



**Universidade Federal de Goiás
Instituto de Ciências Biológicas
Curso de Ciências Biológicas Bacharelado**

ICB
INSTITUTO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GUSTAVO NUNES FREITAS

**SIMPLIFICAÇÃO DA PAISAGEM REDUZ A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DA
ONÇA-PARDA EM AGROECOSSISTEMAS NO CERRADO DO BRASIL CENTRAL**

GOIÂNIA

2024

TECA - Termo de Ciência e Autorização



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome completo do autor: Gustavo Nunes Freitas

Título do trabalho: "Simplificação da paisagem reduz a probabilidade de ocorrência da onça-parda em agroecossistemas no cerrado do Brasil central"

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Luis Regolin, Professor do Magistério Superior-Substituto**, em 12/12/2024, às 15:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nunes Freitas, Discente**, em 15/12/2024, às 21:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

GUSTAVO NUNES FREITAS

**SIMPLIFICAÇÃO DA PAISAGEM REDUZ A PROBABILIDADE DE
OCORRÊNCIA DA ONÇA-PARDA EM AGROECOSSISTEMAS NO
CERRADO DO BRASIL CENTRAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas Bacharelado do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador (a): Prof. Dr. André Luis Regolin
Coorientador (a): Ms. Matheus Lima de Araujo

GOIÂNIA

2024

Ficha catalográfica

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Freitas, Gustavo Nunes

SIMPLIFICAÇÃO DA PAISAGEM REDUZ A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DA ONÇA-PARDA EM AGROECOSSISTEMAS NO CERRADO DO BRASIL CENTRAL [manuscrito] / Gustavo Nunes

Freitas. - 2024.

XXV, 25 f.

Orientador: Prof. Dr. André Luis Regolin; co-orientador Matheus Lima de Araujo.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Ciências Biológicas, Goiânia, 2024.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui mapas, gráfico.

1. Puma concolor. 2. heterogeneidade. 3. diversidade de habitats. 4. heterogeneidade de composição. 5. modelagem de habitat. I. Regolin, André Luis, orient. II. Título.

CDU 57

Ata da sessão de defesa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos dez dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e quatro iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "Simplificação da paisagem reduz a probabilidade de ocorrência da onça-parda em agroecossistemas no cerrado do Brasil central" de autoria de Gustavo Nunes Freitas, do curso de Ciências Biológicas Bacharelado, do Instituto de Ciências Biológicas da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo Prof. Dr. André Luis Regolin (Instituto de Ciências Biológicas/UFG) com a participação do co-orientador, Ms. Matheus Lima de Araujo (Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução/UFG), e dos demais membros da Banca Examinadora: Dra. Carolina Blefari Batista (Instituto de Ciências Biológicas/UFG) e Dr. Cristiano Henrique Gonçalves Machado Filho (Instituto de Ciências Biológicas/UFG). Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota 7,5 (sete e meio), tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Carolina Blefari Batista, Usuário Externo**, em 23/01/2025, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Henrique Gonçalves Machado Filho, Usuário Externo**, em 23/01/2025, às 12:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Luis Regolin, Professor do Magistério Superior-Substituto**, em 07/02/2025, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Matheus Lima De Araujo, Usuário Externo**, em 11/02/2025, às 16:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5114255** e o código CRC **2A582A1A**.

SUMÁRIO

RESUMO	07
ABSTRACT	08
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1 Área de estudo.....	10
2.2 Amostragem com armadilhas fotográficas.....	11
2.3 Métricas descritoras da paisagem.....	11
2.4 Análises estáticas.....	12
3. RESULTADOS.....	13
4. DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO	18
6. REFERÊNCIAS.....	19
7. ANEXOS/APÊNDICES.....	22

RESUMO

Este estudo investiga os padrões de ocupação do *Puma concolor* no Cerrado, uma área crítica, mas ameaçada pela expansão de monoculturas, especialmente soja. Apesar da crescente evidência de que a heterogeneidade da vegetação é fundamental para a conservação de espécies de grande porte, há uma lacuna no entendimento sobre como diferentes escalas de heterogeneidade afetam a presença do puma. O objetivo deste trabalho foi avaliar como a configuração da paisagem influencia a ocupação do puma e o efeito da heterogeneidade utilizando o índice de diversidade de Shannon (SHDI). A metodologia incluiu análises espaciais em diversas escalas, identificando 6 km como a mais eficaz para explicar a ocupação do puma. Os resultados revelam que áreas mais heterogêneas nessa escala oferecem recursos variados e refúgios, reduzindo a pressão das atividades humanas. Em contrapartida, a homogeneização do habitat, principalmente por pastagens e agricultura, diminui a probabilidade de ocupação, alinhando-se à Teoria de Metapopulações, que destaca a dependência de carnívoros grandes por blocos contínuos de vegetação. A pesquisa ressalta a necessidade de práticas sustentáveis, como sistemas silvipastoris, que aumentem a diversidade estrutural e promovam a coexistência entre pumas e humanos. Concluímos que as estratégias de conservação devem integrar a proteção de habitats e políticas de convivência, sendo essenciais para garantir a sobrevivência do puma e a biodiversidade do Cerrado.

Palavras-Chave: *Puma concolor*, heterogeneidade, diversidade de habitats, heterogeneidade de composição, modelagem de habitat.

ABSTRACT

This study investigates the occupancy patterns of *Puma concolor* in the Cerrado, a critical yet threatened area due to the expansion of monocultures, particularly soybean. Despite growing evidence that vegetation heterogeneity is crucial for the conservation of large species, there is a gap in understanding how different scales of heterogeneity affect puma presence. The aim of this work was to evaluate how the heterogeneity of native vegetation influences puma occupancy, utilizing the Shannon diversity index (SHDI). The methodology included spatial analyses at various scales, identifying 6 km as the most effective in explaining puma occupancy. The results reveal that more heterogeneous areas at this scale provide diverse resources and refuges, reducing pressure from human activities. In contrast, habitat homogenization, primarily from pastures and agriculture, decreases the probability of occupancy, aligning with Metapopulation Theory, which highlights the dependency of large carnivores on continuous blocks of vegetation. The research emphasizes the need for sustainable practices, such as silvopastoral systems, to enhance structural diversity and promote coexistence between pumas and humans. We conclude that conservation strategies should integrate habitat protection and coexistence policies, which are essential to ensure the survival of the puma and the biodiversity of the Cerrado.

Keywords: *Puma concolor*, heterogeneity, habitat diversity, heterogeneity of composition, habitat modeling.

1. INTRODUÇÃO

Os grandes predadores desempenham um papel crítico na manutenção da estrutura de comunidades e na funcionalidade dos ecossistemas, atuando como reguladores das populações de presas e influenciando a composição e a diversidade das comunidades biológicas (Ripple et al., 2014). O *Puma concolor*, como um predador de topo, exerce forte influência sobre a dinâmica predador-presa e, conseqüentemente, na estruturação das teias alimentares, o que reforça sua importância ecológica em diversos biomas. Além de seu papel ecológico, essa espécie demonstra alta plasticidade ambiental, sendo encontrada em uma ampla gama de fitofisionomias, desde florestas densas até áreas semiabertas e montanhosas, com distribuição que vai do Canadá até a Patagônia (Azevedo et al., 2013).

O *Puma concolor*, conhecido como puma ou leão-da-montanha, é uma espécie classificada como Quase Ameaçada tanto na Lista Vermelha da IUCN (International Union for Conservation of Nature) quanto na Lista de Espécies Ameaçadas do Brasil (Azevedo et al. 2023). A principal ameaça à sua sobrevivência é a perda e fragmentação de habitat devido à expansão agropecuária e urbana (Azevedo et al. 2023; IUCN, 2023; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021). Atualmente, a onça possui uma flexibilidade em se adequar a diferentes habitats, levando a espécie a utilizar cada vez mais áreas antropizadas em busca de alimento e abrigo (Azevedo et al., 2013). Além disso, é um carnívoro estrito, com hábitos alimentares que variam conforme a disponibilidade de presas, e prefere caçar mamíferos de médio a grande porte (Azevedo et al., 2016).

