



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GRASSO  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE PROPOSTAS DE REABERTURA DO  
CAMINHO-DO-COLONO NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU,  
PARANÁ**

**VICTOR MATEUS PRASNIEWSKI**

**CUIABÁ - MT  
2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GRASSO  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DE PROPOSTAS DE REABERTURA DO  
CAMINHO-DO-COLONO NO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU, PARANÁ**

**VICTOR MATEUS PRASNIEWSKI**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Mato Grosso, para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, área de Concentração: Ecologia (organização da diversidade biológica).

**ORIENTADOR: Dr. Thadeu Sobral Souza  
COORIENTADOR: Dr. Neucir Szinwelski  
COORIENTADOR: Dr. Philip Martin Fearnside**

**CUIABÁ - MT  
2023**

## Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P911i Prasniewski, Victor Mateus.

Implicações ambientais de propostas de reabertura do Caminho-do-Colono no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná [recurso eletrônico] / Victor Mateus Prasniewski. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 78 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Thadeu Sobral de Souza.

Coorientador: Neucir Szinwelski.

Coorientador: Philip Martin Fearnside.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Cuiabá 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Retrocessos ambientais. 2. Atividades ilegais. 3. Pagamentos por serviços ambientais. 4. Unidades de conservação. I. de Souza, Thadeu Sobral, *orientador*. II. Szinwelski, Neucir, *coorientador*. III. Fearnside, Philip Martin, *coorientador*. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO****UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO****PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE****FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** "Impactos Ambientais de Propostas de Reabertura do Caminho-do-Colono no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná"

**AUTOR:** DOUTORANDO **VICTOR MATEUS PRASNIEWSKI**

Tese defendida e aprovada em **15 de Agosto de 2023**.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

1. **Doutor** Thadeu Sobral de Souza (Orientador/Presidente Banca)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

2. **Doutor** Thiago Junqueira Izzo (Examinador Interno)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

3. **Doutor** Júlio Neil Cassa Louzada (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Lavras

4. **Doutor** Carlos Rodrigo Brocardo (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

5. **Doutor** Gustavo Quevedo Romero (Examinador Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Estadual de Campinas

6. **Doutor** Domingos de Jesus Rodrigues (Examinador Interno)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso.

7. **Doutor** Fernando Zagury Vaz de Mello (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

8. **Doutor** Carlos Barros de Araújo (Examinador Suplente)

INSTITUIÇÃO: Instituto de Biología Subtropical (CONICET)

Cuiabá - MT, 15 de Agosto de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **DOMINGOS DE JESUS RODRIGUES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 16/08/2023, às 09:25, 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 **THADEU SOBRAL DE SOUZA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 16/08/2023, às 10:09, 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 **THIAGO JUNQUEIRA IZZO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 16/08/2023, às 11:29, 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 **Julio Neil Cassa Louzada, Usuário Externo**, em 16/08/2023, às 16:46, 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 **Carlos Rodrigo Brocardo, Usuário Externo**, em 18/08/2023, às 13:05, 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 Quevedo Romero, Usuário Externo**, em 20/08/2023, às 12:42, 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 [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6092273** e o código CRC **1829DFD0**.

## **DEDICATÓRIA**

Á toda minha família.

Á todas as pessoas que contribuíram, contribuem e contribuirão para a proteção e conservação do meio ambiente, do desenvolvimento da ciência e de uma sociedade mais justa e humana.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, e principalmente, agradeço aos meus pais pela vida, pela educação, pela moral, pelo senso crítico que me proporcionaram, e por todo apoio e esforço dedicados a mim. Aos meus irmãos pela parceria, disposição e brincadeiras que deixam a vida mais leve. Obrigado! AMO VOCÊS!

À minha noiva e futura esposa Aline, por toda parceria, apoio, compreensão, dedicação, carinho e amor nesses 8 anos juntos. Você é meu porto seguro, em seus braços encontro paz, tranquilidade, leveza e serenidade. Obrigado pela persistência nos momentos mais difíceis, na mudança e desmudança de Cuiabá, no começar e recomeçar. Nossas decisões, por muitos questionadas, se mostraram corretas com o tempo. Obrigado por fazer com que até os momentos mais difíceis se tornarem mais fáceis de serem enfrentados. Obrigado por todos os momentos alegres e felizes que vivemos, e aos muitos que certamente iremos viver juntos. TE AMO!

Aos meus amigos - a piazzada, Luís, Leonardo, Vinícius, Eduardo e Matheus pela amizade, parceria e momentos de brincadeira e descontração tão especiais que nos fortalece o sorriso e empatia para seguir sempre em frente.

À Ana e ao Elizeu por toda ajuda, antes e durante o doutorado e pela ajuda e esforço na mudança para Cuiabá. Vocês nos ensinaram grandes lições - que gestos de ajuda, mesmo os mais pequenos, podem ser de extrema valia na vida do outro.

À Andressa, pela parceria, e pela companhia que fazia diminuir a nossa saudade e ficar mais perto da nossa terra, durante o período em Cuiabá, principalmente durante o isolamento da pandemia.

À todos os colegas e amigos do Laboratório de MacroEcologia (MacrEco), principalmente ao Nícolas, ao Pirilo e Mayara pelas discussões, disponibilidade e risadas e que mesmo longe sempre estavam dispostos a me ajudar em vários momentos.

À todos os colegas e amigos do LabOrth e ao LabOrth, por toda ajuda no desenvolvimento e discussão dos trabalhos ao longo deste período.

Ao Carlos Brocardo pela disponibilidade, ajuda, discussões e dedicação dispendida aos artigos desta tese, e também as novas parcerias e projetos.

À todos os professores do Programa de Ecologia e Conservação da Biodiversidade, que mesmo durante os tempos difíceis de pandemia e atividades remotas, se mantiveram empenhados para garantir a melhor qualidade de ensino possível.

Ao Victor Landeiro por ter me cedido a bolsa de doutorado, tornando possível a realização do meu doutorado.

Ao meu orientador Thadeu Sobral Souza por me possibilitar essa oportunidade

e, principalmente, pela orientação, ensinamento, tempo e esforço dedicados a mim ao longo desse período, mesmo longe por parte deste período. À compreensão e respeito as minhas decisões pessoais e profissionais, mesmo que as vezes não de acordo. Agradeço especialmente pelo incentivo e por muitas vezes me tirar da zona de conforto, isso possibilitou que eu avistasse um horizontes de novas possibilidades e que a gente sempre pode mais. VALEU!

Ao Neucir Szinwelski, por lá no início da graduação tem abertos as portas do mundo da Ecologia para mim e ter aceitado me orientar, possibilitando eu trilhar este caminho até aqui. Agradeço por todo tempo, esforço e preocupação dedicado a mim ao longo desse trajeto. Por ter aceitado e apoiado as minhas ideias de projetos e trabalhos, mesmo que as vezes meio malucas. À coorientação, presente incisivamente em todas as etapas do trabalho. Ao cessão do computador do LabOrth onde desenvolvi toda a tese. Especialmente, à parceria, amizade, ajuda e opinião em todos os momento. Ao apoio e conselhos nas decisões mais difíceis. VALEU MOCORONGO!

À Ana Tereza, novamente, por toda a parceria e dedicação visando sempre o melhor da minha carreira profissional e como pessoa. Por me possibilitar aprender sempre mais e, especialmente, pelo tempo dedicado desde a graduação, pelas orientações, conselhos e apoio nas decisões e momentos mais difíceis. É NÓIS!

Ao Philip Martin Fearnside pela coorientação e a todo o esforço e tempo dedicado aos trabalhos que compõem esta tese. Obrigado pela leitura crítica e apontamentos nos artigos da tese, que elevaram a qualidade deste trabalho.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, em especial ao Parque Nacional do Iguaçu e a todos os seus servidores, que em vários momentos auxiliaram com o fornecimento de informações essenciais para desenvolvimento do trabalho assim como pelas discussões e importantes apontamentos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela minha formação de graduação e mestrado, e por ter me possibilitado toda a estrutura de trabalho necessária para o desenvolvimento desta tese.

Por fim, agradeço especialmente a Universidade Federal do Mato Grosso, ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade e a todo corpo docente, coordenadores e servidores envolvidos no programa pela excelente formação acadêmica e profissional. Ao CNPq pela bolsa concedida (Processo nº 141645/2020-2) entre março de 2019 a novembro de 2022.

À todos que me ajudam (ou ajudaram) e aos que esqueci de mencionar, minhas sinceras desculpas e meu profundo agradecimento.

Afinal, a vida se torna um caminho chato se percorremos sozinhos.



# Sumário

|                                                                                                                                                                              |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DEDICATÓRIA</b>                                                                                                                                                           | <b>III</b>  |
| <b>AGRADECIMENTOS</b>                                                                                                                                                        | <b>V</b>    |
| <b>RESUMO</b>                                                                                                                                                                | <b>VII</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                                                                                                                                              | <b>VIII</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                                                                                                                                          | <b>1</b>    |
| <b>2 CAPÍTULO I</b>                                                                                                                                                          | <b>10</b>   |
| 2.1 Parks under attack: Brazil's Iguaçu National Park illustrates a global threat to biodiversity . . . . .                                                                  | 10          |
| <b>3 CAPÍTULO II</b>                                                                                                                                                         | <b>18</b>   |
| 3.1 Brazil's Iguaçu National Park threatened by illegal activities: predicting consequences of proposed downgrading and road construction . . . . .                          | 18          |
| <b>4 CAPÍTULO III</b>                                                                                                                                                        | <b>43</b>   |
| 4.1 Como ameaças a unidades de conservação afetam a sociedade: Riscos econômicos de propostas de construção de estrada e rebaixamento no Parque Nacional do Iguaçu . . . . . | 43          |
| <b>5 CONCLUSÃO</b>                                                                                                                                                           | <b>67</b>   |

## RESUMO

Estradas são imprescindíveis para a conexão e manutenção das populações humanas contemporâneas, entretanto, sua construção e utilização causam diversos impactos ambientais, principalmente quando elas intersectam áreas de remanescentes naturais. Os projetos de lei que visam a reabertura do Caminho-do-Colono no Parque Nacional do Iguaçu são exemplos do conflito entre a expansão da malha viária e a conservação ambiental. O objetivo desta tese foi avaliar os impactos de projetos de lei que visam a reabertura do Caminho-do-Colono no Parque Nacional do Iguaçu. Verificamos que (i) o aumento da acessibilidade irá tornar práticas ilegais predatórias como caça, pesca e extração de palmito mais frequentes na região afetada pelo Caminho-do-Colono; (ii) o ICMS-ecológico provindo do Parque Nacional do Iguaçu é vital para a saúde financeira de alguns municípios lindeiros e a reabertura do Caminho-do-Colono poderá afetar negativamente a economia destes municípios; (iii) ao contrário do que defendido pela população local, a economia dos municípios e da região não foi afetada pelo fechamento do Caminho-do-Colono. Tendo em vista os riscos sociais e ambientais que podem ser causados devido a reabertura do Caminho-do-Colono, instruímos que os projetos de lei em análise sejam rejeitados nas instâncias legislativas, executivas ou judiciárias. A reabertura do Caminho-do-Colono viola a garantia coletiva do direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida, cabendo ao poder público a defesa e a preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações. Portanto, a reabertura do Caminho-do-Colono não deve ser considerada como um caminho para o desenvolvimento, mas sim como uma contribuição para a perda da biodiversidade, que trará (ou já trouxe) profundos impactos econômicos às populações humanas.

**Palavras-chave:** Retrocessos ambientais, atividades ilegais, pagamentos por serviços ambientais.

## ABSTRACT

Roads are essential for the connection and maintenance of contemporary human populations, however, their construction and use cause several environmental impacts, especially when they intersect areas of natural remnants. The projects of law aimed at reopening the Caminho-do-Colono in the Iguaçu National Park are examples of the conflict between the expansion of the road network and environmental conservation. The objective of this thesis was to evaluate the impacts of projects that aim to reopen the Caminho-do-Colono in the Iguaçu National Park. We found that (i) increased accessibility will make illegal predatory practices such as hunting, fishing and palm-heart extraction more frequent in the region affected by Caminho-do-Colono; (ii) the ecological ICMS from the Iguaçu National Park is vital for the financial health of some neighboring municipalities and the reopening of the Caminho-do-Colono could negatively affect the economy of these municipalities; (iii) contrary to what is defended by the local population, the economy of the municipalities and the region was not affected by the closure of Caminho-do-Colono. In view of the social and environmental risks that may be caused due to the reopening of the Caminho-do-Colono, we instruct that the projects under analysis be rejected in the legislative, executive or judicial bodies. The reopening of the Caminho-do-Colono violates the collective guarantee of the right to an ecologically balanced environment, for common use and essential to a healthy quality of life, with the public authorities responsible for defending and preserving the environment for present and future generations. Therefore, the reopening of Caminho-do-Colono should not be considered as a path to development but rather as a contribution to the loss of biodiversity, which will bring (or has already brought) profound economic impacts to human populations.

**Keywords:** Environmental setbacks, illegal activities, payment for environmental services.

# 1 INTRODUÇÃO

O deslocamento terrestre, de forma rápida e segura, foi e permanece sendo vital para a expansão, o desenvolvimento e a manutenção das civilizações humanas. Infraestruturas lineares como as estradas são concebidas com objetivos econômicos e sociais, e visam o transporte de cargas, de alimentos e produtos essenciais para a manutenção de cidades e demais atividades, bem como para o trânsito de pessoas (Fan & Chan-Kang, 2008). A Agência Internacional de Energia projeta que até 2050 o planeta Terra deverá adicionar mais 335.000 quilômetros de ferrovias e cerca de 25 milhões de quilômetros de rodovias pavimentadas. Desse total, 90% serão construídas em áreas biodiversas e ecologicamente importantes de países em desenvolvimento, em sua maioria presentes nas regiões tropicais e subtropicais, como é o caso do Brasil. Tais obras demandarão uma área construída entre 250.000 e 350.000 km<sup>2</sup>, algo como o tamanho do Reino Unido e da Alemanha em área terrestre (Dulac, 2013), o que irá causar profundas mudanças no uso e cobertura do solo.

A expansão dessas infraestruturas em grandes malhas viárias geram grandes impactos ambientais, que são acentuados quando essas vias intersectam áreas naturais. Isso acontece porque além do desmatamento direto no trajeto, estradas causam impactos negativos em diferentes componentes abióticos e bióticos do ambiente. No ambiente físico, além de permitir maior entrada de luz em um local antes coberto por vegetação, também possibilita maior ação dos ventos (Laurance & Curran, 2008). No aspecto químico, estradas contribuem com a poluição do solo, da água e do ar devido ao aumento do escoamento superficial, alteração do ciclo de nutrientes e liberação de gases de efeito de estufa, como CO<sub>2</sub> (Truscott et al., 2005). Biologicamente, as estradas causam a perda de indivíduos por atropelamento (Bujoczek et al., 2011), promovem o isolamento genético (Jackson & Fahrig, 2011), causam a perda e/ou substituição de espécies (Andersson et al., 2017) e afetam a produtividade primária (Chaplin-Kramer et al., 2015).

O Brasil possui a quarta maior malha viária mundial, com pouco mais de 1,7 milhões de quilômetros, por onde passam mais de 60% de todas as cargas e mercadorias e circulam mais de 90% dos brasileiros (Confederação Nacional de Transportes, 2022). Algumas dessas estradas cortam áreas naturais especialmente protegidas, doravante chamadas de Unidades de Conservação (UCs), como é o caso da BR-101 que intersecta a Reserva Biológica de Sooretama por 5,1 km e da SP-613 que corta o Parque Estadual do Morro do Diabo por 13,9 km, ambos situados no bioma Mata Atlântica. Apesar de existirem estradas estabelecidas dentro de UCs, não há uma legislação ou regulamentação específica denotada no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000) (Brasil, 2000), estando sua

manutenção, construção, ampliação e fiscalização sujeitas ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. As estradas que estão dentro ou intersectam UCs são chamadas usualmente de ‘estradas-parques’, se referindo a um tipo de área de proteção ‘Parkway’ que advém do Sistema de Parques Nacionais Norte Americano (De Oliveira et al., 2021). Conceitualmente, entretanto, a denominação ‘Parkway’ não é bem definida no Brasil (Dutra et al., 2008), e nem mesmo no âmbito da legislação Norte Americana (Soulliére, 1995). Como consequência dessa insegurança conceitual e legal, emergem ações e movimentos político-sociais que visam implantar estradas de rodagem convencionais em áreas protegidas por lei. Para isso, tais movimentos intitulam essas rodovias como ‘estradas-parque’, induzindo o imaginário popular de forma proposital mas errônea, de que esse tipo de estrada apresenta um caráter ambiental primordial, sem a qual a preservação ou conservação da área não será atingida na totalidade.

O antigo trecho da PR-495, conhecido popularmente como Caminho-do-Colono, que intersectava o Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu) ao longo de um trecho de 17,5 km, ligando os municípios de Serranópolis do Iguaçu e Capanema, é um exemplo em particular deste tipo de problema. O Caminho-do-Colono foi uma estrada informal até 1954, quando foi oficialmente incluída na malha viária do governo do estado do Paraná como trecho da PR-465, a fim de facilitar o trânsito dos colonizadores da época. O Caminho-do-Colono permaneceu aberto por 32 anos, até que em 1986 uma iniciativa do Governo Federal brasileiro autorizou o fechamento dessa estrada devido aos riscos ambientais para a integridade do Parque Nacional do Iguaçu (Jornal Mensageiro, 2021). Insatisfeitos com o seu fechamento, moradores de ambas as cidades promoveram, em 1987, a reabertura ilegal do Caminho-do-Colono. Um ano antes, o Parque Nacional do Iguaçu e seu vizinho argentino Parque Nacional del Igazú, receberam da Unesco o título de Patrimônio Mundial Natural (UNESCO, 2022) e, em 1999, a UNESCO incluiu o Parque Nacional do Iguaçu na "Lista do Patrimônio Mundial em Perigo"(<https://whc.unesco.org/en/news/163>), com possibilidade de retirada do título de Patrimônio Mundial Natural caso as ameaças ambientais não fossem amenizadas. Devido à pressão da UNESCO e das ameaças ambientais causadas pelo Caminho-do-Colono, uma extensa operação envolvendo agências militares e ambientais federais fecharam definitivamente o Caminho-do-Colono em 13 de Junho de 2001. Com o fechamento, o Parque Nacional do Iguaçu foi retirado da lista do patrimônio mundial em perigo da UNESCO em Dezembro de 2001 (<http://whc.unesco.org/pt/news/158>). Em 2003, uma tentativa fracassada de reabertura do Caminho-do-Colono afetou uma pequena parte da estrada (cerca de três quilômetros), mas as autoridades contiveram o movimento alguns dias mais tarde. Fechada desde 2001 a região se regenerou e a estrada deu lugar a uma floresta secundária, e o antigo trajeto da estrada não é mais distinguível na vegetação original, inclusive

quando visto por meio de sobrevoos.

Os conflitos, sentimentos e usos políticos do Caminho-do-Colono são frequentes na região. Fruto disso, tramita na Câmara dos Deputados e Senado Federal dois Projeto de Lei (PL) que visam a abertura ou reabertura do Caminho-do-Colono. O PL nº 7123/2010, de autoria do então deputado federal Assis do Couto, institui a Estrada-Parque Caminho-do-Colono, no Parque Nacional do Iguaçu, sem alteração no SNUC. Já o PL nº 984/2019, de autoria do deputado federal Nelsi Coguetto Maria (codinome Vermelho), propõe uma alteração no SNUC para criar a categoria de Unidade de Conservação denominada Estrada-Parque e instituir a Estrada-Parque Caminho do Colono no Parque Nacional do Iguaçu. Caso algum desses projetos de lei sejam aprovados, os efeitos negativos das estradas sobre áreas naturais podem voltar a assolar a região com a reabertura do Caminho-do-Colono. Impactos como atropelamento de animais silvestres, cujas taxas de mortalidade de vertebrados e invertebrados são especialmente elevadas quando uma estrada está localizada entre florestas adjacentes (Andrews, 1990), podem se tornar ainda mais frequentes na região. Estradas em áreas florestais também possibilitam maior suscetibilidade a invasões biológicas (Marvier et al., 2004), processo especialmente ameaçador para a Mata Atlântica, um bioma particularmente vulnerável a esse tipo de ameaça (Bellard et al., 2014). Além disso, a propagação dos distúrbios nos aspectos físicos, químicos e biológicos para dentro da floresta a partir da borda da estrada, conhecido como efeito de borda, representa consequências que vão muito além do impacto direto do trajeto da estrada (Laurance et al., 2018).

A construção de estradas visa, obviamente, facilitar a acessibilidade tanto para o transporte de cargas quanto de pessoas, porém a acessibilidade gerada por uma estrada próxima ou dentro de uma floresta tem o potencial de aumentar a susceptibilidade daquela área a atividades como o extrativismo ilegal (no caso de UCs de proteção integral) da fauna e flora silvestres para consumo humano. No âmbito do Parque Nacional do Iguaçu, atividades como a caça furtiva, a pesca e a extração ilegal de palmito Jussara, por exemplo, podem afetar diretamente grandes espécies de vertebrados em perigo de extinção, tais como anta (*Tapirus terrestris*), queixada (*Tayassu pecari*), jaguar (*Panthera onca*), jacutinga (*Aburria jacutinga*), além de espécies de peixes endêmicos como o surubim-do-iguazu (*Steindachneridion melanoderdatum*) e plantas como palmito-jussara (*Euterpe edulis*). Diversos estudos têm demonstrado que a caça furtiva, por exemplo, possui um padrão de ocorrência espacial definido, ocorrendo próximo a rios, assentamentos e vilas, bordas florestais e estradas (Haines et al., 2012; Bertrand et al., 2018; Ferregueti et al., 2018; Torres et al., 2018; Brodie & Fragoso, 2021). Como consequência, o aumento de atividades predatórias frente ao aumento da acessibilidade a áreas interiores de uma floresta, pode acarretar perdas

de espécies e/ou populações e processos ecológicos (Galetti et al., 2017).

De uma perspectiva instrumental, estradas podem desempenhar um papel importante na mobilidade das pessoas e no transporte de mercadorias, facilitando o comércio e a interação entre diferentes regiões. No entanto, é fundamental considerar os impactos ambientais associados à construção e expansão dessas vias de transporte. As florestas desempenham um papel fundamental na regulação climática, pois durante a fotossíntese as árvores absorvem dióxido de carbono da atmosfera e o armazenam em sua biomassa, esse processo reduz os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera, contribuindo para mitigar as mudanças climáticas (Florides & Christodoulides, 2009). Entretanto, a fragmentação em florestas tropicais impacta negativamente o estoque de carbono, reduzindo a biomassa vegetal próximo as bordas (Chaplin-Kramer et al., 2015). Além disso, a fragmentação tem consequências significativas para a biodiversidade, pois espécies são divididas em populações menores e isoladas, o que pode levar a uma perda de diversidade e empobrecimento genético (Mullu, 2016). Isso ocorre porque a fragmentação reduz o tamanho e a conectividade dos habitats naturais (Ribeiro et al., 2009), tornando mais difícil para as espécies se movimentarem, encontrarem alimentos, parceiros para reprodução e refúgios adequados. Além disso, a fragmentação florestal aumenta os riscos de atropelamentos de animais selvagens Andrews (1990), pois com a presença de uma estrada, animais que costumavam se deslocar livremente pela floresta agora precisam atravessar uma barreira artificial, expondo-se a veículos em alta velocidade. Isso pode resultar em acidentes fatais para os animais e representa uma ameaça à segurança dos motoristas.

Em termos monetários, a abertura de uma estrada pode facilitar o trânsito de produtos e mercadorias e potencializar a economia local, porém a reabertura do Caminho-do-Colono pode afetar negativamente a economia dos municípios lindeiros ao Parque Nacional Iguaçu, isso porque o parque está inserido dentro dos limites territoriais de alguns municípios ou estes fazem divisa com o parque. No município de Céu Azul, por exemplo, o parque representa 71,48% da área. Ser vizinho ou possuir áreas de parque dentro dos limites dos municípios, impõe uma série de restrições quanto ao uso e ocupação do solo, e exige que os municípios considerem esses aspectos no âmbito de seus planos diretores. Como compensação, quantias significativas de imposto ecológico, também chamado ICMS ecológico ou ICMS-e contribuem consideravelmente para as receitas dos municípios. O ICMS-e é a principal forma de incentivo e pagamento por serviços ambientais no país, e está relacionado a manutenção de habitats naturais e mananciais de água. Os recursos do ICMS-e vem de uma cota parte (25%) do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) destinados aos municípios. Desse montante, 5% é destinado ao pagamento por serviços ecossistêmicos (ICMS-e), sendo 2.5% para municípios que

tenham em seu território mananciais cuja água se destina ao abastecimento da população de outro município, e 2,5%, para municípios que tenham integrado em seu território Unidades de Conservação, Áreas de Terras Indígenas e Áreas Especiais de Uso Regulamentado (Florides & Christodoulides, 2009). Nesse sentido, uma degradação ambiental como a reabertura do Caminho-do-Colono afetaria ou até suspenderia temporariamente os repasses de ICMS-e afetando, consequentemente, a economia de municípios dependente desta receita.

