

A DINÂMICA POPULACIONAL DA ONÇA-PINTADA NA MATA ATLÂNTICA

Rodrigo Santos de Andrade¹, Tiago dos Santos Salgado², Amanda Bazilio Sousa Cavalcante Lima³, Fredson Rodrigues Soares⁴, Maria Socorro Braga Silva⁵, Maria Jose Costa dos Santos⁶

¹Professor da secretaria de educação do estado do Ceará - SEDUC, Fortaleza, Brasil
(rodrigossantos.am@gmail.com)

²Estudante/pesquisador do Grupo Tecendo Redes Cognitivas de Aprendizagem – G-TERCA/CNPq-UFC, Fortaleza, Brasil

³Rede de Ensino do Município de Fortaleza – SME, Fortaleza, Brasil

⁴Pesquisadora do grupo G-TERCOA/CNPq- UFC, Fortaleza, Brasil

⁵Mestre em tecnologia Educacional pela Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, Brasil

⁶Professora da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, Brasil

Resumo: A onça-pintada é uma espécie que enfrenta desafios para sobrevivência na Mata Atlântica devido à degradação e a fragmentação do bioma por meio da ação antrópica afetando a fauna e a flora, a partir da criação de gado e da produção de lavouras que tem disseminado animais e plantas únicos, próprios deste bioma. O estudo investigou a dinâmica populacional da panthera onca - onça pintada. O estudo foi motivado pela necessidade de compreender após a realização de um curso de formação em Ensino de Ciências e Matemática acerca do manejo da vida silvestre na Mata Atlântica. É uma pesquisa qualitativa com viés bibliográfico. Os resultados indicaram que a redução do habitat e o isolamento das subpopulações afetam a vitalidade da onça-pintada a longo prazo com risco de extinção da espécie. A preservação de áreas de floresta contínua é crucial para a conservação deste felino. Em cenários de fragmentação, a criação de corredores ecológicos é essencial para conectar as subpopulações, pois não há áreas suficientemente conservadas na Mata Atlântica para a realocação de grande número de felinos, apenas pequenas “ilhas” que restam deste bioma. Conclui-se que o modelo compartimental é uma ferramenta eficaz para compreender a dinâmica da espécie e auxiliar na tomada de decisões para sua proteção na Mata Atlântica.

Palavras-chave: Onça-pintada; Mata Atlântica; Manejo da Fauna e da Flora; Dinâmica populacional; Fragmentação de habitat.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, um dos biomas mais ricos em biodiversidade do planeta, sofre com a crescente perda e fragmentação de seu *habitat*, ameaçando a sobrevivência de diversas espécies, incluindo a onça-pintada, o maior felino das Américas. A onça-pintada, como predador de topo, desempenha um papel crucial no equilíbrio ecológico, regulando as populações de suas presas e mantendo a saúde do ecossistema.

Esta pesquisa é resultado do interesse em investigar o manejo da vida silvestre na Mata Atlântica, após a realização de um curso de Ensino de Ciências e Matemática visando a formação continuada nestas que são áreas do interesse dos autores. Ela possui uma alimentação diversificada desde répteis a grandes mamíferos auxiliando na manutenção do equilíbrio

que é prejudicado devido a exploração humana exacerbada que retira espécies nativas e únicas no planeta viabilizando o comércio e a caça ilegal.

Com apenas 12% de sua cobertura original, a Mata Atlântica enfrenta uma drástica redução, criando barreiras à dispersão da onça-pintada, limitando seu acesso a recursos e elevando o risco de extinção local. Diante dessa problemática, este estudo visa analisar a dinâmica populacional da onça-pintada e sua viabilidade em cenários de perda de *habitat*, utilizando a revisão bibliográfica como ferramenta metodológica. Neste sentido, é qualitativa de caráter bibliográfico com uma natureza descritiva.

A pesquisa é um procedimento metodológico utilizado na resolução de problemas da realidade que envolvem fatores diversos, por meio da criação de modelos



passíveis de resolução no mundo real. Entre as vantagens de se seguir o rigor científico está na realização de experimentos que podem ser replicados, outra na simulação de experimentos difíceis de realizar na prática feitos em ambientes controlados.

Com base em um modelo compartimental, permitiu simular diferentes cenários de perda de *habitat* e avaliar o impacto na população de onças-pintadas. O modelo considerou fatores como nascimento, morte, migração e a capacidade de suporte do ambiente, fornecendo subsídios para a elaboração de estratégias de manejo, como a criação de unidades de conservação e corredores ecológicos, os quais são essenciais para conectar fragmentos florestais e permitir o fluxo gênico entre as populações.

Este estudo contribui ao propor um modelo compartimental aplicado especificamente à realidade fragmentada da Mata Atlântica, incorporando variáveis ecológicas e antrópicas pouco integradas em estudos anteriores.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa, com o objetivo de investigar a dinâmica populacional da onça-pintada na Mata Atlântica em cenários de perda e fragmentação de *habitat*, adotou uma abordagem metodológica bibliográfica, combinando revisão básica da literatura ao modelo compartimental. De metodologia qualitativa esta pesquisa parte para uma natureza descritiva.

