

A demografia de longo prazo da onça-pintada destaca o valor ecológico das planícies aluviais da Amazônia.

Raíssa Sepúlveda^{1,2} | Luca Berger^{3,4} | Anelise Montanarin^{5,6} | James D. Forester⁷
| Guilherme Costa Alvarenga^{5,8} | Aline Giroux⁹ | Diogo Maia 
Gräbin⁵ | Jorge Fernando Saraiva Menezes⁵ | Emiliano Ramalho⁵

¹Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; ²Panthera, Nova Iorque, Nova Iorque, EUA; ³Departamento de Biociências, Universidade de Swansea, Swansea, Reino Unido; ⁴Centro de Biomatemática, Universidade de Swansea, Swansea, Reino Unido; ⁵Grupo de Pesquisa em Unido; Ecologia e Conservação de Felinos na Amazônia, Instituto Mamirauá de Desenvolvimento Sustentável, Tefé, Amazonas, Brasil; Ecologia, Instituto ⁶Programa de Pós-Graduação em Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil; Minnesota, St. Paul, Minnesota, EUA; ⁷Departamento de Pesca, Vida Selvagem e Biologia da Conservação, Universidade de ⁸Unidade de Pesquisa em Conservação da Vida Selvagem, Centro Recanati-Kaplan, Departamento de Biologia, Universidade de Oxford, Tubney, Reino Unido e ⁹Escola de Ciências Florestais, Pesqueiras e Geomáticas, Universidade da Flórida, Gainesville, Flórida, EUA

Correspondência

Raíssa Sepúlveda

E-mail: rsepulveda@panthera.org

Informações sobre financiamento

Fundação Gordon e Betty Moore; Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior, Bolsa/Prêmio

Número: 88887.703766/2022-00;

Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico, Bolsa/Prêmio

Número: 200448/2022-6; Instituto de

Desenvolvimento Sustentável Mamirauá;

Bolsa de Pós-Doutorado Ewel

Editora de Tratamento: Fernanda Michalski

Resumo

1. Avaliar a dinâmica populacional é fundamental para orientar estratégias de conservação para espécies silvestres. nívoro, mas a demografia de longo prazo continua rara. As onças-pintadas (*Panthera onca*) perderam 52% de sua distribuição histórica, e mesmo na Amazônia, sua maior ocorrência contínua. habitat, carecemos de conhecimento sobre taxas vitais críticas, incluindo sobrevivência, recrutamento e tendências populacionais. Através de um monitoramento que abrange 17 anos, fornecemos o estudo mais longo já realizado. Estudo sobre a onça-pintada até o momento e a primeira avaliação de população em área alagada na Amazônia. Ecosistema pulsado cada vez mais exposto a eventos climáticos extremos.
2. Avaliamos o efeito de pulsos de inundação na demografia da onça-pintada na Amazônia. usando modelos de captura-recaptura de população aberta espacialmente explícitos aplicados para um conjunto de dados da Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, o primeiro reserva de gestão comunitária no Brasil. Também contextualizamos esses estimativas com base em dados relatados em 10 ecorregiões.
3. Constatamos que o recrutamento foi menor para as fêmeas (0,15) do que para os machos (0,26), enquanto A sobrevivência aparente foi constante (0,76). Densidades específicas da sessão (3,21–15,15 ind./100 km²) ficou entre as mais altas relatadas para onças-pintadas em toda a sua distribuição. No entanto, modelos de população aberta indicaram que a densidade feminina de-aumentou 77% entre 2005 e 2022 e o crescimento populacional observado A taxa apresentou uma tendência decrescente (média = 0,97).
4. **Síntese e aplicações.** Nossos resultados fornecem as primeiras estimativas de recrutamento. e a aparente sobrevivência das onças-pintadas amazônicas, parâmetros-chave para orientar a conservação. vação. Mostramos que os pântanos sazonais — a floresta aluvial da Amazônia e estimativas relatadas do Pantanal e dos Llanos — que abrigam a maior população de onças-pintadas.

Este é um artigo de acesso aberto sob os termos da [Licença Creative Commons Atribuição](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Licença que permite o uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.

© 2026 Os Autores. *Journal of Applied Ecology* publicado por John Wiley & Sons Ltd em nome da British Ecological Society.

densidades em toda a área de distribuição da espécie. No entanto, a alta densidade em Mamirauá pode ocultar a vulnerabilidade subjacente. A dinâmica de longo prazo indicou uma demografia mudança: o influxo de machos aumentou enquanto o número de fêmeas diminuiu. Sugerimos que isso O padrão reflete uma redução na produção reprodutiva, potencialmente impulsionada pelo aumento de... Fanticídio após imigração masculina associada à caça local com viés masculino. Essas descobertas destacam a necessidade de ir além das avaliações baseadas na abundância. e incorporar a dinâmica demográfica no planejamento da conservação. Fortalecimento A gestão comunitária, em particular através da proteção das fêmeas reprodutoras, é Essencial para a viabilidade populacional a longo prazo. As planícies aluviais da Amazônia enfrentam crescentes ameaças decorrentes de eventos climáticos extremos, no entanto, ainda são negligenciadas em planejamentos de grande escala. planejamento de servidão, ressaltando a urgência de abordar os impactos antropogênicos e ameaças decorrentes das mudanças climáticas a essas populações densamente povoadas, porém vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE

Amazônia, estimativa de densidade, *Panthera onca*, ecologia populacional, recrutamento, sobrevivência, zonas úmidas

1 | INTRODUÇÃO

Uma estratégia de conservação eficaz para uma espécie requer a compreensão da demografia de sua população ao longo do tempo e em diferentes locais (Lande, 1988). Parâmetros-chave do ciclo de vida, derivados do monitoramento de longo prazo, são essenciais para avaliar a viabilidade populacional e como uma população responde a mudanças ambientais (Gamelon et al., 2017), surtos de doenças (Bradshaw & Brook, 2005) e atividades humanas.

atividades (Lambert et al., 2006). Identificar os parâmetros populacionais mais sensíveis é fundamental para implementar ações de gestão direcionadas. Por exemplo, estudos sobre dinâmica populacional revelaram a

O impacto de taxas vitais, como taxas reprodutivas (Miquelle et al., 2015), sobrevivência (Bisht et al., 2019; Mondal et al., 2012) e mortalidade (Balme & Hunter, 2004; Williams et al., 2017), no crescimento populacional de grandes felinos ameaçados é um desafio. No entanto, o monitoramento da dinâmica populacional de carnívoros é particularmente complexo, visto que eles ocorrem naturalmente em baixas densidades, são esquivos e possuem grandes áreas de vida, o que resulta em baixa probabilidade de detecção (Ripple et al., 2014; Tobler et al., 2008). Além disso, seus ciclos de vida lentos exigem vários anos de monitoramento consistente para estimar com precisão os parâmetros do ciclo de vida. Entre os grandes felinos, os parâmetros do ciclo de vida da onça-pintada (*Panthera onca*), o único membro do gênero *Panthera*, são particularmente complexos.

gêneros nas Américas, são os menos conhecidos (Harmsen et al., 2017; van de Kerk et al., 2013). Até o momento, apenas alguns estudos puderam fornecer informações essenciais sobre a fenologia (reprodução) e ontogenética (sobrevivência e recrutamento) das populações – nenhum deles na Amazônia (Alves et al., 2024; Fragoso et al., 2023; Gutiérrez-González et al., 2015; Harmsen et al., 2017; Hyde et al., 2023; Olson et al., 2025). Portanto, o estado de conservação desse predador neotropical fundamental ainda é amplamente inferido a partir de estimativas de densidade, conhecimento especializado e projeções (Jedrzejewski et al., 2023; Jędrzejewski et al., 2018; WWF et al., 2018).

A onça-pintada é o maior felino das Américas, com um grande alcance histórico que se estende da Argentina aos Estados Unidos

da América. Devido à perda de habitat, caça e mortes por retaliação, A espécie está atualmente restrita a apenas 48% de sua distribuição original (de La Torre et al., 2017). Classificada como Quase Ameaçada.

De acordo com a IUCN (Quigley et al., 2017), o estado de conservação da onça-pintada varia amplamente em sua área de distribuição atual. As populações estão em declínio, caminhando para a extinção regional na Mata Atlântica (Paviolo et al., 2016) e na Caatinga, onde são classificadas como criticamente em perigo (Morato et al., 2013), enquanto no Cerrado e no Chaco, as onças-pintadas são consideradas em perigo (Giordano et al., 2017; Medellín et al., 2016; Morato et al., 2013). Juntas, essas ecorregiões compreendem cerca de 40% da área de distribuição da espécie.