O Parque Nacional do Iguaçu é o maior fragmento de Mata Atlântica de interior do Brasil (Ribeiro et al., 2009), possui uma beleza icônica devido às mundialmente famosas Cataratas do Iguaçu, além de ser ambientalmente importante para a manutenção e preservação da vida silvestre e de recursos ecossistêmicos. Nesse sentido, a abertura de uma estrada em seu interior, cortando o parque ao meio, conforme preveem os projetos de lei supracitados, podem acarretar uma série de prejuízos ecológicos e econômicos, tanto em escala local quanto regional, quiçá em escala global devido a sua importância para o sequestro de carbono e controle das mudanças climáticas. Diante do cenário apresentado, este trabalho é baseado na tese de que 'o Caminho-do-Colono não deve ser reaberto', e tal tese é suportada pelos argumentos de que (i) o aumento da acessibilidade irá tornar práticas ilegais predatórias como caça, pesca e extração de palmito mais frequentes na região afetada pelo Caminho-do-Colono; (ii) o ICMS-ecológico provindo do Parque Nacional do Iguaçu é vital para alguns municípios limítrofes e a reabertura do Caminho-do-Colono poderá afetar negativamente a economia destes municípios; (iii) ao contrário do que defendido pelos simpatizantes da reabertura, a economia dos municípios e da região não foi afetada pelo fechamento do Caminho-do-Colono. Considerando a temática apresentada, a tese foi organizada em três capítulos, conforme segue.

O primeiro capítulo da tese está categorizado como um artigo de opinião, no qual é apresentado o tema geral da tese. Neste capítulo foi discutido de forma ampla e científica as principais consequências legais, ambientais e socioeconômicas dos projetos de lei que estão em análise na Câmara dos Deputados e no Senado Federal que visam a reabertura do Caminho-do-Colono, no Parque Nacional do Iguaçu e que, por jurisprudência, poderiam acometer todas as unidades de conservação do país. Esse capítulo foi publicado, em 2020, no periódico AMBIO (A1; Fator de impacto: 6.943).

No segundo capítulo foi avaliado, por meio de modelagens preditivas, as consequências diretas da reabertura do Caminho-do-Colono sobre a susceptibilidade à atividade ilegais no Parque Nacional do Iguaçu. Tal possibilidade de reabertura do Caminho-do-Colono foi baseada nos dois projetos de lei que estão sendo analisados na Câmara dos Deputados e no Senado Federal. Neste capítulo, foram testadas as



hipóteses de que a reabertura do Caminho-do-Colono pode aumentar a ocorrência de atividades ilegais como acampamentos, caça, pesca e extração de palmito-jussara no Parque Nacional do Iguaçu. Esse capítulo foi publicado, em 2022, no periódico *Environmental Research Letters* (A1; Fator de impacto: 6.947).

No terceiro capítulo da tese, foi avaliado a importância do ParNa Iguaçu para a conservação da biodiversidade e para economia dos municípios da região via pagamento por serviços ambientais, bem como os possíveis impactos econômicos da reabertura do Caminho-do-Colono. Neste capítulo foram testadas três hipóteses: (i) o Parque Nacional do Iguaçu contribui para a manutenção da cobertura vegetal nativa da região, tendo mantido sua cobertura florestal enquanto no entorno a cobertura florestal reduziu; (ii) os impostos ecológicos (ICMS-e) contribuem significativamente para o desempenho econômico dos municípios e a reabertura do Caminho-do-Colono pode ter impactos negativos sobre esse desempenho; e (iii) o fechamento da estrada não afetou o desempenho econômico dos municípios ou da região. Esse capítulo será submetido para a revista *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional* (A1; Fator de impacto: 0.3).

Esta tese e seus produtos contribuem e podem contribuir com o conhecimento de Biologia da Conservação, assim como fundamentar ações e políticas públicas como a abertura ou não de estradas em unidades de conservação. Além disso, os estudos produzidos por essa tese têm consequências diretas para gestão do Parque Nacional do Iguaçu, seja por indicar áreas prioritárias para a fiscalização ou por fornecer subsídios sobre a valoração do parque via serviços ecossistêmicos.

## Referências

- Andersson, P., Koffman, A., Sjödin, N. E., & Johansson, V. (2017). Roads may act as barriers to flying insects: Species composition of bees and wasps differs on two sides of a large highway. *Nature Conservation*, 18:47–59.
- Andrews, A. (1990). Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist*, 26(3-4):130–141.
- Bellard, C., Leclerc, C., Leroy, B., Bakkenes, M., Veloz, S., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2014). Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography*, 23(12):1376–1386.
- Bertrand, A.-s., Garcia, J. C., Baptiston, I. C., Esteves, E., & Nauderer, R. (2018). Caracterização preliminar de caça furtiva no Parque Nacional do Iguaçu (Paraná). *Biodiversidade Brasileira*, 8(1):19–34.
- Brasil (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Diário oficial União de 19/07/2000, Pagina 1.
- Brodie, J. F. & Fragoso, J. M. V. (2021). Understanding the distribution of bushmeat hunting effort across landscapes by testing hypotheses about human foraging. *Conservation Biology*, 35(3):1009–1018.
- Bujoczek, M., Ciach, M., & Yosef, R. (2011). Road-kills affect avian population quality. *Biological Conservation*, 144(3):1036–1039.
- Chaplin-Kramer, R., Ramler, I., Sharp, R., Haddad, N. M., Gerber, J. S., West, P. C., Mandle, L., Engstrom, P., Baccini, A., Sim, S., Mueller, C., & King, H. (2015). Degradation in carbon stocks near tropical forest edges. *Nature Communications*, 6:1–6.
- Confederação Nacional de Transportes (2022). *Anuário do CNT do transporte - Estatísticas consolidadas 2021*, volume 1. Confederação Nacional de Transportes, Brasília, 1 edition.
- De Oliveira, R. C. N., Campos, R. P., & Castro, C. L. (2021). Estradas Parques - the brazilian scenics routs. *Brazilian Journal of Development*, 7(7):66604–66630.
- Dulac, J. (2013). *Global land transport infrastructure requirements: Estimating road and railway infrastructure capacity and costs to 2050*. International Energy Agency, France, 1 edition.
- Dutra, V., Colares, A., Adorno, L. F. M., Magalhães, K., & Gomes, K. (2008). Proposta de estradas-parque como unidade de conservação: dilemas e diálogos entre o Jalapão e a Chapada dos Veadeiros. *Sociedade & Natureza*, 20(1):161–176.

- Fan, S. & Chan-Kang, C. (2008). Regional road development, rural and urban poverty: Evidence from China. *Transport Policy*, 15(5):305–314.
- Ferreguetti, Á. C., Pereira-Ribeiro, J., Prevedello, J. A., Tomás, W. M., Rocha, C. F. D., & Bergallo, H. G. (2018). One step ahead to predict potential poaching hotspots: Modeling occupancy and detectability of poachers in a neotropical rainforest. *Biological Conservation*, 227(May):133–140.
- Florides, G. A. & Christodoulides, P. (2009). Global warming and carbon dioxide through sciences. *Environment International*, 35(2):390–401.
- Galetti, M., Brocardo, C. R., Begotti, R. A., Hortenci, L., Rocha-Mendes, F., Bernardo, C. S., Bueno, R. S., Nobre, R., Bovendorp, R. S., Marques, R. M., Meirelles, F., Gobbo, S. K., Beca, G., Schmaedecke, G., & Siqueira, T. (2017). Defaunation and biomass collapse of mammals in the largest Atlantic forest remnant. *Animal Conservation*, 20(3):270–281.
- Haines, A. M., Elledge, D., Wilsing, L. K., Grabe, M., Barske, M. D., Burke, N., & Webb, S. L. (2012). Spatially explicit analysis of poaching activity as a conservation management tool. *Wildlife Society Bulletin*, 36(4):685–692.
- Jackson, N. D. & Fahrig, L. (2011). Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation*, 144(12):3143–3148.
- Jornal Mensageiro (2021). Memórias do Jornal Mensageiro. <https://jornalmensageiro.com/memoria/memorias-do-jornal-mensageiro-13/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- Laurance, W. F., Camargo, J. L., Fearnside, P. M., Lovejoy, T. E., Williamson, G. B., Mesquita, R. C., Meyer, C. F., Bobrowiec, P. E., & Laurance, S. G. (2018). An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. *Biological Reviews*, 93(1):223–247.
- Laurance, W. F. & Curran, T. J. (2008). Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: A review and synthesis. *Austral Ecology*, 33(4):399–408.
- Marvier, M., Kareiva, P., & Neubert, M. G. (2004). Habitat destruction, fragmentation, and disturbance promote invasion by habitat generalists in a multispecies metapopulation. *Risk Analysis*, 24(4):869–878.
- Mullu, D. (2016). A review on the effect of habitat fragmentation on ecosystem. *Journal of Natural Sciences Research*, 6(15):1–15.

- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6):1141–1153.
- Soulli re, L. E. (1995). *Historic Roads in the National Park System Special History Study*. National Park Service, 1 edition.
- Torres, P. C., Morsello, C., Parry, L., Barlow, J., Ferreira, J., Gardner, T., & Pardini, R. (2018). Landscape correlates of bushmeat consumption and hunting in a post-frontier Amazonian region. *Environmental Conservation*, 45(4):352–360.
- Truscott, A. M., Palmer, S. C., McGowan, G. M., Cape, J. N., & Smart, S. (2005). Vegetation composition of roadside verges in Scotland: The effects of nitrogen deposition, disturbance and management. *Environmental Pollution*, 136(1):109–118.
- UNESCO (2022). Iguaçu National Park. <https://whc.unesco.org/en/list/355>. Acessado em: 30 nov. 2022.

## 2 CAPÍTULO I

### 2.1 Parks under attack: Brazil's Iguaçu National Park illustrates a global threat to biodiversity

#### Como citar este artigo:

Victor Mateus Prasniewski, Neucir Szinwelski, Thadeu Sobral-Souza, Angela Marcia Kuczach, Carlos Rodrigo Brocardo, Carlos Frankl Sperber & Philip Martin Fernside. **Parks under attack: Brazil's Iguaçu National Park illustrates a global threat to biodiversity.** *Ambio* 49, 2061–2067 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01353-5>



PERSPECTIVE

# Parks under attack: Brazil's Iguazu National Park illustrates a global threat to biodiversity

Victor Mateus Prasniewski, Neucir Szinwelski , Thadeu Sobral-Souza, Angela Marcia Kuczach, Carlos Rodrigo Brocardo, Carlos Frankl Sperber, Philip Martin Fearnside

Received: 13 May 2020 / Revised: 20 May 2020 / Accepted: 28 May 2020 / Published online: 3 July 2020

**Abstract** National parks are under attack in many parts of the world, including Brazil, which the Convention on Biodiversity ranks as the world's most biodiverse country. Brazil has been experiencing an unprecedented environmental crisis, and the political situation in the country favors approval of environmentally damaging measures by both the legislative and executive branches of government. A new and largely unreported setback is a proposal in the National Congress for a road cutting the Iguazu National Park in two. Here, we identify environmental threats from the proposed road and pressures on the park from the surrounding human population. The proposed laws violate Brazil's constitution and would cause immeasurable damage to the park's biodiversity and associated ecosystem services. The road would reduce the cost of transport between two municipalities (counties), but not the cost of transporting soybeans, their main agricultural product. However, the local population would be better served by strengthening its ties to the park and promoting economic alternatives such as tourism, agroforestry, and organic agriculture. The Caminho do Colono road illustrates the danger posed by downgrading the status of protected areas in order to allow environmentally damaging activities. This trend is occurring in many countries and is especially evident in Brazil.

**Keywords** Atlantic forest · Biodiversity threats · Environmental throwbacks · Law · Policy

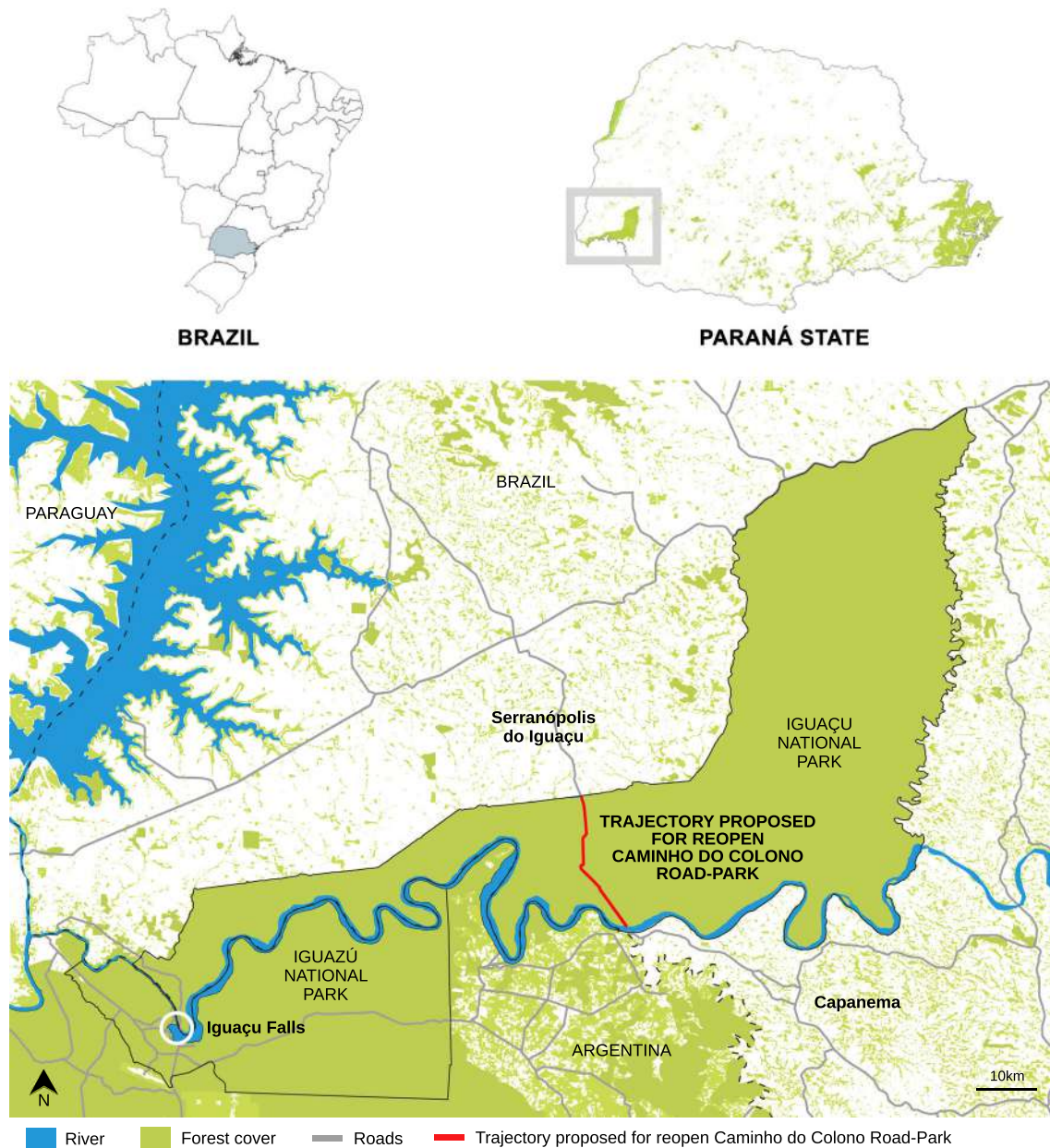
## INTRODUCTION

Brazil has been experiencing an unprecedented environmental crisis since President Jair Bolsonaro took office in

January 2019 (Escobar 2019; Tollefson 2019). The federal government has largely dismantled its environmental agencies, and constant anti-environmental rhetoric has encouraged violation of environmental laws (Fearnside 2019; Ferrante and Fearnside 2019). Brazil's violation of the agreement for the Amazon Fund resulted in Germany and Norway cutting their funding, which had supported the protection of Brazilian forests. In summary, the new presidential administration consistently treats short-term economic reasoning as more important than environmental protection. This political context makes enactment of environmentally damaging laws much more likely. One such threat is the proposal to build a road through Iguazu National Park, which protects one of the last large remnants of Atlantic Forest, in addition to the iconic Iguazu Falls that Brazil shares with Argentina.

Brazil's National Congress is considering two proposed laws (PL 7123/2010—<https://bit.ly/2MmQAN7> and PL 984/2019—<https://bit.ly/2IwdPmP>), which, if approved, will cause irreversible damage to Iguazu National Park. Both proposed laws would change Brazilian Law 9985/2000 to establish a new type of protected area, the “road-park” (*estrada-parque*) or parkway. The new type of protected area would be in the “sustainable-use” conservation unit category under Article 14 of Law 9985/2000. The proposed laws would also create the “Caminho do Colono” Road-Park, cutting the Iguazu National Park through the middle. The road would be categorized as a “field-road” (Law 9503/1997) open to public circulation and would link the municipalities (counties) of Seranópolis do Iguazu and Capanema in Paraná State (Fig. 1).

Iguazu National Park was established in 1939 (Decree 1035/1939). After creation of the park, there were reports of primitive trails used by indigenous people and by early colonizers. The “Caminho do Colono” was an informal



**Fig. 1** Geographical position of Iguazu National Park (Brazil) surrounded by different uses and land occupation. Red line represents the proposed trajectory of Caminho do Colono road the will cut the park in the middle

road until 1954, when it was officially opened by the Paraná state government in order to befriend colonization companies. In 1986, Brazil's federal government closed the road due to its environmental risks to the integrity of Iguazu National Park. In the same year, Iguazu National Park was designated a UNESCO World Heritage Site (<http://whc.unesco.org/en/list/355>). However, in 1987, there was an illegal reopening of the road, which remained active up to 2001. In 1999 UNESCO included Iguazu National Park on its "List of World Heritage in Danger" (<https://whc.unesco.org/en/news/163>), and due to this pressure and environmental threats, an extensive operation

involving federal military and environmental agencies closed the Caminho do Colono on 13 June 2001. With the closing of the road, the park was removed from the UNESCO danger list in December 2001 (<http://whc.unesco.org/en/news/158>). In 2003, a failed attempt to reopen the Caminho do Colono affected a small part of the road, but police contained the movement a few days later. Since closure of the road in 2001, forest regeneration advanced over the former roadbed, which is now a secondary forest that contains large mammals (Brocardo et al. 2019) and native hardwoods such as *Cedrela fissilis* and *Peltophorum dubium*. Iguazu National Park's 1850 km<sup>2</sup> is



a critical protected area within the highly threatened Atlantic forest, which is a global biodiversity hotspot (Myers et al. 2000).

Implementation of the Caminho do Colono Road-Park could induce unprecedented impacts of multiple types. Below, we highlight three groups of possible impacts of the “road-park” embedded in Iguaçu National Park: (i) weakening of Brazilian environmental laws, (ii) biodiversity and environmental threats, and (iii) pressures on the park from the surrounding human population.

## LEGAL ASPECTS

The two proposed laws embody conceptual distortions of Brazil’s legislation, since the proposed road-park would be inserted inside an existing National Park. When the concept of a parkway was developed at the beginning of the 20th Century, its objective was to provide access to areas with scenic beauty due to their cultural, economic, touristic, entertainment and educational importance (Carr 1998). Building the road-park cutting Iguaçu National Park in half does not give access to scenic beauty—it only links two municipalities (Capanema and Serranópolis do Iguaçu), facilitating logistical access. None of the park’s scenic beauty is associated with the area where the Caminho do Colono road is being proposed.

Both proposed laws are unconstitutional. Reopening the Caminho do Colono road would violate Brazil’s Federal Constitution (Article 225, Paragraph 1, Clause 3), which establishes that any modification or suppression of a protected area can only be done by means of laws that justify the modification, any use that compromises the area’s environmental integrity being prohibited. Both proposed laws are inconsistent with Brazilian Law 9985/2000, which established the National System of Conservation Units (SNUC), together with their legal hierarchy where higher hierarchical levels of protected areas must have preference over less-protected areas. Creation of a road-park, which would be in the SNUC’s “sustainable-use” category, could never legally protrude over a conservation unit in the “full-protection” category.

The two proposed laws configure a grave environmental setback for Brazil’s judicial system. In 2000, a decision by Brazil’s Superior Regional Court signed by judge Marga Inge Barth Tessler definitively closed the Caminho do Colono road, and her decision was based on the road’s threat to biodiversity and on the possibility that Iguaçu National Park would lose its UNESCO recognition. The court’s judgment emphasized that opening the Caminho do Colono road would “*publicly demonstrate our government’s difficulty in preserving the only Brazilian natural area defined as a World Heritage Site, which would*

*discredit us as a reliable nation (...)*” (<https://bit.ly/2r930S2>). The court’s judgment represents the last jurisdiction under the Brazilian legal system, this court being considered *res judicata*, that is, “a decision against which no further appeal can be made,” and the road therefore cannot be legally opened. Therefore, when proposing these new laws, the Brazilian National Congress is ignoring the Judiciary Branch and disregarding all previous discussions and court judgments. Furthermore, the proposal is administratively incoherent because it gives to the state government and local communities the responsibility of (re)opening and maintaining the road, giving these bodies the authority to interfere in a federal area, which is both illegal and unworkable.

While discussion in the National Congress about (re)opening the Caminho do Colono road is useless and sterile if Brazilian laws are to be respected, this does not mean that these bills will not be passed or that passing them would not result in the road being built. In many countries, it is simply assumed that what is forbidden by the country’s laws and constitution will simply not occur, but this is not the case in Brazil. One feature of the Brazilian system is that many laws are enacted and simply not enforced, a tradition dating from Brazil’s history as a colony of Portugal (Rosenn 1971). Another is that the constitution guarantees offer relatively little protection because the constitution is easily amended: the current one, which came into force in October 1988, has already been amended 105 times (Brazil, PR, 2020). Perhaps most important, development projects that are clearly illegal and/or unconstitutional are often simply allowed to go forward to become *faits accomplis*, after which the damage cannot be reversed. Well-documented examples are provided by Brazil’s Belo Monte and São Manoel Dams (Fearnside 2017a, b, c).

The road proposal is being used by politicians as a tool to get votes, leading to a local movement supporting the opening of the road. This increases popular dissatisfaction with Iguaçu National Park, which is portrayed as an enemy of the people (Ortiz 2009). Politicians proposing the road also have direct financial interests in the project (Bourscheit 2020). If approved, these legal precedents will weaken Brazilian environmental laws, jeopardizing Brazil’s most emblematic national park as well as the entire protected-area system and threatening protected areas in other parts of the country (Kropf and Eleuterio 2015).

## BIODIVERSITY AND ENVIRONMENTAL THREATS

The negative effects of roads on natural environments are well known. Roads pollute the soil, water and air due to



increased leaching, alteration of nutrient cycling and release of greenhouse gases (Truscott et al. 2005). Noise pollution changes animal communication patterns and behavior. Roads also can act as physical barriers that inhibit movement (Andrews 1990), isolate populations (Laurance et al. 2009) and reduce genetic diversity (Holderegger and Di Giulio 2010). Roadkill rates for vertebrates and invertebrates are especially high when adjacent forest remnants are separated by a road (Andrews 1990). The easy accessibility increases poaching pressure (Ferregueti et al. 2018). Biological invasions increase (Marvier et al. 2004), a process that is especially threatening for the particularly vulnerable Atlantic Forest (Bellard et al. 2014). A road can also change the microhabitat, increasing solar radiation and local temperature and decreasing soil moisture and air humidity, and the edge created by the road propagates these effects into the forest (Delgado et al. 2007). Edge effects represent a proxy that summarizes most negative anthropic impacts on natural habitats, since they are related to the physical and biological effects of deforestation and habitat fragmentation on biodiversity (Laurance et al. 2018). (Re)opening the Caminho do Colono road can bring all these threats, damaging the area's biodiversity and its associated ecosystem services. This is especially grave because Iguaçu National Park represents the last large remnant of Atlantic Forest in Brazil's interior (Ribeiro et al. 2009), with an irreplaceable ecosystem.

## SOCIAL, CULTURAL, AND ECONOMIC PRESSURES

Pressure from the two municipalities that would be benefited by the road is inevitable. Support for the road in these municipalities stems both from economic and convenience reasons and from cultural and historical ties. The name “Caminho do Colono” evokes this connection: “*caminho*” means “trail” and “*colono*” refers to the first non-indigenous pioneer settlers in the area. The old Caminho do Colono trail may have resulted in the human community having established bonds beyond any instrumental, ethnic and economic values. The road closure could have contributed to hostile feelings towards Iguaçu National Park, since the surrounding human population had come to see the lack of a road as a barrier to their lifestyle, to their traditional spatial relationships and to their freedom, thereby undermining their “right to come and go.” This argument is being used to manipulate people in the surrounding communities.

The link between Iguaçu National Park and the surrounding population needs to be (re)created, even if this represents an egocentric utilitarian relationship to space.

People need to sense that they belong to the natural space, which requires leaving aside the egocentric view of the park. One way to do this is to promote tourism in the area around the park, an alternative that is potentially more efficient and economically important for the local population than the road's economic benefits and that requires the coexistence of undisturbed forest and a closed road (Kropf and Eleuterio 2015). For example, birdwatching ecotourism in the United States represents an economy generating US\$107 billion per year (Carver 2013), while in Canada, Costa Rica and Mexico birding tourism produces gross annual returns of US\$256 million, US\$410 million and US\$442 million, respectively (Revollo-Fernández 2015).