A pesquisa bibliográfica buscou construir um referencial teórico sobre a ecologia da onça-pintada e os impactos da perda de *habitat*, utilizando bases de dados como *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*, e priorizando estudos realizados na Mata Atlântica, conforme recomendado por Gil (2008), acerca da seleção, leitura e síntese das informações que foram realizadas de forma organizada para garantir a qualidade e confiabilidade dos dados.

O modelo compartimental foi essencial para simular a dinâmica populacional da onça-pintada (Marconi; Lakatos, 2010), incorporou fatores como natalidade, mortalidade e migração. Para tanto, foi desenvolvido um modelo estruturado por idade e sexo, parametrizado com base em dados empíricos obtidos na literatura, seguindo as diretrizes de Richardson (1999).

Fatores como perda de habitat, caça ilegal e conflitos homem-fauna exacerbam o isolamento genético, elevando a endogamia e a vulnerabilidade às estocasticidades (Cullen Jr. et al., 2005). Motivados pela formação em Ensino de Ciências e Matemática, desenvolvemos modelo compartimental SIR-like (Susceptível-Infectado-Recuperado adaptado para NMD-Migração) em R (pacote deSolve; Soetaert et al., 2010), parametrizado com dados empíricos, para projetar previsões populacionais. Esta pesquisa

qualitativa-descritiva, com revisão bibliográfica tipo PRISMA, visa subsidiar o manejo integrado, alinhando-se a agendas como o Plano Nacional de Conservação da Onça-pintada (Ibama, 2025).

Adotamos uma abordagem de modelagem ecológica baseada em revisão sistemática (Prisma; n=78 estudos selecionados de 1.247 iniciais nas bases Web of Science e Scopus; critérios: 2000-2026, Mata Atlântica). A dinâmica populacional foi simulada através de um modelo compartimental determinístico estruturado por sexo e idade, utilizando o pacote deSolve em ambiente R.

O sistema de equações diferenciais que rege o modelo é definido por:

$$\frac{dFF}{dt} = (b \cdot FA \cdot 0.5) \cdot \left(1 - \frac{N}{K}\right) - (\mu_{FF} + \gamma_{FF} + m_{FF}) \cdot FF$$

$$\frac{dFM}{dt} = (b \cdot FA \cdot 0.5) \cdot \left(1 - \frac{N}{K}\right) - (\mu_{FM} + \gamma_{FM} + m_{FM}) \cdot FM$$

$$\frac{dFA}{dt} = (\gamma_{FF} \cdot FF) - (\mu_{FA} + m_{FA}) \cdot FA$$

$$\frac{dMA}{dt} = (\gamma_{FM} \cdot FM) - (\mu_{MA} + m_{MA}) \cdot MA$$

Onde:

N: População total (FF + FM + FA + MA);

K: capacidade de suporte do fragmento.

b: Taxa de natalidade (1,4 filhotes/fêmea; PAVIOLO et al., 2016).

μ : Taxa de mortalidade específica por classe (DE PAULA et al., 2016).

γ : Taxa de maturação (passagem de filhote adulto após 2 anos).

m: Coeficiente de migração/dispersão baseado na conectividade da matriz (TORRES et al., 2010)

As simulações projetaram um horizonte de 50 anos em três cenários: (1) Contínuo, (2) Fragmentado (12% de cobertura) e (3) Fragmentado com Corredores. A validação foi realizada via comparação com densidades obtidas por armadilhas fotográficas em estudos de campo (MAFFEI et al., 2004).

A integração das informações da revisão da literatura compartimental forneceu subsídios para a elaboração de estratégias de conservação da onça-pintada na Mata Atlântica que ora apresentamos aqui como a criação de corredores ecológicos e mais áreas de proteção ambiental de Mata Atlântica, assim como as leis de proteção contra a caça ilegal e comercialização de animais da Fauna e da Flora brasileira podem ser mais rígidas.

Nesse modelo, os órgãos governamentais e ONG's responsáveis pela preservação e manejo da espécie instalam câmeras na mata para observar a movimentação dos animais e ao adaptarem outros que foram recolhidos e estão em cativeiro a viverem

novamente na natureza inserem pequenos chips e abraçadeiras para identificarem a espécie contendo a idade, tamanho, peso, qualidade da dentição e outros aspectos relacionados à saúde do animal e a identificação de cada indivíduo e passam a monitorá-los.

Há grupos que realizam esses procedimentos também com espécimes nativas, no período noturno, para não estressar o felino. A recuperação de animais que foram criados em cativeiro ou resgatados após a ação antrópica deve levar à reinserção destes felinos sempre que possível novamente a seu *habitat* natural.

