibilidade de recursos, o que pode explicar essa preferência por áreas com menor perda d'água (Sousa et al., 2021; Rylands & Mittermeier, 2009). Fragmentos de vegetação mais conservados, como os que formam essa região central de ocorrência da espécie, costumam apresentar microclimas mais favoráveis à sobrevivência de espécies sensíveis às variações climáticas (Albuquerque et al., 2012). Esses resultados reforçam a importância da conservação dessas áreas como refúgios ecológicos dentro da Caatinga (Figura 7).

5.4 Projeções climáticas futuras de refúgio

Segundo o IPCC (2021), o aumento das temperaturas e a redução da umidade devem afetar significativamente os biomas semiáridos da América do Sul, incluindo a Caatinga (Figura 8). Neste contexto, as áreas prioritárias de presença da espécie podem atuar como refúgios climáticos, oferecendo condições mais favoráveis para sua existência (Figura 9). A literatura destaca que a conectividade entre esses fragmentos é essencial para a conservação de espécies ameaçadas, especialmente em paisagens fragmentadas e sujeitas a mudanças climáticas (Galetti et al., 2017; Loyola, 2014). Considerando que *C. barbarabrownae* é uma das espécies de primatas mais ameaçadas do Brasil (Mendes et al., 2008), a proteção de áreas com menor perda hídrica deve ser priorizada em estratégias de conservação, contribuindo para garantir sua existência a longo prazo.

6. CONCLUSÕES

Neste estudo, investigando a ecologia biofísica do primata neotropical endêmico dos Estados de Sergipe e Bahia, *Callicebus barbarabrownae*, através de um modelo mecanístico de balanço térmico e hídrico, obtivemos evidências de que a espécie possui uma zona de neutralidade térmica estreita e é altamente sensível a variações ambientais.

Nossos resultados demonstram que, apesar de manter a temperatura corporal estável em ampla faixa de temperatura do ar, a perda de água aumenta significativamente acima dos 30 °C, elevando o custo fisiológico e reduzindo a tolerância a cenários de calor extremo. Nosso modelo também aponta que os remanescentes florestais funcionam como refúgios climáticos, minimizando a perda hídrica e garantindo melhores condições para a espécie, mas que, mesmo no cenário climático mais otimista, restarão poucas áreas com condições semelhantes às atuais, todas localizadas na Chapada Diamantina. Esses achados reforçam a urgência de conservar e conectar os fragmentos de vegetação nativa, especialmente em uma paisagem já altamente fragmentada como a Caatinga, considerando não só a distribuição espacial da espécie, mas também suas limitações fisiológicas diante das mudanças climáticas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; SILVA, A. C. *Caatinga: ecologia e conservação*. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2012.

BARRETO, H. F. et al. Viability meets suitability: distribution of the extinction risk of an imperiled titi monkey (*Callicebus barbarabrownae*) under multiple threats. *International Journal of Primatology*, v. 43, p. 114–132, 2022. DOI: 10.1007/s10764-021-00259-7.

BROOK, B. W.; SODHI, N. S.; BRADSHAW, C. J. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 23, n. 8, p. 453–460, 2008.

CAMPOS, F. A.; FEDIGAN, L. M. Behavioral adaptations to heat stress and water scarcity in white-faced capuchins (*Cebus capucinus*) in a tropical dry forest. *American Journal of Physical Anthropology*, v. 138, n. 1, p. 101–111, 2009.

FORTMAN, J. D.; HEWETT, T. A.; HALLIDAY, L. C. *The laboratory nonhuman primate*. Boca Raton: CRC Press, 2017.

GALETTI, M.; RIBEIRO, M. C.; BRANCALION, P. H. S.; ARBELAEZ, N. The Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, v. 211, p. 1–3, 2017.

GOUVEIA, S. F. et al. Climate and land use changes will degrade the configuration of the landscape for titi monkeys in eastern Brazil. *Global Change Biology*, v. 22, n. 6, p. 2003–2012, 2016.

GUERREIRO, B. V. C. *Efeito do uso e cobertura da terra e atributos da paisagem sobre a distribuição, ocorrência e densidade do guigó-da-Caatinga (Callicebus barbarabrownae, Hershkovitz 1990)*. 2024. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 2013. DOI: 10.1126/science.1244693.

HILL, R. A. et al. Indices of environmental temperatures for primates in open habitats. *Primates*, v. 45, n. 1, p. 7–13, 2004.

HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. *Animal physiology*. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2011.

IPCC. *Climate change 2021: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. *Climate change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: PÖRTNER, H.-O. et al. (ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

IUCN. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Versão 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 11 maio 2025.

KEARNEY, M. R. et al. Field tests of a general ectotherm niche model show how water can limit lizard activity and distribution. *Ecological Monographs*, v. 88, n. 3, 2018. DOI: 10.1002/ecm.1326.

KEARNEY, M. R.; PORTER, W. P. NicheMapR – an R package for biophysical modelling: the microclimate model. *Ecography*, v. 40, n. 5, p. 664–674, 2017. DOI: 10.1111/ecog.02360.

- LOYOLA, R. D. Climate change and conservation in the Atlantic Forest. *Natureza & Conservação*, v. 12, n. 1, p. 1–2, 2014.
- MALONEY, S. K. et al. Brain and body temperatures of an artiodactyl, the black wildebeest, in its natural habitat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 7, p. 2732–2737, 2007.
- MARQUES, R. S.; CUNHA, F. A. A.; FERRARI, S. F. Environmental threats to the endangered Coimbra-Filho's titi monkey (*Callicebus coimbrai*) in northeastern Brazil. *International Journal of Primatology*, v. 41, p. 722–734, 2020.
- MENDES, S. L. et al. *Callicebus barbarabrownae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 11 maio 2025.
- MEYER, A. L. S. Climate change, forests, and primate conservation. In: FUENTES, A. (ed.). *The international encyclopedia of primatology*. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2017. p. 1–6.
- MORGAN, K.; EHRLEMARK, A.; SÄLLVIK, K. Dissipation of heat from standing horses exposed to ambient temperatures between $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. *Journal of Thermal Biology*, v. 22, n. 3, p. 177–186, 1997. DOI: 10.1016/S0306-4565(97)00007-7.
- R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 7 ago. 2025.
- RYLANDS, A. B.; MITTERMEIER, R. A. The diversity of the New World primates (Platyrrhini). *Ecological and Environmental Anthropology*, v. 4, n. 1, p. 12–15, 2009.
- SEABRA, J. C.; DITTRICH, J. R. Sistema termorregulatório de cavalos atletas – revisão. *Revista Acadêmica de Ciência Equina*, v. 1, n. 1, p. 15–28, 2017.
- SOUSA, J. L. A.; CANALE, G. R.; JERUSALINSKY, L. Habitat use and conservation of Brazilian primates: priorities and gaps. *Primate Conservation*, n. 35, p. 1–15, 2021.
- TRAVIS, J. M. J. Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 270, n. 1514, p. 467–473, 2003.