The road-park would represent an increase in gross returns estimated at US\$900 million (Ortiz 2009) for the affected municipalities due to an increment in tolls, lower transportation costs and the reduction of costs of agricultural products. However, the loss of ecosystem services due to environmental degradation, such as lower water and air quality and biodiversity, has been estimated to represent an annual total value of US\$1.95 billion, an amount more than twice as high as the projected economic benefits (Ortiz 2009).

One alternative for bringing economic value to municipalities around Iguaçu National Park is to invest in ecotourism and sustainable activities that could be more lucrative than the road. Tourism and nature conservation are already an economic alternative for all of the actors involved. Tax revenue from ecotourism would revert to the municipal governments. Besides tourism, activities such as organic agriculture, agroforestry, apiculture, meliponiculture, handicrafts, and biogas production represent additional economic potential for the region (WWF 2015). Environmental certification could increase the value of these products. It is also necessary to invest in environmental education in order to show the population the economic potential linked to the Iguaçu National Park, embedding people's livelihoods with nature conservation and leading to effective sustainable development.

## THE WIDER SIGNIFICANCE OF THE IGUAÇU CASE

This latest threat to Iguaçu National Park represents a class of setbacks to protected areas known as “downsizing, downgrading and degazetting,” which is evident in many parts of the world (Bernard et al. 2014; de Marques and Peres 2015). This is especially the case in Brazil, where this phenomenon has been present for a long time (e.g., Fearnside and Ferreira 1984). A case of “degazetting,” or complete removal of official protected status and

consequent elimination, is Brazil's Sete Quedas National Park that, like Iguaçu, protected a spectacular waterfall on the Paraná River; the former park is now flooded by the reservoir behind the Itaipu Dam. Elimination of 15 protected areas in the state of Rondônia provides a recent example of degazetting (Fearnside and Cruz 2018).

"Downgrading," or changing the official designation of protected areas to categories with less protection is an even greater threat because of the frequency of its occurrence. Brazil's National System of Conservation Units (SNUC) includes the category "Environmental Protection Area" (*Área de Proteção Ambiental*, or "APA") (Brazil, PR, 2000). APAs allow areas to be colored green on a map, but in reality, provide almost no protection (Pádua 2011). Establishing private properties is allowed within APAs, along with licensed deforestation, forest management (i.e., logging) and mining. A proposed law is currently pending in the National Congress to convert the Serra do Divisor National Park in Acre state into an APA in order to allow a planned road to pass through the area (Rodrigues 2020).

"Downsizing," or reduction of the size of existing protected areas is illustrated by removal of portions of protected areas that would be affected by planned dams in the Tapajós River basin (Fearnside 2015). A critical case in Brazil's Amazon region that follows the same pattern is the Nascentes do Lago Jari National Park, located in the state of Amazonas between the BR-319 (Manaus-Porto Velho) highway and the Purus River. A planned road (AM-366) would bisect the national park, cross the Purus River at Tapauá, and continue westward to Coarí, Tefé and Juruá, thus giving deforesters access to the vast rainforest area in the western half of the state of Amazonas (Fearnside and Graça 2006). The Nascentes do Lago Jari National Park is also on the list of 67 protected areas targeted for downsizing by the current presidential administration (Borges 2019). The threat to Iguaçu is heightened by the abrupt shift in Brazil's policies beginning in 2019 to reflect the openly anti-environmental stance of President Jair Bolsonaro, and Iguaçu National Park is included in the presidential administration's list of protected areas targeted for downsizing.

## CONCLUSIONS

There are strong reasons to reject proposed laws PL 7123/2010 and PL 984/2019. First, opening the proposed Caminho do Colono road-park would cause negative effects on biodiversity and on the structure of the forest in the Iguaçu National Park. Second, these proposed laws would result in a major setback for the Brazilian legal system because they would allow local modification of

higher-level federal laws and because the proposed laws are unconstitutional and unworkable.

To attain sustainable development, the population surrounding the park needs to combine tourism and other sustainable activities with nature conservation as the main direction of development. No environmental impact or government setback is required to increase the development of the surrounding municipalities. However, it is necessary to have political will and popular participation in decision-making, so as to achieve effective social, cultural, and economic progress. The Caminho do Colono road is not the way to get this. We therefore defend keeping Iguaçu National Park as it is.

The proposed Caminho do Colono road illustrates a threat in Brazil and in other countries where downsizing, downgrading and degazetting of protected areas is rapidly increasing. The outcome of resistance to this threat to Iguaçu National Park therefore has potential implications far beyond the boundaries of this iconic national park.

**Acknowledgments** We thank all scientists who contributed and support our manuscript; some of them we cannot name due to political and social retaliations. The first author was supported by CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Brazil).

## REFERENCES

- Andrews, A. 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Journal of Zoology* 26: 130–141. <https://doi.org/10.7882/AZ.1990.005>.
- Bellard, C., C. Leclerc, B. Leroy, M. Bakkenes, S. Veloz, W. Thuiller, and F. Courchamp. 2014. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography* 23: 1376–1386. <https://doi.org/10.1111/geb.12228>.
- Bernard, E., L.A.O. Penna, and E. Araújo. 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. *Conservation Biology* 28: 939–950. <https://doi.org/10.1111/cobi.12298>.
- Borges, A. 2019. Confirma a lista das 67 unidades de conservação que o governo federal quer reduzir. *O Estado de São Paulo*, 12 June 2019. Available at: <https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,confirma-a-listadas-unidades-de-conservacao-que-o-governo-querreduzir,70002868340>.
- Bourscheit, A. 2020. Estrada no Iguaçu pode beneficiar negócios de parlamentar que propõe a obra. *OEco*, 1 March 2020. <https://www.oeco.org.br/reportagens/estrada-no-iguacu-pode-beneficiar-negocios-de-parlamentar-que-propoe-a-obra/>.
- Brazil, PR (Presidência da República). 2000. Lei no. 9.985 de 18 de julho de 2000. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm).
- Brazil, PR (Presidência da República). 2020. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).
- Brocardo, C.R., M.X. da Silva, P. Ferracioli, J.F. Cândido Jr., G.V. Bianconi, M.F.D. Moraes, M. Galetti, M. Passamani, et al. 2019. Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu. *Oecologia Australis* 23: 165–190. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2302.01>.

- Carr, E. 1998. Wilderness by design: Landscape architecture and the National Park Service. U of Nebraska Press. <http://shorturl.at/hjW06>.
- Carver, E. 2013. Birding in the United States: A demographic and economic analysis. *Annual Economic Report* 2011: 1–16. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008931.pub3>.
- Delgado, J.D., N.L. Arroyo, J.R. Arévalo, and J.M. Fernández-Palacios. 2007. Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). *Landscape and Urban Planning* 81: 328–340. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.005>.
- de Marques, A.A.B., and C.A. Peres. 2015. Pervasive legal threats to protected areas in Brazil. *Oryx* 49: 25–29. <https://doi.org/10.1017/S0030605314000726>.
- Escobar, H. 2019. Brazilian president attacks deforestation data. *Science* 365: 419–419. <https://doi.org/10.1126/science.365.6452.419>.
- Fearnside, P.M. 2015. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. *Ambio* 44: 426–439. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0642-z>.
- Fearnside, P.M. 2017a. Belo Monte: Actors and arguments in the struggle over Brazil's most controversial Amazonian dam. *Die Erde* 148: 14–26. <https://doi.org/10.12854/erde-148-27>.
- Fearnside, P.M. 2017b. Brazil's Belo Monte Dam: Lessons of an Amazonian resource struggle. *Die Erde* 148: 167–184. <https://doi.org/10.12854/erde-148-46>.
- Fearnside, P.M. 2017c. Amazon dam defeats Brazil's environment agency. *Mongabay* 20 September 2017. <https://news.mongabay.com/2017/09/amazon-dam-defeats-brazils-environment-agency-commentary/>.
- Fearnside, P.M. 2019. Setbacks under President Bolsonaro: A challenge to sustainability in the Amazon. *Sustentabilidade International Science Journal* 1: 38–52.
- Fearnside, P.M., and Cruz, P.V. 2018. Chainsaw massacre: Protected areas in danger in Brazil's state of Rondônia (commentary) *Mongabay* 30 October 2018. <https://news.mongabay.com/2018/10/chainsaw-massacre-protected-areas-in-danger-in-brazils-state-of-rondonia-commentary/>.
- Fearnside, P.M., and G.L. Ferreira. 1984. Roads in Rondonia: Highway construction and the farce of unprotected reserves in Brazil's Amazonian forest. *Environmental Conservation* 11: 358–360. <https://doi.org/10.1017/S0376892900014740>.
- Fearnside, P.M., and P.M.L.A. Graça. 2006. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia. *Environmental Management* 38: 705–716. <https://doi.org/10.1007/s00267-005-0295-y>.
- Ferrante, L., and P.M. Fearnside. 2019. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. *Environmental Conservation* 46: 261–263. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000213>.
- Ferregueti, Á.C., J. Pereira-Ribeiro, J.A. Prevedello, W.M. Tomás, C.F.D. Rocha, and H.G. Bergallo. 2018. One step ahead to predict potential poaching hotspots: Modeling occupancy and detectability of poachers in a neotropical rainforest. *Biological Conservation* 227: 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.009>.
- Holderegger, R., and M. Di Giulio. 2010. The genetic effects of roads: A review of empirical evidence. *Basic and Applied Ecology* 11: 522–531. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.006>.
- Kropf, M., and A. Eleuterio. 2015. Estrada do Colono: Análise dos argumentos que subsidiam o conflito. In *Anais Do VII Seminário Brasileiro Sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social (SAPIS) e II Encontro Latino Americano Sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social (ELAPIS)*, ed. N. Hanazaki, D.F. Herbst, J.V. da C. Ávila, M.R. Heineberg, T.C.C. Gomes, 447–454. Florianópolis, Brazil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Laurance, W.F., J.L.C. Camargo, P.M. Fearnside, T.E. Lovejoy, G.B. Williamson, R.C.G. Mesquita, C.F.J. Meyer, P.E.D. Bobrowiec, et al. 2018. An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. *Biological Reviews* 93: 223–247. <https://doi.org/10.1111/brv.12343>.
- Laurance, W.F., M. Goosem, and S.G.W. Laurance. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution* 24: 659–669. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>.
- Marvier, M., P. Kareiva, and M.G. Neubert. 2004. Habitat destruction, fragmentation, and disturbance promote invasion by habitat generalists in a multispecies metapopulation. *Risk Analysis* 24: 869–878. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00485.x>.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Fonseca, J. Kent, and G.A.B. Da-Fonseca. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Ortiz, R.A. 2009. Conservation versus development at the Iguazu National Park, Brazil. *Ambientalia* 1: 141–160.
- Pádua, M.T.J. 2011. Do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In *Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro*, ed. R. Medeiros, and F.S. Araújo, 21–36. Brasília, DF, Brazil: Ministério do Meio Ambiente.
- Revollo-Fernández, D.A. 2015. Does money fly? The economic value of migratory birdwatching in Xochimilco, Mexico. *Economic Modelling* 6: 643–663. <https://doi.org/10.4236/me.2015.66061>.
- Rodrigues, I. 2020. PL quer tirar proteção integral da Serra do Divisor e reduzir quase 8 mil hectares de Resex no Acre. *GI*, 27 January 2020. <https://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2020/01/27/pl-quer-tirar-protecao-integral-da-serra-do-divisor-e-reduzir-quase-8-mil-hectares-de-resex-no-acre.ghtml>.
- Rosenn, K.S. 1971. The jeito: Brazil's institutional bypass of the formal legal system and its development implications. *American Journal of Comparative Law* 19: 514–549. <https://doi.org/10.2307/839559>.
- Tollefson, J. 2019. 'Tropical Trump' sparks unprecedented crisis for Brazilian science. *Nature* 572: 161–162. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02353-6>.
- Truscott, A.M., S.C.F. Palmer, G.M. McGowan, J.N. Cape, and S. Smart. 2005. Vegetation composition of roadside verges in Scotland: The effects of nitrogen deposition, disturbance and management. *Environmental Pollution* 136: 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.12.009>.
- WWF (Worldwide Fund for Nature). 2015. Produto 4 – Propostas de atividades econômicas baseadas em BES para o entorno do Parque Nacional do Iguaçu, Volume 1 – Análise de Trade-Offs. WWF, Brasília, DF and Tamoios Inteligência Geográfica, São Paulo, SP, Brazil. 41 pp.

**Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

## AUTHOR BIOGRAPHIES

**Victor Mateus Prasniewski** (✉) is a doctoral candidate in the Graduate Program in Ecology and Biodiversity Conservation, at the Institute of Biosciences at the Universidade Federal do Mato Grosso, Brazil. His research interests include ecology and biological conservation.

**Address:** Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Cuiabá. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Bairro Boa Esperança, Cuiabá, MT CEP 78060-900, Brazil.

*Address:* Laboratório de Orthoptera, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, Cascavel, PR CEP 85819-110, Brazil.  
e-mail: victor.mateus.pras@gmail.com

**Neucir Szinwelski** is a Research Professor at the Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Brazil. His research interests include population and community ecology, impacts of deforestation and biological conservation.

*Address:* Laboratório de Orthoptera, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, Cascavel, PR CEP 85819-110, Brazil.  
e-mail: neucir.szinwelski@unioeste.br

**Thadeu Sobral-Souza** is a Research Professor at the Universidade Federal do Mato Grosso, Brazil. His research interests include macroecology, biogeography and biological conservation.

*Address:* Departamento de Botânica e Ecologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Campus Cuiabá. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Bairro Boa Esperança, Cuiabá, MT CEP 78060-900, Brazil.  
e-mail: thadeusobral@gmail.com

**Angela Marcia Kuczach** is a Biologist graduated from the Federal University of Paraná, Brazil. She worked with conservation of large carnivores and conservation and protection of natural areas. Currently, she is the Executive Director of the National Network for Conservation Units. In 2014, she was elected one of the 100 most influential people in Brazil, by *Época Magazine*.

*Address:* Rede Nacional Pro Unidades de Conservação, Avenida

Manoel Ribas, 842, Conj 38. Mercês, Curitiba, PR CEP 80510-346, Brazil.

e-mail: angela.kuczach@gmail.com

**Carlos Rodrigo Brocardo** is a biologist and currently occupies the postdoctoral position at the Universidade Federal do Oeste do Pará, Brazil. His research interests include to understand how human activities affects mammalian populations, and how it interferes with forest recruitment. He had conducted researches in the Atlantic Forest for over a decade and currently develop a research in the Amazon Forest.

*Address:* Programa de Pós-graduação em Biodiversidade, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera s/n, Santarém, PA CEP 68040-255, Brazil.

e-mail: carlosbrocardo@hotmail.com

**Carlos Frankl Sperber** is a Research Professor at the Universidade Federal de Viçosa, Brazil. His research interests include ecology and teaching and learning in ecology.

*Address:* Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, s/n, Viçosa, MG CEP 36570-900, Brazil.

e-mail: sperber@ufv.br

**Philip Martin Fearnside** is a Research Professor at the National Institute for Research in Amazonia (INPA). His research interests include the causes and impacts of deforestation, climate change and Amazonian development projects such as dams, roads and settlements.

*Address:* Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Av. André Araújo, 2936, Manaus, AM CEP 69.067-375, Brazil.

e-mail: pmfearn@inpa.gov.br

### 3 CAPÍTULO II

#### 3.1 Brazil's Iguaçu National Park threatened by illegal activities: predicting consequences of proposed downgrading and road construction

##### Como citar este artigo:

Victor Mateus Prasniewski, Neucir Szinwelski, Anne Sophie Bertrand, Felipe Martello, Carlos Rodrigo Brocardo, Juan Cuhna, Carlos Frankl Sperber, Raquel Vianna, Bruna Gava dos Santos, Philip Martin Fearnside & Thadeu Sobral-Souza. **Brazil's Iguaçu National Park threatened by illegal activities: predicting consequences of proposed downgrading and road construction.** *Environmental Research Letters* 17, e024024 (2022). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4e39>

ENVIRONMENTAL RESEARCH  
LETTERS

## LETTER

## OPEN ACCESS

RECEIVED  
12 April 2021REVISED  
11 January 2022ACCEPTED FOR PUBLICATION  
20 January 2022PUBLISHED  
10 February 2022

Original Content from  
this work may be used  
under the terms of the  
[Creative Commons  
Attribution 4.0 licence](#).

Any further distribution  
of this work must  
maintain attribution to  
the author(s) and the title  
of the work, journal  
citation and DOI.

Brazil's Iguaçu National Park threatened by illegal activities:  
predicting consequences of proposed downgrading and road  
constructionV M Prasniewski<sup>1,\*</sup>, N Szinwelski<sup>2</sup>, A S Bertrand<sup>3</sup>, F Martello<sup>4</sup>, C R Brocardo<sup>5</sup>, J Cuhna<sup>6</sup>,  
C F Sperber<sup>7</sup>, R Viana<sup>8</sup>, B G dos Santos<sup>2</sup>, P M Fearnside<sup>9</sup> and T Sobral-Souza<sup>10</sup><sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal do Mato Grosso, Rua Fernando Corrêa da Costa 2367, Cuiabá, 78060-900, Brazil<sup>2</sup> Laboratório de Orthoptera, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária 2069, Cascavel, 85819-110, Brazil<sup>3</sup> Instituto Mater Natura, Rua Lamenha Lins 1080 Curitiba, 80250-020, Brazil<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre, Rodovia BR 364, Km 04, Rio Branco, 69920-900, Brazil<sup>5</sup> Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, Santarém, 68040-255, Brazil<sup>6</sup> Cuerpo de Guardaparques Nacionales, Administración de Parques Nacionales, Puerto Iguazú, Argentina<sup>7</sup> Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs s/n, Viçosa, 36570-900, Brazil<sup>8</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Neotropical, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Av. Tarquínio Joslin dos Santos 1000, Foz do Iguaçu, 85870-901, Brazil<sup>9</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Av. André Araújo 2936, Manaus, 69067-375, Brazil<sup>10</sup> Departamento de Botânica e Ecologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Rua Fernando Corrêa da Costa 2367, Cuiabá, 78060-900, Brazil

\* Author to whom any correspondence should be addressed.

E-mail: [victor.mateus.pras@gmail.com](mailto:victor.mateus.pras@gmail.com)**Keywords:** Atlantic Forest, Iguassu, Iguazú, protected areas, biodiversity, niche-based models, rainforestSupplementary material for this article is available [online](#)

## Abstract

The spectacularly biodiverse Atlantic Forest of South America has been reduced to fragmented remnants. The largest remaining inland fragment is protected by national parks on either side of the iconic Iguassu Falls on the border between Brazil and Argentina. Biodiversity in the parks has been under pressure from illegal activities such as commercial hunting, fishing and extraction of palm hearts. A proposed road through Brazil's Iguaçu National Park now further threatens the area's biodiversity by further dividing the forest fragment and by increasing access by illegal actors. Here we analyze spatial data on illegal activities and develop a niche-based model to predict the impact of the proposed Caminho-do-Colono road. The model shows the significant increases that this road would provoke in susceptibility to illegal activities such as fishing (median 0.009–0.101), palm-heart extraction (median 0.087–0.260) and poaching (median 0.324–0.334). The road proposal includes downgrading the protected status of a portion of the park, which reflects a worldwide pattern of downsizing, downgrading and degazetting protected areas that is particularly evident in Brazil.

## 1. Introduction

When Europeans arrived in what is now Brazil in 1500, the Atlantic Forest was 150 million ha in area (Ribeiro *et al* 2009), about the size of the US states of Texas and California combined. Over the succeeding centuries this rainforest was almost completely destroyed (Dean 1997), and what remains has

been heavily fragmented into thousands of small (i.e. mostly <50 ha), highly degraded patches (Ribeiro *et al* 2009). Much biodiversity has been irrevocably lost, but what remains of the Atlantic Forest is considered to represent one of the world's five most important biodiversity 'hotspots' (Myers 1988, 2003, Myers *et al* 2000). The largest contiguous area of inland Atlantic Forest is protected by the Iguaçu



National Park in Brazil and the adjacent Iguazú National Park and Urugua-í Provincial Park in Argentina (Ribeiro *et al* 2009, Rezende *et al* 2018). These parks were created around the iconic Iguassu waterfalls that are shared by the two countries. Biodiversity in the parks is under pressure from a series of illegal activities, and it now faces a major threat from the proposed ‘Caminho-do-Colono’ road that would bisect the Iguazu National Park.

Biodiversity losses in many parts of the world are being accelerated by a lack of environmental legislation, enactment of laws that reduce restrictions, and policy reversals for areas that were already protected (downsizing, downgrading and degazetting, or ‘PADDD’; Bernard *et al* 2014, Campos-Silva *et al* 2015, de Marques and Peres 2015, Prasniewski *et al* 2020). Biodiversity loss and the need for its protection are being increasingly discussed worldwide, mainly due to the role biodiversity plays in providing ecosystem services and the severe, and sometimes irreversible, social and economic impacts that biodiversity loss causes (Sala *et al* 2000, 2005, Bellard *et al* 2012).

Brazil’s biodiversity encompasses 8.5%–11.5% of the world’s species, yet Brazil is undergoing a severe environmental crisis with an increase in deforestation, fires and other environmental setbacks (Carvalho *et al* 2019, Escobar 2019, Nobre 2019, Pereira *et al* 2019, Sheikh *et al* 2019, Nicolav 2020, Prasniewski *et al* 2020). Illegal activities have increased due to impunity, lack of supervision and dismantlement of the country’s environmental agencies (Fearnside 2019, Ferrante and Fearnside 2019). Deforestation, logging, hunting and burning are examples of human activities harming the environment and biodiversity, resulting in defaunation and forest loss that can affect ecosystem services (Terborgh *et al* 2008, Dirzo *et al* 2014, Peres *et al* 2016, Villar *et al* 2020). Regrettably, the reporting of human illegal activities is not systematized and there are not enough law-enforcement field agents or patrols to cover all protected areas (Bertrand 2016).

An inconspicuous but important threat to biodiversity in protected areas is the unsustainable (and in most cases illegal) harvesting of wildlife and plants for human consumption. These activities, here represented by poaching, fishing and palm-heart extraction, can directly affect large endangered vertebrate species such as tapir (*Tapirus terrestris*), white-lipped peccary (*Tayassu pecari*), jaguar (*Panthera onca*), endemic fish species (e.g. *Steindachneridion melanodermatum*) and plants (e.g. *Euterpe edulis*). Consequently, protected areas suffer from species and/or population losses due to illegal harvesting (Galetti *et al* 2017). The Brazilian National System of Protected Areas categorizes the protected areas and regulated their uses (Brazil 2000). For example, the National Forest category (IUCN category VI) allows the sustainable direct use of natural resources according to specific management plans, while the National Park category

(IUCN category II) only allows indirect use, such as tourism, education and scientific research, with activities such as hunting, fishing and the harvest of timber and non-timber forest products being prohibited. Commercial and recreational hunting are either prohibited (Brazil 1967) or regulated (Brazil 1998), and all hunting, including that for subsistence, is prohibited in national parks. In Brazil, the National Council of the Environment (CONAMA 2001) regulates the management of threatened plant species in the Atlantic Forest, a biome that is also protected by federal law (Brazil 2006). Nevertheless, biodiversity continues to be threatened due to successive policy changes and the lack of enforcement of environmental regulations, as well as proposed laws that are advancing through the congressional committee processes (Brazil 2016), especially after the control of both houses of the National Congress by the ‘Centrão’ coalition, which increases the likelihood of bills like these being approved (Ferrante and Fearnside 2021).

Iguazu National Park in Brazil and the adjacent Iguazú National Park in Argentina, protect ca. 2520 km<sup>2</sup> of inland Atlantic Forest (Ribeiro *et al* 2009). This fragment hosts rich biodiversity, including rare and endangered species of fauna and flora (Crespo 1982, Straube and Urben-Filho 2004, Bertrand 2016, Brocardo *et al* 2019). However, the Brazilian portion of this forest continuum is threatened by two proposed laws that change Law 9985/2000 to create a ‘parkway’ category, downgrading the status of this park from ‘integral protection’ to ‘sustainable use’. Both projects aim to create the ‘Caminho-do-Colono’ parkway, which would divide the Iguazu National Park in its currently ‘untouchable’ protected core (Prasniewski *et al* 2020). Both the Brazilian and Argentinean parks are known for the iconic Iguassu waterfalls, and both are also surrounded by an agricultural and urban matrix where illegal activities abound (Bertrand 2016).

Illegal activities, such as poaching, are not randomly distributed in space, but rather are associated with rivers, roads, gentle slopes and park edges (Haines *et al* 2012, Bertrand *et al* 2018, Ferreguetti *et al* 2018, Torres *et al* 2018, Brodie and Fragoso 2020). Spatially explicit models can be used to predict these types of activities, as has been done with occupation models (Ferreguetti *et al* 2018, Moore *et al* 2018, Dias *et al* 2020, Marescot *et al* 2020). Occupation models require presence-absence data obtained by systematic sampling over space and time to estimate detectability and derive occupation values (Mackenzie *et al* 2004). This requires substantial time, money and human resources for sampling. Models that use only presence data, such as niche-based models, can be very useful and easy to parameterize because inspection agencies usually already have georeferenced data on illegal activities. Niche-based models have been used to model phenomena beyond the distribution of species (Banks *et al* 2006, 2013, Sobral-Souza *et al* 2015,

Romero *et al* 2018, Guimarães *et al* 2020), thus, these models can be a powerful tool to spatially predict illegal activities by inferring locations (cells on the map) that are environmentally similar to locations where such activities occur, that is, how susceptible a particular location is to these activities.