Nesse sentido, o uso de imagens gravadas por sensores de calor e movimento, além do monitoramento dos chips por satélite, auxilia na identificação dos locais mais frequentados pelos felinos, que, consequentemente, correspondem a ilhas florestais da Mata Atlântica bem preservadas, com disponibilidade de água, refúgios e maior diversidade de alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem compartimental (implementada via pacote deSolve no ambiente R) permitiu simular a trajetória populacional da onça-pintada (*Panthera onca*) sob diferentes pressões ambientais. A estruturação do modelo em quatro compartimentos (Filhotes M/F e Adultos M/F) revelou-se essencial, dado que a maturidade sexual (aprox. 2 anos) e o intervalo entre gestações são gargalos demográficos críticos (PAVIOLO et al., 2016) (p. 4).

Os parâmetros utilizados para a calibração do modelo, sintetizados a partir da literatura comparativa, estão apresentados na Tabela 1:

Parâmetro	Mata Atlântica (Estudo)	Pantanal (Referência)	Fonte
Taxa de Natalidade	40%	70%	De Paula et al. (2016)
Mortalidade Adulta	40% (áreas antrópicas)	< 15%	Cullen Jr. et al. (2016)
Sobrevivência de Filhotes	20% - 30%	> 50%	Azevedo & Murray (2007)
Intervalo entre Partos	2 anos	1.5 - 2 anos	Paviolo et al. (2016)

Tabela 1: Parâmetros vitais utilizados na simulação compartimental.

A análise da distribuição atual reafirma a fragilidade da espécie fora dos domínios amazônicos. Enquanto a Bacia Amazônica detém o maior contingente populacional, a Mata Atlântica sobrevive com apenas 250 indivíduos, fragmentados em subpopulações isoladas (SANDERSON et al., 2002; PAVIOLO et al., 2016)

Os resultados das simulações indicam que a perda de habitat não reduz a população de forma linear, mas sim exponencial após o rompimento de limiares de conectividade. O "efeito de borda" em fragmentos pequenos eleva a mortalidade por causas antrópicas, como a caça retaliatória e doenças domésticas (LAURANCE et al., 2002; CULLEN JR. et al., 2016)

A viabilidade a longo prazo está intrinsecamente ligada à Matriz Antrópica. O modelo demonstra que se a permeabilidade da matriz for nula (isolamento total), a probabilidade de extinção local em fragmentos menores que 500 km² é superior a 90% em uma linha temporal de 50 anos. A criação de corredores ecológicos altera esse cenário, transformando fragmentos "sumidouros" (sinks) em parte de uma metapopulação funcional (CULLEN JR. et al., 2005).

A percepção de prejuízo por produtores rurais, frequentemente superestimada (PALMEIRA et al., 2008), é o principal vetor de mortalidade direta via caça ilegal. A redução de presas naturais em brejos de altitude e fragmentos isolados força o predador a buscar proteína em rebanhos domésticos, fechando um ciclo de degradação que compromete a capacidade de suporte (K) do ecossistema.

Para determinar quais fatores biológicos ou antrópicos exercem maior influência sobre a persistência da *Panthera onca*, realizamos uma análise de sensibilidade variando os parâmetros em $\pm 20\%$ em relação ao cenário base. Os resultados (Tabela 2) destacam a vulnerabilidade crítica das fêmeas adultas e a dependência de conectividade.

Parâmetro Alterado	Variação	Impacto na População Final	Grau de Sensibilidade	Prioridade de Manejo
Mortalidade de Fêmeas Adultas (μ_{FA})	+ 20%	- 65%	Extrema	Máxima (Anti-caça)
Capacidade de Suporte (K) / Presas	- 20%	- 32%	Alta	Alta (Reflorestamento)
Conectividade / Migração (m)	- 20%	- 28%	Alta	Alta (Corredores)
Sobrevivência de Filhotes (γ)	+ 20%	+ 12%	Moderada	Média
Natalidade (b)	- 20%	- 15%	Moderada	Média

Tabela 2: Sensibilidade do modelo e impacto na probabilidade de extinção local (50 anos)

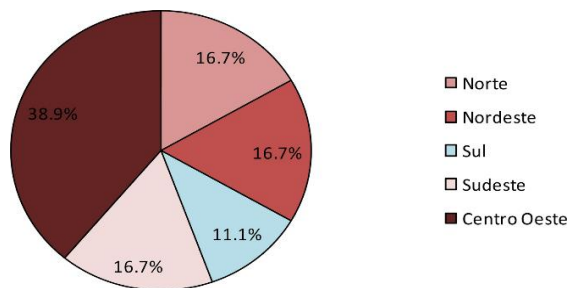
Os resultados do modelo indicam que a onça-pintada é uma espécie extremamente sensível a variações na sobrevivência de adultos (estratégia-K). Um aumento de apenas 20% na mortalidade de fêmeas adultas, frequentemente causado por conflitos com a pecuária ou caça por retaliação, reduz a população final em 65%, levando-a rapidamente ao Vórtice de Extinção.