Apesar de sua plasticidade ecológica, o puma enfrenta sérias ameaças relacionadas à conversão de habitats naturais em agroecossistemas, o que tem resultado na fragmentação de seu habitat e na redução de suas populações (Morato et al., 2018). Atualmente, estima a existência menor de 2.500 indivíduos de pumas remanescentes no Cerrado, uma realidade alarmante comparada à população saudável em áreas menos impactadas (Azevedo et al., 2013).

A simplificação da paisagem, caracterizada pelos aspectos perceptíveis do espaço geográfico através dos sentidos (Gheler-Costa et al., 2018), impulsionada principalmente pela expansão agrícola e pecuária, resulta na homogeneização da cobertura do solo e reduz a heterogeneidade natural de composição que caracteriza esse bioma. O Cerrado, com sua diversidade de fitofisionomias, sustenta uma rica variedade de presas potenciais para o *Puma concolor* (Klink & Machado, 2005). Essa heterogeneidade reflete uma alta diversidade de espécies, permitindo ao puma utilizar diferentes áreas de forma complementar ou suplementar (Gheler-Costa et al., 2018). Com a conversão de habitats naturais em áreas homogêneas, a diversidade e abundância de presas diminuem,

o que, por sua vez, reduz a probabilidade de ocorrência do puma nessas áreas modificadas. Essa interdependência entre a simplificação da paisagem, a diminuição da diversidade de presas e a presença do *Puma concolor* é crucial para entender os impactos da transformação do Cerrado (Ripple et al., 2014).

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar como a modificação do uso e cobertura do solo no cerrado influencia a probabilidade de ocupação do Puma concolor. A hipótese central deste estudo é que a ocupação do *Puma concolor* em agroecossistemas no Cerrado Central é influenciada positivamente pela presença de extensas manchas de vegetação nativa, e negativamente pela proporção de áreas agrícolas e pastagem dentro da matriz paisagística. A simplificação da paisagem gera o aumento da área de matrizes estruturalmente homogêneas, nas quais a probabilidade de ocorrência da espécie é limitada devido à redução na diversidade de habitat e aumento da exposição a fatores de risco (e.g., caça ilegal e atropelamentos; Weber & Rabinowitz, 1996). Nossas evidências são fundamentais para formular estratégias voltadas à conservação, assegurando a manutenção de populações viáveis de pumas no Cerrado e os processos ecológicos interligados a essas espécies. Em um contexto de expansão agrícola contínua ameaçando a integridade ecológica do Cerrado Central, nosso estudo fornece informações cruciais para a criação de corredores ecológicos para o puma. Além disso, os resultados deste estudo podem servir como base para a mitigação de conflitos na interface entre humanos e fauna, além de subsidiar a elaboração de políticas eficazes de conservação e uso sustentável da terra (Beier, 1993; Ripple et al., 2014).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de estudo

Para a realização do trabalho foram escolhidas 22 paisagens presentes no estado de Goiás. Os municípios abordados nas paisagens foram Silvânia, Gameleria de Goiás, Abadiânia, Terezópolis de Goiás, Santa Tereza, Bonfinópolis, Dom Bosco, e Vianópolis. As áreas escolhidas são todas localizadas na ecorregião do Cerrado, região altamente afetada pela contínua expansão agrícola (Laurance et al. 2014). O Cerrado é considerado um hotspot de biodiversidade (Myers et al., 2000, p. 854), apresentando alta riqueza de espécies enquanto simultaneamente perde cerca de 1% da sua vegetação nativa por ano (Azevedo et al. 2023). As paisagens de estudo foram escolhidas para representar uma variação de 5% a 85% no gradiente de vegetação nativa. Todas as paisagens estudadas fazem parte do projeto ecológico COFA PELD (Conectividade Funcional em uma Paisagem Agrícola – Projeto Ecológico de Longo Prazo).

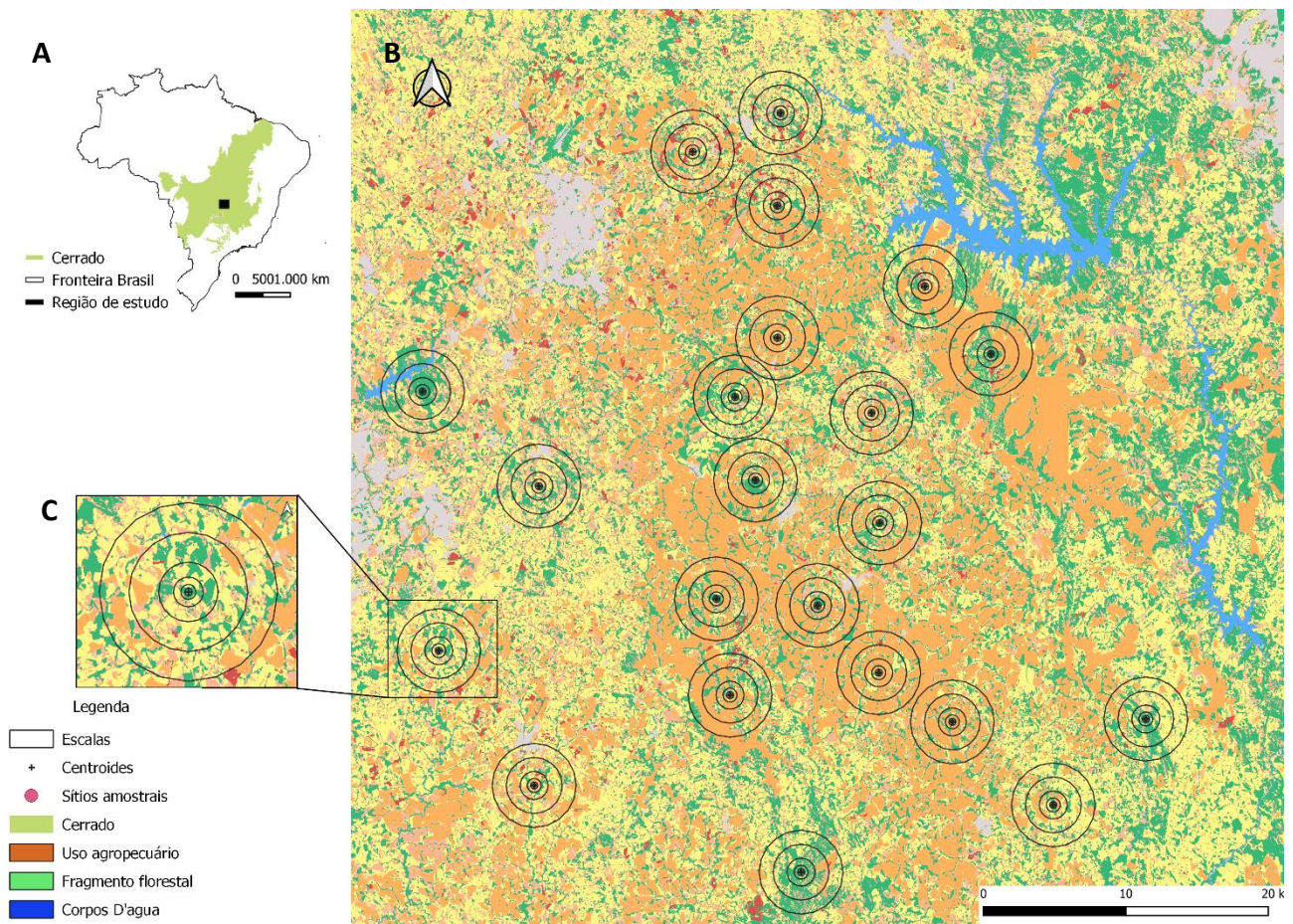


Figura 1. Distribuição geográfica das 22 paisagens estudadas, ou seja, os locais de amostragem fotográfica dos felinos. (A) Região de estudo localizada no norte de Goiás, na ecorregião do Cerrado. (B) Delimitação em múltiplas escalas das 22 paisagens de estudo. (C) Exemplo da delimitação de uma paisagem em múltiplas escalas aninhadas (250m, 500m, 1km, 2km, 4km e 6 km) a partir do centroide dos sítios amostrais.