We used a niche-based modeling approach to predict geographical sites susceptible to illegal activities in the Iguazu and Iguazú National Parks to predict the possible impact that opening the 'Caminho-do-Colono' [CC] road would have on these activities. We hypothesized that proximity to edge, roads and rivers, in addition to flatter slopes make areas more susceptible to the following illegal activities: poaching, fishing, palm-heart extraction and establishing base camps for these activities. We also expected that the CC Road, as proposed, would increase the areas susceptible to illegal activities, further increasing the threats to biodiversity.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Study area

The study area encompasses Iguazu National Park in Brazil (185 262 ha) and Iguazú National Park in Argentina (67 620 ha, figure 1). Iguazu National Park is surrounded by 10 municipalities (counties) and its perimeter is immersed in a deforested matrix, while Iguazú National Park is surrounded by three municipalities and, unlike Brazil, the matrix in which it is inserted is not predominantly deforested. Both inside and outside of both parks there are paved and unpaved roads. The parks are contained in the Iguazu watershed, which contains seven main rivers (Iguazu River, Florian River, Gonçalves Dias River, Silva Jardim River, Belo River, Índios River and São João River) and several small rivers, terrain with varying slopes (0%–171.52%; see Environmental variables), and different types of land use and occupation, as agriculture, pastures and cities (for more information, see supplementary material available online at [stacks.iop.org/ERL/17/024024/mmedia](https://stacks.iop.org/ERL/17/024024/mmedia): Characteristics of the study area).

### 2.2. Shapefile design of the study area

The layers of geospatial information in vector format (shapefiles) for the Iguazu and Iguazú National Parks were obtained from the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (<https://cutt.ly/cObfQjY>) and Instituto Geográfico Nacional (IGN) (<https://cutt.ly/MhDe5nP>), respectively. The shapefiles from both parks were combined and a 500 m buffer outside the park boundaries was delimited to include illegal activities registered in forest areas linked to the continuum of both parks, known as the buffer zone (Brazil 2000, APN 2018, ICMBio 2018).

### 2.3. Records of illegal activities

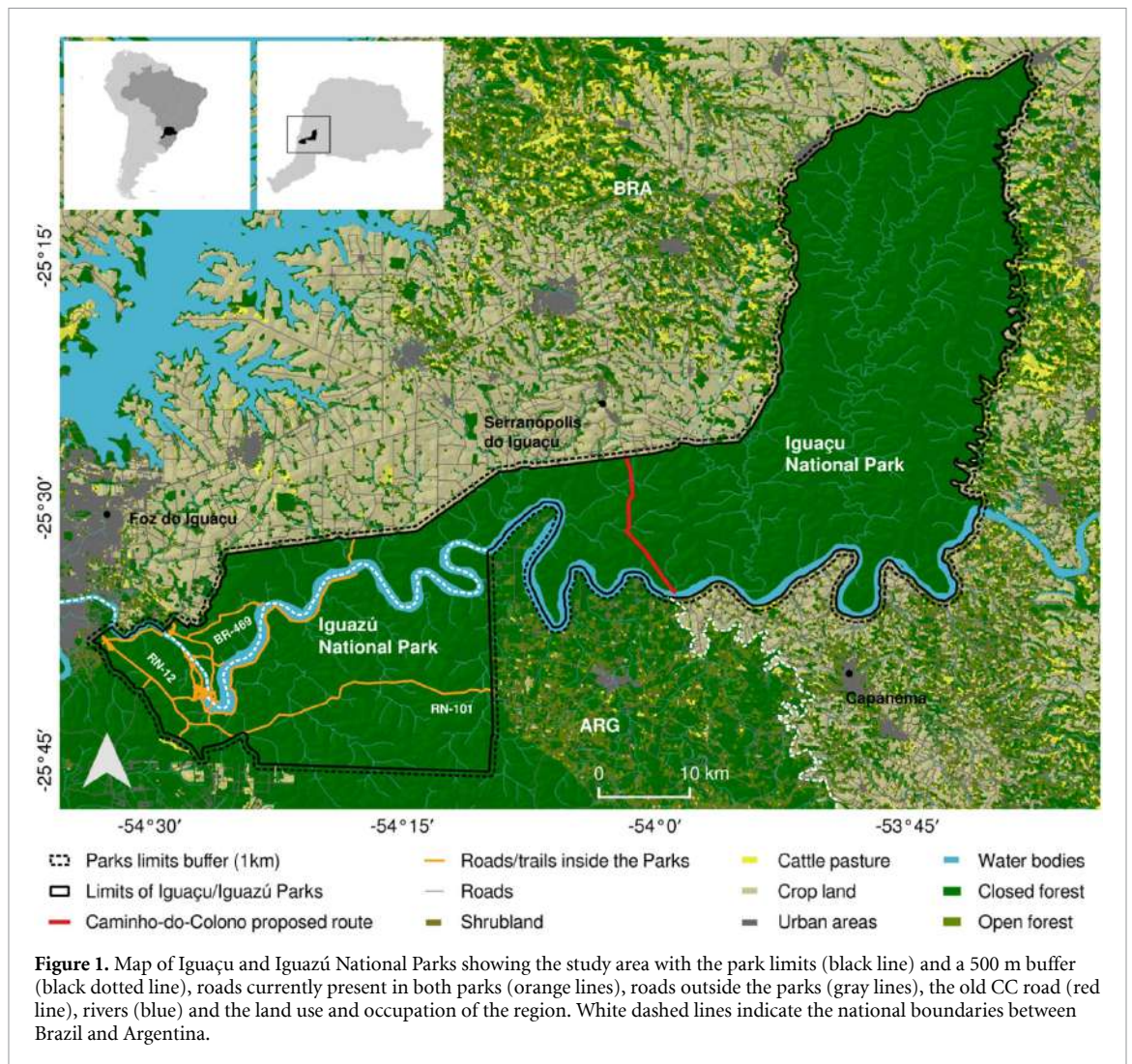
We obtained the georeferenced records of illegal activities from the park administrations and law-enforcement agents (97.75% of records), researchers and academic research documents (2.25% of records). These records characterize the locations of illegal activities detected by law enforcement agents during inspections. Inspections were undertaken by accessing the area by car, boat or helicopter, and from the access points, travelling through the forest interior on foot for distances ranging from 3 to 15 km. For all activities, occurrence points located within the same pixel (with  $100 \times 100$  m cell resolution) were considered as a single occurrence. Due to the diversity of infractions, we classified the records into four major groups (figure 2):

- Base camps: these are exactly georeferenced sites where offenders camp and often process the products of their activities. Offenders usually spend at least two or three days consecutively at these sites, and the sites are likely to be used routinely over time. Some have considerable infrastructure, with showers, meat grinders, pans and smoke houses. Activities such as poaching and fishing do not occur directly at these sites, but rather in their proximity. The camps therefore facilitate illegal activities and increase the odds of success of these activities.
- Poaching: sites where there was reliable and exact georeferenced evidence of poaching such as baits (known as *ceva* by local people). At these sites there is the addition of corn (maize), manioc (cassava) or fruits to lure animals. There are also salt licks (sites with the addition of mineral salt to attract animals; known as *saleiros*), standing hunting (hunting at ground level, without a structure), tree hunting (hunting using platforms in trees as support, known as *jirais*), traps, gunshots, or sites where slaughtered animals were found.
- Palm-heart extraction: exactly georeferenced sites where *Euterpe edulis* palm hearts were extracted. *Euterpe edulis* was originally a widely distributed palm tree and is a key species in this biome. It occurred throughout the Atlantic Forest region and also in part of the Cerrado biome. Although it still has a wide distribution, this palm tree is classified as 'vulnerable' by the National Center of Flora Conservation (CNCFlora 2021) because of illegal extraction.
- Fishing: sites with reliable and exactly georeferenced evidence of fishing such as nets, fish pots, longlines with multiple hooks, fishing rods or fish captured at the fishing site.

### 2.4. Environmental variables

We used four environmental variables (raster layers) in a  $100 \times 100$  m resolution grid for all explanatory



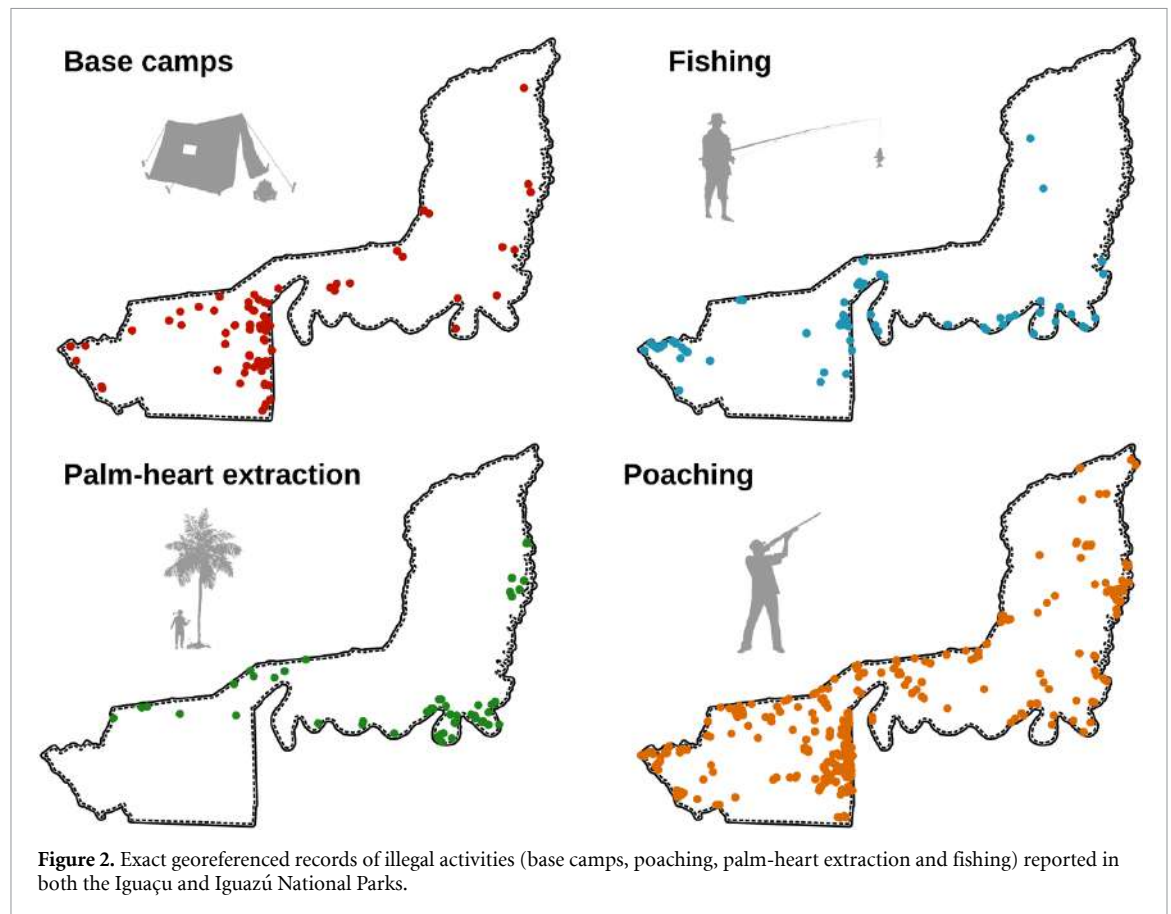


variables that were determined using QGIS software (QGIS Development Team 2018) to predict the occurrence of illegal activities in both parks. The variables were:

- (a) Edge distance: This represents park boundaries and reflects accessibility, and it is also close to the edge (up to 4 km) that poachers set traps or put out bait to attract animals (Wato *et al* 2006, Ferregueti *et al* 2018). Edges can also offer escape points for offenders when the offenders see patrolling agents. Several edge lines now have cellphone signals, facilitating the communication between transgressors and informants about approaching law-enforcement forces. To estimate edge distance, we considered the limit of both parks, and we also manually drew the edges considering the fragments associated with both parks (supplementary material, figure S1). We then rasterized the edge, calculated the distance and cut the resulting raster map from the mask based on park limits and their buffers. The cells of the map assumed negative values outside

the edge limits and positive values inside the limits of the delimited edge.

- (b) River distance: this reflects accessibility (Ferregueti *et al* 2018), safety (because walking along rivers leaves no traces), water for drinking, cooking and bathing, harvesting, processing and places suitable for some species targeted by hunters. Three shapefiles were used to calculate river distance: we used the shapefiles from the hydrographic web and used the main rivers provided by the Iguazú and Iguazu National Park administrations. The water mass shapefile was obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) database (<https://cutt.ly/wObg7ZS>). We merged these shapefiles and deleted conflicting strokes to build the final shapefile, from which the Euclidean distance was calculated (supplementary material, figure S2).
- (c) Road distance: this reflects accessibility, especially by vehicles or motorcycles that facilitate access or escape by offenders (Watson *et al* 2013, Dias *et al* 2020). We used two layers, one with the



distance calculated using all currently existing roads (current scenario) and the other including the proposed CC road as a hypothetical future scenario. For the current scenario, we obtained the shapefile of roads from the OpenStreetMap plugin in QGIS (<https://cutt.ly/RhJPADx>). We considered all roads (from highways to back roads) and we also manually drew the roads not included in the plugin. To calculate the road distance considering the opening of the CC road, we used the shapefile representing the current scenario and we considered the layout of the old road based on the route provided by Prasnowski *et al* (2020), saving it separately (supplementary material, figure S3). Euclidean distances were calculated from each shapefile.

- (d) Slope: this reflects accessibility and is related to the ease of movement of offenders especially on the gentle slopes. However, the proximity of steep slopes can also be important because this terrain can muffle the sound of gunshots (Haines *et al* 2012). We got the elevation layer from the NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (<https://cutt.ly/OhJJ5Bx>; supplementary material, figure S4), from which the slope was calculated as a percentage, dividing the difference between the elevations of two points (rise) by the distance between them (run), then multiplied the quotient by 100. Values closed to 0

means flat slope while values higher than 60 represent very steep slopes.

## 2.5. Statistical analysis

### 2.5.1. Testing correlations and the effect of each explanatory variable on illegal activities

To test correlations between the explanatory variables, we calculated Spearman correlation with the Spearman method using the 'cor' function (stats package version 3.6.3) in the R environment (R Core Team 2020). Edges and roads showed high correlation (Pearson correlation = 0.70), and this can cause variance inflation in the models generating distorted predictions and making it impossible to separate the effects of edges and roads, so we restricted the modeling area to the location where there are roads inside the fragment, that is, the western portion of the parks (supplementary material, figure S5). This approach reduced the correlation between these variables (Pearson correlation = 0.40), enabling the dissociation of the effects of these variables and providing more reliable predictions in the scenario with the CC road.

We applied a Kolmogorov–Smirnov one-sample test using values of explanatory variables extracted from raster layers for each illegal activity to test if the observed frequency distribution was non-random. We implemented the Kolmogorov–Smirnov test using the function 'ks.test' (available in the R

'stats' package) to test the alternative hypothesis that the empirical frequency distribution is greater than random.

### 2.5.2. Building Niche-Based Models to predict susceptibility for illegal activities

To predict the geographical sites susceptible to illegal activities in the current scenario (without the CC road) and in the hypothetical future scenario (with the CC road), we used an ensemble forecasting approach based on different mathematical algorithms. We used two classes of algorithms. The first class was presence-only algorithms, represented by the Bioclim algorithm (Nix 1986) and the Domain/Gower distance algorithm (Carpenter *et al* 1993). The second class was presence/pseudo-absence algorithms, represented by the support-vector machines (SVM) algorithm (Tax and Duin 2004) and the maximum entropy (MaxEnt v. 3.3.3k) algorithm (Phillips and Dudík 2008). The combined use of different algorithms creates more-reliable predictions (Barry and Elith 2006, Diniz-Filho *et al* 2009). All niche-based models were built with both the dismo and kernlab R packages (Karatzoglou *et al* 2004, Hijmans *et al* 2020).

All models were generated separately for each illegal activity (i.e. base camps, fishing, palm-heart extraction and poaching). After fitting, we evaluated the models by randomizing the occurrence points of each illegal activity and dividing them into two subsets (training and testing) using *k*-fold sampling ( $k = 2$ ) with 70% of the occurrence points used for training and 30% for testing. We repeated the randomization process 100 times for each algorithm to decrease the correlation between subsets, thus generating 400 models (100 replicates  $\times$  4 algorithms) for each illegal activity. The models were built for the current scenario for the western portion of parks and projected for the entire area for both the current and the hypothetical future scenario with the CC road. We then used ensemble forecasting (Araújo and New 2007) to determine a consensus map for each illegal activity. We estimated 'maximum specificity and sensitivity' threshold values for each model and then binarized the continuous suitability maps (presence or absence). Threshold values like the ones we derived are recommended when using presence-only algorithms for estimating commission and omission errors (Liu *et al* 2016).

Because we built the models for the western portion and predicted for the eastern portion, we needed to statistically test if the models were able to significantly predict occurrences both inside and outside of the modeling area. For this we used the formula  $D = \sum Xi(1 - Pi)$ , where  $Xi$  represents the success or failure (1/0) of models to predict presence under a known occurrence and  $Pi$  is the proportion of the area

predicted by the model as having presence (Pearson *et al* 2007). We associated the Monte Carlo simulations to calculate the empirical p-value for each generated model and for each algorithm in each repetition, both inside and outside of the modeling area. Therefore, inside the modeling area we calculate the D-observed at the test points, while outside of the modeling area D-observed was calculated using all existing occurrences in the area for each illegal activity. The formula for p-values was  $P = 1 - (r/n + 1)$ , where  $r$  represents the number of times in which D-observed was greater than the expected D-random and  $n$  is the number of permutations. The expected D-random was calculated from 999 permutations considering a random distribution of occurrence points for each respective modeling area (west and east). To generate the suitability consensus map, we used only the significant binary maps both inside and outside the modeling area (west and east). The consensus maps (referred as the 'susceptibility map' for each illegal activity) had susceptibility values varying from 0 to the number of significant binary maps. After dividing by significant binary maps, the maps indicate the frequency of models that predicted the presence of illegal activities in each cell. Finally, we present a map for each illegal activity, with each cell showing values ranging from 0 (low susceptibility) to 1 (high susceptibility).

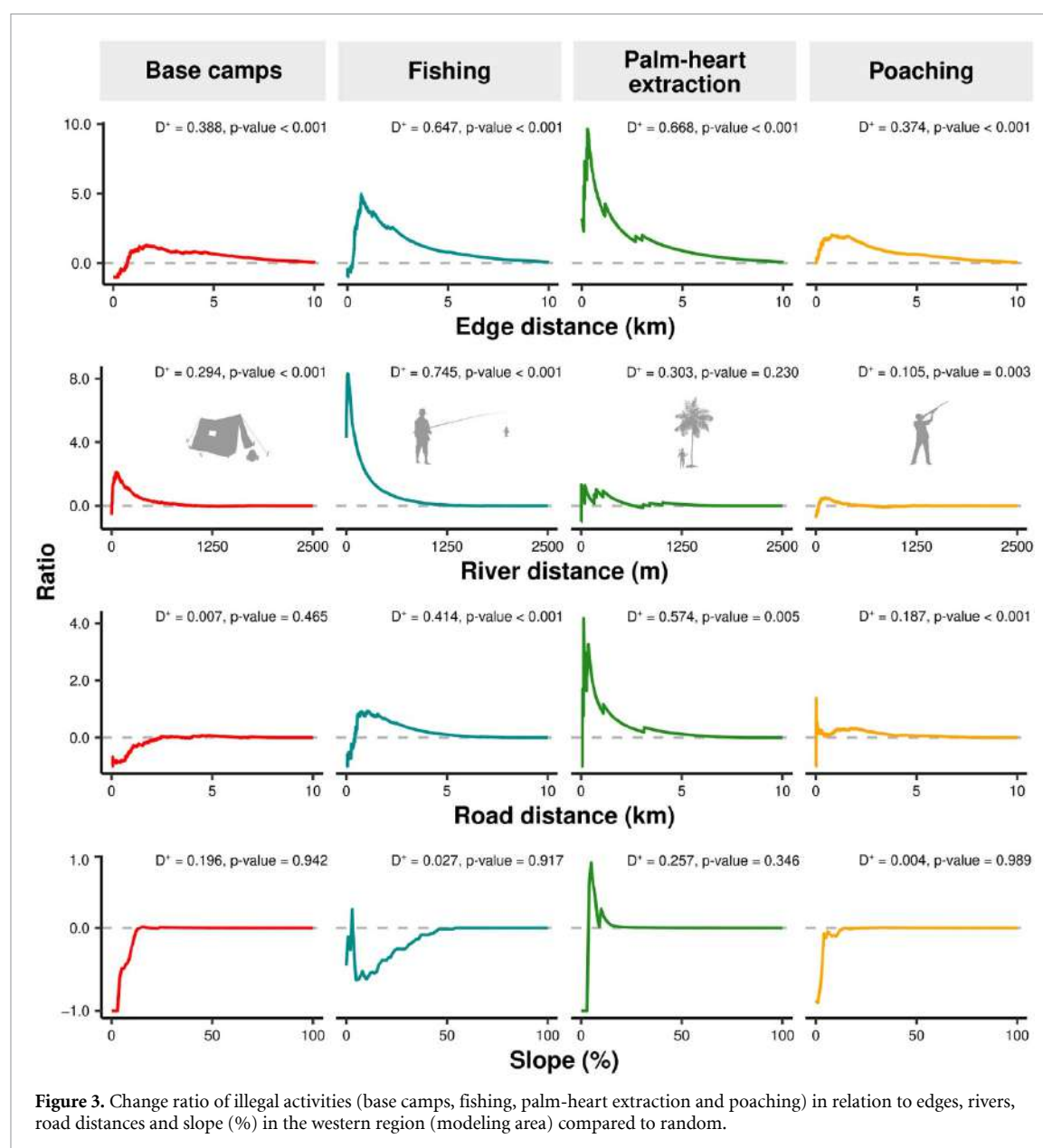
### 2.5.3. Predicting susceptibility differences with opening of the CC road

To test whether there were significant differences in susceptibility to illegal activities after the potential CC road opening, we performed a Wilcoxon paired signed-rank test with continuity correction among values of each illegal activity in the current scenario and with opening of the CC road. This analysis was performed only for the area under influence of the road, i.e. pixels that are now closer to roads in the hypothetical scenario (CC road opened).

## 3. Results

Considering just the exact coordinates where illegal activities occurred and were detected, we found 882 records of illegal activities (base camps = 121, fishing = 140, palm-heart extraction = 65, poaching = 556). After removing duplicate occurrences, leaving only one occurrence per cell for each illegal activity, and dividing the area into western and eastern portions, we successfully extracted 622 records of illegal activities to build susceptibility models with (base camps = 77/18 (west/east); fishing = 58/37; palm-heart extraction = 8/43, poaching = 260/121; figure 2). All illegal activities were most frequently closer to edges than would be expected

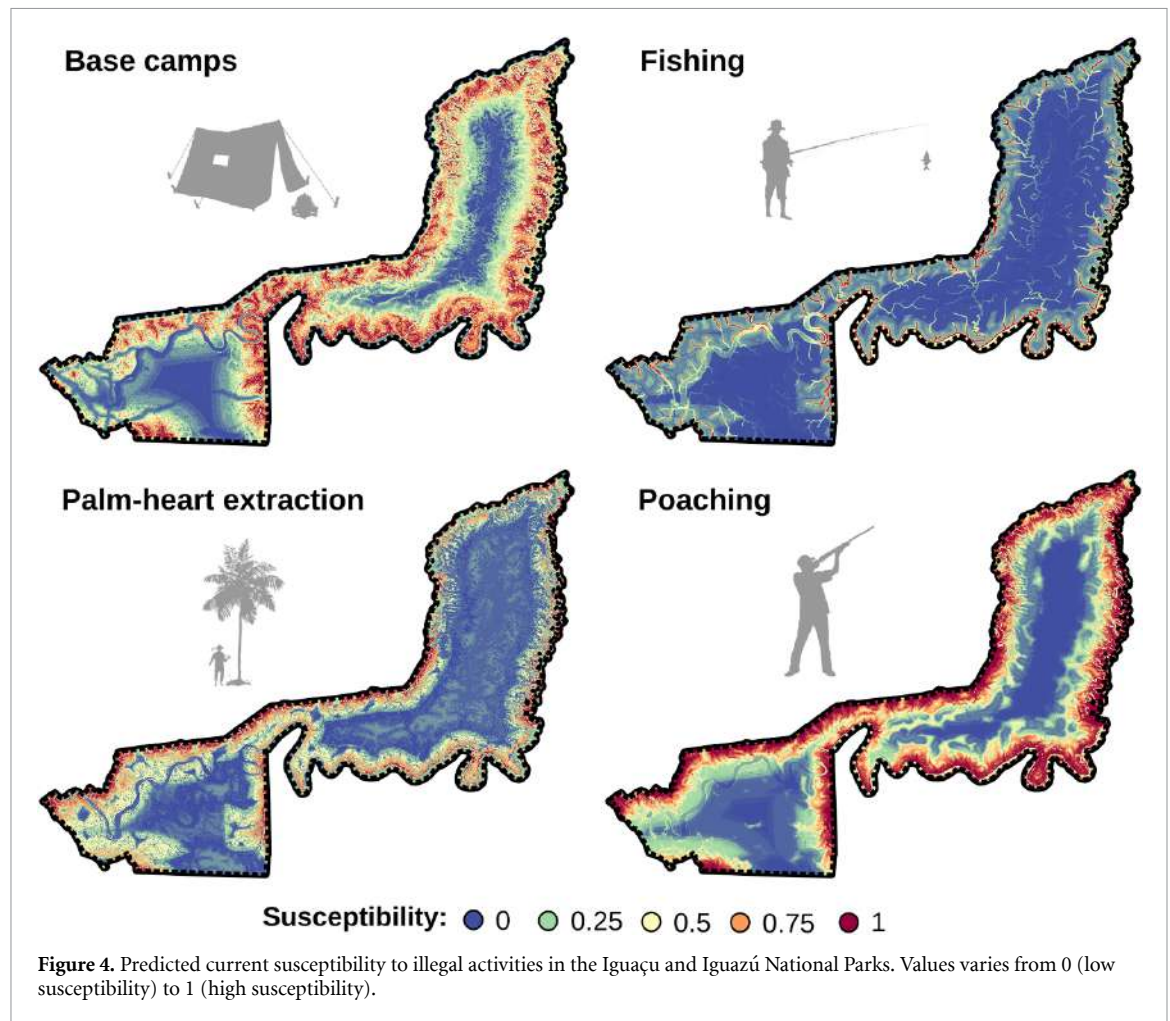




if they occurred at random (figure 3), with these activities being more frequent than randomly expected in the first 2.5 km from an edge, but with the effect of edges extending up to 10 km. Except for palm-heart extraction, all illegal activities were also most frequently found closer to rivers than would be expected if their locations were random (figure 3), and these activities were more frequent than randomly expected in locations up to 500 m from rivers. Excluding base camps, all illegal activities were more associated with roads (especially in the case of distances up to 5 km) than would be expected if they occurred at random (figure 3). Finally, slope did not affect the occurrence of any illegal activity.