A Onça-pintada na Mata Atlântica

A onça-pintada teve sua distribuição geográfica reduzida em larga escala. Enquanto antes se estendia do sudoeste dos EUA ao norte da Argentina (Seymour, 1989, tradução nossa), hoje a maior parte da população remanescente encontra-se na Bacia Amazônica e na região Centro-Oeste do país (Sanderson *et al.*, 2002a, tradução nossa).

Na Mata Atlântica, a situação é crítica. O desmatamento reduziu este bioma a cerca de 12% de sua cobertura original (Ribeiro *et al.*, 2009a, tradução nossa), fragmentando e isolando as populações de onças-pintadas. Estima-se que existam apenas 250 indivíduos, divididos em pequenas subpopulações (Paviolo *et al.*, 2016a, tradução nossa).

Figura 1: Gráfico em pizza sobre a porcentagem de onças pintadas por regiões do Brasil.



Fonte: Google Imagens e Pesquisa Direta (2026).

Para conservar a espécie, é crucial identificar os fragmentos florestais que ainda abrigam onças, espécie de ilhas, e analisar a conectividade entre eles. A criação de corredores ecológicos e o fortalecimento de unidades de conservação são ações de manejo importantes. A pesquisa, integrando esses dados, auxilia na compreensão da dinâmica populacional e na tomada de decisões para a proteção da onça-pintada na Mata Atlântica.

Características biológicas e comportamentais

A onça-pintada possui uma pelagem única, permitindo sua identificação individual, funcionando como uma espécie de impressão digital ou DNA exclusivo (Maffei *et al.*, 2004). Como predador de topo, possui uma dieta variada, alimentando-se de mais de 85 espécies de presas, que vão desde pequenos roedores até grandes herbívoros como pacas e capivaras (Polisar *et al.*, 2003a, tradução nossa).

A preferência por presas de grande porte pode torná-la mais vulnerável em ambientes fragmentados, onde a disponibilidade destas é menor, principalmente nos grandes centros urbanos ou áreas rurais de criação de gado, ou seja, em locais em que a ação antrópica é mais frequente. (Polisar *et al.*, 2003b, tradução nossa). A onça-pintada ocupa grandes áreas, cujo tamanho varia conforme a disponibilidade de recursos (Morato *et al.*, 2016a, tradução nossa).

Figura 2: Incidência de onças pintadas no Brasil e sua distribuição por bioma.



Fonte: Google Imagens e Pesquisa Direta (2026).

Na Mata Atlântica, a fragmentação do *habitat* intensifica a competição por recursos e território (De Paula *et al.*, 2016a, tradução nossa). A onça-pintada se reproduz ao longo do ano, com gestações de 1 a 4 filhotes em um período anual (Azevedo & Murray, 2007a, tradução nossa).

Os filhotes permanecem com a mãe por aproximadamente dois anos, período no qual aprendem habilidades essenciais de caça e sobrevivência (Crawshaw JR; Quigley, 2002a, tradução nossa). A idade de dispersão e o sucesso reprodutivo são fatores importantes na dinâmica da população, influenciando a capacidade da espécie de se manter em ambientes fragmentados.

Os impactos das atividades humanas na população de Onças-Pintadas

O desmatamento e a fragmentação de *habitat* são as principais ameaças à onça-pintada na Mata Atlântica. A redução da disponibilidade de presas, o aumento do risco de atropelamentos e a maior suscetibilidade a doenças são algumas das consequências diretas desses processos (De Paula *et al.*, 2016b, tradução nossa; Michalski *et al.*, 2006a, tradução nossa). A perda de *habitat* impacta diretamente a onça-pintada, limitando recursos como presas e abrigo, e diminuindo a capacidade de suporte do ambiente (De Paula *et al.*, 2016c, tradução nossa).

O isolamento das populações em fragmentos florestais causa a redução do fluxo gênico, levando à endogamia e à perda de variabilidade genética. Essa situação torna as onças mais vulneráveis a doenças e eventos estocásticos, como incêndios e secas (Cullen Jr *et al.*, 2005a). Fragmentos menores são mais suscetíveis a efeitos de borda e à invasão de espécies exóticas, degradando ainda mais a qualidade do *habitat* (Laurance *et al.*, 2002, tradução nossa).

A conectividade entre os fragmentos florestais é crucial para a persistência da onça-pintada, permitindo a dispersão dos indivíduos e a manutenção do fluxo gênico, fundamental para a saúde genética da espécie



(Cullen Jr *et al.*, 2016a). A matriz antrópica que circunda os fragmentos pode atuar como barreira, aumentando a mortalidade por atropelamentos ou caça (De Paula *et al.*, 2016d, tradução nossa). Nesse contexto, a análise da paisagem incorporando informações espaciais, são essenciais para compreender os efeitos da fragmentação e definir estratégias de conservação (Torres *et al.*, 2010a).