2.2 Amostragem com armadilhas fotográficas

As amostragens de mamíferos foram feitas usando armadilhas fotográficas (modelo: HC 900a 36 MP, China). Foram instalados quatro dispositivos sem isca em áreas de vegetação natural em cada uma das 22 paisagens estudadas durante 45 dias, operando 24 horas por dia. O esforço de amostragem em cada paisagem foi padronizado em 180 armadilhas fotográficas/dia (45 dias*4 pontos de amostragem) e o esforço total de amostragem foi de 3960 armadilhas fotográficas/dia (45 dias* 4 pontos de amostragem * 22 paisagens), a distância entre as câmeras eram de 500m.

2.3 Métricas descritoras da paisagem

Para realizar o cálculo das métricas descritoras da estrutura da paisagem, foi utilizada a coleção 7 do mapa de uso e cobertura do solo do projeto MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), referente ao ano de 2022, ano em que os dados de campo foram coletados. Usando o pacote 'raster'

no software R (Hijmans et al., 2015), as classes de cobertura do solo foram reclassificadas de duas maneiras. Na primeira abordagem, as 19 classes do MapBiomas presentes nas áreas de estudo foram agrupadas em cinco categorias: “vegetação nativa”, “floresta”, “pastagem”, “agricultura” e “outras”. Na segunda, as classes de “pastagem”, “agricultura” e “outras” foram atribuídas a um valor nulo, mantendo apenas as categorias “vegetação nativa” e “floresta” para as análises subsequentes.

Os cálculos das métricas foram realizados em seis escalas espaciais aninhadas, centradas nos centroides dos pontos de amostragem das armadilhas fotográficas em cada paisagem, com escalas de: 250 m, 500 m, 1 km, 2 km, 4 km e 6 km. Todas as extrações e cálculos das informações de paisagem foram executados utilizando os pacotes 'landscapemetrics' (Hesselbarth et al., 2019) e 'landscapeDecoupler' (Frantine-Silva, W. 2024), no ambiente de programação R versão 4.3.1 (R CORE TEAM, 2023). A escolha das escalas seguiu dois critérios: a menor escala deveria cobrir todos os postos amostrais, enquanto a maior escala deveria minimizar a sobreposição espacial entre as paisagens.

Para cada paisagem amostrada, foram extraídas métricas relacionadas à sua composição e configuração, sendo elas: (i) densidade de borda (m/ha), (ii) densidade de fragmentos (número de fragmentos por hectare), (iii) porcentagem de área coberta por cada classe (%) e (iv) área média dos fragmentos (ha). Além disso, a métrica de heterogeneidade de composição de habitat foi calculada considerando apenas a vegetação nativa, utilizando o índice de diversidade de Shannon (SHDI), com base na segunda reclassificação das categorias de cobertura e uso do solo.

2.4 Análises estatísticas

Para investigar o efeito da configuração da paisagem sobre a ocorrência do *Puma concolor*, nós avaliamos a escala de efeito de cada variável da estrutura da paisagem sobre a probabilidade de ocorrência da espécie, avaliada utilizando os modelos de regressão logística. A probabilidade de ocorrência refere-se à chance de uma espécie estar presente em um determinado local ou habitat, dado um conjunto de condições ambientais ou características do habitat. A escala de efeito é caracterizada pelo tamanho espacial em que os fatores ambientais ou paisagísticos têm maior influência sobre uma resposta biológica, ela engloba a determinação espacial, a importância ecológica, a análise e a aplicação da conservação da biodiversidade (Carpenter et al., 1999). A escala mais representativa foi selecionada utilizando o critério de verossimilhança (Log-Likelihood) de regressões logísticas, testando-se diferentes escalas espaciais (250 m, 500 m, 1 km, 2 km, 4 km e 6 km) para cada variável. Em seguida, investigamos a multicolinearidade entre as métricas de paisagem nas suas respectivas escalas de efeito através de correlações de Pearson, utilizando os pacotes 'ggplot2' (Wickham et al., 2016) e 'GGally' (Schloerke et al., 2018) no software R. Consideramos

correlações fortes aquelas com $r \geq |0,7|$, removendo variáveis altamente correlacionadas que apresentavam pouca variação na informação capturada.

Ajustamos modelos univariados de regressão logística para avaliar a capacidade de a ocorrência do puma ser predita por cada uma das variáveis preditoras selecionadas nesse estudo. Um total de 6 modelos foram construídos, e avaliamos a qualidade de cada modelo através de critérios de ajuste, como a metodologia de Akaike (AIC) e a verificação da significância dos coeficientes de inclinação (β), considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Assim, os modelos significativos foram interpretados em termos de sua capacidade de prever a probabilidade de ocorrência do puma, fornecendo informações valiosas sobre os fatores que influenciam a presença da espécie na paisagem. Finalmente, realizamos testes de autocorrelação espacial utilizando o índice de Moran I para aqueles modelos significantes em prever a ocorrência do *Puma concolor*. Essa análise nos permitiu avaliar se os resíduos dos modelos logísticos apresentavam potenciais estruturas espaciais assumindo um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

Os resultados indicam que a ocupação do *Puma concolor* no Cerrado se explica melhor por escalas espaciais variadas dependendo da métrica investigada. As respostas são heterogêneas entre as variáveis investigadas, indicando que diferentes variáveis têm escalas de efeito diferentes. Das escalas estudadas, as de 250m e 6000m se destacam por serem frequentemente mais relevantes para prever a ocupação do puma nas diversas variáveis, apresentando maiores valores de verossimilhança (i.e., likelihood; veja a Figura suplementar 1). Das variáveis estudadas, àquelas relacionadas à estrutura do habitat apresentam os maiores valores de verossimilhança nas maiores escalas da paisagem (~4000-6000m), enquanto as outras variaram nas escalas menores (250m).