The ensemble frequency and the suitability consensus map for each illegal activity was built using the significant models, both inside and outside the modeling area (base camps: 227 from 400 binary

maps; fishing: 108; palm-heart extraction: 23; poaching: 71). The niche-based models showed that sites closest to edges, roads and rivers were most susceptible to all illegal activities (figure 4), and if the CC road were opened, *ca.* 10 000 ha would be closer to roads (figure 5). Opening the CC road increased susceptibility in a fashion similar to what is currently seen in Iguazú National Park with its RN-101 road. The opening of the CC road, as suggested by the proposed laws, would increase the area susceptible to illegal activities (figure 6). Except for base camps, the areas under the influence of the road would all have significantly increased susceptibility, especially in sites that currently have low susceptibility (inside the fragment). For fishing, the median susceptibility value for illegal activities would increase from 0.009 to 0.101 with the opening of the CC road. The median for palm-heart extraction would increase from 0.087 to 0.260, and sites that currently have low susceptibility



(0.05), would have a susceptibility of 0.5 with the opening of the CC road. For poaching, the median would increase from 0.324 to 0.334, and interior sites that current have low susceptibility (0.1) would increase their susceptibility up to 0.4 (figure 7).

#### 4. Discussion

Our results corroborate other studies that show association of illegal activities (here represented by base camps, fishing, palm-heart extraction and poaching) with proximity to edges, roads, and rivers (Haines *et al* 2012, Bertrand *et al* 2018, Ferreguetti *et al* 2018, Torres *et al* 2018, Brodie and Fragoso 2020), but not with gentle slopes, probably because the slope variation in the region is low ( $7.07 \pm 4.45$ ; max = 65.06), except for the region of the Iguazu Falls, which presents an accentuated and specific relief due to falling waters ( $24.02 \pm 20.79$ ; max = 171.52). In general, the region is formed by gentle and crossable slopes, which are characteristics that do not significantly affect the movement of offenders. The proposed opening of the CC road would increase the incidence of illegal activities in Brazil's Iguazu National Park because it would make more sites accessible (*ca.* 10 000 ha). Both Argentina's Iguazú National

Park and Brazil's Iguazu National Park are affected by the adjacent deforested landscape that is formed by chemical-intensive agriculture and by pasture and urban areas, where the park boundaries are linked to a large network of edges and roads. The accessibility promoted by edges, rivers, official roads (BR-469, RN-12 and RN-101) and by unofficial roads are the main drivers of the increase in illegal activities susceptibility in these parks. Opening the CC road would make at least 10 000 ha of protected area be closer to roads, increasing this area's susceptibility to all of the illegal activities studied here except for base camps. Roads serve as pathways for threats to biodiversity worldwide and are an important factor for calculating the human footprint in ecosystems (Venter *et al* 2016).

The reliability of our prediction, of an increase in the susceptibility of illegal activities (except for base camps) after opening the CC road, is corroborated by the observed frequency of illegal activity along the roads inside and outside of the Iguazu and Iguazú parks, especially the BR-469, RN-12 and RN-101 roads (see figure 4). The presence of these roads in Iguazú National Park makes almost its entire area susceptible to illegal activities (mainly fishing, palm-heart extraction and poaching). Since the models

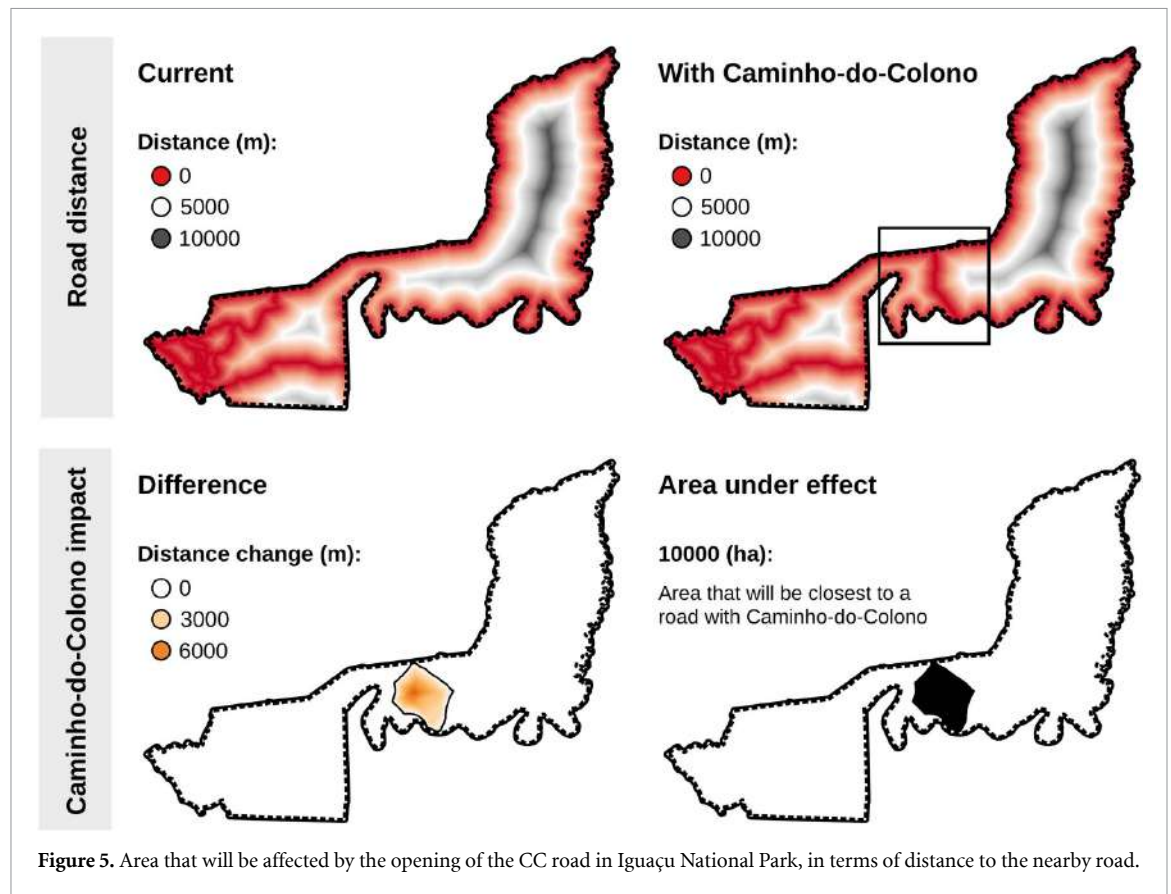


Figure 5. Area that will be affected by the opening of the CC road in Iguazu National Park, in terms of distance to the nearby road.

were good enough to represent the current context of the BR-469, RN-12 and RN-101, and the models took into account the existing roads and borders along the perimeter of the parks, their prediction of future change offers a robust projection of likely negative effects in Iguazu National Park if the CC road were to be opened. The changes in susceptibility observed in the interior sites of the Iguazu National Park when we added the trajectory of the proposed CC road is exclusively due to the effect of this internal road in the region, with the edges and external roads exerting their joint effects on the perimeter of the parks. So, the opening of the CC road represents a warning of the tremendous negative effects that downgrading of fully protected areas by economic pressures and political decisions can have on protected natural areas.

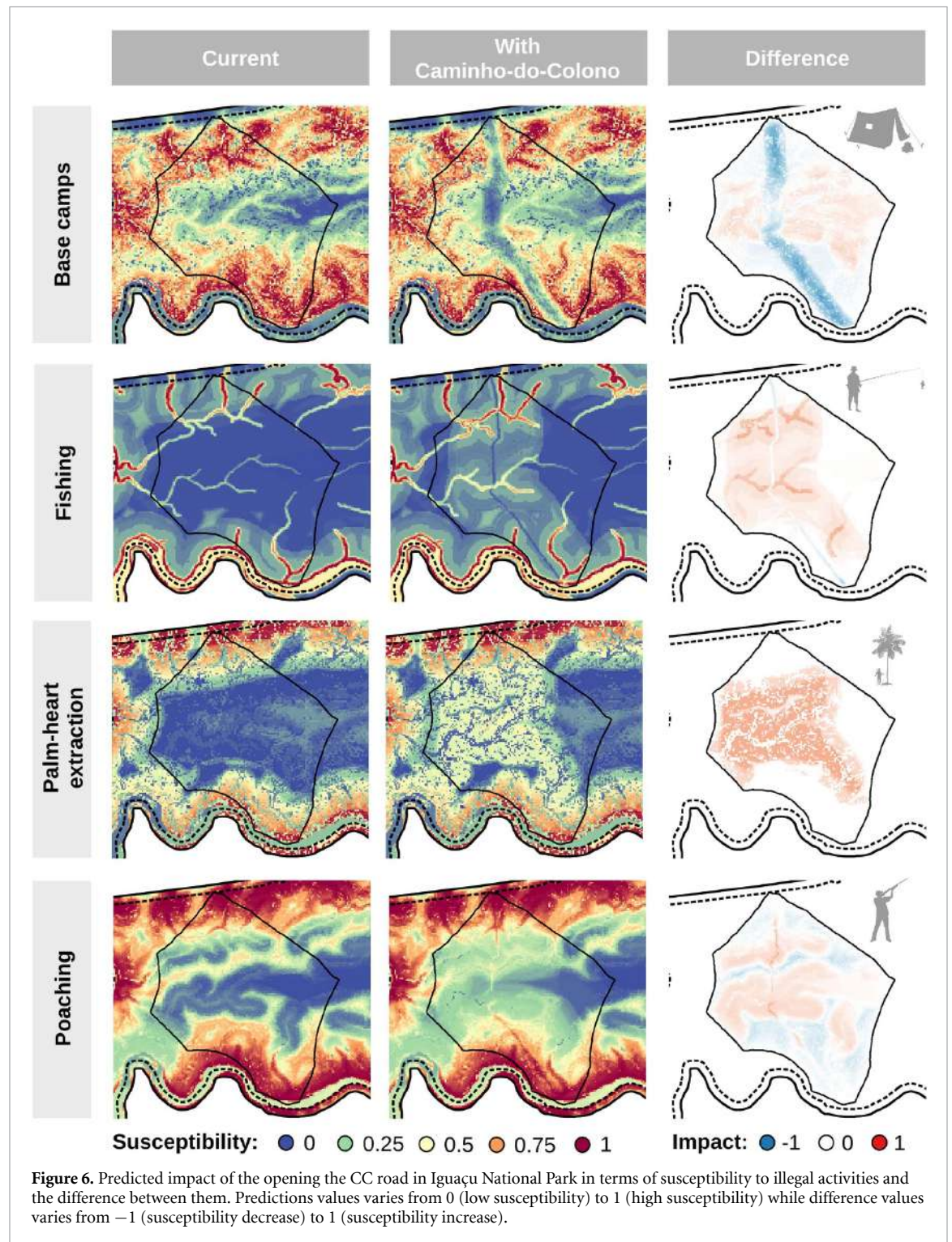
#### 4.1. Spatial context of illegal activities, ecological consequences, and management actions

The illegal activities studied here were neither evenly nor randomly distributed in space. Base camps are located far from edges (1–10 km) and the proximity of roads (0–2 km) showed a negative effect on this activity; beyond 2 km the camps are randomly distributed. This could be a strategy to avoid being detected, since the camps and signs of camps such as campfires and conversation can be more easily detected if close to edges or to roads. Alternatively, there seems to be no advantage in establishing base camps close to edges and highways because offenders can

easily enter and leave the area, spending less time there and, consequently, decreasing the chances of being apprehended. The concentration of base camps near rivers reflects the basic necessity of offenders who use water for drinking, cooking, bathing and to process the bushmeat and fish obtained illegally. Rivers are also used as ‘roads’ by offenders, leaving no mark of human passage and making it difficult to locate the camps and arrest the offenders. Field operations from the Iguazu law-enforcement sector repeatedly observed this: the further from edges and roads, the more sophisticated were the base camps, which included smokehouses, many types of pans, meat grinders, tables and other items used in processing bushmeat and fish, as well as facilities for housing the offenders. The sophistication of these camps reveals that they are used for extended periods or visited periodically, enabling offenders to capture larger numbers of animals. The slope of the terrain does not affect the installation of base camps, probably because locations are chosen based on minimum requirements, such as proximity to rivers and isolation from roads, and because rough terrain does not affect the mobility of offenders over short distances.

Fishing activities necessarily occur in rivers. Rivers near edges and roads are preferred by offenders because edges and roads can reflect the aspects of accessibility, especially escape routes. Rivers close to an edge or a road enable these sites to be visited frequently, depending on the season or on





conditions that are more favorable for fishing, such as immediately after a rain, which produces cloudy waters that, for example, increase the chance of capturing some Siluriformes (Baumgartner *et al* 2012, Matthews *et al* 2012). Fishing was also associated with lentic rivers, which are preferred by the most-targeted endemic fish species: *Steindachneridion melanoderdatum* (de Assumpção *et al* 2017, ICMBio 2018). Slope does not affect fishing because it occurs in easily accessible areas (near edges and roads) or because offenders use boats, making

walking and overland travel through rough terrain unnecessary.

Palm-heart extraction in both parks is directly associated with edges and roads, which provide accessibility and allow the quick flow of illegally extracted products. Offenders cut palms up to 5 km from edges and roads and transport the palm hearts to hidden locations close to an edge or a road, so neither accessibility nor movement are influenced by rough terrain. Using vehicles, usually at night, they quickly transport the palm hearts. Law-enforcement agents

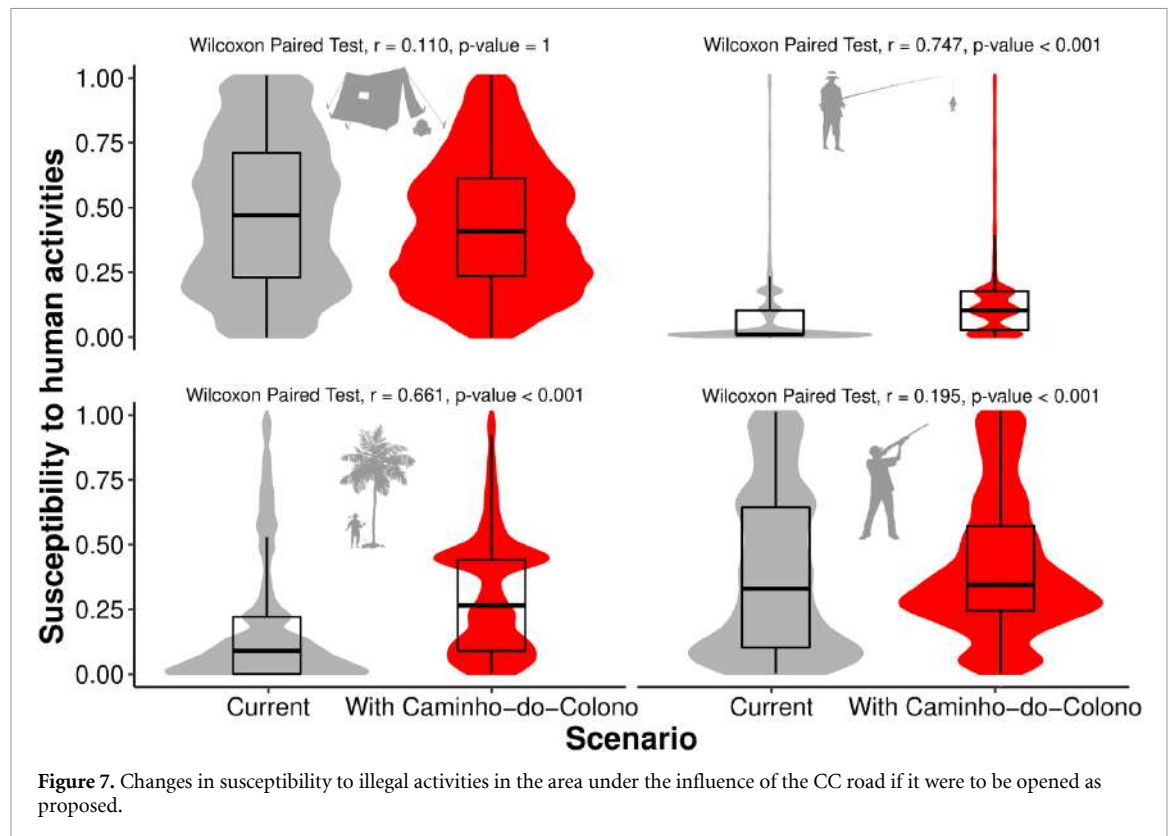


Figure 7. Changes in susceptibility to illegal activities in the area under the influence of the CC road if it were to be opened as proposed.

in both parks have reported up to 200 palm hearts apprehended at a single location and areas within the parks where more than 500 palms have been cut. Palm hearts are generally extracted in large quantities, and areas with large cuts are commonly found in both parks, increasing the pressure on this vulnerable species (CNCFlora 2021). The extensive perimeters of the parks make enforcement activities a major challenge (Bertrand *et al* 2018). River proximity did not influence palm-heart extraction, which was a surprise given that law enforcement agents report the use of boats for undertaking this activity. However, this may be due to the relatively low frequency of palm-heart extraction detections in the modelled area (8) compared to the predicted area (43), although palm hearts occur throughout the parks.

Poaching was often reported as associated with proximity to edges, roads and rivers, and this may indicate that offenders live close by and visit these locations whenever they feel safe. Because these locations are easily accessible, they both allow a quick escape and reduce the time spent in obtaining hunted animals. Poachers can also come from afar, using vehicles to transport their products. Poaching associated with water bodies reflects the fact that the strategies of offenders are based on the biology of target animals (Ferregueti *et al* 2017, Dias *et al* 2020). Some species (such as *Cuniculus paca*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Tayassu pecari* and *Tapirus terrestris*) use habitats more frequently near waterbodies (Mones and Ojati 1986, Reyna-Hurtado *et al* 2009, Ferregueti

*et al* 2017, 2018). Poachers build perches in trees that allow them to wait and shoot these animals as they approach the waterbodies. The non-significant influence of the slope of the terrain on the choice of poaching sites can be explained mainly by ease of movement in the region, mainly formed by flatter areas. This benefits poachers because they usually carry heavy items, such as water, weapons, and other supplies, and because they also must bring back the product of their activities (animals or their parts).

These illegal activities undoubtedly generate consequences for biodiversity and ecological processes. Poaching impacts fauna in both parks, reducing animal populations, and disturbing the ecological balance (Paviolo *et al* 2009, Bertrand 2016, da Silva *et al* 2018). For example, *Tayassu pecari* has its population reduced in Iguazú National Park (Paviolo *et al* 2008) and this species has been locally extinct for twenty years in Iguazú National Park (Brocardo *et al* 2017). Loss of this species, which acts as an 'ecosystem engineer', impacts the plant community (Villar *et al* 2020), nutrient cycles (Villar *et al* 2021) and the size of top predator populations (Paviolo *et al* 2008). This also increases conflict between jaguars and cattle ranchers in the Iguazú region; in the 1990s this conflict was attributed to the low availability of natural prey (de Azevedo 2008). Additionally, the decline of large animals, which are preferred by poachers (Fragoso *et al* 2011), may impact recruitment of zoochoric plants (Fadini *et al* 2009), plant gene flow (Giombini *et al* 2017) and the carbon-sink capacity



of the forest (Bello *et al* 2015). Areas with palm-heart extraction have their *Euterpe edulis* densities decreased by up to 8 times, reducing seed and food availability and impacting animal species richness (Muler *et al* 2014). Overfishing impacts fish populations, skewing the size distributions of individuals and the composition of the aquatic food web (Allan *et al* 2005). In the Iguaçu River, fishing is concentrated on *Steindachneridion melanodermatum*, which may give this activity a particularly pernicious impact on the whole fish community because this fish species is endemic to the lower Iguaçu River and some of its tributaries (Garavello 2005) and because the main population is concentrated within the parks (de Assumpção *et al* 2017).

The high number of illegal activities and their consequences reported here highlight the urgent need to mitigate and reduce illegal activities in these protected areas. To achieve this goal, understanding the spatial distribution of illegal activities in protected areas can provide valuable information both for understanding how offenders behave and for providing input for law-enforcement strategies. When decision makers and law-enforcement agents know the areas that are most susceptible to infractions, they can develop more-effective strategies for patrols. Long-term actions can also be planned, such as the construction of surveillance posts, campaigns, and socioenvironmental projects to raise awareness among the population adjacent to the parks. It is fundamental to rely on scientific assessments rather than political or economic interests when suggesting the opening of roads and other so-called 'development' projects inside or close to protected areas, since the impacts on fauna and flora may be both irreversible and economically disastrous. Such considerations must substantiate the environmental legislation of both countries and the management plans for their protected areas.

#### 4.2. Road effects in susceptibility to illegal activities

Roads are an important factor in structuring natural populations and communities. Because sites close to the roads are more accessible, they have greater depletion of target species. Consequently, roads can have additive or worsening effects such as fragmentation (Laurance *et al* 2018), population isolation (Laurance *et al* 2009) and changes in microclimate and soil (Delgado *et al* 2007). Opening the CC road will not accentuate the already established edge effect because no edge will be created with the CC opening, but it will accentuate the deleterious effect of roads in protected areas, especially in the western part of the park, which is narrower and, if the opening were to be approved, this region would be separated from the most-preserved portion of the park. Area close to roads maintain less vertebrate richness and harbor lower numbers of threatened species than do large

areas without roads (Pfeifer *et al* 2017), such as is Iguaçu National Park in its current state. Additional negative effects of roads on these natural environment include alteration of nutrient cycling and release of greenhouse gases (Truscott *et al* 2005, Lee *et al* 2012), as well as limiting the movement of many species (Andrews 1990, Andrews and Gibbons 2005), isolating populations (Laurance *et al* 2000) and reducing genetic diversity (Holderegger and Di Giulio 2010). The CC road can increase the roadkills of both vertebrates and invertebrates (Andrews 1990), besides acting as a facilitator of biological invasion, which is a growing problem in the biodiversity hotspot where the parks are located (i.e. the Atlantic Forest; Bellard *et al* 2014). For instance, researchers and law-enforcement agents found 15 exotic plant species in and around a road used for tourism in the Iguaçu National Park (Rodolfo *et al* 2008). The CC Road can also facilitate logging, fires and all types of smuggling, invasions for agriculture and pasture, and extraction of minerals and forest products (Laurance *et al* 2002, 2009, Adeney *et al* 2009). A major road that cuts through the core of a protected area would bring the worst of these effects, impairing biodiversity and its associated ecosystem services and contradicting the protected area's main objective of biodiversity conservation. This is even more worrying because the Iguaçu National Park is the last and largest remnant of inland Atlantic Forest under protection (Ribeiro *et al* 2009). Opening the CC road would destroy part of this irreplaceable ecosystem.