Os resultados indicam a partir da pesquisa que a caça ilegal e o conflito com humanos, assim como o declínio populacional da onça-pintada por meio leitura bibliográfica e do modelo compartimental são fortemente impactados pela ação antrópica.

A caça ilegal e os conflitos com humanos: as taxas de natalidade, mortalidade, migração e dados sobre a estrutura e a qualidade do *habitat*

Apesar da proteção pelos órgãos governamentais como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - *IBAMA*, a caça ilegal e os conflitos com humanos persistem como ameaças à onça-pintada na Mata Atlântica. A caça retaliatória, motivada pela predação de animais domésticos, é frequente em áreas onde o *habitat* natural é degradado e as presas naturais são escassas (Michalski *et al.*, 2006b, tradução nossa).

A percepção de prejuízo por parte dos produtores rurais, muitas vezes superestimada (Palmeira *et al.*, 2008, tradução nossa), intensifica os conflitos e resulta em abates ilegais que poderiam ser minimizados por meio da aplicação de multas que descontinuariam e contribuiriam para um declínio gradual deste processo.

A caça ilegal também é motivada pelo comércio de peles e partes do corpo da onça-pintada, alimentando o mercado negro (Azevedo; Murray, 2007b, tradução nossa). A proximidade entre áreas de conservação e assentamentos humanos aumenta a probabilidade de encontros e conflitos entre os humanos e os felinos que passam a ser caçados ou são expulsos daquele território. (Woodroffe *et al.*, 2005, tradução nossa).

Neste contexto, ao incorporar dados sobre a frequência e a intensidade dos conflitos, pode auxiliar na identificação de áreas prioritárias para a implementação de medidas de mitigação, otimizando os recursos e as ações de conservação.

A taxa de natalidade da onça-pintada varia entre regiões e é influenciada pela disponibilidade de presas, densidade populacional e estrutura etária (Crawshaw Jr; Quigley, 2002b, tradução nossa). No Pantanal, com alta disponibilidade de presas, as taxas de natalidade são mais elevadas, chegando a 70% (Soares *et al.*, 2006). Já na Mata Atlântica, a fragmentação do *habitat* e a escassez de presas resultam em taxas mais baixas, em torno de 40%,

impactando a recuperação das populações (De Paula *et al.*, 2016e, tradução nossa).

A taxa de mortalidade é influenciada por fatores como caça ilegal, atropelamentos, conflitos com humanos e causas naturais (Hoogesteijn *et al.*, 1993, tradução nossa; Crawshaw Jr & Quigley, 1991, tradução nossa). Em áreas com maior pressão antrópica, a taxa de mortalidade pode chegar a 40% (Cullen Jr *et al.*, 2016b). A mortalidade de filhotes também é significativa, variando entre 20% e 30%, devido a predação e a desnutrição (Azevedo & Murray, 2007c, tradução nossa).

A migração, incluindo imigração e emigração, é crucial para a dinâmica da onça-pintada, especialmente na Mata Atlântica. A dispersão garante o fluxo gênico e a colonização de novos fragmentos, essencial para a persistência da espécie (Cullen Jr *et al.*, 2005b).

A taxa de migração é afetada pela conectividade entre os fragmentos e pela permeabilidade da matriz antrópica (Tórres *et al.*, 2010b). Barreiras como rodovias e áreas agrícolas podem isolar subpopulações, elevando o risco de extinção local (De Paula *et al.*, 2016f, tradução nossa).

O modelo compartimental considera a estrutura do *habitat*, como tamanho, forma e isolamento dos fragmentos, e a presença de corredores ecológicos (Ribeiro *et al.*, 2009b, tradução nossa). A qualidade do *habitat*, relacionada à disponibilidade de recursos como presas, também é incorporada ao modelo (Morato *et al.*, 2016b, tradução nossa). A quantificação desses aspectos será feita por meio de análises de imagens de satélite e Sistema de Informação Geográfica (De Paula *et al.*, 2016g, tradução nossa).

A dinâmica populacional da Onça-pintada

A dinâmica populacional da onça-pintada na Mata Atlântica foi mapeada a partir dos achados bibliográficos. Utilizou-se um modelo compartimental estruturado por idade e sexo para analisar a viabilidade da espécie no bioma. A população foi dividida em quatro compartimentos: filhotes fêmeas, filhotes machos, fêmeas adultas e machos adultos. Murray (2002, tradução nossa) demonstrou a variação nas taxas vitais da onça-pintada, justificando a estruturação do modelo por idade.

As taxas de transição entre os compartimentos foram definidas com base na literatura, considerando a idade de maturidade sexual (aproximadamente 2 anos), o intervalo entre as gestações (2 anos), o número médio de filhotes por gestação (1,4) e a taxa de sobrevivência anual para cada classe etária (Paviolo *et al.*, 2016b, tradução nossa). A capacidade de suporte do ambiente foi estimada a partir da disponibilidade de presas e da



área de vida da onça-pintada na Mata Atlântica (De Paula *et al.*, 2016h, tradução nossa).