Distribuição original das espécies. Florestas tropicais do México e da América Central.

Os Estados Unidos representam 15% da distribuição e do apoio atuais aos jaguares. densidades localmente elevadas (Ceballos et al., 2016), no entanto, as onças-pintadas têm perderam 60% de sua distribuição histórica nessas florestas.

Por outro lado, altas densidades foram registradas em regiões que representam apenas 3% de sua distribuição histórica: o Pantanal (Devlin

et al., 2023; Eriksson et al., 2022) e zonas húmidas de Llanos (Jędrzejewski et al., 2017), considerados pontos críticos para onças-pintadas devido à sua alta biomassa de presas. As onças-pintadas são classificadas como vulneráveis no Pantanal. (Morato et al., 2013) e nos Llanos, onde o habitat é cada vez mais ocupado pelo pastoreio de gado (Jedrzejewski et al., 2023). Amazônica

A floresta tropical constitui a maior ecorregião contínua que ainda mantém 91% do habitat adequado para as onças-pintadas (Jedrzejewski et al., 2023).

Estimativas sugerem que a Amazônia abriga o maior número de A população de onças-pintadas na Amazônia é de aproximadamente 96.900 indivíduos (Jedrzejewski et al., 2023), representando quase 80% da área de distribuição atual da espécie (de La Torre et al., 2017). Devido à sua abundância local, as onças-pintadas são classificadas como de menor preocupação na Amazônia, refletindo o melhor estado de conservação em toda a sua área de distribuição (de La Torre et al., 2017).

No entanto, o conhecimento sobre as populações de onças-pintadas in situ na Amazônia ainda é limitado. Um estudo recente relatou estimativas de densidade. em 22 áreas protegidas na Amazônia, revelando o mais alto densidades em regiões com maior produtividade primária e umidade

(Alvarenga et al., 2025). No entanto, nenhuma dessas estimativas ultrapassou Estudos realizados ao longo de dois anos indicam que, embora a compreensão espacial tenha avançado, ainda faltam informações sobre a dinâmica temporal das onças-pintadas.

As florestas amazônicas são altamente heterogêneas, e destacamos que As florestas de várzea da Amazônia, em particular, são áreas de crucial valor de conservação para as onças-pintadas, que têm sido amplamente ignoradas no planejamento internacional de conservação (Alvarenga et al., 2025; Jedrzejewski et al., 2023). As florestas de várzea são ecossistemas altamente produtivos, mantidos por ciclos anuais de inundações, que fornecem serviços ecossistêmicos e sociais essenciais, contribuindo para o equilíbrio geral da Bacia Amazônica (Junk et al., 2023; Wittmann et al., 2006).

Estudos demonstraram que as onças-pintadas conseguem se adaptar às condições únicas dessas florestas de várzea (Ramalho et al., 2021). Os indivíduos, geralmente menores nessas áreas (às vezes com menos de 50 kg), mantêm um estilo de vida aquático-arbóreo por até 4 meses durante inundações, elevando seus filhotes em árvores e se alimentam principalmente de animais aquáticos e arbóricolas, como jacarés, macacos e preguiças (Ramalho et al., 2021). Essas características sugerem que a população local de onças-pintadas está bem adaptada ao ciclo anual de cheias da várzea amazônica.

Nos últimos anos, porém, o ciclo anual de cheias, ao qual essas onças-pintadas se adaptaram, foi interrompido pelas mudanças climáticas (Wittmann et al., 2004), com rios em toda a floresta alagada da Amazônia sofrendo eventos extremos de seca e inundações com maior frequência ao longo do tempo.

Nas últimas três décadas (Espinoza et al., 2022; Junk et al., 2023; Marengo et al., 2012), as mudanças climáticas já levaram ao colapso populacional (Rabaiotti et al., 2023), à ruptura da estrutura social (Conquet et al., 2024) e a alterações na fenologia (Abrahms et al., 2022) de grandes carnívoros em todo o mundo. É necessário desenvolver planos de conservação eficazes para Para entender as taxas vitais das onças-pintadas na várzea, é fundamental compreender como elas se comportam. Este estudo investiga como as florestas foram influenciadas pelos regimes de inundações ao longo do tempo e, em seguida, explora as potenciais implicações das mudanças climáticas em curso e das pressões antropogênicas sobre a dinâmica populacional futura.

Neste estudo, nosso objetivo foi investigar o status, a dinâmica populacional e o valor de conservação das populações de onça-pintada na Amazônia. Este estudo avalia a população de onças-pintadas em florestas alagadas dentro de uma área protegida de uso sustentável, por meio de: (i) estimativa de parâmetros demográficos, taxa de crescimento populacional e densidade populacional anual de onças-pintadas; (ii) avaliação da variação das taxas vitais das onças-pintadas com o regime de inundações — o principal fator ambiental da região — e por sexo; (iii) comparação da população estimada de onças-pintadas. Para isso, realizamos o estudo de monitoramento populacional mais longo de A demografia das onças-pintadas até o momento é o único conjunto de dados de longo prazo em uma vasta área. Floresta alagada contínua da Amazônia dentro da Reserva Sustentável Mamirauá Reserva de Desenvolvimento (doravante Reserva Mamirauá). A reserva foi a primeira área protegida estabelecida no Brasil a adotar uma abordagem comunitária que integra objetivos de conservação com meios de subsistência locais. Implementamos uma estrutura de modelagem robusta, o modelo aberto de captura-recaptura espacialmente explícito.

(Efford & Schofield, 2020), que estima simultaneamente múltiplos parâmetros populacionais chave, controlando a detecção imperfeita e o movimento animal. Essa abordagem nos permitiu estimar não apenas as densidades populacionais anuais de onças-pintadas, mas também parâmetros populacionais críticos e pouco conhecidos para onças-pintadas: a sobrevivência aparente anual (aqui,

sobrevivência) e taxas de recrutamento per capita. Além disso, nos permitiu para avaliar a influência dos ciclos anuais de cheias, um fator chave da várzea florestas como a Reserva Mamirauá, sobre a dinâmica populacional da onça-pintada, com importantes implicações para a conservação global da espécie.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 | Área de estudo

Realizamos nosso estudo no projeto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá. Reserva localizada na confluência dos rios Japurá e Amazonas, na Amazônia Central, Brasil (2°47'34,51" S, 65°3'8,98" O; Figura 1). Criada em 1990, a reserva abrange 1.124.000 hectares de floresta de várzea (IDSM, 2014), a maior área protegida dedicada exclusivamente a esta espécie. ecossistema mundial. Foi fundado no princípio de que a conservação é mais eficaz quando as comunidades locais são integradas à gestão e se beneficiam dos recursos naturais. Os residentes, descendentes de povos indígenas e seringueiros imigrantes (IDSM, 2014), dependem da agricultura de subsistência, da caça, da pesca e da coleta de produtos florestais. O conjunto de mamíferos locais, um subconjunto da floresta de terra firme adjacente, é composto por espécies semi-arbóricolas adaptadas a eventos anuais de inundações (Alvarenga et al., 2018). O clima regional é tropical.

úmido, com temperatura média anual de 29,5°C e precipitação média anual A precipitação é de 2373 mm (Ayres, 2006). A estação das cheias ocorre de maio a julho, e a estação das secas, de setembro a Novembro (Ramalho et al., 2021). Os três principais habitats florestais locais — as tatuagens são alta várzea, baixa várzea e chavascal (Ayres, 2006; Ferreira-Ferreira et al., 2015). As várzeas altas estão localizadas em altitudes mais elevadas e têm períodos de inundações mais curtos (entre 60 e 120 dias e períodos de água níveis de 1–2,5 m). Várzeas baixas têm elevações intermediárias, então a água Os níveis podem atingir até 5 m e os períodos de inundações são tipicamente mais longos (120–180 dias). Os chavascais são pântanos de baixa altitude com solos encharcados que ficam alagados por até 240 dias por ano, com níveis de água mais elevados. que podem atingir 7 m de profundidade (Wittmann et al., 2004).