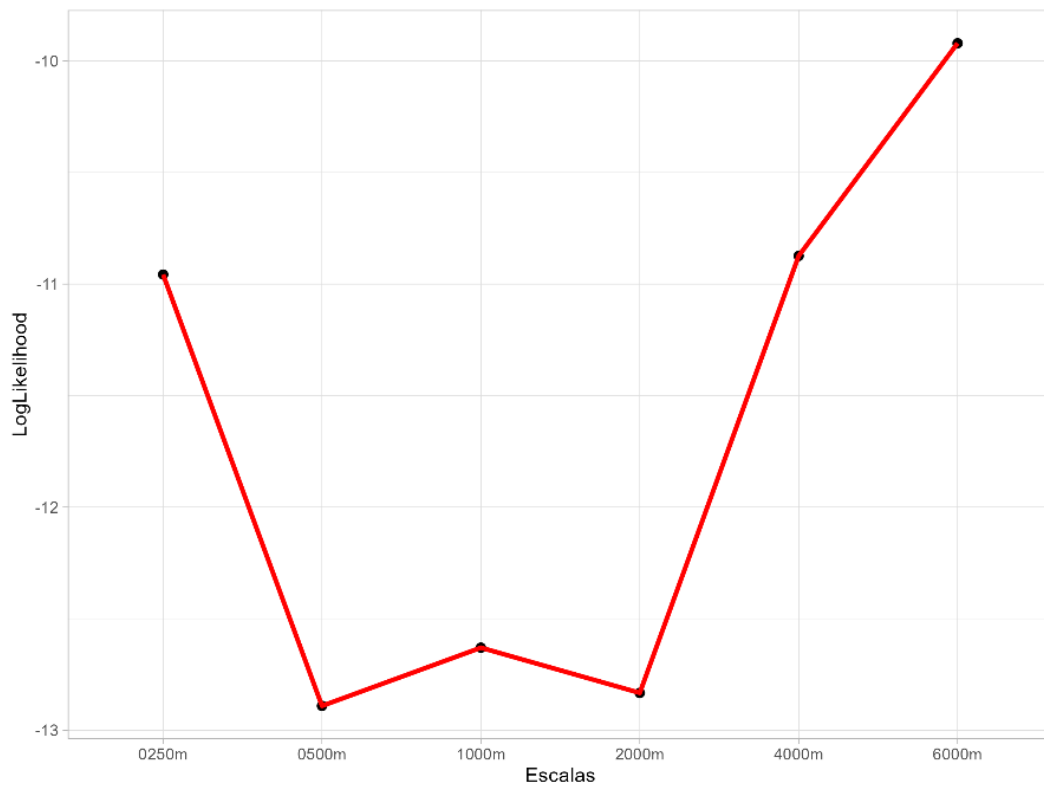


Figura 2. Relação entre a distância (eixo X) e o log-verossimilhança (eixo Y) nas diferentes escalas espaciais (250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m, 4000 m e 6000 m) na relação dos modelos de presença do *Puma concolor* e a heterogeneidade de habitat (SHDI). O gráfico apresenta os valores de log-verossimilhança para cada escala de distância, evidenciando que a escala de 6000 m mostra a maior verossimilhança, indicando que essa extensão é a mais apropriada para explicar a variação na ocupação do puma.

A análise de verossimilhança do efeito da heterogeneidade de habitat (medido pelo SHDI) sobre a presença do *Puma concolor* demonstrou que a escala de 6000 m é aquela que forneceu o melhor ajuste no modelo. Portanto, verificamos que a possível efeito da heterogeneidade da vegetação nativa sobre a ocupação do *Puma concolor* é melhor detectada nas maiores escalas de paisagem investigadas nesse estudo (Figura 2). Especificamente, a verossimilhança (i.e., ou ajuste) dos modelos aumenta progressivamente com o aumento da escala de estudo, sugerindo que o *Puma concolor* responde à heterogeneidade do habitat em grandes escalas e que essa configuração da paisagem é crucial para a presença do puma no Cerrado.

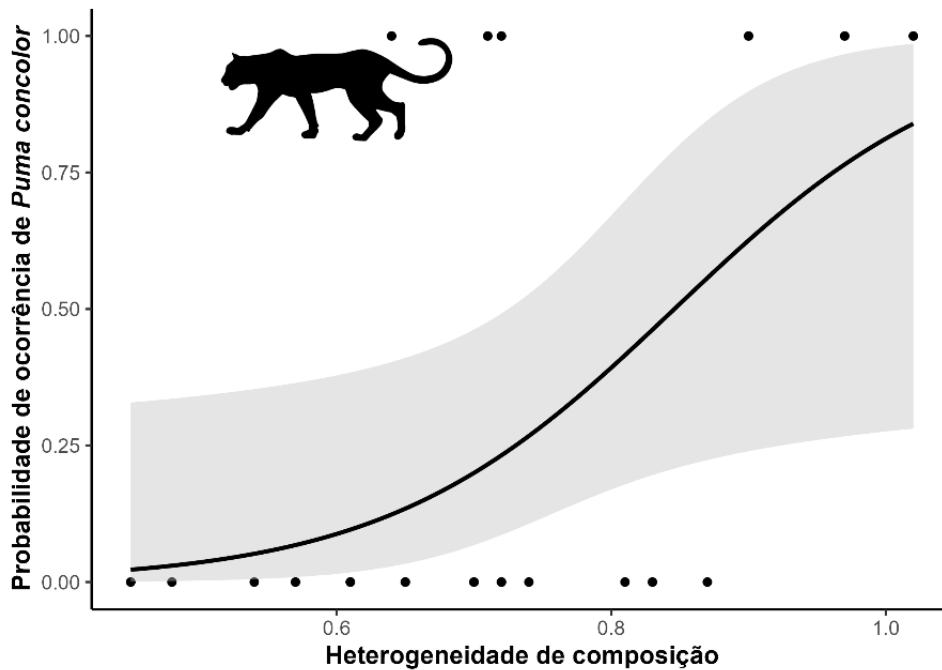


Figura 3. Relação entre a probabilidade de ocorrência do *Puma concolor* (eixo Y) e a heterogeneidade da composição da vegetação na escala de 6 km (eixo X). O gráfico ilustra uma correlação positiva significativa, indicando que à medida que a heterogeneidade da vegetação nativa aumenta, a probabilidade de presença do puma também se eleva, refletindo a importância de habitats diversos para a conservação desta espécie no Cerrado. O coeficiente de inclinação do modelo sugere que a probabilidade de ocorrência do puma aumenta em aproximadamente três vezes com o aumento da heterogeneidade.

Na escala de 6000 metros, o modelo GLM revelou uma relação positiva significativa ($p < 0,05$) entre a heterogeneidade da vegetação nativa e a ocorrência de *Puma concolor* (Figura 3). Especificamente, o coeficiente de inclinação do modelo indicou que a probabilidade de ocorrência do *Puma concolor* aumenta em aproximadamente 3 vezes ($\beta = 2,87$) para o aumento de uma unidade de heterogeneidade da paisagem (SHDI) no Cerrado. Os resultados obtidos da análise de autocorrelação espacial pelo índice de Moran I demonstraram que não há autocorrelação significativa ($p > 0,05$) nos resíduos do modelo entre a presença do *Puma concolor* e a heterogeneidade do habitat (SHDI). Além disso, as demais variáveis de configuração da paisagem estudadas não foram significantes ($p > 0,05$) ao explicar a presença do *Puma concolor* nos fragmentos de Cerrado estudados.

4. DISCUSSÃO

A presença do Puma parece ser favorecida por uma maior heterogeneidade em algumas escalas, especialmente mais próximas e em escalas maiores, enquanto em outras, a relação não é tão clara. Dessa forma, pode indicar que o animal utiliza diferentes composições de habitat dependendo da escala espacial. A tendência observada sugere que, para a ocupação do puma, as paisagens analisadas em uma escala de 6000 metros fornecem um melhor entendimento do habitat ideal, com

maior heterogeneidade e recursos apropriados. Isso pode ser usado para orientar medidas de conservação, focando em manter ou promover a heterogeneidade dentro dessa faixa de escala. Tais resultados sugerem que paisagens com uma estrutura diversa e historicamente complexa tendem a sustentar uma maior diversidade funcional (Lecoq et al., 2021). A ausência nas outras escalas pode estar relacionadas com a fragmentação do habitat, a escassez de presas ou proximidade com áreas agrícolas podem ser estressante ao comportamento do animal (Gheler-Costa et al., 2018).