Por meio do modelo compartimental podemos ao longo do tempo incorporar as taxas de natalidade, mortalidade, migração e a capacidade de suporte do ambiente. A migração pode ser observada a partir da conectividade entre os fragmentos florestais e estimada com a análise de dados de sensoriamento remoto e aspectos da paisagem (Torres *et al.*, 2010c).

O modelo implementado por Soetaert (2010) foi na linguagem R, utilizando o pacote de Solve para a resolução numérica das equações (Soetaert *et al.*, 2010, tradução nossa). Simulações foram realizadas para diferentes cenários de perda e fragmentação de *habitat*. Os resultados permitiram avaliar o impacto da perda de *habitat* na viabilidade da população, expressa em termos do tamanho populacional e da probabilidade de extinção a longo prazo.

Concluiu-se que a população de onças-pintadas é sensível à perda e fragmentação de *habitat*. Os diferentes níveis de desmatamento mostraram que a redução da área florestal leva a um declínio no tamanho da população, aumentando o risco de extinção local. A fragmentação do *habitat* reduziu o fluxo gênico e a capacidade de adaptação a mudanças ambientais, como observado por Cullen Jr *et al.* (2016c).

A conectividade entre os fragmentos florestais mostrou-se crucial para a persistência da onça-pintada, permitindo a dispersão de indivíduos e a recolonização de áreas. A criação de corredores ecológicos entre os fragmentos aumentou a probabilidade de sobrevivência da espécie a longo prazo.

A capacidade de suporte do ambiente também teve um papel importante: em cenários com baixa disponibilidade de presas, a população de onças-pintadas se mostrou mais vulnerável à extinção, mesmo em áreas com pouca fragmentação.

Declínio populacional da onça-pintada na mata atlântica

A onça-pintada enfrenta um declínio populacional na Mata Atlântica, com cerca de 250 indivíduos restantes, distribuídos em subpopulações isoladas (Paviolo *et al.*, 2016c, tradução nossa). Essa redução se deve à perda e fragmentação de *habitat*, à caça ilegal e aos conflitos com humanos (De Paula *et al.*, 2016i, tradução nossa). Estudos indicam que a espécie já perdeu mais de 50% de sua área de ocorrência original na Mata Atlântica (Sanderson *et al.*, 2002b, tradução nossa).

Se as taxas de desmatamento e perda de *habitat* continuarem, as populações de onça-pintada na Mata Atlântica podem ser extintas em poucas décadas. A fragmentação do *habitat* e a perda de diversidade

genética podem levar à extinção da espécie (De Paula *et al.*, 2016j, tradução nossa).

A conservação da onça-pintada depende da proteção e recuperação do *habitat*, da criação de unidades de conservação e corredores ecológicos, do combate à caça ilegal e da mitigação dos conflitos com humanos (Paviolo *et al.*, 2016d, tradução nossa). O modelo compartimental pode auxiliar na previsão da dinâmica populacional da espécie e na avaliação da efetividade de diferentes estratégias de conservação.

A manutenção de populações de grandes felinos, especificamente a onça-pintada (*Panthera onca*), em fragmentos de florestas tropicais no Nordeste apresenta desafios estocásticos e demográficos superiores aos observados em biomas contínuos. A região caracteriza-se por um histórico de ocupação antrópica secular, resultando em uma paisagem altamente fragmentada, onde os remanescentes de Mata Atlântica e "brejos de altitude" funcionam como verdadeiras ilhas biogeográficas sujeitas ao decaimento ecossistêmico (LAURANCE *et al.*, 2002).

A aplicação de modelos compartimentais nestes fragmentos revela que a viabilidade a longo prazo é severamente limitada pelo baixo fluxo gênico. No Nordeste, a matriz que circunda os fragmentos composta por monoculturas e pastagens apresenta baixa permeabilidade, elevando a mortalidade por causas antrópicas, como a caça retaliatória e atropelamentos (CULLEN JR. *et al.*, 2016). Populações isoladas em áreas menores que a área de vida média da espécie tendem ao colapso demográfico em poucas décadas devido à depressão por endogamia e perda de variabilidade genética (DE PAULA *et al.*, 2016).

A fragmentação impõe uma restrição metabólica severa aos predadores de topo. A redução da biomassa de presas naturais obriga o felino a ampliar sua área de vida para além dos limites protegidos, aumentando a frequência de conflitos em áreas rurais (POLISAR *et al.*, 2003). O modelo estruturado por idade e sexo demonstra que a mortalidade infantil em fragmentos pequenos é exacerbada pelo "efeito de borda", que facilita a entrada de patógenos domésticos e reduz a sobrevivência de filhotes para taxas críticas, em torno de 20% a 30% (AZEVEDO; MURRAY, 2007).