2.2 | Coleta de dados

Realizamos um levantamento demográfico de captura-recaptura abrangendo 17 anos utilizando armadilhas fotográficas. Entre 2005 e 2022, realizamos [monitoramento de imagens]. de 14 levantamentos da estação seca com duração de 2 a 5 meses, exceto durante 2009–2011 e 2020. Anualmente, instalamos uma grade de armadilhas fotográficas com 5 a 95 pares de câmeras. estações de armadilha fotográfica (média = 57 estações por ano) espaçadas 0,30–1,55 km ao longo de trilhas que cruzam diferentes tipos de vegetação (Tabela S1). Instalamos as câmeras em árvores, a uma altura de 40 a 60 cm, posicionadas uma de frente para a outra, com uma distância de 4 a 5 m entre elas, e programadas para operar 24 horas por dia. Ao longo do tempo, Ao longo dos anos, iscamos diferentes números de estações (usando 200 mL de uma solução). mistura de sardinha e ovo) para otimizar a qualidade da foto. Incluímos O uso de isca no modelo foi utilizado para testar seu efeito na detectabilidade. Identificamos individualmente as onças-pintadas por seus padrões de pelagem e atribuímos o sexo com base em... Presença ou ausência de testículos. Este estudo utilizou exclusivamente armadilhas fotográficas e não necessitou de aprovação ética de um comitê de ética animal.

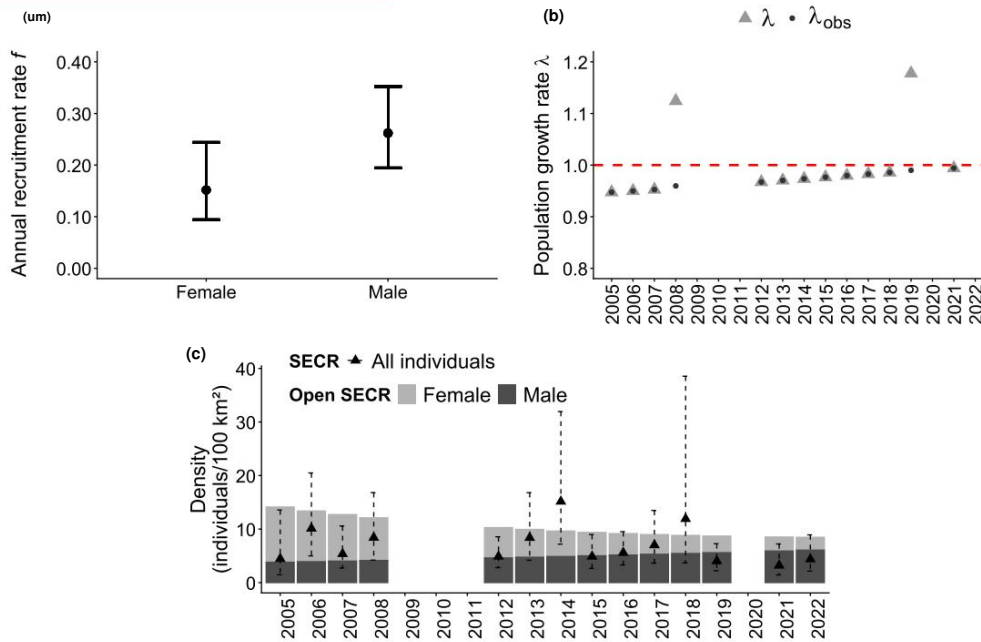


FIGURA 2 Parâmetros demográficos da onça-pintada. (a) Taxa de recrutamento específica por sexo; (b) Taxas anuais de crescimento populacional com linha tracejada vermelha indicando estabilidade populacional quando $\lambda = 1$. (c) Densidade anual estimada a partir de captura-recaptura espacialmente explícita (SECR) em múltiplas sessões. Triângulos com intervalo de confiança de 95% em linha tracejada e densidade populacional específica por sexo e período, derivada do modelo SECR aberto, em barras.

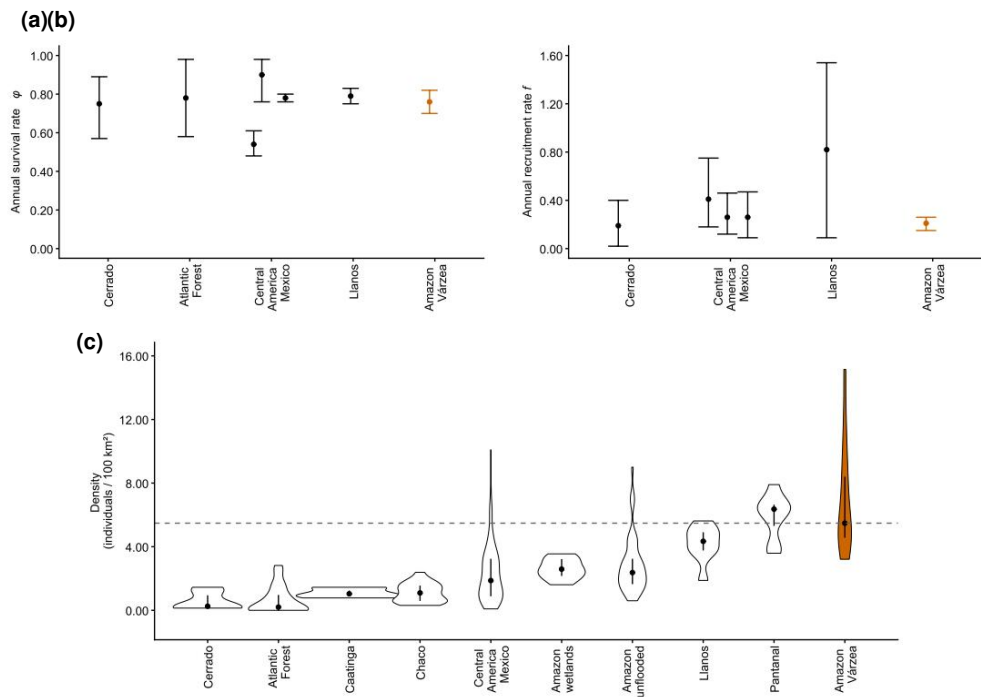


FIGURA 3 Demografia da população de onças-pintadas ao longo da distribuição da espécie. (a) Taxas de sobrevivência anual (ϕ); (b) taxas de recrutamento anual f e (c) distribuição das estimativas de densidade de onças-pintadas em ecorregiões ao longo da distribuição da espécie. No painel (c), os gráficos de violino representam a distribuição das estimativas de densidade em cada ecossistema, com pontos pretos indicando as medianas. A linha tracejada cinza indica a densidade mediana estimada para a floresta alagada da Amazônia Central na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá entre 2005 e 2022. Estimativas em laranja. Destacar os resultados deste estudo.

de ninhadas pequenas (cerca de 1,5 filhotes), cuidados parentais prolongados (cerca de 18 meses) e longo intervalo entre partos (~2 anos; Fragoso et al., 2023). Dado que nosso estudo se concentrou em adultos — corroborado pelo nosso número muito baixo de detecções de indivíduos jovens — a maior taxa de recrutamento masculino

É provável que reflita um fluxo constante de indivíduos das redondezas. áreas, enquanto a população residente, inferida pela taxa de recrutamento feminino, apresenta baixas taxas de natalidade ou baixa sobrevivência dos jovens. Isto O padrão é consistente com uma maior movimentação de machos, estimada em

73% maior do que as fêmeas ($\exp(\hat{\gamma}\hat{y}_{macho}) = 0,55$). As áreas circundantes provavelmente atuam como fontes de imigrantes machos.

A ausência de um efeito detectável do pulso de inundação anual na sobrevivência e no recrutamento deve ser interpretada com cautela, pois pode refletir efeitos genuinamente fracos ou poder estatístico limitado (ou seja, uma série temporal de 17 anos pode não ser longa o suficiente), ou ainda uma resiliência da população à variabilidade dos pulsos de inundação experimentados até o momento. Também pode indicar

uma discrepância temporal, com o ciclo de vida lento das onças-pintadas atrasando as respostas demográficas para além do período do estudo. Alternativamente (ou adicionalmente), a dinâmica das cheias pode exercer efeitos mais fortes na sobrevivência dos filhotes e fecundidade, parâmetros não medidos aqui. Essas explicações destacam os desafios de detectar sinais demográficos em carnívoros de baixa densidade e longa vida. À medida que as mudanças climáticas impulsionam uma frequência cada vez maior de eventos extremos de inundações e secas, os impactos demográficos em *P. onca* é provável que essa população aumente consideravelmente nos próximos anos.

4.2 | Densidade de onças-pintadas na Amazônia Central e distribuição da espécie

Densidades populacionais estimadas de onças-pintadas na Reserva Mamirauá estão entre as mais altas estimadas para a espécie (Figura 3c), superiores às de outros locais da Amazônia (Alvarenga et al., 2025) e comparáveis às encontradas no Pantanal e nos Llanos, reconhecidos como um importante reduto populacional (Thompson et al., 2023). No entanto, a densidade de fêmeas diminuiu 77% ao longo dos 17 anos, enquanto a densidade de machos

aumentou 59%, alterando a estrutura populacional. O aparente

A estabilização no crescimento populacional provavelmente está mascarada por um fluxo contínuo de imigrantes do sexo masculino — o que é consistente com a dispersão com viés masculino juntamente com um declínio acentuado de fêmeas filopátricas residentes (Eizirik et al., 2001), o que representa uma restrição na produção reprodutiva local e levanta preocupações sobre a viabilidade populacional a longo prazo.