Isso se alinha com a observação de que habitats mais heterogêneos, em certas escalas, favorecem a presença do Puma, refletindo sua eficiência em utilizar uma variedade de recursos e adaptar-se a diferentes condições (Lecoq et al., 2021). Além disso, a conservação de predadores de topo, como o puma, tem um impacto cascata na estrutura ecológica, pois esses carnívoros regulam populações de herbívoros e mesopredadores, o que afeta diretamente a biodiversidade do Cerrado (Ripple et al., 2014). Por outro lado, a simplificação da paisagem pode levar à perda de diversidade funcional, o que corrobora a ideia de que a homogeneização da paisagem diminui a variedade de presas para o Puma, reduzindo sua probabilidade de ocorrência (Lecoq et al. 2021). Por exemplo, a própria exploração e a modificação da estrutura da paisagem ao longo do tempo, pode impactar fortemente grupos funcionais de uma dada comunidade de presas que é utilizada como recurso pelo puma (Lecoq et al. 2021). Dessa forma, faz-se extremamente importante considerar o efeito da composição da paisagem ao longo do tempo como um componente crucial na determinação da diversidade e funcionalidade da comunidade.

O presente estudo demonstrou que a probabilidade de ocorrência da onça-parda em agroecossistemas do Cerrado é fortemente influenciada pela heterogeneidade da vegetação nativa em uma escala espacial de 6 km. Esses resultados confirmam a hipótese de que áreas com maior diversidade de vegetação nativa favorecem a presença do puma, reforçando a importância da conservação de habitats heterogêneos no Cerrado (Paviolo et al., 2016). O efeito das escalas maiores sobre o puma é consistente com seu comportamento de caça e grande dispersão (Quiroga et al., 2014), e é reforçado por estudos realizados em outros biomas secos (ex: Chaco Argentino, 5km; Quiroga et al. 2014).

Além disso, a predominância de efeito em escalas maiores reforça a importância da conservação de grandes blocos de vegetação nativa, que proporcionam os recursos e conectividade necessários para a manutenção das populações de pumas. Segundo a Teoria de Metapopulações (Hanski, 1998), espécies que ocupam grandes áreas de vida, como os felinos de topo de cadeia, dependem de uma matriz paisagística que não apenas permita o deslocamento entre fragmentos de habitat, mas também assegure a conectividade necessária para a manutenção da diversidade genética e a resiliência populacional. Ambientes heterogêneos oferecem maior variedade de microhabitats e refúgios, o que pode reduzir as interações competitivas ao diversificar as fontes de presas (Schwartz

et al., 2000), além de garantir abrigo contra predadores humanos (ou seja, reduzindo conflitos e aumentando sua sobrevivência). Isso é crucial para predadores como o puma, que requerem uma dieta composta por diferentes espécies para satisfazer suas necessidades nutricionais (Pierce et al., 2000). Por outro lado, paisagens homogêneas reduzem a capacidade do puma de caçar ao reduzir suas oportunidades de emboscadas devido à maior visibilidade (Sunquist & Sunquist, 2002). Além disso, a fragmentação reduz a disponibilidade de habitat, resultando na diminuição da caça, aumento de competição intraespecífica e conflitos com humanos (Nanni et al. 2023, 2024).

Contudo, a ocupação do *Puma concolor*, reflete nas particularidades da estrutura da paisagem. Por exemplo, no Chaco Argentino o puma utiliza paisagens agrícolas com mais frequência do que no Cerrado, onde a pressão antrópica parece ter um efeito mais negativo (Quiroga et al., 2014). Por outro lado, Nanni et al. (2023) destacam a importância de grandes blocos de vegetação arbórea para a presença do puma em agroecossistemas no Chaco argentino. Eles sugerem que, em biomas com menor cobertura florestal, a dependência de áreas contínuas de vegetação se torna ainda mais crítica para a sobrevivência da espécie. Essa necessidade é corroborada por estudos realizados em outros biomas sul-americanos, como a Mata Atlântica, onde escalas superiores a 5000 metros também foram identificadas como essenciais para garantir a viabilidade de populações de predadores de topo (Morato et al., 2018; Paviolo et al., 2016). Dessa forma, além da grande plasticidade comportamental no padrão de uso de habitat em resposta à disponibilidade de presas e à conectividade da paisagem pelo *Puma concolor*, outras análises da ocupação revelam que a repostas do puma variam conforme o contexto dos biomas (Quironga et al., 2014). Portanto, nossos achados ressaltam a importância da conservação de paisagens heterogêneas e conectadas para a longevidade das populações de felinos, embora as recomendações sejam adaptando-se às especificidades de cada ecossistema.

A literatura aponta o efeito da fragmentação e a homogeneização do habitat são limitantes para grandes carnívoros no Cerrado Central (Silveira et al., 2010; Jorge et al., 2013). Contudo, áreas preservadas e diversificadas, mesmo em paisagens agrícolas, podem atuar como refúgios essenciais. Quiroga et al. (2014) observam que a ocupação do puma no Chaco argentino é favorecida pela diversidade de habitat, embora sua adaptação a áreas antropizadas seja maior nesse contexto. Embora pumas possam se adaptar a ambientes alterados, isso geralmente ocorre em níveis moderados de alteração e proximidade com áreas naturais (Miotto et al., 2014). O aumento descontrolado de pastagens, estradas e assentamentos humanos pode representar um limiar de perturbação que a espécie não consegue tolerar, justificando a preferência dos pumas por áreas mais heterogêneas com maior disponibilidade de recursos e menor pressão humana.

A baixa ocupação do puma em áreas predominadas por pastagens, observada tanto no Cerrado quanto no Chaco argentino, destaca a necessidade de estratégias de manejo que limitem a expansão dessas áreas ou promovam práticas de uso sustentável, como o sistema silvipastoril, que

oferece maior diversidade estrutural e cobertura vegetal que favorecem a diversidade e abundância de potenciais presas (Morrison et al., 2007; Morato et al., 2018). Além disso, a criação de corredores ecológicos que conectem fragmentos de vegetação nativa pode mitigar os efeitos negativos da fragmentação, permitindo o deslocamento entre fragmentos e facilitando o comportamento de caça, especialmente em espécies como o puma, que possuem grandes áreas de vida (home ranges) e dependem de recursos dispersos em paisagens amplas (Paviolo et al., 2016).

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no estudo reforçam a importância de grandes áreas contínuas e naturalmente heterogêneas para a conservação do *Puma concolor* no Cerrado. As implicações para a conservação são claras: áreas com maior heterogeneidade de vegetação nativa devem ser priorizadas em estratégias de preservação.

A diversidade de habitats é crucial não apenas para fornecer recursos essenciais ao puma, mas também para manter a dinâmica ecológica do bioma. No entanto, é fundamental entender que a presença de habitats adequados não é suficiente por si só. A implementação de políticas que promovam a coexistência entre humanos e pumas é imprescindível. Nanni et al. (2023) ilustra que, mesmo em áreas com boa qualidade de habitat, a alta pressão de caça e outras atividades humanas podem transformar essas zonas em sumidouros de biodiversidade, em vez de fontes sustentáveis. Portanto, é essencial que as estratégias de conservação não se limitem apenas à proteção do habitat, mas também abordem as interações e conflitos entre a vida selvagem e as populações humanas.

6. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, F. C.; LEMOS, F. G.; ALMEIDA, L. B.; CAMPOS, C. B.; BEISIEGEL, B. M.; PAULA, R. C.; CRAWSHAW JUNIOR, P.G.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; OLIVEIRA, T. G. Avaliação do risco de extinção da Onça-parda *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) no Brasil. **Biodiversidade brasileira**, v. 3, n. 1, p. 107-121, 2013.
- AZEVEDO, F. C. C.; CANUTO, V.; SOUZA, F.; WIDMER, C. E. Puma (*Puma concolor*) predation on tapir (*Tapirus terrestris*). **Biota Neotropica**, v. 16, n.1, p. e20150108, 2016.
- BEIER, P.; CUNNINGHAM, S. C. Power of track surveys to detect changes in cougar populations. **Wildlife Society Bulletin**, v. 24, p. 540-546, 1996.
- BEIER, P. Metapopulation models, tenacious tracking, and cougar conservation. In : McCULLOUGH, D. R. **Metapopulation and wildlife conservation**. California: Island Press, 1996. p. 293-323.
- CARPENTER, S.; BROCK, W.; HANSON, P. Ecological and Social Dynamics in Simple Models of Ecosystem Management. **Conservation Ecology**, v. 3, n.2. p. 4-14, 1999.
- CROOKS, K. R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. **Conservation Biology**, v.16, n.2, p. 488-502, abr. 2002.
- DORMANN, C. F.; ELITH, J.; BACHER, S. et al. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography**, v. 36, p. 27–46, 2013. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x.
- FRANTINE-SILVA, W. landscapeDecoupler: A package for multi-scale landscape analysis. R package version 0.3.0. Disponível em:><https://github.com/wilsonfrantine/landscapeDecoupler>>. Acesso em: 2024
- GHELIER-COSTA, Carla et al. Ecologia trófica de onça-parda (*Puma concolor*) em paisagem agrícola. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 203-225, 2018Tradução . <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p203-225>
- GEHRING, T. M.; SWIHART, R. K. Body size, niche breadth, and ecologically scaled responses to habitat fragmentation: mammalian predators in an agricultural landscape. **Biological conservation**, v. 109, n. 2, p. 283-295, 2003.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>
- LAURANCE, W. F. et al. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 29, n. 2, p. 107-116, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001> <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>

LECOQ, L.; ERNOULT, A.; MONY, C. Past landscape structure drives the functional assemblages of plants and birds. **Scientific Reports**, v.11, n. 3443, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82851-8>

LOGAN, K. A.; SWEANOR, L. L. Desert puma: evolutionary ecology and conservation of an enduring carnivore. Washington, D.C.: Island Press, 2001.

MYERS, Norman; MITTERMEIER, Russell A.; MITTERMEIER, Cristina G.; DA FONSECA, Gustavo A. B.; KENT, Jennifer. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 24 fev. 2000. Disponível em: <www.nature.com>.

MORATO, R. G.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; PAULA, R. C.; BEISIEGEL, B. M. Habitat selection and home range of pumas (*Puma concolor*) in the Brazilian Cerrado biome. **Biological Conservation**, v. 225, p. 1-9, 2018.

NANNI, A. S.; REGOLIN, A. L.; PEROVANO, S.; TRAVAINI, A.; PALACIOS, R.; GIRAUDO, A. R.; FERRARI, S.; DI BITETTI, M. S. Woody cover and pasture within the surrounding matrix drive puma (*Puma concolor*) occupancy in agroecosystems of the Argentine Dry Chaco. **Journal for Nature Conservation**, v. 75, p. 126475, 2023.

PAVIOLO, A.; DE ANGELO, C.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; MORATO, R. G.; OLIVEIRA, T. G. Insights into the conservation of large carnivores in South America. **Biodiversity and Conservation**, v. 25, p. 2395-2414, 2016.

PIERCE, B. M.; BLEICH, V. C.; BOWYER, R. T. Social organization of mountain lions: Does a land-tenure system regulate population size. **Ecology**, v. 81, p. 1533-1643, 2000.

QUIROGA, V. A.; NOSS, A. J.; PAVIOLO, A.; BOAGLIO, G. I.; DI BITETTI, M. S. Puma density, habitat use and conflict with humans in the Argentine Chaco. **Journal of Nature Conservation**, v. 22, n. 6, p. 546-554, 2014.

RIPPLE, W. J.; ESTES, J. A.; BESCHTA, R. L.; et al. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. **Science**, v. 343, n. 6167, p. 1241484, 2014.

SCHWARTZ, M. W.; BRIGHAM, C.; HOEKSEMA, J. D.; LYONS, K. G. Linking biodiversity to ecosystem function: Implications for conservation ecology. **Oecologia**, v. 122, n. 3, p. 297-305, 2000.

SILVEIRA, L.; JÁCOMO, A. T. A.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Density of the near threatened jaguar *Panthera onca* in the Caatinga of north-eastern Brazil. **Oryx**, v. 44, n. 1, p. 104-109, 2010.

STORCH, D.; GASTON, K. J. Untangling ecological complexity on different scales of space and time. **Basic and Applied Ecology**, v. 5, n. 5, p. 389-400, 2004.

SUNQUIST, M.; SUNQUIST, F. **Wild Cats of the world**. 1 ed. Chicago: The University Chicago Press, 2002. 452 pp.

WEBER, W.; RABINOWITZ, A. A global perspective on large carnivore conservation. **Conservation Biology**, v. 10, n.4, p. 1046-1054, ago. 1996.

YOUNG, S. P. History, life habits, economic status, and control, Part 1. In: Young Stanley Paul; GOLDMAN, Edward Alphonso (ed.). **The puma: Mysterious American cat**. Washington, D.C.: The American Wildlife Institute, 1946. p. 1–173.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVELEIV, A. A.; SMITH, G. M. **Mixed effects models and extensions in ecology with R**. New York: Springer, 2009.