There are many social, cultural and economic pressures behind the proposal to open the CC road: people claim that their right to come and go has been undermined, that their previous commercial and personal relations with both sides of the park (Capanema and Serranópolis do Iguaçu, in particular), have been forgotten and that their freedom has been taken away. Arguments for the road emphasize the costs of transportation between the western and southwestern portions of the state of Paraná, which would be easier because of the shorter distance to be traveled if passing through the park. Alternative suggestions that integrate the socio-cultural-economic context for implementation of the CC road are presented in Prasniewski *et al* (2020).

Those arguing for opening the CC road often refer to the presence of Highway BR-469 at the western end of Iguaçu National Park, which gives access to the Iguassu Falls. However, BR-469 meets the criterion of a 'parkway', which is for roads that provide access to areas with extraordinary beauty, taking into account their cultural, economic, touristic, entertainment and educational importance (Carr 1998), as contrasted with the CC road's function of linking cities or diminishing the costs of transportation.

We have shown that all highways or roads that are built in conservation units result in high rates of

susceptibility to illegal activities. In addition, vehicle traffic causes soil compaction and water pollution that can extend into the food web through bioaccumulation (Dawson 2008). Conservation units cut by roads, such as the Taim Ecological Station (Rio Grande do Sul, Brazil), which is crossed by BR-471 and Sooretama Biological Reserve (Espírito Santo, Brazil), which is crossed by BR-101, show alarming roadkill rates (da Rosa and Bager 2012, Bager and Fontoura 2013, Klippel *et al* 2015, Srbek-Araujo *et al* 2015). This also happens on the currently existing roads in the Iguazu and Iguazú parks. Although roadkill monitoring is not yet fully systematized, there were numerous records of threatened species being run over, such as *Panthera onca*, *Leopardus pardalis*, *Sylvilagus brasiliensis* and *Mazama americana*, among other vertebrates (Brocardo *et al* 2019). Since 2016, a research project has been underway on the Brazilian side regarding roadkill mitigation, but the results have not yet been published. Opening the CC road for transportation purposes would add roadkill to the other environmental impacts of the road.

#### 4.3. Effect of precipitated political decisions and implications for other parks

The effect of rash or negligent policy decisions on environmental issues can have severe and irreversible effects on ecosystems. Discussion and evaluation of the risks of certain environmental actions therefore need to be based on prior scientific studies and extensive discussion with local communities. This is lacking in Brazil. Proposed laws usually stem from promises made in political campaigns and aim to favor lobbies and financial groups, neglecting the universal principle described in Article 255 of the Brazilian constitution: 'Everyone has the right to an ecologically balanced environment and a shared use of the people that is essential for a healthy quality of life, imposing on the public authorities and the community the duty to defend and preserve it for present and future generations' (Brazil 1988; free translation). Throughout the world there are many proposals for protected-area downgrading, downsizing and degazettement (PADDD). More than 3700 PADDD events have been reported globally, of which 90 are in Brazil, affecting 110 000 km<sup>2</sup> (CI and WWF 2019; see [www.paddtracker.org](http://www.paddtracker.org) for more information). The downgrading proposal that is underway for Iguazu National Park means that the government intends to legally decrease restrictions on human activities in this conservation area despite its being a reference for conservation in the country. It is evident that the reasons for PADDD in general are strictly political and economic (e.g. mining, agriculture, transportation and extraction of forest products) rather than serving cultural, social or conservation purposes.

#### 4.4. Potential of ecological niche models for monitoring, prediction and political decisions on illegal activities

Our results demonstrate that niche-based models are useful tools for studying phenomena that go far beyond the ecological niches of species, as reported in other studies (Banks *et al* 2006, 2013, Sobral-Souza *et al* 2015, Romero *et al* 2018, Guimarães *et al* 2020). Our models presented spatial patterns similar to those found by authors who used presence-absence data to predict illegal activities (Ferregueti *et al* 2018, Moore *et al* 2018, Dias *et al* 2020, Marescot *et al* 2020). For example, predictive hunting models based on detectability generated the same spatial pattern as historical presence-only hunting data, i.e. when using presence-only data to model poaching, the authors found spatial patterns like those from models using detectability data (Ferregueti *et al* 2018). Additionally, to get true absence for illegal activities is arduous due to the offenders' behavior, which includes deliberately covering up their tracks and stealing monitoring equipment.

We have demonstrated that the susceptibility model can be a powerful and agile tool for predicting the spatial distribution of sites susceptible to illegal activities in conservation areas and for predicting the impacts of political decisions (such as PADDD and opening roads). Georeferenced information on the occurrences of these activities is required for correctly fitting the models. Data of this type are available in databases around the world, so this tool can be validated based on new studies and can be used to guide law-enforcement, conservation, and management measures in the short, medium, and long terms.

## 5. Conclusions

Brazil's Iguazu National Park is currently subject to substantial impacts from illegal hunting, fishing and palm-heart extraction, and these impacts would increase if the park were to be bisected by a proposed road. These activities impact biodiversity in the largest remaining remnant of inland Atlantic Forest which is a global biodiversity 'hotspot'. A niche-based model shows the magnitude of the increase in illegal activities, indicating the high environmental cost that the road would have. The model also identifies the locations of probable increases in illegal activity, providing valuable information for law-enforcement. However, the benefits of the study for law-enforcement would not compensate for the high impact of the proposed road, which the results suggest should not be built. The modeling tools developed in this study can be applied to many similar situations elsewhere, both for improving environmental control and for projecting impacts of infrastructure proposals before decisions are made.

## Data availability statement

The data generated and/or analyzed during the current study are not publicly available for legal/ethical reasons but are available from the corresponding author on reasonable request.

## Acknowledgments

We thank all scientists, law-enforcement field agents and conservationists who contributed information for our manuscript. Due to the risk of political and social retaliations we cannot name some of them. We also thank Ana T B Guimarães for statistical and computational support and Ariel (patrol Argentina) and Adaildo Policena for information on field activities. VMP thanks CNPq for a doctoral fellowship (Process 141645/2020-2). PMF thanks CNPq (Process 31103/2015-4). CFS thanks CNPq (Process 310353/2019-0). NS thanks Fundação Araucária (Edital 09/2021).

## ORCID iDs

V M Prasniewski  <https://orcid.org/0000-0001-9783-9328>  
 N Szinwelski  <https://orcid.org/0000-0003-4049-3121>  
 A S Bertrand  <https://orcid.org/0000-0002-8212-2524>  
 F Martello  <https://orcid.org/0000-0003-1243-9750>  
 C R Brocardo  <https://orcid.org/0000-0003-3142-5688>  
 J Cuhna  <https://orcid.org/0000-0002-3941-0753>  
 C F Sperber  <https://orcid.org/0000-0002-0334-7216>  
 R Viana  <https://orcid.org/0000-0002-4235-4048>  
 B G dos Santos  <https://orcid.org/0000-0001-7923-9097>  
 P M Fearnside  <https://orcid.org/0000-0003-3672-9082>  
 T Sobral-Souza  <https://orcid.org/0000-0002-2367-2315>

## References

- Adeney J M, Christensen Jr N L and Pimm S L 2009 Reserves protect against deforestation fires in the Amazon *PLoS One* **4** e5014
- Allan J D, Abell R, Hogan Z, Revenga C, Taylor B W, Welcomme R L and Winemiller K 2005 Overfishing of inland waters *BioScience* **55** 1041–51
- Andrews A 1990 Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review *Aust. Zoologist* **26** 130–41
- Andrews K M and Gibbons J W 2005 How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles *Copeia* **2005** 772–82
- APN 2018 Administración de Parques Nacionales *Plan de Gestión Parque Nacional Iguazú Período 2017–2023* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Administración de Parques Nacionales, Buenos Ayres)
- Araújo M B and New M 2007 Ensemble forecasting of species distributions *Trends Ecol. Evol.* **22** 42–7
- Bager A and Fontoura V 2013 Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat *Ecol. Eng.* **53** 31–8
- Banks W E *et al* 2006 Eco-cultural niche modeling: new tools for reconstructing the geography and ecology of past human populations *PaleoAnthropology* **2006** 68–83
- Banks W E, Antunes N, Rigaud S and D'Errico F 2013 Ecological constraints on the first prehistoric farmers in Europe *J. Archaeol. Sci.* **40** 2746–53
- Barry S and Elith J 2006 Error and uncertainty in habitat models *J. Appl. Ecol.* **43** 413–23
- Baumgartner G, Pavanelli C S, Baumgartner D, Bifi A G, Debona T and Frana V A 2012 *Peixes do baixo rio Iguaçu* (Paraná: Eduem)
- Bellard C, Bertelsmeier C, Leadley P, Thuiller W and Courchamp F 2012 Impacts of climate change on the future of biodiversity *Ecol. Lett.* **15** 365–77
- Bellard C, Leclerc C, Leroy B, Bakkenes M, Veloz S, Thuiller W and Courchamp F 2014 Vulnerability of biodiversity hotspots to global change *Glob. Ecol. Biogeogr.* **23** 1376–86
- Bello C, Galetti M, Pizo M A, Magnago L F S, Rocha M F, Lima R A, Peres C A, Ovaskainen O and Jordano P 2015 Defaunation affects carbon storage in tropical forests *Sci. Adv.* **1** 1–11
- Bernard E, Penna L A O and Araújo E 2014 Downgrading, downsizing, degazettement and reclassification of protected areas in Brazil *Conserv. Biol.* **28** 939–50
- Bertrand A S 2016 Characterization and conservation of the Iguaçu National Park, Brazil *PhD Thesis* University of Aveiro, Portugal
- Bertrand A S, Garcia J C, Baptiston I C, Esteves E and Nauderer R 2018 Caracterização preliminar de caça furtiva no Parque Nacional do Iguaçu (Paraná) *Biodivers. Bras.* **8** 19–34
- Brazil 1967 Lei Nº 5.197, de 3 de JANEIRO de 1967, Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências *Diário Oficial da União*, Seção 1, Página 177, Brasília - DF (available at: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/15197.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15197.htm))
- Brazil 1988 *Constituição da República Federativa do Brasil* Senado Federal: Centro Gráfico, Brasília - DF
- Brazil 1998 Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências *Diário Oficial da União*, Coluna 1, Página 1, Brasília - DF (available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm))
- Brazil 2000 Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências *Diário Oficial da União*, Seção 1, Página 1, Brasília - DF (available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm))
- Brazil 2006 Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências *Diário Oficial da União*, Seção 1, Página 1, Brasília - DF (available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm))
- Brazil 2016 Câmara dos Deputados *Projeto de lei 6268/2016*, Dispõe sobre a Política Nacional de Fauna e dá outras providências, Projeto de autoria do Sr. Valdir Colatto, Brasília - DF (available at: [www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2113552](http://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2113552))
- Brocardo C R *et al* 2019 Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu *Oecol. Aust.* **23** 165–90
- Brocardo C R, da Silva M X, Delgado L E d S and Galetti M 2017 White-lipped peccaries are recorded at Iguaçu National Park after 20 years *Mammalia* **81** 519–22
- Brodie J F and Fragoso J M 2020 Understanding the distribution of bushmeat hunting effort across landscapes by testing hypotheses about human foraging *Conserv. Biol.* **35** 1009–18

- Campos-Silva J V, Ferreira S and Augusto C 2015 Policy reversals do not bode well for conservation in Brazilian Amazonia *Nat. Conserv.* **3** 193–5
- Carpenter G, Gillison A N and Winter J 1993 DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals *Biodivers. Conserv.* **2** 667–80
- Carr E 1998 *Wilderness by Design: Landscape Architecture and the National Park Service* (Lincoln, NE: University of Nebraska Press)
- Carvalho W D, Mustin K, Hilário R R, Vasconcelos I M, Eilers V and Fearnside P M 2019 Deforestation control in the Brazilian Amazon: a conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed *Perspect. Ecol. Conserv.* **17** 122–30
- CNCFlora, Centro Nacional de Conservação da Flora 2021 *Euterpe edulis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 (available at: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpe-edulis>)
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente 2001 Resolução CONAMA Nº 278, de 24 de maio de 2001 *Dispõe contra corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica* Diário Oficial da União, Página 51–52, Brasília—DF (Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=276>)
- Conservation International and World Wildlife Fund 2019 Data Release Version 2.0 (Version 2.0) [Data set] (available at: [PADDTracker.org](https://paddtracker.org))
- Crespo J A 1982 Ecología de la comunidad de mamíferos del parque Nacional Iguazu, Misiones *Rev. Museo Argentino Cie. Nat. Ecol.* **3** 45–162
- da Rosa C A and Bager A 2012 Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds *J. Environ. Manage.* **97** 1–5
- da Silva M X, Paviolo A, Tambosi L R and Pardini R 2018 Effectiveness of protected areas for biodiversity conservation: mammal occupancy patterns in the Iguazu National Park, Brazil *J. Nat. Conserv.* **41** 51–62
- Dawson T M 2008 *Water in Road Structures Movement, Drainage and Effects* (Berlin: Springer Science & Business Media)
- de Assumpção L, Makrakis S, da Silva P S and Makrakis M C 2017 Espécies de peixes ameaçadas de extinção no Parque Nacional do Iguazu *Biodivers. Bras.* **7** 4–17
- de Azevedo F C C 2008 Food habits and livestock depredation of sympatric jaguars and pumas in the Iguazu National Park area, south Brazil *Biotropica* **40** 494–500
- de Marques A A B and Peres C A 2015 Pervasive legal threats to protected areas in Brazil *Oryx* **49** 25–9
- Dean W 1997 *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest* (Berkeley, CA: University of California Press)
- Delgado J D, Arroyo N L, Arévalo J R and Fernández-Palacios J M 2007 Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands) *Landscape Urban Plan.* **81** 328–40
- Dias D d M, Ferreguetti A C and Rodrigues F H G 2020 Using an occupancy approach to identify poaching hotspots in protected areas in a seasonally dry tropical forest *Biol. Conserv.* **251** 1–8
- Diniz-Filho J A F, Mauricio Bini L, Fernando Rangel T, Loyola R D, Hof C, Nogués-Bravo D and Araújo M B 2009 Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change *Ecography* **32** 897–906
- Dirzo R, Young H S, Galetti M, Ceballos G, Isaac N J B and Collen B 2014 Defaunation in the Anthropocene *Science* **345** 401–6
- Escobar H 2019 Brazil's deforestation is exploding—and 2020 will be worse (available at: [www.sciencemag.org/news/2019/11/brazil-s-deforestation-exploding-and-2020-will-be-worse](https://www.sciencemag.org/news/2019/11/brazil-s-deforestation-exploding-and-2020-will-be-worse))
- Fadini R F, Fleury M, Donatti C I and Galetti M 2009 Effects of frugivore impoverishment and seed predators on the recruitment of a keystone palm *Acta Oecol.* **35** 188–96
- Fearnside P M 2019 Brazilian Amazon deforestation surge is real despite Bolsonaro's denial (commentary) (available at: <https://news.mongabay.com/2019/07/brazilian-amazon-deforestation-surge-is-real-despite-bolsonaros-denial-commentary/>)
- Ferrante L and Fearnside P M 2019 Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate *Environ. Conserv.* **46** 261–3
- Ferrante L and Fearnside P M 2021 Brazil's political upset threatens Amazonia *Science* **371** 898
- Ferreguetti A C, Pereira-Ribeiro J, Prevedello J A, Tomás W M, Rocha C F D and Bergallo H G 2018 One step ahead to predict potential poaching hotspots: modeling occupancy and detectability of poachers in a neotropical rainforest *Biol. Conserv.* **227** 133–40
- Ferreguetti A C, Tomas W M and Bergallo H G 2017 Density, occupancy and detectability of lowland tapirs, *Tapirus terrestris*, in Vale Natural Reserve, southeastern Brazil *J. Mammal.* **98** 114–23
- Fragoso R d O, Delgado L E d S and Lopes L d M 2011 Aspectos da atividade de caça no Parque Nacional do Iguazu, Paraná *Rev. Biol. Neotropical* **8** 41–52
- Galetti M et al 2017 Defaunation and biomass collapse of mammals in the largest Atlantic forest remnant *Animal Conserv.* **20** 270–81
- Garavello J C 2005 Revision of genus *Steindachneridion* (Siluriformes: Pimelodidae) *Neotropical Ichthyol.* **3** 607–23
- Giombini M I, Bravo S P, Sica Y V and Tosto D S 2017 Early genetic consequences of defaunation in a large-seeded vertebrate-dispersed palm (*Syagrus romanzoffiana*) *Heredity* **118** 568–77
- Guimarães A, da Silva P H, Carneiro F M and Silva D P 2020 Using distribution models to estimate blooms of phytosanitary cyanobacteria in Brazil *Biota Neotropica* **20** e20190756
- Haines A M, Elledge D, Wilsing L K, Grabe M, Barske M D, Burke N and Webb S L 2012 Spatially explicit analysis of poaching activity as a conservation management tool *Wildlife Soc. Bull.* **36** 685–92
- Hijmans R J, Phillips S, Leathwick J and Elith J 2020 Package dismo (available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/dismo.pdf>)
- Holderegger R and Di Giulio M 2010 The genetic effects of roads: a review of empirical evidence *Basic Appl. Ecol.* **11** 522–31
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2018 *Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguazu* (Brasília: Ministério do Meio Ambiente)
- Karatzoglou A, Smola A, Hornik K and Zeileis A 2004 A survey on patents of typical robust image watermarking *Adv. Mater. Res.* **11** 1–20
- Klippel A H, Oliveira P V, Britto K B, Freire B F, Moreno M R, dos Santos A R, Banhos A and Paneto G G 2015 Using DNA barcodes to identify road-killed animals in two atlantic forest nature reserves, Brazil *PLoS One* **10** 1–15
- Laurance W F et al 2002 Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22-year investigation *Conserv. Biol.* **16** 605–18
- Laurance W F, Camargo J L C, Fearnside P M, Lovejoy T E, Williamson G B, Mesquita R C G, Meyer C F J, Bobrowiec P E D and Laurance S G W 2018 An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change *Biol. Rev.* **93** 223–47
- Laurance W F, Delamonica P, Laurance S G, Vasconcelos H L and Lovejoy T E 2000 Rainforest fragmentation kills big trees *Nature* **404** 836
- Laurance W F, Goosem M and Laurance S G 2009 Impacts of roads and linear clearings on tropical forests *Trends Ecol. Evol.* **24** 659–69
- Lee M A, Davies L and Power S A 2012 Effects of roads on adjacent plant community composition and ecosystem function: an example from three calcareous ecosystems *Environ. Pollut.* **163** 273–80
- Liu C, Newell G and White M 2016 On the selection of thresholds for predicting species occurrence with presence-only data *Ecol. Evol.* **6** 337–48



- Mackenzie D I, Bailey L L and Nichols J D 2004 Investigating species co-occurrence patterns when species are detected imperfectly *J. Animal Ecol.* **73** 546–55
- Marescot L, Lyet A, Singh R, Carter N and Gimenez O 2020 Inferring wildlife poaching in southeast Asia with multispecies dynamic occupancy models *Ecography* **43** 239–50
- Masanja G F 2014 Human population growth and wildlife extinction in Ugalla ecosystem, western Tanzania *J. Sustain. Dev. Stud.* **5** 192–217
- Matthews W J 2012 *Patterns in Freshwater Fish Ecology* (Berlin: Springer Science & Business Media)
- Mones A and Ojati J 1986 *Hydrochoerus hydrochaeris* *Mamm. Species* **264** 1–7
- Moore J F, Mulindahabi F, Masozera M K, Nichols J D, Hines J E, Turikunkiko E and Oli M K 2018 Are ranger patrols effective in reducing poaching-related threats within protected areas? *J. Appl. Ecol.* **55** 99–107
- Muler A E, Rother D C, Brancalion P S, Naves R P, Rodrigues R R and Pizo M A 2014 Can overharvesting of a non-timber-forest-product change the regeneration dynamics of a tropical rainforest? The case study of *Euterpe edulis* *Forest Ecol. Manag.* **324** 117–25
- Myers N 1988 Threatened biotas: hot spot in tropical forests *Environmentalist* **8** 187–208
- Myers N 2003 Biodiversity hotspots revisited *BioScience* **53** 916–17
- Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, da Fonseca G A B and Kent J 2000 Biodiversity hotspots for conservation priorities *Nature* **403** 853–8
- Nicolav V 2020 Amazon's wildfire season will coincide with peak of pandemic, warns specialist (available at: [www.brasildefato.com.br/2020/06/12/amazon-s-wildfire-season-will-coincide-with-peak-of-pandemic-warns-specialist](http://www.brasildefato.com.br/2020/06/12/amazon-s-wildfire-season-will-coincide-with-peak-of-pandemic-warns-specialist))
- Nix H A 1986 A biogeographic analysis of Australian elapid snakes *Atlas Elapid Snakes Aust.* **7** 4–15
- Nobre C A 2019 To save Brazil's rainforest, boost its science *Nature* **574** 455
- Paviolo A, de Angelo C D, di Blanco Y E and di Bitetti M S 2008 Jaguar *Panthera onca* population decline in the Upper Paraná Atlantic Forest of Argentina and Brazil *Oryx* **42** 554–61
- Paviolo A, de Angelo C, Di Blanco Y, Agostini I, Pizzio E, Melzew R, Ferrari C, Palacio L and Di Bitetti M S 2009 Efecto de la caza y el nivel de protección en la abundancia de los grandes mamíferos del Bosque Atlántico de Misiones *Parque Nacional Iguazú, Conservación y Desarrollo en la Selva Paranaense de Argentina* (Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires)
- Pearson R G, Raxworthy C J, Nakamura M and Peterson A T 2007 Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar *J. Biogeogr.* **34** 102–17
- Pereira E J d A L, Ferreira P J S, Ribeiro L C d S, Carvalho T S and Pereira H B d B 2019 Policy in Brazil (2016–2019) threaten conservation of the Amazon rainforest *Environ. Sci. Policy* **100** 8–12
- Peres C A, Emilio T, Schietti J, Desmoulière S J and Levi T 2016 Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **113** 892–7
- Pfeifer M et al 2017 Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates *Nature* **551** 187–91
- Phillips S J and Dudík M 2008 Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation *Ecography* **31** 161–75
- Prasniowski V M, Szinwelski N, Sobral-Souza T, Kuczach A M, Brocardo C R, Sperber C F and Fearnside P M 2020 Parks under attack: Brazil's Iguazu National Park illustrates a global threat to biodiversity *Ambio* **49** 2061–7
- QGIS Development Team 2018 *Qgis Geographic Information System. Version 3. 14.16-Pi* (Open Source Geospatial Foundation)
- R Core Team 2020 R: a language and environment for statistical computing (available at: [www.r-project.org/](http://www.r-project.org/))
- Reyna-Hurtado R, Rojas-Flores E and Tanner G W 2009 Home range and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul Campeche, Mexico *J. Mamm.* **90** 1199–209
- Rezende C L, Scarano F R, Assad E D, Joly C A, Metzger J P, Strassburg B B N, Tabarelli M, Fonseca G A and Mittermeier R A 2018 From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest *Perspect. Ecol. Conserv.* **16** 208–14
- Ribeiro M C, Metzger J P, Martensen A C, Ponzoni F J and Hirota M M 2009 The Brazilian Atlantic Forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation *Biol. Conserv.* **142** 1141–53
- Rodolfo A M, Temponi L G and Cândido-Jr J F 2008 Levantamento de plantas exóticas na trilha do Poço, Parque Nacional do Iguazu, Paraná, Brasil *Rev. Bras. Biociê.* **6** 22–4
- Romero G Q, Gonçalves-Souza T, Kratina P, Marino N A C, Petry W K, Sobral-Souza T and Roslin T 2018 Global predation pressure redistribution under future climate change *Nat. Clim. Change* **8** 1087–93
- Sala O E et al 2000 Global biodiversity scenarios for the year 2100 *Science* **287** 1770–4
- Sala O E et al 2005 Biodiversity across Scenarios *Ecosystems and Human Well-Being: Scenarios: Findings of the Scenarios Working Group*, ed S R Carpenter (Washington, DC: Island Press) pp 375–408
- Sheikh P A, Meyer P J, Procita K and Hoover K 2019 Fire and deforestation in the Brazilian Amazon (available at: <https://fas.org/sgp/crs/row/IF11306.pdf>)
- Sobral-Souza T, Lima-Ribeiro M S and Solferini V N 2015 Biogeography of neotropical rainforests: past connections between Amazon and Atlantic Forest detected by ecological niche modeling *Evol. Ecol.* **29** 643–55
- Srbek-Araujo A, Mendes S and Chiarello A 2015 Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) roadkill in Brazilian Atlantic Forest and implications for species conservation *Braz. J. Biol.* **75** 581–6
- Straube F C and Urben-Filho A 2004 Uma revisão crítica sobre o grau de conhecimento da avifauna do Parque Nacional do Iguazu (Paraná, Brasil) e áreas adjacentes *Atualidades Ornitológicas* **118** 1–26
- Tax D M J and Duin R P W 2004 Support vector data description *Mach. Learn.* **54** 45–66
- Terborgh J, Nuñez-Iturri G, Pitman N C A, Valverde F H, Alvarez P, Swamy V, Pringle E G and Paine C E T 2008 Tree recruitment in an empty forest *Ecology* **89** 1757–68
- Torres P C, Morsello C, Parry L, Barlow J, Ferreira J, Gardner T and Pardini R 2018 Landscape correlates of bushmeat consumption and hunting in a post-frontier Amazonian region *Environ. Conserv.* **45** 352–60
- Truscott A M, Palmer S C, McGowan G M, Cape J N and Smart S 2005 Vegetation composition of roadside verges in Scotland: the effects of nitrogen deposition, disturbance and management *Environ. Pollut.* **136** 109–18
- Venter O et al 2016 Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation *Nat. Commun.* **7** 1–11