Apesar de uma aparente tendência à estabilidade, o crescimento populacional está diminuindo na maioria dos anos (< 1). A taxa de crescimento anual (\hat{y}) captura processos demográficos intrínsecos que se baseavam na suposição do modelo mais bem suportado, que considera a sobrevivência constante e pode ser sensível ao recrutamento elevado de machos. Picos em \hat{y} são, portanto, provavelmente amplificados pelo aumento do influxo de machos combinado com

intervalos desiguais entre as sessões de amostragem (por exemplo, 2008–2012 e

2019–2021), o que resultou em uma estimativa média estável (1,00) em comparação com o crescimento populacional médio observado ($\hat{y}_{obs} = 0,97$).

Em contraste, \hat{y}_{obs} reflete as mudanças líquidas na abundância entre as sessões e não leva em conta os processos demográficos que ocorrem em intervalos mais longos, mas sim representa seu resultado cumulativo.

Assim, a discrepância entre \hat{y} e \hat{y}_{obs} é acentuada durante períodos com lacunas entre as pesquisas. Isso destaca a importância de manter intervalos de amostragem consistentes em programas de monitoramento de longo prazo. Consideradas em conjunto, essas métricas ajudam a distinguir processos demográficos intrínsecos de mudanças impulsionadas externamente em abundância, evidenciando que a população pode ainda estar a sofrer um ligeiro declínio em vez de ter atingido a estabilidade.

As estimativas de densidade derivadas de modelos SECR de população fechada apresentaram variabilidade interanual substancial, sem uma tendência clara.

A incerteza foi parcialmente impulsionada pela variação nas recapturas espaciais, uma vez que esses modelos dependem de recapturas espaciais adequadas para estimar o parâmetro de escala espacial (\hat{y}) e a função de detecção (\hat{y}). Além disso,

Os modelos de população fechada não levam em conta a entrada ou a saída de indivíduos, o que pode enviesar as estimativas de densidade em sistemas com indivíduos transitórios, particularmente quando a migração não é aleatória (Kendall, 1999), como em Mamirauá. Em nosso estudo, população fechada

As estimativas foram usadas como referência para avaliar se as estimativas de densidade populacional em ambiente aberto estavam dentro de limites de incerteza plausíveis, visto que o *openCR* não fornece intervalos de confiança. Na maioria dos anos, as estimativas de população em ambiente aberto ficaram dentro dos intervalos de confiança das estimativas de população em ambiente fechado, o que corrobora sua consistência.

No entanto, as estimativas das variáveis provenientes de modelos fechados provavelmente refletem tanto pressupostos metodológicos quanto processos biológicos, particularmente movimentação e imigração, em vez de inconsistências entre as abordagens.

Em carnívoros, o crescimento populacional é particularmente sensível à sobrevivência e fecundidade das fêmeas adultas, dado o seu papel na reprodução e na criação dos filhotes (van de Kerk et al., 2013).

Embora a sobrevivência anual da onça-pintada seja baixa, a taxa de sobrevivência anual da espécie é alta. As taxas na Reserva Mamirauá parecem altas, apesar do declínio observado.

A diminuição no número de fêmeas provavelmente reflete uma fecundidade reduzida, corroborada pela escassez de registros de filhotes e juvenis nas câmeras ao longo de 17 anos.

Padrões semelhantes foram documentados para outras populações de felinos, onde a caça direcionada a machos perturba a dinâmica populacional ao promover a imigração masculina, o que eleva as taxas de infanticídio (Balme et al., 2009, 2012; Packer et al., 2009; Wielgus et al., 2013). Em leopardos, por exemplo, o infanticídio representa uma proporção substancial

de mortalidade de filhotes (40%) e é um fator determinante chave para saber se as fêmeas conseguem criar os filhotes até a independência (Balme et al., 2012).

O sucesso reprodutivo é ainda influenciado pela idade materna e pelas restrições espaciais. Devido à filopatria feminina, fêmeas mais velhas que criaram com sucesso várias filhas podem experimentar a disputa territorial.

contração, que pode reduzir a produção reprodutiva. Nesse contexto, a sobrevivência de filhotes de leopardo (Balme et al., 2012) atinge o pico em fêmeas em idade reprodutiva ideal (até ~8 anos), declina posteriormente e cai acentuadamente em indivíduos mais velhos (>14 anos).

Esses resultados sugerem que, apesar da alta taxa de sobrevivência de adultos em Mamirauá, uma população feminina envelhecida pode contribuir menos para o recrutamento, enquanto o aumento do infanticídio pode limitar ainda mais o crescimento populacional.

Dinâmicas comparáveis foram relatadas em tigres, onde a alta sobrevivência de adultos e a imigração compensam as baixas taxas reprodutivas e o recrutamento de filhotes, resultando em crescimento populacional mínimo mesmo na ausência de caça furtiva, mas sob condições de escassez de presas (Steinmetz et al., 2025). Em Mamirauá, no entanto, a escassez de presas provavelmente não explica o declínio populacional a longo prazo, visto que mudanças nos recursos

A disponibilidade de recursos, como populações de organismos aquáticos e redução da produção de frutos silvestres, só foi documentada após eventos extremos recentes.

seca em 2023 (Fleischmann et al., 2025). Em vez disso, a pressão histórica da caça foi documentada como tendenciosa para os homens (Ramalho, 2012).

Embora apenas 23 onças-pintadas tenham sido caçadas ao longo de 13 anos, (Valsecchi et al., 2023), a pressão real da caça provavelmente está subestimada (Ramalho, 2012), apesar dos recentes esforços de conservação com gestão comunitária. A caça é mais frequente durante

a época das cheias, quando o acesso humano à floresta aumenta através da navegação—A imigração e as onças-pintadas tornam-se mais vulneráveis devido ao seu estilo de vida arborícola (Valsecchi et al., 2023). Por outro lado, a imigração é mais provável de ocorrer durante a estação seca e pode ser intensificada durante períodos secos prolongados, quando o aumento da mobilidade terrestre facilita os deslocamentos para a área (de Brito et al., 2025). Assim, embora a

As variáveis ambientais examinadas neste estudo não apresentaram efeito direto.

Fatores como taxas vitais, dinâmica de pulsos de inundação e caça com viés masculino provavelmente exercem importantes influências indiretas sobre os processos populacionais. Uma análise mais aprofundada é necessária. Uma avaliação robusta desses parâmetros requer monitoramento contínuo e consistente a longo prazo, com esforços redobrados para melhorar as taxas de recaptura, rastrear filhotes e monitorar a pressão de caça específica para cada sexo.

Para melhor quantificar como as variáveis ambientais e antropogênicas afetam a sobrevivência até a idade adulta e a fecundidade em faixas etárias específicas.

5 | CONCLUSÕES

A Reserva Mamirauá protege os habitats de várzea amazônica, que sustentam algumas das maiores densidades de onças-pintadas já registradas, refletindo a notável adaptação da espécie aos regimes sazonais de inundação.

No entanto, o monitoramento a longo prazo indicou uma mudança na estrutura populacional que pode mascarar um declínio populacional subjacente, levantando preocupações sobre o recrutamento e a viabilidade populacional a longo prazo.

Mamirauá é a primeira Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Brasil.

Destaca-se pela gestão comunitária e pelo monitoramento participativo da vida selvagem, vinculando a conservação da biodiversidade aos benefícios para a subsistência.

Esses esforços foram essenciais para manter essa onça-pintada por mais de 17 anos. O monitoramento populacional e a geração de evidências necessárias para detectar mudanças demográficas sutis, porém críticas, são essenciais. Assim, nossas descobertas destacam a necessidade urgente de fortalecer as ações de conservação, especialmente no que diz respeito à pressão da caça e seus efeitos em cascata sobre a estrutura populacional. É provável que as mudanças climáticas intensifiquem esses desafios. Eventos de cheias e secas cada vez mais frequentes e extremos podem afetar indiretamente a demografia da onça-pintada, alterando a disponibilidade de recursos e remodelando o acesso humano e a movimentação de animais na área.