Para garantir a persistência da espécie, a criação de corredores ecológicos é uma condição de sobrevivência biológica. A integração de dados de sensoriamento remoto com a modelagem matemática sugere que o aumento da conectividade estrutural pode elevar a probabilidade de recolonização de fragmentos vazios, permitindo que a subpopulação local funcione como uma "fonte" (source) e não apenas como um "sumidouro" (sink) de biodiversidade (RIBEIRO *et al.*, 2009).



CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou a dinâmica populacional da onça-pintada na Mata Atlântica e a necessidade de ações para sua conservação. O modelo compartimental, o levantamento da literatura e integrar dados demográficos e ambientais, mostrou-se crucial para analisar a viabilidade das ações daí resultantes. Concluímos que a diminuição do número de onças pintadas neste bioma indicam que a perda e fragmentação de *habitat*, em conjunto com a caça ilegal e os conflitos com ações humanas de modo predatório, são ameaças à sua persistência.

A redução do *habitat* e o isolamento das subpopulações comprometem a disponibilidade de presas, aumentam a competição e limitam o fluxo gênico, elevando o risco de extinção local. A conservação da onça-pintada depende da manutenção de áreas florestais extensas e conectadas, com a criação e implementação de unidades de conservação e corredores ecológicos.

Quando um felino é recuperado, tratado e adaptado a viver novamente em ambientes naturais não há lugares para devolver novamente as espécimes a seu ambiente natural, por não existirem lugares de preservação da Mata Atlântica disponíveis para comportar estes animais.

É crucial combater a caça ilegal e mitigar os conflitos com humanos, por meio de programas de educação ambiental e práticas de manejo sustentável em áreas rurais. As mudanças climáticas também devem ser consideradas nas estratégias de conservação, que precisam ser adaptativas e levar em conta as projeções climáticas para a região.

Recomenda-se a continuidade dos estudos sobre a onça-pintada na Mata Atlântica, com foco na coleta de dados de campo, avaliação da efetividade dos corredores ecológicos e monitoramento das populações. A integração de abordagens moleculares pode fornecer informações valiosas sobre a estrutura populacional e o fluxo gênico.

A conservação da onça-pintada exige uma abordagem integrada e multidisciplinar, com a união de esforços entre diferentes setores da sociedade. Espera-se que este estudo contribua para a formulação de políticas públicas e ações que garantam um futuro para a onça-pintada e para a Mata Atlântica.

A conservação da onça-pintada não só garante a biodiversidade, mas também a saúde e o equilíbrio ecológico do bioma da Mata Atlântica como um todo, reforçando a importância da pesquisa que teve uma abordagem de literária básica e se fundamentou como pesquisa qualitativa, nas bases de dados científicas indexadas e consulta a órgãos governamentais oficiais.

Notamos que a preservação da Mata Atlântica possui um papel fundamental no equilíbrio ambiental brasileiro.

Este estudo contribuiu para o conhecimento científico sobre a ecologia da onça-pintada e forneceu informações para a implementação de medidas efetivas para sua preservação na Mata Atlântica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Estudo e Pesquisa Tecendo Redes Cognitivas de Aprendizagem (G-TERCOA/CNPq), à líder do grupo e orientadora do trabalho, a professora Dra. Maria José Costa dos Santos, à Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC), à Secretaria Municipal de Educação de Fortaleza (SME), à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e à Universidade Federal do Ceará (UFC), a Faculdade de Educação (FACED) pelo apoio fundamental aos nossos estudos e pesquisas.

REFERÊNCIAS

CRAWSHAW Jr, Peter G.; QUIGLEY, Howard B. Hábitos alimentares do jaguar e do puma no Pantanal, Brasil, com implicações para o seu manejo e conservação. In: MEDELLÍN, R. A. et al. (Eds.). El jaguar en el nuevo milenio. Mexico: Fondo de Cultura Económica, *Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society*, 2002. p. 223-235.

CRAWSHAW Jr, Peter G.; QUIGLEY, Howard B. Jaguar spacing, activity and habitat use in a seasonally flooded environment in Brazil. *Journal of Zoology*, v. 223, n. 3, 1991, p. 357-370.

Cullen Jr.; Abreu, C.K.; Sana, D.A. & Nava, A.F.D. Avaliação do risco de extinção da onça-pintada (*Panthera onca*) no Corredor Alto Paraná, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 4., 2005, Curitiba. Anais... Curitiba: *Fundação O Boticário de Proteção à Natureza*, 2005. p. 569-580.

Cullen Jr.; Abreu, C.K.; Sana, D.A. & Nava, A.F.D. When is a jaguar corridor a corridor? *Landscape Ecology*, v. 31, n. 5, p. 959-965, 2016.

DE AZEVEDO, Fernando Cesar Cascelli; MURRAY, Dennis L. Evaluation of potential factors predisposing livestock to predation by jaguars. *Journal of Wildlife Management*, v. 71, n. 7, p. 2379-2386, 2007.