- Villar N, Paz C, Zipparro V, Nazareth S, Bulascoschi L, Bakker E S and Galetti M 2021 Frugivory underpins the nitrogen cycle *Funct. Ecol.* **35** 357–68
- Villar N, Siqueira T, Zipparro V, Farah F, Schmaedecke G, Hortenci L, Brocardo C R, Jordano P and Galetti M 2020 The cryptic regulation of diversity by functionally complementary large tropical forest herbivores *J. Ecol.* **108** 279–90
- Wato Y A, Wahungu G M and Okello M M 2006 Correlates of wildlife snaring patterns in Tsavo West National Park, Kenya *Biol. Conserv.* **132** 500–9
- Watson F, Becker M S, McRobb R and Kanyembo B 2013 Spatial patterns of wire-snare poaching: implications for community conservation in buffer zones around National Parks *Biol. Conserv.* **168** 1–9



# Brazil's Iguazu National Park threatened by illegal activities: Predicting consequences of proposed downgrading and road construction

V M Prasniewski<sup>1</sup>, N Szinwelski<sup>2</sup>, T Sobral-Souza<sup>3</sup>, A S Bertrand<sup>4</sup>, F Martello<sup>5</sup>, C R Brocardo<sup>6</sup>, Juan Cunha<sup>7</sup>, C F Sperber<sup>8</sup>, R Viana<sup>9</sup>, B G Santos<sup>2</sup>, P M Fearnside<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal do Mato Grosso, Rua Fernando Corrêa da Costa 2367, Cuiabá 78060-900, BR

<sup>2</sup> Laboratório de Orthoptera, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária 2069, Cascavel 85819-110, BR

<sup>3</sup> Departamento de Ecologia e Botânica, Universidade Federal do Mato Grosso, Rua Fernando Corrêa da Costa 2367, Cuiabá 78060-900, BR

<sup>4</sup> Instituto Mater Natura, Rua Lamenha Lins 1080, Curitiba 80250-020, BR

<sup>5</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre, Rodovia BR 364, Km 04, Rio Branco 69920-900, BR

<sup>6</sup> Programa de Pós-graduação em Biodiversidade, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera, Santarém 68040-255, BR

<sup>7</sup> Cuerpo de Guardaparques Nacionales, Administración de Parques Nacionales, Puerto Iguazú, AR

<sup>8</sup> Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. PH Rolfs, Viçosa 36570-900, BR

<sup>9</sup> Programa de Pós-Graduação em Biologia Neotropical, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Av. Tarquínio Joslin dos Santos 1000, Foz do Iguazu 85870-901, BR

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Av. André Araújo 2936, Manaus 69067-375, BR

E-mail: victor.mateus.pras@gmail.com

September 2021

Submitted to: *Environ. Res. Lett.*

## Supplementary material

### *Characteristics of study area*

*Iguazu National Park (Brazil)* The Iguazu National Park was established by Decree 1035/1939, and expanded by Decrees 6506/1944 and 6587/1944, with current territorial limits and area (185,222 ha) defined by Decree 86,676/1981, which excluded 1400

ha in the northern portion and included the Iguazu River as part of the park (Brazil 1939, Brazil 1944a, Brazil 1944b, Brazil 1981). The park is surrounded by 10 municipalities (counties), and almost its entire perimeter is surrounded by a deforested matrix. Two major federal highways pass near Iguazu National Park: BR-277 and BR-163. BR-277 is 732 km long and crosses the state of Paraná eastward, while 3579-km BR-163 crosses Brazil in a north-south direction. In addition, the 19-km long BR-469 connects the city of Foz do Iguazu to Argentina and runs through Iguazu National Park, ending at the iconic Iguassu Falls. These federal highways connect to several state and municipal roads, some of which border Iguazu National Park.

On the southern side of the park is the Iguazu River, which forms the Iguassu Falls that Brazil shares with Argentina. For about 120 km from its source, the Iguazu River is the border between Brazil and Argentina and is also a barrier between Iguazu and Iguazú National Parks. There are some roads inside Iguazu National Park, especially in the western section, where the administrative headquarters is located. These roads are used for monitoring and tourism (e.g., the Poço Preto, Macuco Safari and Bananeiras trails); they are not paved, while the access roads to Iguazu Falls (BR-469) and to the administrative headquarters are. Until 2001, the park was cut in half in the north-south direction by the now abandoned Caminho do Colono (CC) road, which was an unpaved road that linked the municipalities of Serranópolis do Iguazu and Capanema; the road was used by colonizers who came to the area from the south (see details in Prasniewski et al. (2020)). Two bills (PLs 7123/2010 and 984/2019) that would reopen the CC road are currently under debate in Brazil's National Congress (Brazil 2010, Brazil 2019).

Iguazu National Park is under a subtropical climate (Cfa in the Köppen classification), with annual average temperature of 21°C and 1807 mm of rain at the lowest altitude in the park (minimum 140 m in Foz do Iguazu) and average temperature of 19.9°C and 1933 mm of precipitation at the highest altitude (750 m, in Céu Azul; Alvares et al. (2013)). Topography is considered flatter in the western part of the park with gently sloping hills, while the eastern and northern parts have a more rugged relief (Salamuni et al. 2002). The main rivers originate in the highest parts and drain following the slope of the terrain, including São João, Represo, Capaço, Índios, Silva-Jardim, Benjamin Constant, Azul, Castro-Alves, Gonçalves Dias and Floriano. The Floriano River stands out for having its entire 713 km<sup>2</sup> hydrographic basin totally protected within the park boundaries (ICMBio 2018). The park is located in the lower Iguazu watershed and its drainage network consists of tributaries on the right bank of this river. The Iguazu River is dammed by six hydropower plants, the most recent just 500 m from Iguazu National Park's eastern boundary, strongly impacting the water regime.

*Iguazú National Park (Argentina)* Iguazú National Park was officially established in 1934 by Federal Law 12,103 (Argentina 1934) and its current limit and area (67,620 ha) were determined in 1941 by Decree 100.133 (Argentina 1941). The park's boundaries border the municipalities of Puerto Iguazú, Comandante Andresito and Puerto Libertad. Unlike Brazil, the matrix in which the park is inserted is not

predominantly deforested. On the western side, the city of Puerto Iguazú (pop. 66,000) has a tourism-based economy. On the eastern side the economy of Comandante Andresito is devoted to the production of yerba mate (*Ilex paraguariensis*), livestock and monocultural tree plantations (*Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus* spp. and *Pinus* spp.) to produce cellulose. On the south, the city of Puerto Libertad shelters less than 10,000 people and its economy, like Comandante Andresito, is devoted to the cultivation of yerba mate. In this region, the park is connected to the Urugua-í Provincial Park (84,000 ha), representing a large block of forest to the south. Two important national highways cross Iguazú National Park: RN-12 and RN-101. The 11-km long RN-12 crosses the park in a southeast-northwest direction, while 37-km long RN-101 crosses the park in an east-west direction. In addition to these highways, both paved and unpaved roads are found in the park, which are used for patrolling and for tourism. The west end of the park borders the Iguazu River (APN 2018).

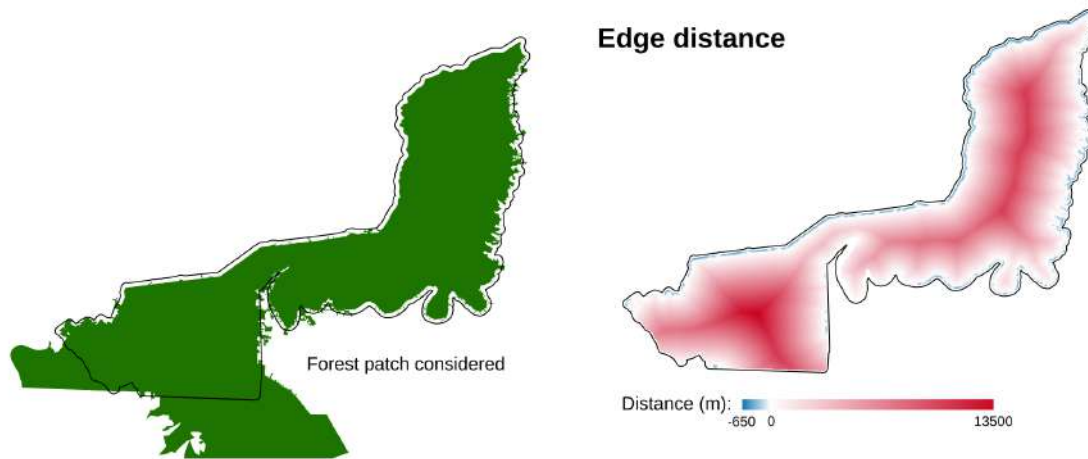
The Iguazú National Park also has a Cfa climate (mean annual temperature: 20.1°C, annual precipitation: 1700 mm). This park is flatter in its topography but presents terrain ripples and includes (in the southeast section) part of the Serranía de la Victoria watershed that encompasses the Iguazú River and the Urugua-í stream. Elevation ranges from 200 m above mean sea level in the southeast to 350 m at the western edge of the park (APN 2018). The rivers run to the north, with the vast majority flowing into the Iguazu River and only a few flowing directly into the Paraná River, such as the Mbocay stream (Crespo 1982). The park is located in one of the largest and most important water systems in the world. Considered the second largest basin in South America, the Plata Basin crosses five countries (Argentina, Bolivia, Brazil, Paraguay and Uruguay) and covers an area of approximately 3,100,000 km<sup>2</sup> (Mugetti et al. 2004).

## References

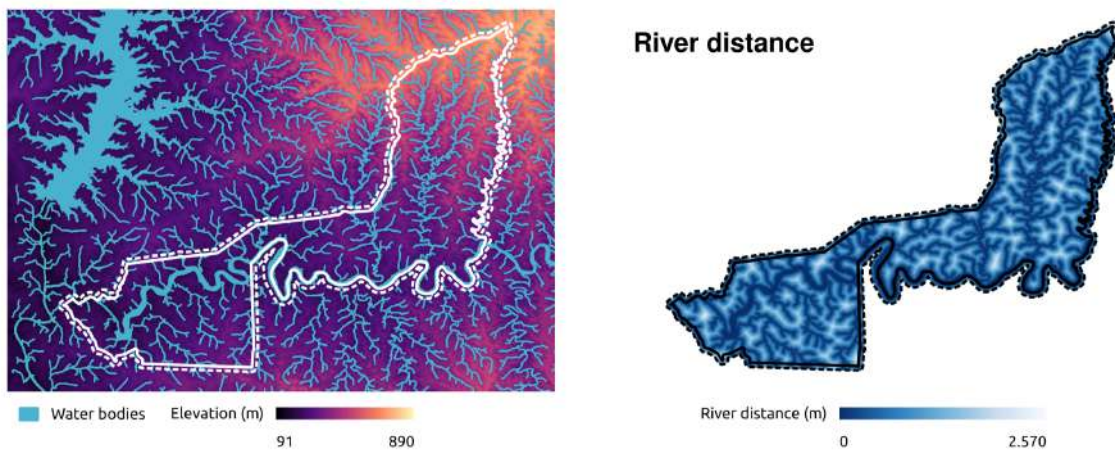
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. d. M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift* **22**(6): 711–728.
- APN (2018). *Administración de Parques Nacionales. Plan de gestión Parque Nacional Iguazú. Período 2017 - 2023*, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Administración de Parques Nacionales, Buenos Ayres.  
**URL:** [https://sib.gob.ar/archivos/ANEXO\\_I.PGIguazu.pdf](https://sib.gob.ar/archivos/ANEXO_I.PGIguazu.pdf)
- Argentina (1934). Ministerio de agricultura. Ley N° 12103/1934, de 29 de septiembre de 1934, Ley de Parques Nacionales, Boletín Oficial, Buenos Ayres.  
**URL:** <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-12103-196777/texto>
- Argentina (1941). Poder ejecutivo nacional. Decreto N° 100.133, de 18 de Septiembre de 1941, Fijándose los límites del Parque Nacional del Iguazú y excluyendo del dominio público 500 Hs., para el trazado del pueblo Puerto Aguirre, Boletín Oficial, Buenos Ayres.  
**URL:** <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-100133-1941-198523/texto>
- Brazil (1939). Presidência da República. Decreto-lei N° 1.035, de 10 de janeiro de 1939, Cria o Parque Nacional do Iguassú e dá outras providências, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 867, Brasília - DF.  
**URL:** <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1035-10-janeiro-1939-372797-publicacaooriginal-1-pe.html>
- Brazil (1944a). Presidência da República. Decreto-lei N° 6.506, de 17 de maio de 1944, Desapropria, por

- utilidade pública, terrenos situados no Território Nacional de Iguassú, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 8893, Brasília - DF.
- URL:** <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-6506-17-maio-1944-451909-publicacaooriginal-1-pe.html>
- Brazil (1944b). Presidência da república. Decreto-lei Nº 6.587, de 14 de junho de 1944, Incorpora ao Parque Nacional do Iguassu áreas que menciona, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 10761, Brasília - DF.
- URL:** [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6587.htm)
- Brazil (1981). Presidência da república. Decreto Nº 86.676, de 1º de dezembro de 1981, Fixa novos limites do Parque Nacional do Iguaçu no Estado do Paraná, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 22837, Brasília - DF.
- URL:** <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-86676-1-dezembro-1981-436322-publicacaooriginal-1-pe.html>
- Brazil (2019). Câmara dos Deputados. Projeto de lei Nº 984/2019, Altera a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, para criar a categoria de Unidade de Conservação denominada Estrada-Parque e institui a Estrada-Parque Caminho do Colono no Parque Nacional do Iguaçu, Projeto de autoria do Sr. Nelsi Conguetto Maria, Brasília - DF.
- URL:** <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2192387>
- Brazil (2010). Câmara dos Deputados. Projeto de lei Nº 7.123/2010, Institui a Estrada-Parque Caminho do Colono, no Parque Nacional do Iguaçu, Projeto de autoria do Sr. Assis do Couto, Brasília - DF.
- URL:** <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=473116>
- Crespo, J. A. (1982). Ecología de la comunidad de mamíferos del parque Nacional Iguazu, Misiones, *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Ecología* **3**: 45–162.
- ICMBio (2018). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu, Ministério do Meio Ambiente, Brasília - DF.
- Mugetti, A., Brieva, C., Giangibbe, S., Gallicchio, E., Pacheco, F., Pagani, A., Calcagno, A., Gonzalez, S., Natale, O., Faure, M., Rafaelli, S., Magnani, C., Moyano, M. C., Seoane, R. & Enriquez, I. (2004). *Global International Waters Assessment Patagonian Shelf, GIWA Regional assessment* 38, University of Kalmar, Kalmar, Sweden.
- Prasiewicz, V. M., Szwed, N., Sobral-Souza, T., Kuczech, A. M., Brocardo, C. R., Sperber, C. F. & Fearnside, P. M. (2020). Parks under attack: Brazil's Iguaçu National Park illustrates a global threat to biodiversity, *Ambio* **49**(12): 2061–2067.
- Salamuni, R., Salamuni, E., Rocha, L. A. & Rocha, A. L. (2002). Parque Nacional do Iguaçu, PR - Cataratas de fama mundial, in C. Schobbenhaus, D. A. Campos, E. T. Queiroz, M. Winge & M. Berbert-Bron (eds), *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, DNPM/ CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília - DF, pp. 313–321.

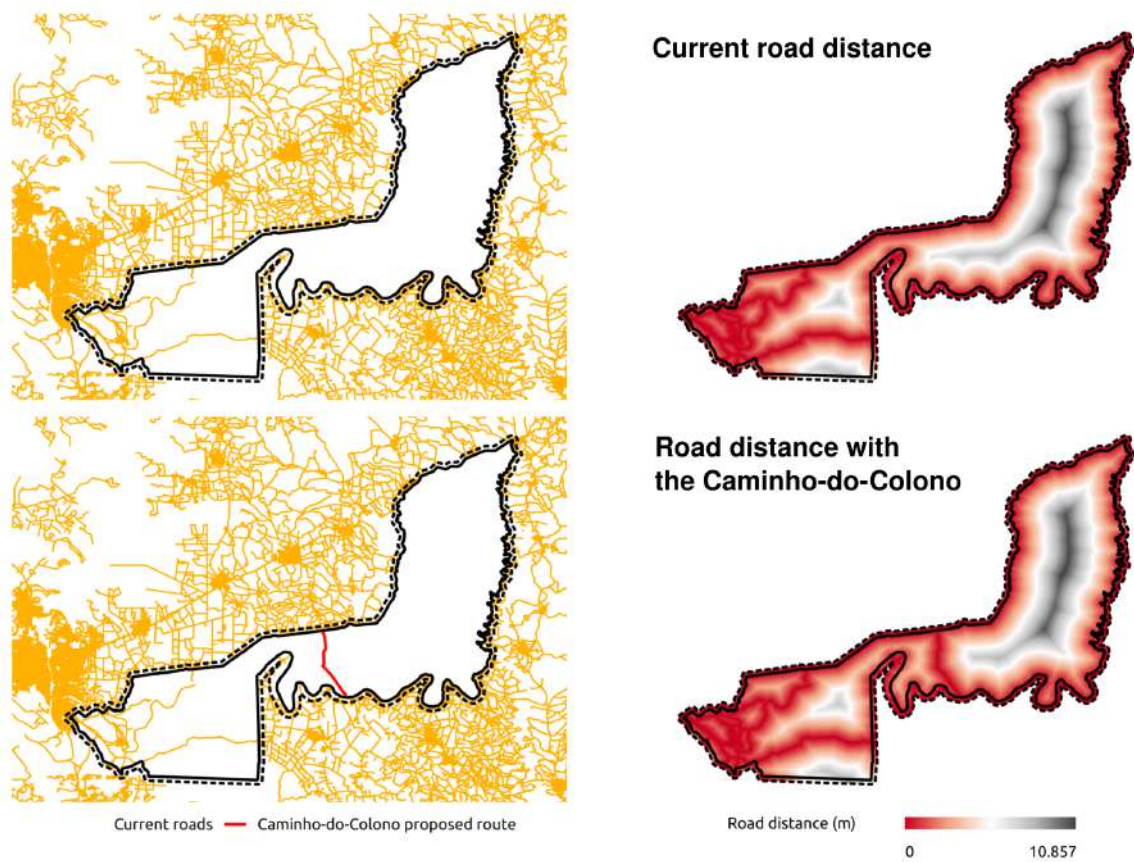
## Figures



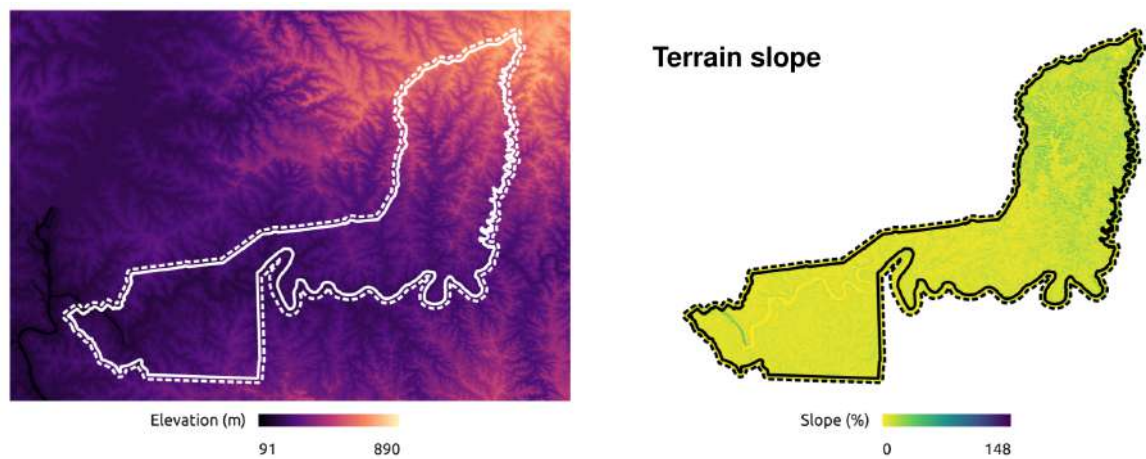
**Figure S1.** Forest patch considered in calculating edge distance and resultant distance layers.



**Figure S2.** Water bodies considered in calculating river distance and resultant distance layer.

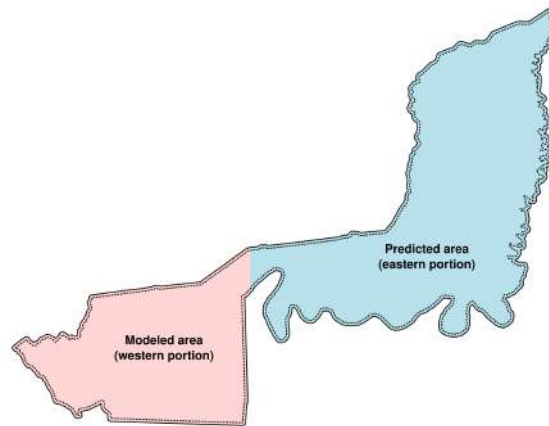


**Figure S3.** Roads considered in calculating road distance (current and with the Caminho-do-Colono road) and resultant distance layers.



**Figure S4.** Elevations in the study area considered in calculating the terrain slope layer, in percent.





**Figure S5.** Spatial division of modeled and predicted area

## **4 CAPÍTULO III**

### **4.1 Como ameaças a unidades de conservação afetam a sociedade: Riscos econômicos de propostas de construção de estrada e rebaixamento no Parque Nacional do Iguaçu**

Este artigo foi submetido ao periódico ***Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional***

## **Como ameaças a unidades de conservação afetam a sociedade: Riscos econômicos de propostas de construção de estrada e rebaixamento no Parque Nacional do Iguaçu**

### **How threats to protected areas affect society: Economic risks of proposed road construction and downgrading in Brazil's Iguaçu National Park**

#### **Resumo**

O Parque Nacional do Iguaçu está ameaçado por projetos de lei que visam sua recategorização. Se aprovados, permitiriam a reabertura da estrada “Caminho-do-Colono” e a fragmentação do parque. Avaliamos a importância do parque para a manutenção da cobertura vegetal nativa e testamos a importância econômica do parque via impostos ecológicos (ICMS-e) em diferentes cenários, mostrando como esse recurso é essencial para alguns municípios, e comparamos o desempenho econômico antes e após o fechamento da estrada. Ao contrário do que muitos dos residentes na região acreditam, seu fechamento não teve impacto negativo na economia dos municípios e tampouco da região. Os projetos de lei, além de serem inviáveis do ponto de vista jurídico, não geram benefícios ambientais ou econômicos para a região. O Caminho-do-Colono, definitivamente, não é a forma de desenvolver os municípios - ao contrário, é favorecer pequenos grupos ao invés do interesse coletivo, e esse não é o caminho para uma sociedade justa e economicamente sustentável.

**Palavras-chave:** PADDD. Mata Atlântica. ICMS ecológico. Caminho-do-Colono.

#### **Abstract**

The Iguaçu National Park is threatened by projects laws aimed at its downgrade. If approved, these projects would allow for the reopening of the "Caminho-do-Colono" road and the fragmentation of the park. We assessed the importance of the park in maintaining native vegetation cover and tested its economic significance through payment for environmental services (ICMS-e) in different scenarios, demonstrating how this resource is essential for certain municipalities. We compared the economic performance before and after the road closure. Contrary to the beliefs of many residents in the region, its closure did not have a negative impact on the economy of the municipalities or the region. Furthermore, these legislative projects, apart from being legally unviable, do not generate environmental or economic benefits for the region. The "Caminho-do-Colono" is not the way to develop the municipalities. On the contrary, it favors small interest groups instead of the collective interest, and this is not the path forward.

**Keywords** PADDD; Atlantic Forest; Payment for Environmental Services. Caminho-do-Colono

#### **Introdução**

A Mata Atlântica é um bioma que foi quase completamente destruído ao longo de 500 anos de exploração humana (DEAN, 1995; JOLY et al., 2014), e o que resta de sua formação original está fortemente fragmentado em milhares de pequenas e isoladas manchas florestais (RIBEIRO et al., 2009). Com esses impactos, grande parte de sua biodiversidade foi irrevogavelmente perdida, mas a biodiversidade persistente coloca a Mata Atlântica como um

dos cinco “*hotspots*” de biodiversidade mais importantes do mundo (MYERS et al., 2000; JOLY et al., 2014). A drástica redução na cobertura florestal da Mata Atlântica está ligada, em grande parte, ao processo de exploração florestal e ao estabelecimento de áreas agrícolas (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005). De fato, a maior parte do que sobrou de Mata Atlântica no Brasil está concentrada em áreas com relevo acidentado, onde a prática agrícola é mais difícil, como áreas da Serra do Mar, Paranapiacaba e da Mantiqueira (TABARELLI et al., 2010). A única exceção no Brasil, onde um grande bloco florestal ocorre em relevo menos acidentado é o Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu), criado em 1939 em torno das icônicas Cataratas do Iguaçu, patrimônio natural da humanidade (UNESCO, 2022) e uma das sete maravilhas naturais do mundo devido a sua beleza cênica (N7W, 2022). O ParNa Iguaçu, junto com áreas protegidas e não protegidas da província de Misiones (Argentina), formam um bloco florestal de quase um milhão de hectares, um dos maiores do bioma (RIBEIRO et al., 2009).