Em conjunto, nossos resultados demonstram que mesmo populações de alta densidade em ecossistemas aparentemente intactos podem ser mais vulneráveis do que se supunha anteriormente. Isso ressalta a importância crítica da segurança ambiental. A necessidade de monitoramento participativo de longo prazo para revelar processos demográficos ocultos e a priorização urgente das florestas de várzea no planejamento da conservação são essenciais. Proteger esses ecossistemas dinâmicos é fundamental não apenas para manter as populações de onça-pintada, mas também para salvaguardar a integridade ecológica e a resiliência de um dos habitats mais produtivos e, ainda assim, sub-representados nas estratégias de conservação regionais e globais.

CONTRIBUIÇÕES DO AUTOR

Emiliano Ramalho concebeu a ideia e desenhou a metodologia; Anelise Montanarin, Guilherme Costa Alvarenga e Diogo Maia Gräbin coletou os dados; Raíssa Sepulvida, Luca Börger e James D. Forester analisou os dados; Raíssa Sepulvida e Luca Börger conduziram a redação do manuscrito; Jorge Fernando Saraiva Menezes e

Aline Giroux contribuiu para o manuscrito. Todos os autores contribuíram.

Analisamos criticamente os rascunhos e demos a aprovação final para publicação. Nosso estudo foi realizado em uma reserva de gestão comunitária que promove estudos científicos intensivos e monitoramento da vida selvagem para orientar as decisões de gestão. Assim, a equipe de autores inclui

Cientistas baseados na região, diretamente envolvidos na coleta de dados, nas questões de pesquisa, no planejamento do estudo e no engajamento local. Todos os autores contribuíram substancialmente para o produto final.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Instituto Mamirauá para a Sustentabilidade.

Desenvolvimento, a Fundação Betty e Gordon Moore e uma colaboração internacional em ecologia de movimentos financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de seu Programa de Internacionalização (PRINT-CAPES); RS foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Desenvolvimento Tecnológico—(CNPq; 200448/2022-6) e PROEX/ CAPES (88887.703766/2022-00); AG foi apoiado pelo Ewel

Bolsa de Pós-Doutorado. Agradecemos a Chris Sutherland pela consultoria estatística.

A taxa de processamento do artigo para a publicação desta pesquisa foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) (identificador ROR: 00x0ma614).

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Dados disponíveis no repositório Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.18089375> (Sepulvida et al., 2026). Dados sensíveis, incluindo informações precisas sobre a localização dos registros de ocorrência de onças-pintadas, não estão disponíveis publicamente para proteger a espécie de possíveis danos, mas podem ser disponibilizados mediante solicitação razoável ao autor correspondente.

ORCIDA

Raíssa Sepulvida <https://orcid.org/0000-0002-1679-6707>

Luca Börger <https://orcid.org/0000-0001-8763-5997>

Anelise Montanarin <https://orcid.org/0000-0002-1353-0639>

James D. Forester <https://orcid.org/0000-0002-5392-9556>

Aline Giroux <https://orcid.org/0000-0001-6375-6954>

Diogo Maia Gräbin <https://orcid.org/0000-0002-5196-1384>

Jorge Fernando Saraiva Menezes <https://orcid.org/0000-0003-2224-9758>

Emiliano Ramalho <https://orcid.org/0000-0003-2088-0415>

REFERÊNCIAS

- Abrahms, B., Rafiq, K., Jordan, NR, & McNutt, JW (2022). Longo prazo, Mudança fenológica induzida pelo clima em um grande carnívoro tropical. *Anais da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos da América*, 119(27), 1–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.2121667119>
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2025). *Hidroweb: sistema de informações hidrológicas* [Conjunto de dados]. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentação>

- Alvarenga, GC, Ramalho, EE, Baccaro, FB, da Rocha, DG, Ferreira-Ferreira, J., & Dineli Bobrowiec, PE (2018). Padrões espaciais de assembleias de mamíferos de médio e grande porte na várzea e na terra florestas firmes, Amazônia Central, Brasil. *PLoS One*, 13(5), e0198120. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198120>
- Alvarenga, GC, Tobler, MW, Boron, V., Carvalho, EAR, Jr., Morato, RG, Endo, W., Mendonça, EN, Sampaio, R., Durigan, CC, Gonçalves, ALS, Ramalho, EE, Pezzuti, JCB, de Paula, M. J., Antunes, AP, Mena, JL, Dupont, G., Spironeo, W., Pacheco, J., La Rosa-Camino, F., ... da Costa, MO (2025). Densidade e tamanho populacional da onça-pintada (*Panthera onca*) em áreas protegidas e terras indígenas no bioma Amazônico, seu maior reduto. *Biological Conservation*, 303, 111010. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111010>
- Alves, GB, Tôres, NM, de Almeida Jácomo, AT, Finnegan, SP, Trinca, CT, Moreira, R., Sanz-Pérez, A., Sollmann, R., & Silveira, L. (2024). Dinâmica populacional da onça-pintada (*Panthera onca*) em um parque nacional "isolado" no bioma Cerrado, Brasil. *Pesquisa de Mamíferos*, 69(4), 479–492. <https://doi.org/10.1007/s13364-024-00758-x>
- Arnold, TW (2010). Parâmetros não informativos e seleção de modelos usando o critério de informação de Akaike. *Journal of Wildlife Management*, 74(6), 1175–1178. <https://doi.org/10.2193/2009-367>
- Aires, JM (2006). *As matas de várzea do Mamirauá: médio rio Solimões* (Vol. 3, 3ª ed.). Sociedade Civil de Mamirauá.
- Balme, G., & Hunter, LTB (2004). Mortalidade em uma população protegida de leopardos, reserva de caça privada Phinda, África do Sul: Uma população em declínio? *Revista Ecológica*, 6, 1–6.
- Balme, GA, Hunter, L., & Braczkowski, AR (2012). Aplicabilidade de Regulamentos de caça baseados na idade para leopardos africanos. *PLoS One*, 7(4), e35209. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035209>
- Balme, GA, Slotow, R., & Hunter, LTB (2009). Impacto da intervenção de conservação na dinâmica e persistência de uma população de leopardos (*Panthera pardus*) perseguida. *Biological Conservation*, 142(11), 2681–2690. <https://doi.org/10.1016/j.bio-con.2009.06.020>
- Bisht, S., Banerjee, S., Qureshi, Q. & Jhala, Y. (2019). Demografia de um População de tigres de alta densidade e suas implicações para a recuperação da espécie. *Journal of Applied Ecology*, 56(7), 1725–1740. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13410>
- Bozdogan, H. (1987). Seleção de modelo e critério de informação de Akaike (AIC): A teoria geral e suas extensões analíticas. *Psychometrika*, 52(3), 345–370. <https://doi.org/10.1007/BF02294361>
- Bradshaw, CJA, & Brook, BW (2005). Doença e o diabo: processos epidemiológicos dependentes da densidade explicam a população histórica flutuações no diabo-da-tasmânia. *Ecografia*, 28(2), 181–190. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.04088.x>
- Ceballos, G., Zarza, H., Chávez, C., & Gonzáles-Maya, JF (2016). Ecologia e conservação de onças-pintadas no México. Em *Conservação tropical: Perspectivas sobre prioridades locais e globais* (pp. 273–289). Oxford Imprensa Universitária.
- Conquet, E., Paniw, M., Borrego, N., Nater, CR, Packer, C., & Ozgul, A. (2024). Dependência multifacetada da densidade: estrutura social e Efeitos da sazonalidade na demografia do leão do Serengeti. *Journal of Animal Ecology*, 93(10), 1493–1509. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.14158>
- de Brito, MRM, Alvarenga, GC, Oliveira-Santos, LGR, Maranhão, L., Pinto dos Santos, L., Gomes dos Santos, R., Fernando, J., Menezes, S., & Ramalho, EE (2025). Impacto das cheias sazonais sobre a área de vida e movimentos da onça-pintada (*Panthera onca*). *Journal of Mammalogy*, 106(3), 612–621.
- de La Torre, JA, González-Maya, JF, Zarza, H., Ceballos, G., & Medellín, RA (2017). As manchas da onça-pintada são mais escuras do que aparentam: Avaliação do estado de conservação global da onça-pintada *Panthera onca*. *Oryx*, 52(2), 300–315. <https://doi.org/10.1017/S0030605316001046>
- Devlin, AL, Frair, JL, Crawshaw, PG, Hunter, LTB, Tortato, FR, Hoogesteijn, R., Robinson, N., Robinson, HS, & Quigley, HB (2023). Fatores determinantes da densidade de grandes carnívoros em paisagens de uso múltiplo não caçadas. *Conservation Science and Practice*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/csp2.12745>
- Efford, MG (2022a). *Exemplos do openCR 2.2*. Departamento de Zoologia, Universidade de Otago. <https://www.otago.ac.nz/density/pdfs/openCR-examples.pdf>
- Efford, MG (2022b). *openCR: Modelos abertos de captura-recaptura de populações*. Pacote R versão 2.2.7. <https://cran.r-project.org/package=openCR/>
- Efford, MG (2022c). *seccr 4.5: Captura-recaptura espacialmente explícita em R*. Departamento de Zoologia, Universidade de Otago. <https://www.otago.ac.nz/density/pdfs/seccr-overview.pdf>
- Efford, MG, & Schofield, MR (2020). Uma população espacial aberta modelo de captura-recaptura. *Biometria*, 76(2), 392–402. <https://doi.org/10.1111/biom.13150>
- Efford, MG, & Schofield, MR (2022). Uma revisão dos modelos de movimento na captura-recaptura de populações abertas. *Métodos em Ecologia e Evolução*, 13(10), 2106–2118. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13947>
- Eizirik, E., Kim, J.-H., Menotti-Raymond, M., Crawshaw, PG, O'Brien, SJ, & Johnson, WE (2001). Filogeografia, história populacional e genética da conservação de jaguares (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae). *Ecologia Molecular*, 10(1), 65–79. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2001.01144.x>
- Eriksson, CE, Kantek, DLZ, Miyazaki, SS, Morato, RG, dos Santos-Filho, M., Ruprecht, JS, Peres, CA, & Levi, T. (2022). Extensivo Subsidios aquáticos levam à quebra territorial e alta densidade de um predador de topo. *Ecologia*, 103(1), 1–9. <https://doi.org/10.1002/ecy.3543>
- Espinoza, JC, Marengo, JA, Schongart, J., & Jimenez, JC (2022). A nova cheia histórica de 2021 no rio Amazonas em comparação com Grandes inundações do século XXI: Características atmosféricas no contexto da intensificação das inundações. *Weather and Climate Extremes*, 35, 100406. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100406>
- Ferreira-Ferreira, J., Silva, TSF, Streher, AS, Afonso, AG, De Almeida Furtado, LF, Forsberg, BR, Valsecchi, J., Queiroz, HL, & De Moraes Novo, EML (2015). Combinando a estrutura da vegetação derivada do ALOS/PALSAR e os padrões de inundação para caracterizar os principais tipos de vegetação no Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá. Reserva, planície aluvial da Amazônia Central, Brasil. *Ecologia e Manejo de Zonas Úmidas*, 23(1), 41–59. <https://doi.org/10.1007/s11273-014-9359-1>
- Fleischmann, AS, Papa, F., Hamilton, SK, Melack, J., Forsberg, B., Val, A., Collischonn, W., Laipelt, L., Brusso-Rossi, J., Comini de Andrade, BC, Mendel, B., Alves, P., Bandeira, M., Custódio, L., Gomes, M. C., Hymans, D., Keppe, I., Mendes, R., Nascimento, N., ... Zumak, A. (2025). Aquecimento extremo das águas da Amazônia em um clima em mudança. *Science*, 390(6773), 606–611. <https://doi.org/10.1126/science.adr4029>
- Fragoso, CE, Rampim, LE, Quigley, H., Haberkfeld, MB, Espíndola, W. A., Araújo, VC, Sartorello, LR, & May, JA (2023). Revelando estratégias demográficas e de acasalamento de *Panthera onca* no Pantanal, Brasil. *Journal of Mammalogy*, 104(2), 239–251. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyac123>
- Gamelon, M., Grøtan, V., Nilsson, ALK, Engen, S., Hurrell, JW, Jerstad, K., Phillips, AS, Røstad, OW, Slagsvold, T., Walseng, B., Stenseth, NC, & Sæther, BE (2017). Interações entre demografia e efeitos ambientais são determinantes importantes da dinâmica populacional. *Science Advances*, 3(2), e1602298. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602298>
- Giordano, A., Giménez, D., Martínez, V., Rojas, V., Saldívar, S., Velilla, M., Ayala, R., López, J., Velázquez, M., Thompson, J., Cartes, J., del Castillo, H., Mujica, N., Weiler, A., Villalba, L., & Ramirez, F. (2017). CARNÍVOROS: os carnívoros. Na Associação Paraguaiá de