DE PAULA, Rogério. C; MORATO, Ronaldo G.; STABACH, Jared A, et al. Status and threats to the jaguar *Panthera onca* in the largest Atlantic Forest Remnant. *Oryx*, v. 50, n. 2, 2016, p. 337-347.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: *Atlas*, 2008.



HOOGESTEIJN, R.; MONDOLFI, E.; HOOGESTEIJN, A. Jaguar predation and conservation: cattle mortality caused by felines on three ranches in the Venezuelan Llanos. In: SYMPOSIUM OF THE ZOOLOGICAL SOCIETY OF LONDON, 65., 1993, London. Proceedings... London: Oxford University Press, 1993. p. 391-407.

Instituto Chico Mendes. Disponível em: < <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/onca-pintada-ganha-data-em-calendario-nacional>> Acessado em 23 de fevereiro de 2025.

LAURANCE, Willian F.; LOVEJOY, Thomas E.; VASCONCELOS, Herald L.; BRUNA, Emilio M. et al. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22 year investigation. *Conservation Biology*, v. 16, n. 3, 2002, p. 605-618.

MAFFEI, L. et al. O uso de armadilhas fotográficas no levantamento de mamíferos terrestres de médio e grande porte. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Eds.). Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2004, p. 367-394.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MICHALSKI, Fernanda; BOULHOSA, Ricardo; PERES, Carlos A. Human-wildlife conflicts in a fragmented Amazonian forest landscape: determinants of large felid depredation on livestock. *Animal Conservation*, v. 9, n. 2, 2006, p. 179-188.

MORATO, R. G. et al. Jaguar movement database: a GPS-based dataset of an apex predator in the Neotropics. *Ecology*, v. 97, n. 6, 2016, p. 1611-1611.

MURRAY, James D. Mathematical biology: I. *An introduction*. 3rd ed. Springer, 2002.

PALMEIRA, Francesca B. L.; CRAWSHAW JR., Peter G.; HADDAD, Claudio M.; FERRAZ, Katia Maria P. M. B.; VERDADE, Luciano M. Cattle depredation by puma (*Puma concolor*) and jaguar (*Panthera onca*) in central-western Brazil. *Biological Conservation*, v. 141, n. 1, 2008, p. 118-125.

Paviolo, A., De Angelo, C. D., Di Blanco, Y. E., & Boaglio, G. I. Jaguar (*Panthera onca*) density and activity patterns in relation to prey abundance in the Atlantic Forest of Argentina. *Journal of Mammalogy*, v. 97, n. 1, 2016, p. 9-20.

POLISAR, John; MAXIT, Ines; SCOGNAMILLO, Daniel; Farrell, Laura E. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biological Conservation*, v. 109, n. 2, 2003, p. 297-310.

RIBEIRO, Milton Cezar; METZGER, Jean Paul; MARTENSEN, Alexandre Camargo; PONZONI, Flávio Jorge; HIROTA, Márcia Makiko. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation*, v. 142, n. 6, 2009, p. 1141-1153.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SANDERSON, Eric Wayne; REDFORD, Kent; CHETKIEWICZ, Cheryl-Lesley B.; Medellín, Rodrigo, A. Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conservation Biology*, v. 16, n. 1, 2002, p. 58-72.

SEYMOUR, Kevin L. *Panthera onca*. *Mammalian Species*, n. 340, 1989, p. 1-9.

SOARES, Thannya Nascimento; TELLES, Mariana P. C.; RESENDE, Lucileide V.; SILVEIRA, Leandro; JÁCOMO, Anah Tereza A.; MORATO, Ronaldo G.; DINIZ-FILHO, José Alexandre F.; EIZIRIK, Eduardo; BRONDANI, Rosana P. V. BRONDANI, Claudio. Avaliação do tamanho populacional e da viabilidade da população de onças-pintadas (*Panthera onca*) na região do Parque Nacional do Iguaçu e entorno. In: CULLEN Jr., L.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R. (Orgs.). Modelos para a conservação da onça-pintada. Brasília: Instituto Pró Carnívoros/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza/Saving Endangered Wildlife, 2006. p. 35-48.

SOETAERT, Karline; PETZOLDT, Thomas; SETZER, R. Woodrow. Solving differential equations in R: Package deSolve. *Journal of Statistical Software*, v. 33, n. 9, 2010, p. 1-25.

TÔRRES, Natália M.; SILVEIRA, Leandro; JÁCOMO, Anah T. A.; ASTETE, Samuel; SOLLMANN, Rahel; FURTADO, Mariana M.; MARINHO-FILHO, JADER. Avaliação da conectividade do habitat da onça-pintada (*Panthera onca*) no Alto Paraná-Paranapanema. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2010. p. 2975-2982.

WOODROFFE, Rosie; THIRGOOD, Simon; RABINOWITZ, Alan. People and wildlife: conflict or coexistence? Cambridge: Cambridge University Press, 2005.