7. ANEXOS/APÊNDICES

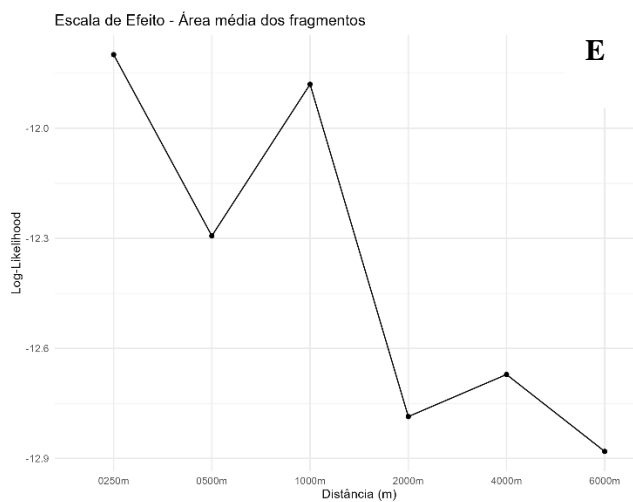
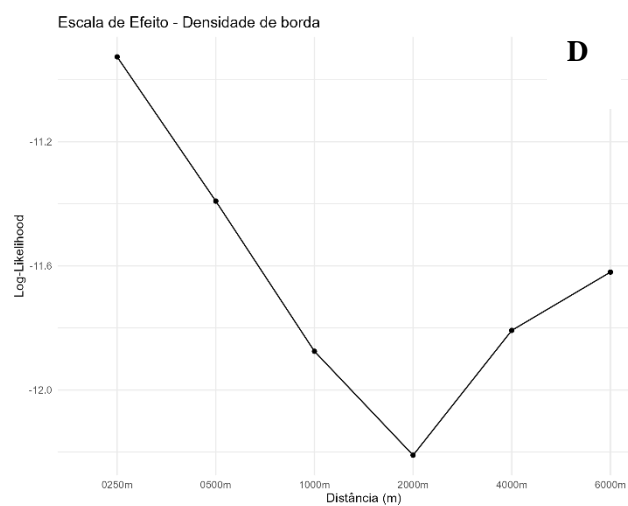
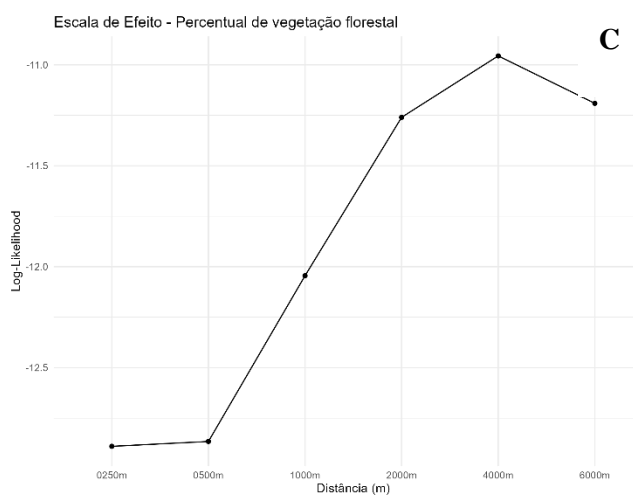
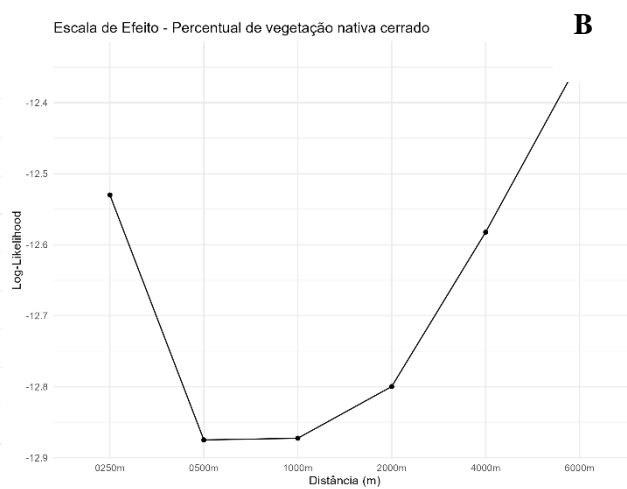
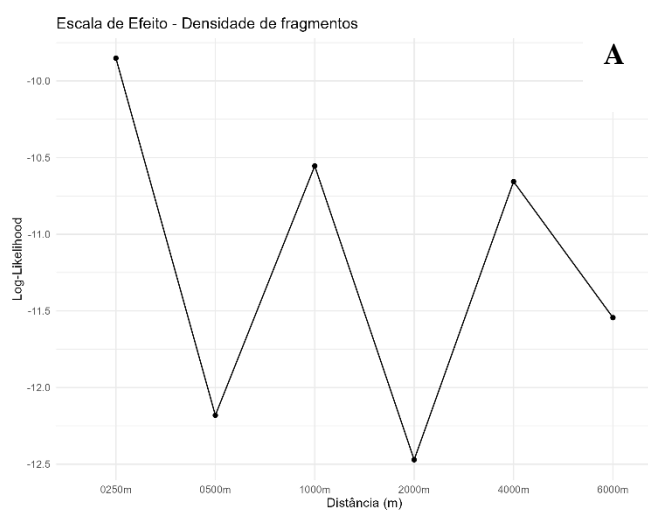


Figura suplementar 1. Relação entre diferentes índices de heterogeneidade do habitat e a presença do Puma, em diferentes escalas, entre 250 a 6000m. (A) relação entre a distância (m) e o log-likelihood para a variável escala de efeito do *Puma concolor*; (B) relação entre a distância (m) e o log-likelihood para a variável qualidade do habitat; (C) Relação entre a distância (m) e o log-likelihood para a variável qualidade do habitat ou ao uso da terra; (D) Relação entre a distância (m) e o log-likelihood para a variável estrutura do habitat; (E) Relação entre a distância (m) e o log-likelihood para a variável área média de habitat disponível.

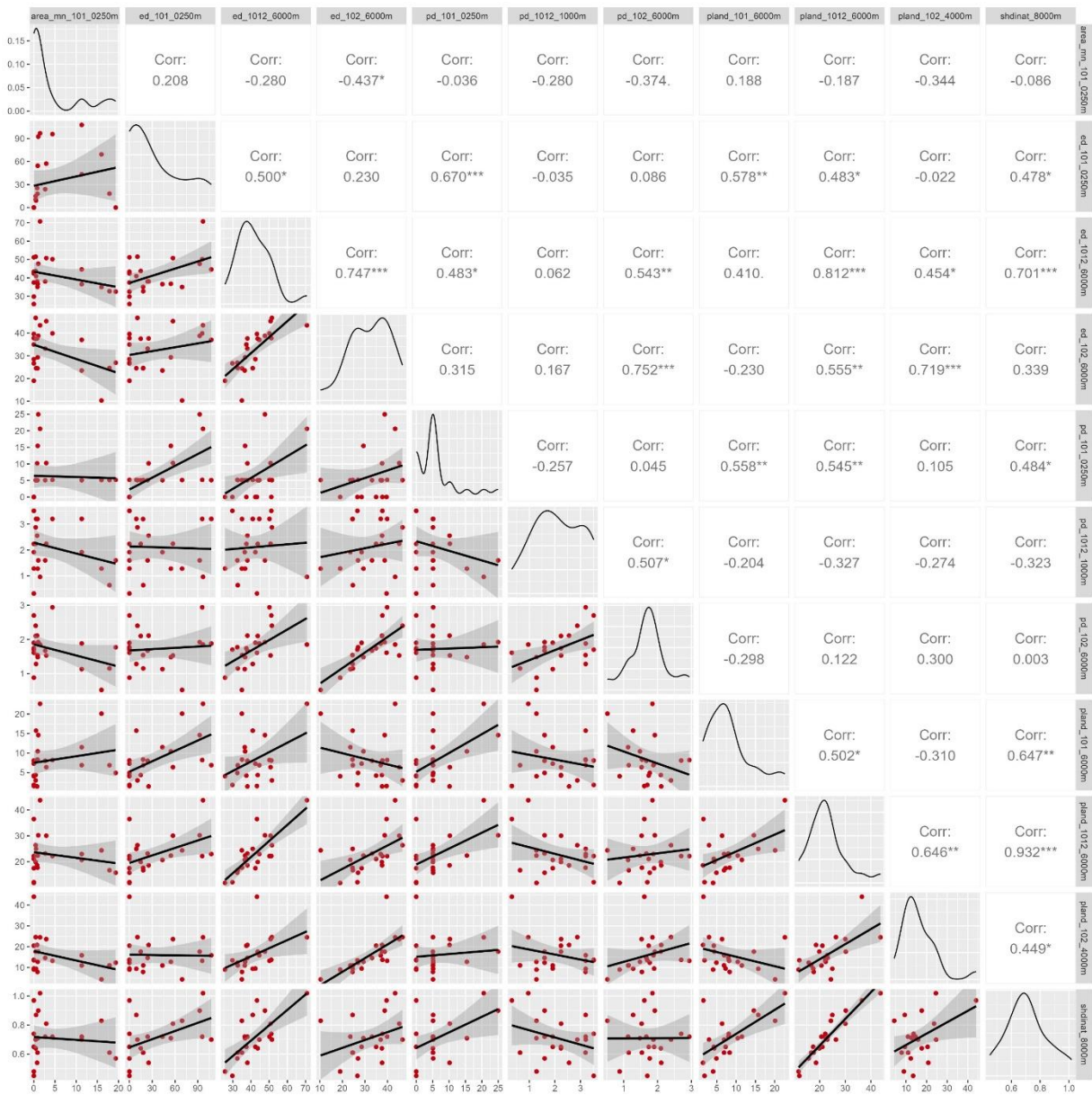


Figura suplementar 2. Matriz de correlação entre as variáveis mais representativas após utilizar o critério de verossimilhança.