- Mastozoológia y Secretaría del Ambiente (Ed.), *Livro Rojo de los Mamíferos del Paraguay: especies amenazadas de extinción* (pp. 79–101). Editorial CRIAÇÃO.
- Gutiérrez-González, CE, Gómez-Ramírez, MA, & López-, CA (2015). As reservas privadas são eficazes para a conservação da onça-pintada? *PLoS One*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137541>
- Harmsen, BJ, Foster, RJ, Sanchez, E., Gutierrez-González, CE, Silver, SC, Ostro, LET, Kelly, MJ, Kay, E., & Quigley, H. (2017). Monitoramento de longo prazo de onças-pintadas no Santuário de Vida Selvagem da Bacia de Cockscomb, Belize; implicações para estudos de armadilhas fotográficas de carnívoros. *PLoS One*, 12(6), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179505>
- Hunter, L. (2015). *Gatos selvagens do mundo*. Bloomsbury Natural History.
- Hyde, M., Payán, E., Barragan, J., Stasiukynas, D., Rincón, S., Kendall, W. L., Rodríguez, J., Crooks, KR, Breck, SW, & Boron, V. (2023). Terras produtivas apoiadas pelo turismo sustentam uma população crescente de onças-pintadas nos llanos colombianos. *Scientific Reports*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36935-2>
- IDSM. (2014). Plano de gestão Reserva De Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – RDSM (nº 2). <https://mamiraua.org.br/documentos/a530527d7fd74ca478cb3ad891881be0.pdf>
- Jedrzejewski, W., Maffei, L., Espinosa, S., Wallace, RB, Negrões, N., Morato, RG, Tobler, M., Crespo, GMA, Ramalho, EE, Payan, E., Hoogesteijn, R., González-Maya, JF, Viscarra, M., Ferraz, KM PM d. B., Portugal, MP, Romero, AP, Polisar, J., Breitenmoser, C., & Breitenmoser, U. (2023). Estado de conservação da onça-pintada no noroeste da América do Sul. *CATNews Edição Especial*, 16, 23–34.
- Jýdrzejewski, W., Robinson, HS, Abarca, M., Zeller, KA, Velasquez, G., Paemelaere, EAD, Goldberg, JF, Payan, E., Hoogesteijn, R., Boede, EO, Schmidt, K., Lampo, M., Viloría, Á. L., Carreño, R., Robinson, N., Lukacs, PM, Nowak, JJ, Salom-Pérez, R., Castañeda, F., ... Quigley, H. (2018). Estimativa de populações de grandes carnívoros em escala global com base em previsões espaciais de densidade e distribuição — Aplicação à onça-pintada (*Panthera onca*). *PLoS One*, 13(3), 1–25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194719>
- Jýdrzejewski, W., Carreño, R., Sánchez-Mercado, A., Schmidt, K., Abarca, M., Robinson, HS, Boede, EO, Hoogesteijn, R., Viloría, Á. eu., Cerda, H., Velásquez, G., & Zambrano-Martínez, S. (2017). Conflitos entre humanos e onças-pintadas e a importância relativa do abate retaliatório e da caça para as populações de onça-pintada (*Panthera onca*) na Venezuela. *Conservação Biológica*, 209, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.03.025>
- Jolly, GM (1965). Estimativas explícitas a partir de dados de captura-recaptura com modelo estocástico de morte e imigração. *Biometrika*, 52(1), 225–247. <https://www.jstor.org/stable/2333826>
- Junk, WJ, Schöngart, J., Piedade, MTF, Soares, GM, & Wittmann, F. (2023). As Várzeas do Rio Amazonas Brasileiro: Vivendo com as Pulso da cheia. Em *Cultura fluvial: A vida como uma dança ao ritmo das águas* (pp. 469–495). Publicações da UNESCO. <https://doi.org/10.54677/bv3482>
- Karanth, KU, Nichols, JD, Kumar, NS e Hines, JE (2006). Avaliando Dinâmica populacional de tigres usando captura-recaptura fotográfica amostragem. *Ecologia*, 87(11), 2925–2937.
- Kendall, WL (1999). Robustez dos métodos de captura-recaptura fechados às violações da suposição de fechamento. *Ecologia*, 80(8), 2517–2525.
- Lambert, CMS, Wielgus, RB, Robinson, HS, Katnik, DD, Cruickshank, HS, Clarke, R., & Almack, J. (2006). População de pumas Dinâmica e viabilidade no noroeste do Pacífico. *Journal of Wildlife Management*, 70(1), 246–254. [https://doi.org/10.2193/0022-541x\(2006\)70\[246:cpdavi\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2193/0022-541x(2006)70[246:cpdavi]2.0.co;2)
- Lande, R. (1988). Genética e demografia na conservação biológica. *Science*, 241(4872), 1455–1460. <https://doi.org/10.1126/science.3420403>
- Marengo, JA, Tomasella, J., Soares, WR, Alves, LM, & Nobre, CA (2012). Eventos climáticos extremos na bacia amazônica. *Teórico e Climatologia Aplicada*, 107(1–2), 73–85. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0465-1>
- Medellín, RA, De La Torre, A., Zarza, H., Chávez, C., & Ceballos, G. (2016). *A onça no século XXI A perspectiva continental*. Edições Científicas Universitárias, Fundo de Cultura Econômica.
- Miquelle, DG, Smirnov, EN, Zaumyslova, OY, Soutyrina, SV, & Johnson, DH (2015). Dinâmica populacional de tigres-de-amur (*Panthera tigris altaica*) na Biosfera Sikhote-Alin Zapovednik: 1966–2012. *Zoologia Integrativa*, 10(4), 315–328. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12141>
- Mondal, K., Sandar, K., Qureshi, Q., Gupta, S., & Chourasia, P. (2012). Estimativa da população e sobrevivência do leopardo por meio de amostragem fotográfica de captura-recaptura no oeste da Índia. *World Journal of Zoology*, 7(1), 30–39. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjz.2012.7>
- Morato, RG, Beisiegel, BDM, Ramalho, EE, Luiz, R., & Boulhosa, P. (2013). Avaliação do risco de extinção da onça-pintada *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 0(1), 122–132. <http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR/artigo/visualizacao/378/323>
- Olson, ER, Shen, Y., Matzinger, PJ, Solano Mora, ET, Saborio-R, G., & Azofeifa, A. (2025). Crise de conservação? Status das onças-pintadas *Panthera onca* no Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Órix*, 59(3), 351–362. <https://doi.org/10.1017/S0030605324001710>
- Packer, C., Kosmala, M., Cooley, HS, Brink, H., Pintea, L., Garshelis, D., Purchase, G., Strauss, M., Swanson, A., Balme, G., Hunter, L., & Nowell, K. (2009). Caça esportiva, controle de predadores e conservação de grandes carnívoros. *PLoS One*, 4(6), e5941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005941>
- Paviolo, A., De Angelo, C., Ferraz, KMPMB, Morato, RG, Martinez Pardo, J., Srbek-Araujo, AC, Beisiegel, BDM, Lima, F., Sana, D., Xavier da Silva, M., Velásquez, MC, Cullen, L., Crawshaw, P., Jorge, MLSP, Galetti, PM, Di Bitetti, MS, de Paula, RC, Eizirik, E., Aide, TM, ... Azevedo, F. (2016). Um hotspot de biodiversidade perdendo seu Predador de topo: O desafio da conservação da onça-pintada no Atlântico Floresta da América do Sul. *Relatórios Científicos*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/srep37147>
- Pledger, S., Pollock, KH, & Norris, JL (2010). Captura-recaptura aberta Modelos com heterogeneidade: II. Modelo de Jolly-Seber. *Biometrics*, 66(3), 883–890. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2009.01361.x>
- Pollock, KH (1982). Um projeto de captura-recaptura robusto à probabilidade desigual de captura. *Journal of Wildlife Management*, 46(3), 752–757.
- Quigley, H., Foster, R., Petracca, L., Payán, E., Salom, R., & Harmsen, B. (2017). *Panthera onca* (versão alterada da avaliação de 2017). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, e.T15953A123791950. <https://www.iucnredlist.org/species/15953/123791436>
- Equipe principal do R. (2013). *R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística*. Fundação R para Computação Estatística. <https://www.r-project.org/>
- Rabaiotti, D., Coulson, T., & Woodroffe, R. (2023). As mudanças climáticas são previsto para causar colapso populacional em um criador cooperativo. *Global Change Biology*, 29(21), 6002–6017. <https://doi.org/10.1111/gcb.16890>
- Ramalho, EE (2012). Dinâmica populacional, ecologia alimentar, mortalidade induzida pelo homem e conservação da onça-pintada (*Panthera onca*) nas florestas aluviais da Várzea, na Amazônia. Tese de doutorado, Universidade de Flórida.
- Ramalho, EE, Main, MB, Alvarenga, GC, & Oliveira-Santos, LGR (2021). Caminhando sobre a água: A evolução inesperada das árvores estilo de vida de um grande predador de topo na Amazônia inundada. *Ecologia*, 102(5), 1–4. <https://doi.org/10.1002/ecy.3286>
- Ondulação, WJ, Estes, JA, Beschta, RL, Wilmers, CC, Ritchie, EG, Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, MP, Schmitz, OJ, Smith, DW, Wallach, AD e Wirsing, AJ (2014). Situação atual e impactos ecológicos dos maiores carnívoros do mundo.

- Science*, 343(6167), 1241484. <https://doi.org/10.1126/science.1241484>
- Rostro-García, S., Kamler, JF, Sollmann, R., Balme, G., Agostinho, BC, Kéry, M., Crouthers, R., Gray, TNE, Groenenberg, M., Prum, S., & Macdonald, DW (2023). Dinâmica populacional da última população de leopardos do leste da Indochina no contexto da melhoria da aplicação da lei. *Biological Conservation*, 283(maio), 110080. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110080>
- Royle, JA, Chandler, RB, Sollmann, R., & Gardner, B. (2013). *Espacial Captura-recaptura*. Imprensa Acadêmica.
- Satter, CB, Agostinho, BC, Harmsen, BJ, Foster, RJ, Sanchez, EE, Wultsch, C., Davis, MD, & Kelly, MJ (2019). Monitoramento de longo prazo da densidade de jaguatiricas em Belize. *The Journal of Wildlife Management*, 83(2), 283–294. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21598>
- Seber, GAF (1965). Uma nota sobre o censo de recaptura múltipla. *Biometrika*, 52(1), 249–259. <https://www.jstor.org/stable/2333827>
- Sepulveda, R., Börger, L., Montanarin, A., Forester, JD, Alvarenga, GC, Giroux, A., Gräbin, DM, Menezes, JFS, & Ramalho, E. (2026). Dados de: Demografia de longo prazo da onça-pintada destaca o valor ecológico das planícies aluviais da Amazônia. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18089375>
- Sharma, K., Bayrakcismith, R., Tumursukh, L., Johansson, O., Sevger, P., McCarthy, T., & Mishra, C. (2014). Dinâmicas vigorosas subjacentes a população estável do leopardo-das-neves ameaçado de extinção *Panthera uncia* nas montanhas Tost, Deserto de Gobi do Sul, Mongólia. *PLoS One*, 9(7), e101319. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101319>
- Srbek-Araújo, AC, & Chiarello, AG (2017). Situação da população do Onça-pintada (*Panthera onca*) em um de seus últimos redutos no Atlântico. Floresta. *Oryx*, 51(2), 246–253. <https://doi.org/10.1017/S0030605315001222>
- Steinmetz, R., Phumanee, W., Phoonjampa, R., Keawsrisod, T., Bunchornratana, K., Dawrueng, T., Bejraburnin, T., & Bhumpakphan, N. (2025). Investigando a demografia e a dinâmica de uma população de tigres de baixa densidade no Sudeste Asiático: O que limita a recuperação? *Aplicações Ecológicas*, 35(7), e70112. <https://doi.org/10.1002/eap.70112>
- Sutherland, C., Hare, D., Johnson, PJ, Linden, DW, Montgomery, R. A., & Droge, E. (2023). Conselhos práticos sobre seleção de variáveis e Relatórios utilizando o critério de informação de Akaike. *Anais da Royal Society B: Ciências Biológicas*, 290(2007), 20231261. <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.1261>
- Thompson, JJ, Velilla, M., Cabral, H., Cantero, N., Rojas Bonzi, V., Britez, E., Campos Krauer, JM, McBride, RT, Ayala, R., Galluppi Selich, T., Benítez Riveros, C., Ferreira-Riveros, M., Achón, B., & Cartes, JL (2023). Utilizando dados de armadilhas fotográficas para simultaneamente Estimativa da densidade e seleção de recursos da onça-pintada (*Panthera onca*) no Chaco seco paraguaio. Em *Mamíferos neotropicais* (pp. 237–256). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39566-6_10
- Tobler, MW, Carrillo-Percastegui, SE, Leite Pitman, R., Mares, R., & Powell, G. (2008). Uma avaliação de armadilhas fotográficas para inventário mamíferos terrestres de grande e médio porte da floresta tropical. *Conservação Animal*, 11(3), 169–178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Valsecchi, J., Monteiro, MCM, Alvarenga, GC, Lemos, LP, & Ramalho, EE (2023). Monitoramento comunitário da caça de felinos selvagens na Amazônia Central. *Conservação Animal*, 26(2), 189–198. <https://doi.org/10.1111/acv.12811>
- van de Kerk, M., de Kroon, H., Conde, DA, & Jongejans, E. (2013). A dinâmica populacional de carnívoros é tão lenta e tão rápida quanto a de outros mamíferos: implicações para sua conservação. *PLoS One*, 8(8), e70354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070354>
- Vinks, MA, Creel, S., Rosenblatt, E., Becker, MS, Schuette, P., Goodheart, B., Sanguinetti, C., Banda, K., Chifunte, C., & Simukonda, C. (2022). Densidade e sobrevivência do leopardo *Panthera pardus* em um ecossistema com baixa abundância de presas e dominância competidores. *Oryx*, 56(4), 518–527. <https://doi.org/10.1017/S0030605321000223>
- Wielgus, RB, Morrison, DE, Cooley, HS, & Maletzke, B. (2013). Efeitos da caça de troféus por machos no crescimento e persistência da população de fêmeas carnívoras. *Conservação Biológica*, 167, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.07.008>
- Williams, ST, Williams, KS, Lewis, BP e Hill, RA (2017). População Dinâmica e ameaças a um predador de topo fora de áreas protegidas: Implicações para o manejo de carnívoros. *Royal Society Open Science*, 4(4), 161090. <https://doi.org/10.1098/rsos.161090>
- Wittmann, F., Junk, WJ, & Piedade, MTF (2004). As florestas de várzea em Amazônia: Inundações e a geomorfologia altamente dinâmica interagem com a sucessão florestal natural. *Ecologia e Manejo Florestal*, 196(2–3), 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.060>
- Wittmann, F., Schöngart, J., Montero, JC, Motzer, T., Junk, WJ, Piedade, MTF, Queiroz, HL, & Worbes, M. (2006). Espécies de árvores Gradientes de composição e diversidade em florestas de água branca na bacia amazônica. *Journal of Biogeography*, 33(8), 1334–1347. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01495.x>
- WWF, Panthera e PNUD. (2018). *Jaguar 2030: Roteiro de Conservação para as Américas*. <https://www.internationaljaguarday.org/jaguar-conservation-roadmap>