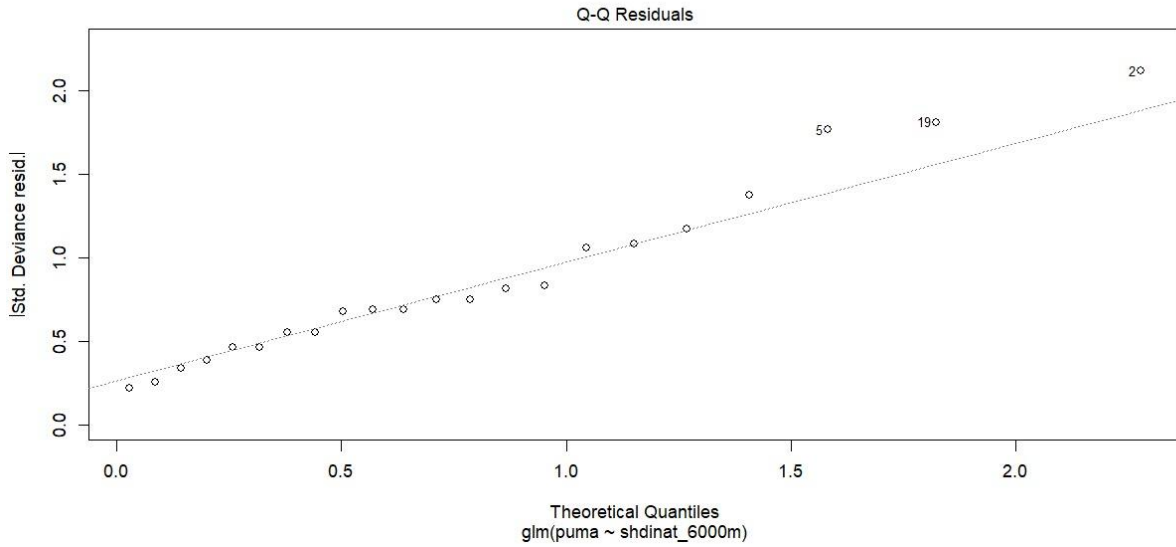


Figura suplementar 3. Q-Q Plot dos Resíduos (Q-Q Residuals), caracterizado pelo plot dos resíduos avaliados em distribuição normal. O Eixo x apresenta os quantis teóricos de uma distribuição normal; o eixo y os quantis observados dos resíduos do modelo. Os pontos próximos a linha diagonal, os resíduos tem comportamento próximo a normalidade, enquanto os pontos das extremidades, sugerem a presença/ausência do *Puma concolor*.

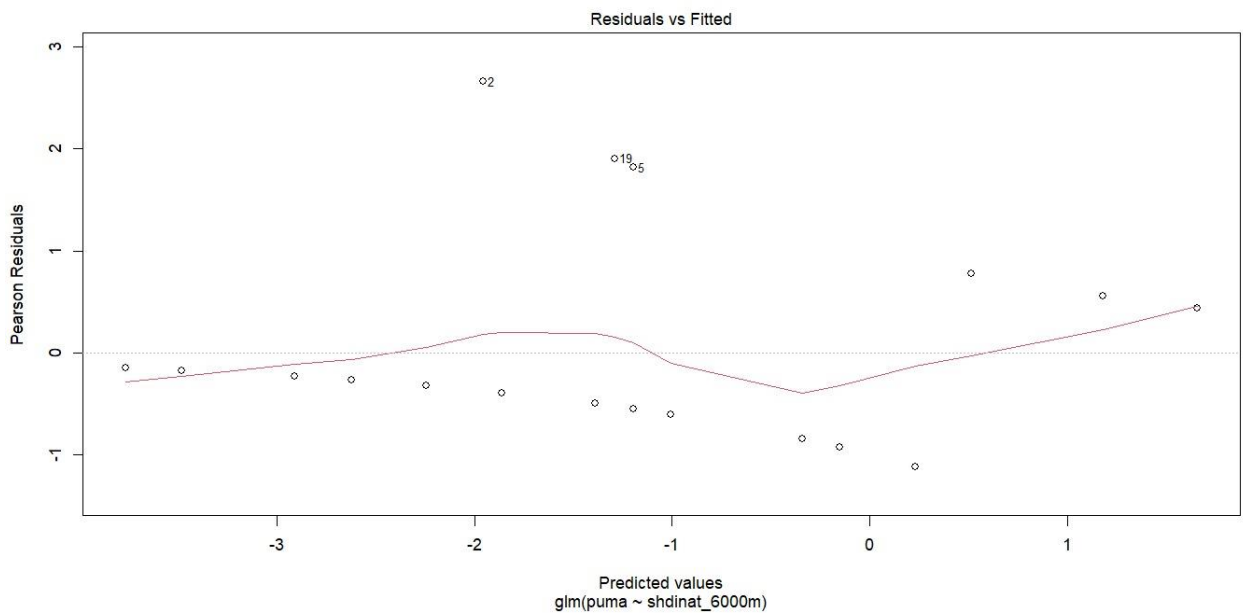


Figura suplementar 4. Gráfico Residuals vs Fitted, caracterizado pela avaliação entre os resíduos e os valores ajustados para o modelo. O Eixo x apresenta os valores ajustados; o eixo y os resíduos do modelo. O padrão aleatório dos pontos indica que os resíduos estão distribuídos de forma homogênea.

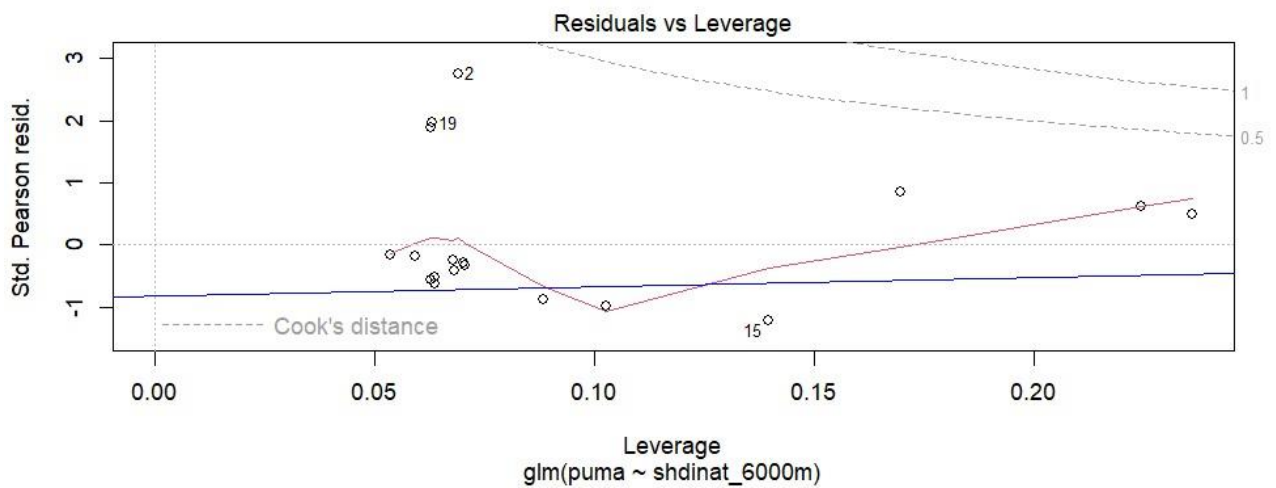


Figura suplementar 5. Gráfico Residuals vs Leverage, caracterizado auxiliar na identificação pontos influentes. O Eixo x apresenta Leverage (medida do impacto que cada observação tem no modelo); o eixo y os resíduos padronizados. Os pontos com alta alavancagem tem um impacto significativo no ajuste do modelo, enquanto as linhas de distância auxiliam na identificação do impacto significativo do modelo de ajuste.