INFORMAÇÕES DE APOIO

Informações adicionais de apoio podem ser encontradas online em Seção de Informações Complementares no final deste artigo.

Apêndice A. Tabelas e figuras que complementam o manuscrito principal.

Figura S1. Função de distribuição cumulativa empírica (ECDF) do deslocamento máximo das onças-pintadas detectadas pela armadilha fotográfica. A ECDF ilustra a proporção cumulativa de observados movimentos em função da distância, fornecendo uma estimativa da escala espacial em que os indivíduos foram detectados. A linha vermelha indica que 95% dos deslocamentos registrados foram \bar{y} 6,57 km.

Tabela S1. Número de estações de armadilha fotográfica (Nstations) implantadas em cada tipo de habitat — chavascal (*ch*), várzea alta (*hv*), campos de planície (*lf*) e várzea baixa (*lv*) e número total (T) por ano durante a onça-pintada.

Monitoramento populacional no desenvolvimento sustentável de Mamirauá Reserva. Também relatamos, por ano, o número de dias em campo (Ndias), o esforço (noites-câmera), o número de fêmeas (F), machos (M), o total de indivíduos (Tind) registrados por ano, bem como o número de indivíduos recapturados (Nrecapturados) e número de indivíduos recapturados espacialmente (Nespacial).

Tabela S2. Tabela de seleção de modelos. Devido à longa série temporal populacional associada à complexidade dos parâmetros populacionais estimáveis.

Em uma abordagem computacionalmente demorada, modelamos cada parâmetro como uma função das variáveis desejadas, mantendo fixo o outros. Para cada uma dessas etapas, selecionamos os modelos plausíveis usando o critério de informação de Akaike (AIC; Bozdogan, 1987). Os modelos que continham parâmetros não informativos (aqueles com intervalo de confiança de 85% sobreposto a 0) são mostrados em cinza e foram posteriormente excluídos para orientar a seleção de parâmetros nas etapas seguintes. Nós apresentamos o conjunto completo de modelos candidatos, incluindo \bar{y} não ajustado. AIC e pesos AIC (*w*), bem como \bar{y} AIC ajustado e pesos.

Recalculado após a exclusão de modelos com parâmetros não informativos. O modelo final selecionado para cada parâmetro é mostrado em negrito. Em seguida, modelamos o parâmetro de movimento \bar{y} como uma função do sexo, do nível do rio, e a combinação de sexo com o nível do rio. Corrigimos o movimento.

O parâmetro \hat{y} , com covariáveis do melhor modelo para executar a seleção do modelo para detectabilidade \hat{y}_0 , é uma função das variáveis acima, juntamente com os efeitos de um efeito aleatório anual do ano (anos), tipo de habitat (*sub-bosque fechado* e *planícies aluviais*), uso de isca e a combinação de anos, isca e habitat. Uma vez fixados o movimento e a detectabilidade,

Realizamos a seleção do modelo para a sobrevivência \hat{y} e repetimos o mesmo procedimento para o recrutamento f . O parâmetro de forma do movimento \hat{y} foi mantido constante em todos os modelos.

Figura S2. Histórico de captura de onças-pintadas fêmeas (cinza) e machos (pretos) registrados na grade de armadilhas fotográficas na Reserva Sustentável de Mamirauá. Reserva de Desenvolvimento.

Figura S3. O parâmetro de escala de movimento da onça-pintada (\hat{y}) estimado a partir do modelo com melhor suporte foi dependente do sexo. Os pontos representam as estimativas dos parâmetros e as barras de erro indicam intervalos de confiança de 95%.

Figura S4. Detectabilidade da onça-pintada estimada a partir dos dados mais bem suportados. O modelo era dependente do sexo (fêmeas em preto e homens em cinza) e variaram entre os anos. Os pontos representam estimativas de parâmetros, e as barras de erro indicam intervalos de confiança de 95%.

Tabela S3. Densidade populacional anual específica por sexo e total estimada a partir de Captura-recaptura espacialmente explícita fechada (*Dýtechada*) com intervalo de confiança de 95% entre parênteses (a detectabilidade variou com o sexo e o ano), e densidade populacional de superpopulação específica do tempo (*Dýaberta*) e taxa de crescimento populacional ($\hat{y}\hat{y}$) derivadas do modelo de captura-recaptura espacialmente explícita aberta.

Tabela S4. Compilação das taxas de sobrevivência e recrutamento per capita relatadas para a onça-pintada em toda a distribuição geográfica da espécie.

Apêndice B. Estimativas compiladas da densidade de onças-pintadas em toda a área de distribuição da espécie. faixa.

Tabela B1. Estimativas de densidade de onças-pintadas, publicadas e não publicadas, obtidas em Jýdrzejewski et al. (2018) e dados publicados adicionais atualizados, incluindo país, ano e localidade do levantamento, número de estações por estudo (N estações), dias de monitoramento (Dias), área mínima do polígono da armadilha fotográfica em km² (Polígono da armadilha fotográfica) e esforço de amostragem. Os levantamentos foram classificados de acordo com seu tipo de ecossistema (Habitat) neste estudo para fins de comparação. As densidades são classificadas como estimativas de captura-recaptura não espaciais e espacialmente explícitas (SECR). estimativas obtidas usando métodos Bayesianos (Bay) ou de máxima verossimilhança (ML) métodos. As estimativas não espaciais foram convertidas em densidades espacialmente equivalentes seguindo $Despacial = 0,07391 + 0,54761 * Dnao-espacial$ (Jýdrzejewski et al., 2018). As estimativas ajustadas foram usadas em a trama do violino.

Como citar este artigo: Sepulvida, R., Börger, L., Montanarin, A., Forester, JD, Alvarenga, GC, Giroux, A., Gräbin, DM, Saraiva Menezes, JF, & Ramalho, E. (2026). Longo prazo A demografia da onça-pintada destaca o valor ecológico das planícies aluviais da Amazônia. *Journal of Applied Ecology*, 63, e70488. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.70488>