A beleza cênica das Cataratas do Iguaçu é um exemplo de ‘serviços ecossistêmicos’, ou seja, constituem os benefícios que os ecossistemas naturais proporcionam gratuitamente aos seres humanos, como o fornecimento de recursos naturais renováveis, regulação dos ciclos hidrológicos e do clima, suporte cultural e a ciclagem de nutrientes (TALLIS; KAREIVA, 2005). Entretanto, o ParNa Iguaçu representa muito mais que suas Cataratas, com diversos outros importantes serviços ecossistêmicos oferecidos em seus 185 mil hectares de predominante cobertura florestal. O ParNa Iguaçu possui uma vasta e possivelmente subestimada biodiversidade. São conhecidas 619 espécies de plantas vasculares (TROCHEZ et al., 2017) e 16 pteridófitas (ICMBIO, 2018), 335 espécies de Aves (STRAUBE et al., 2004); 102 de mamíferos (BROCARD et al., 2019), 12 anfíbios (ICMBIO, 2018), 48 répteis (ICMBIO, 2018), além de 89 esperanças (FIANCO; et al., 2022) e 135 de besouros Cerambycidae (BARROS et al., 2020). A descoberta de novas espécies têm aumentado a cada ano, demonstrando que ainda há muitos gaps de conhecimento a serem preenchidos (HORTAL et al., 2015).

No Brasil, a conservação e preservação de habitats naturais e, conseqüentemente, a manutenção dos serviços ecossistêmicos, é incentivada pelo pagamento por serviços ambientais através do repasse de recursos financeiros do estado aos seus municípios. O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é um imposto estadual, cuja implantação é regida pelo artigo 155 da Constituição Federal (BRASIL, 1988). No estado do Paraná, uma parte do montante arrecadado com esse imposto (25%) é repassado aos municípios de acordo com um Índice de Participação do Município, e a legislação estadual prevê que 5% desse repasse seja destinado para municípios que tenham em seus territórios mananciais de abastecimento de água para municípios vizinhos e/ou unidades de conservação ou terras indígenas. Daí surge o ICMS-e, cuja implantação teve o Paraná como pioneiro (PARANÁ, 1991), servindo como modelo hoje adotado por quase todos os estados brasileiros. Em 2021, o Paraná repassou quase 478 milhões de reais para os municípios paranaenses em ICMS-ecológico (ICMS-e), dos quais os 13 municípios lindeiros do ParNa Iguaçu receberam 29 milhões de reais em virtude do parque (IAT, 2022). Esse montante pode aumentar com a melhoria ou ampliação das áreas de conservação municipais ou diminuir devido a fatores como a redução, extinção ou recategorização de unidades de conservação (BERNARD et al., 2014). Assim, o investimento na persistência de áreas protegidas e conservação de mananciais de água é uma forma de garantir a manutenção de diversos serviços ecossistêmicos, da biodiversidade, a saúde do ambiente, o bem-estar humano e a saúde econômica dos municípios.

Mas embora icônico, ambiental e economicamente importante, o ParNa Iguaçu vem sofrendo sérias ameaças e pressões antrópicas, dentre elas a tramitação de dois Projetos de Lei que afetam diretamente o parque: PL nº 7123/2010 (MARIA, 2019) e PL nº 984/2019

(COUTO, 2010). Esses Projetos de Lei propõem mudanças na Lei nº 9985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL, 2000), para estabelecer um novo tipo de área protegida, a “estrada-parque”. Esse novo tipo de área protegida estaria na categoria de unidade de conservação de “uso sustentável”, nos termos do artigo 14 da Lei nº 9985/2000, diminuindo o grau de conservação e proteção atual do ParNa Iguaçu. Ambos os projetos de lei propõem a reabertura do Caminho-do-Colono em um trajeto de floresta secundária com mais de 20 anos de regeneração, onde outrora havia uma estrada que cortava o parque por 17,5 km entre os municípios de Serranópolis do Iguaçu e Capanema (PRASNIEWSKI et al., 2020).

Tais propostas têm potencial de acarretar uma série de prejuízos ambientais, como o desmatamento para a construção da rodovia, a fragmentação do parque, atropelamento de fauna (BROCARD et al. 2019), bem como podem aumentar a ocorrência de atividades ilegais no interior do parque (PRASNIEWSKI et al., 2022). Além disso, a reabertura dessa estrada pode gerar grandes prejuízos econômicos à região (ORTIZ, 2009), pois uma redução na área de conservação ou no seu status de proteção resultaria em diminuição dos repasses do ICMS-e aos municípios afetados, prejudicando o desenvolvimento da região ao invés de melhorá-lo. Há um embate acerca dessa estrada. De um lado, a população local e regional defende a abertura da estrada e a livre circulação através dela. Essa defesa é maior entre os municípios de Serranópolis do Iguaçu e Capanema, que muitas vezes influenciados por lideranças políticas, mantêm um discurso que Garcia e Baptiston (2014) e Kropf e Eleutério (2015) classificaram como falacioso e simplista, favorável a abertura do Caminho-do-Colono. De outro lado, a visão nacional é contra a abertura da estrada, como demonstrado pela enquête feita pela Câmara dos Deputados Federais, onde 95% dos votos discordaram totalmente da abertura da estrada (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2023). Mesmo assim, o PL nº 7.123/2010 foi aprovado pela Câmara dos Deputados (G1, 2013) e está sob análise no Senado Federal, e o PL nº 984/2019 teve seu regime de urgência aprovado por 315 votos a favor versus 180 contra (G1, 2021) e está aguardando apreciação pela plenária da Câmara.

Neste trabalho, avaliamos a importância do ParNa Iguaçu para a conservação da biodiversidade e para economia dos municípios da região via pagamento por serviços ambientais, bem como os possíveis impactos econômicos da reabertura do Caminho-do-Colono. Avaliamos a contribuição do parque para a manutenção da cobertura vegetal nativa da região, testando a hipótese de que fora de seus limites a quantidade de floresta nativa diminuiu significativamente entre 1985 e 2020 devido ao desmatamento, enquanto dentro do parque a quantidade de floresta permaneceu estável. Estimamos a importância econômica do ParNa Iguaçu para os municípios constituintes e limítrofes ao ParNa Iguaçu, testando a hipótese de que os impostos ecológicos (ICMS-e) contribuem significativamente para o desempenho econômico destes municípios e que a reabertura do Caminho-do-Colono pode ter impactos negativos sobre esse desempenho. Por fim, calculamos se desempenho econômico dos municípios foi afetado pelo fechamento do Caminho-do-Colono, testando a hipótese que o fechamento da estrada não afetou o desempenho econômico dos municípios ou da região, o que justificaria a manutenção intacta do Parque Nacional do Iguaçu, sem qualquer revés ambiental, como recategorização, redução ou extinção.

## Metodologia

### *Área de estudo*

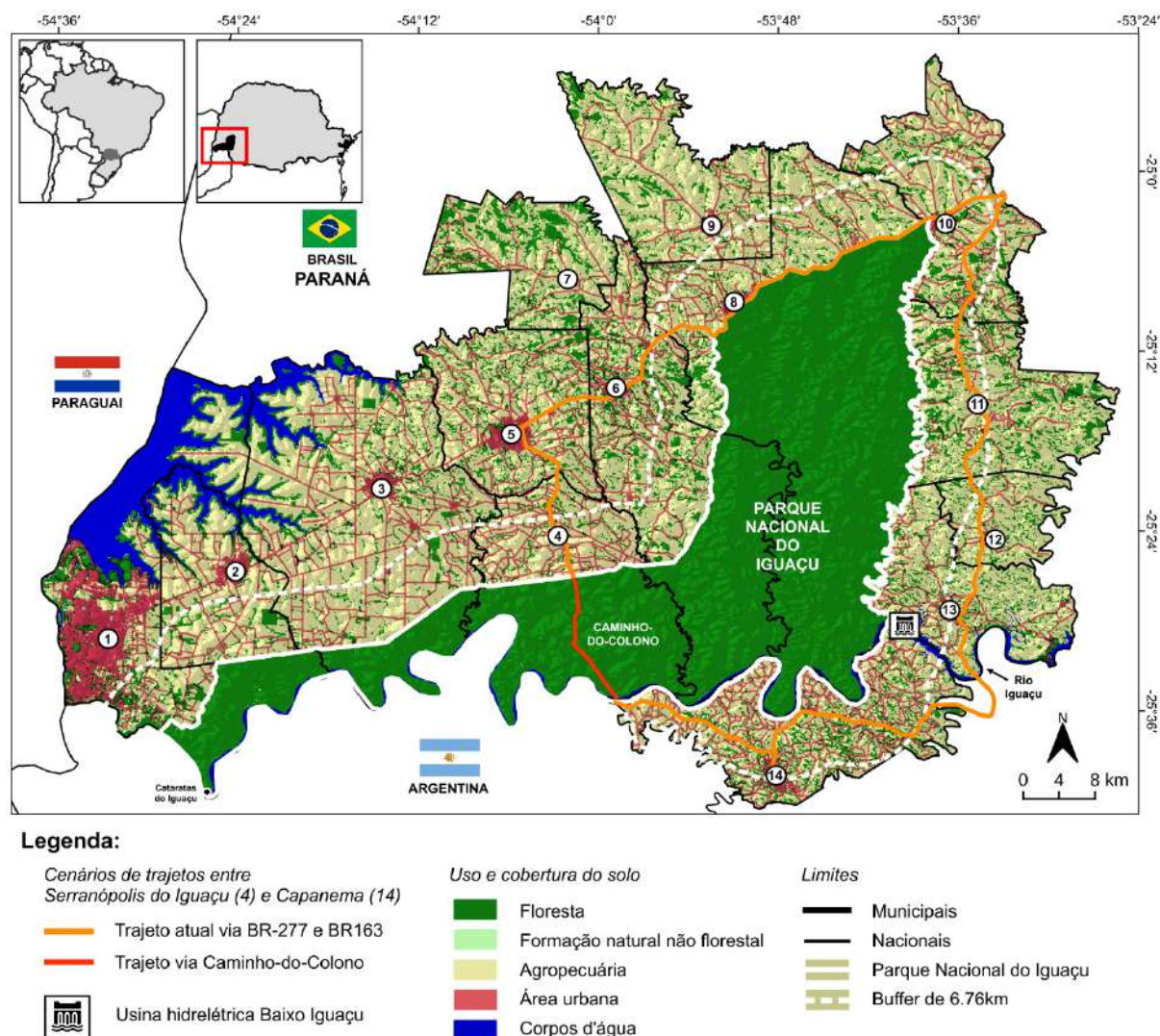
Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu) foi criado pelo Decreto nº 1035/19-39, e ampliado pelos Decretos nº 6506/1944 e nº 6587/1944, com limites territoriais atuais e área (185.262 ha) definida pelo Decreto nº 86.676/1981, que excluiu 1400 ha na porção norte e

incluiu o rio Iguaçu como parte do parque (BRASIL, 1939, 1944b,a, 1981). O ParNa Iguaçu apresenta quase todo o seu perímetro envolto em uma matriz agrícola, com cultivos de soja, milho e trigo (Figura 1), além de apresentar duas importantes rotas de transporte de pessoas e mercadorias, a BR-277 e BR-163. Os poucos fragmentos florestais na região são esparsos e pequenos. O ParNa Iguaçu está sob um clima subtropical (Cfa na classificação Köppen), com temperatura média anual de 21°C e 1.807 mm de chuva na menor altitude do parque (mínimo 140 m em Foz do Iguaçu) e temperatura média de 19,9°C e 1.933 mm de precipitação na maior altitude (750 m, em Céu Azul) (ALVARES et al., 2013). A topografia é mais plana na parte oeste do parque, com colinas suavemente inclinadas, enquanto as partes leste e norte têm um relevo mais acidentado (SALAMUNI et al., 2022). O parque está localizado na bacia do baixo Iguaçu e sua rede de drenagem é composta por afluentes na margem direita deste rio. O rio Iguaçu apresenta seis usinas hidrelétricas, a mais recente, distante apenas 500 m da fronteira leste do parque, impactando fortemente seu regime hídrico. Seis municípios possuem território dentro dos limites do parque (Foz do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu, Serranópolis do Iguaçu, Matelândia, Céu Azul e Capanema), além de oito municípios considerados lindeiros do parque (Santa Terezinha de Itaipu, Medianeira, Ramilândia, Santa Tereza do Oeste, Vera Cruz do Oeste, Lindoeste, Santa Lúcia, Capitão Leônidas Marques) (Figura 1). O município de Ramilândia não foi incluído nas análises de ICMS-e e desempenho econômico porque este não recebe nenhum recurso de ICMS-e provindo do Parque Nacional do Iguaçu.

#### *Importância do ParNa Iguaçu para a manutenção da cobertura vegetal nativa*

Para avaliar a importância do ParNa Iguaçu na manutenção da cobertura vegetal nativa, primeiramente definimos a área sobre a qual as análises seriam realizadas utilizando o polígono dos limites territoriais Parque Nacional do Iguaçu disponível no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (ICMBio, 2022) e, para mensurar o contexto regional de uso e cobertura do solo fora dos limites do parque, definimos um buffer de 6.76 km (Figura 1). Esse buffer foi traçado para que ambos os polígonos, um representando o parque e o outro representando a região do entorno, possuísem a mesma área (169.856,47 ha). Para testar a hipótese de que na região do entorno do parque a quantidade de floresta nativa diminuiu enquanto dentro do parque essa quantidade permaneceu estável, utilizamos os dados de desmatamento fornecidos pelo banco de dados ‘*Deforestation and Regeneration*’ da plataforma MAPBIOMAS 6.0 (MAPBIOMAS, 2022), no período de 1988 a 2019, e cortamos para a região de estudo. A partir dos *rasters* baixados para cada ano extraímos as informações da área ocupada por vegetação nativa dentro dos limites do parque e para a região do entorno. Com esses dados, construímos um modelo de regressão linear, com distribuição gaussiana, tendo a área ocupada por vegetação nativa como variável resposta (eixo Y), ano (1988 a 2019) e local (dentro e fora do parque) e a interação entre esses termos, como variáveis preditoras (eixo X).





**Figura 1.** Mapa da região de estudo abrangendo o Parque Nacional do Iguaçu e seus municípios lindeiros: 1) Foz do Iguaçu; 2) Santa Terezinha do Itaipu; 3) São Miguel do Iguaçu; 4) Serranópolis do Iguaçu; 5) Medianeira; 6) Matelândia; 7) Ramilândia; 8) Céu Azul; 9) Vera Cruz do Oeste; 10) Santa Tereza do Oeste; 11) Lindoeste; 12) Santa Lúcia; 13) Capitão Leônidas das Marques; 14) Capanema.

### *Importância do ParNa Iguaçu para a economia dos municípios*

Para testar a hipótese de que os impostos ecológicos (ICMS-e) contribuem significativamente para o desempenho econômico dos municípios constituintes e lindeiros ao ParNa Iguaçu, utilizamos os dados econômicos presentes na base de dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (IPARDES, 2023). Usamos os dados de ICMS-e anual, repassado aos municípios (Capanema, Céu Azul, Foz do Iguaçu, Matelândia, São Miguel do Iguaçu, Serranópolis do Iguaçu, Santa Lúcia, Capitão Leônidas Marques, Lindoeste, Vera Cruz do Oeste, Medianeira) e dados de receitas e despesas anuais municipais para cada um destes municípios. Os dados de ICMS-e utilizados nesta etapa foram único e exclusivamente os valores recebidos pelos municípios devido ao ParNa Iguaçu, considerando a área da própria UC mais a área de entorno ao parque, se houver, como Mata Ciliares, Áreas de Preservação Permanente e Reserva legal (se houver), conforme Anexo III da Portaria do Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 1998). Isso foi feito para excluir os valores de ICMS-e provindos de outras eventuais unidades de conservação presentes nos municípios. A métrica utilizada para representar o desempenho econômico dos municípios foi o 'Índice de Liquidez' (IL), estimado pela razão entre receitas e despesas dos municípios, onde valores

maiores que 1 indicam superávit e menores que um indicam déficit nas contas públicas. Para obter os valores de IL com e sem o ICMS-e subtraímos das receitas os valores de ICMS-e de cada município para cada ano de 1998 a 2021 (Tabela S1). O período 2012 a 2014 não foi considerado por falta de dados disponíveis sobre o repasse provindo de cada UC a cada município. Com esses dados, realizamos um teste de Wilcoxon para cada município, ajustando o IL como variável resposta (eixo Y), e receitas com ICMS-e e sem ICMS-e como variáveis preditoras (eixo X).

#### *Impactos da reabertura do Caminho-do-Colono sobre a economia dos municípios*

Para testar a hipótese de que a reabertura do Caminho-do-Colono pode impactar negativamente o repasse de ICMS-e aos municípios devido à redução dos escores de qualidade de conservação do ParNa Iguaçu na tábua de cálculos de ICMS-e, estimamos os possíveis impactos da reabertura desta estrada sobre esses escores. Nesta etapa, utilizamos apenas valores de ICMS-e provindo do ParNa Iguaçu, desconsiderando os valores provindos de áreas de entorno, uma vez que apenas a área do ParNa Iguaçu seria afetada pela reabertura do Caminho-do-Colono. O ICMS-e por biodiversidade para uma UC em um determinado município é calculado levando em consideração os seguintes parâmetros: i) a área do município; ii) a área da unidade de conservação presente dentro do município; iii) um fator de conservação básico (*FCb*), definido para unidades federais de domínio público como 0.7 se a unidade foi criada após a emancipação do municípios e 0.35 se antes; iv) a variação do escore de qualidade da Unidade de Conservação do ano atual em relação ao anterior ( $\Delta Quc$ ), não podendo superar 0.55 para UCs federais de domínio público, que é calculada com base em uma tábua de avaliação que abrange vários fatores como ameaças e agressão (item V) (IAT, 2020); v) peso ponderado no qual o valor 1 representa UCs federais. Detalhes e exemplos das fórmulas de cálculos do ICMS-e são apresentados no material suplementar nos itens 2 e 3. O resultado da alteração do  $\Delta Quc$  pode ser de, no máximo, um aumento ou perda de 45% do repasse em relação a UC, sendo pelo aumento ou redução do escore de qualidade na tábua de cálculos. A reabertura do Caminho-do-Colono pode afetar diretamente o item V – Ameaças e agressões à UC. Entretanto, é difícil projetar o valor exato de escore a ser reduzido caso haja a reabertura da estrada, pois isto depende da avaliação do órgão responsável - podendo até ser retirado por completo, conforme art. 18 da Portaria do IAP nº263 de 28 de dezembro de 1998. Assim, para os municípios onde a retirada do ICMS-e impactou significativamente no IL, estimamos a perda do escore em diferentes valores (0,55, 0,25 e 0,1), que resultam em diferentes percentuais de perda do ICMS-e (45%, 25% e 10%) e, em seguida, reduzimos esse ICMS-e perdido das receitas para cada ano e atualizamos os valores de IL. Com esses dados, realizamos testes de Wilcoxon para cada município, ajustando o IL como variável resposta (eixo Y), e os grupos de percentual de perda (45%, 25% e 10%) como variáveis preditoras (eixo X), e comparamos cada grupo de perda com o grupo de referência sem perda do incremento do ICMS-e.

Segundo item II do art. 16 da Portaria do IAP nº263 de 28 de dezembro de 1998, parte da área da unidade de conservação pode ser considerada como qualidade física insatisfatória por possuir características insuficientes para sua identificação plena com a categoria de manejo da respectiva área. Isto pode resultar na subtração da área da UC considerada dentro do município. Assim, estimamos a IL com o ICMS-e reduzido pelo percentual de perda do escore de qualidade (45%, 25% e 10%) devido a reabertura do Caminho-do-Colono em diferentes cenários de perda de área exclusivamente do ParNa do Iguaçu, sem considerar áreas de entorno, no município de Serranópolis-do-Iguaçu: A) sem perda na área de cálculo; B) perda da área do trajeto do Caminho-do-Colono considerando uma faixa de 12 m por 17,5 km (-25,6 ha); C) perda da área do trajeto mais um buffer de 100 m (-200,6 ha); D) perda da área do trajeto mais um buffer de 1,5 km - referente ao efeito de borda sobre a biomassa

vegetal relatada por Chaplin-Kramer et al. (2015) (-2.650,6 ha); E) perda de área do trajeto mais a área passível de aumento da susceptibilidade por atividades ilegais (PRASNIEWSKI et al., 2022) (-10.025,6 ha). Como não há disponível a área da UC utilizada no cálculo e nem o  $\Delta Qua$  para todos os anos, calculamos primeiramente todos os cenários com os dados do ano de 2021, estimamos uma mudança percentual em cada cenário, e aplicamos este percentual de redução para o restante dos anos. Com esses dados, realizamos testes de Wilcoxon para cada município, ajustando o IL como variável resposta (eixo Y), e os grupos de percentual de perda (45%, 25% e 10%) como variáveis preditoras (eixo X), onde comparamos cada grupo de perda com o grupo de referência sem perda do incremento do ICMS-e.

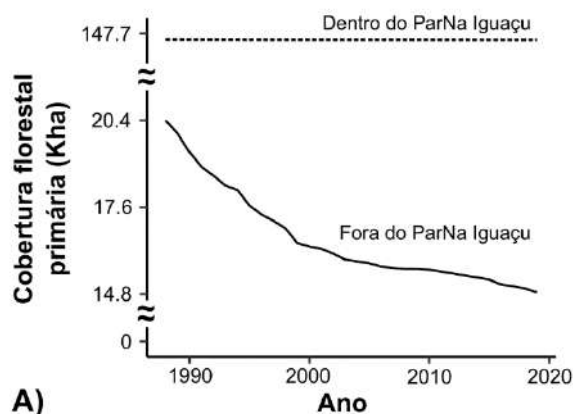
#### *O desempenho econômico dos municípios antes e após o fechamento do Caminho-do-Colono*

Para testar a hipótese que o fechamento da estrada não afetou o desempenho econômico dos municípios, utilizamos os dados econômicos históricos (1980 - 2021) sobre receitas e despesas municipais disponíveis no IPARDES (IPARDES, 2023). Em seguida, realizamos um teste de Wilcoxon para cada município, onde a métrica de IL descrita acima foi ajustada como variável resposta (eixo Y), e o período em que a estrada estava aberta (1980 - 2000) e período desde o fechamento (2001 - 2022) como variáveis preditoras (eixo X). Avaliamos também o efeito sobre a economia regional, considerando a soma das receitas e despesas de todos os municípios, com e sem ICMS-e e antes e depois do fechamento do Caminho-do-Colono, também utilizando o teste de Wilcoxon. Para garantir a robustez dos resultados, uma vez que o período de 1980 a 2022 foi marcado por algumas recessões econômicas no Brasil, testamos se houve correlação entre os IL municipais e a variação do PIB brasileiro neste período – disponível no Sistema Gerenciador de Séries Temporais do Banco Central (BCB, 2023), mas não detectamos nenhuma correlação significativa (Tabela S3). Adicionalmente, para verificar se o fechamento do Caminho-do-Colono não retardou o desenvolvimento econômico dos municípios, comparamos o IL nos dois períodos com o IL esperado para região (média de todos os municípios, exceto o município em questão), também utilizando o teste de Wilcoxon, onde como variável resposta foi utilizado o IL e como variáveis preditoras a classe (município, média dos municípios).

## **Resultados**

#### *Importância do ParNa Iguaçu para a manutenção da cobertura vegetal nativa*

Devido ao desmatamento, a quantidade de floresta nativa fora dos limites do parque diminuiu significativamente entre 1985 e 2020, enquanto dentro do parque a quantidade de floresta nativa permaneceu praticamente inalterada ( $F = 172,35$ ;  $p < 0,001$ ; Figura 2A). Durante o período avaliado (31 anos), o ParNa Iguaçu manteve 95,6% da sua área coberta por vegetação nativa. Por outro lado, a cobertura vegetal nativa da região fora do parque, que era de 13,18% (20.468,65 ha) em 1988, reduziu para 9,59% (14.884,32 ha) no período avaliado. Em termos gerais, a área fora do parque perdeu 27,28% ou 5.584,33 ha de sua vegetação nativa em um período de 31 anos.



**Figure 2.** Cobertura florestal primária fora e dentro do Parque Nacional do Iguaçu ao longo de 1987 a 2021.

#### *Importância do ParNa Iguaçu para a economia dos municípios*

Considerando os 13 municípios constituintes e/ou lindeiros ao ParNa Iguaçu, o ICMS-e gerado pelo ParNa Iguaçu contribui significativamente para o Índice Liquidez (IL) dos municípios de Serranópolis do Iguaçu ( $W = 388$ ;  $p < 0,001$ ) e Céu Azul ( $W = 293$ ;  $p = 0,011$ ; Figura 3A e Tabela 1). A retirada ou perda dos recursos do ICMS-e repassados pelo estado do Paraná a estes municípios geraria um déficit nas contas públicas, com um IL reduzindo de 1,03 para 0,91 para o município de Serranópolis do Iguaçu, e de 1,02 para 0,94 para Céu Azul (Figura 4A).

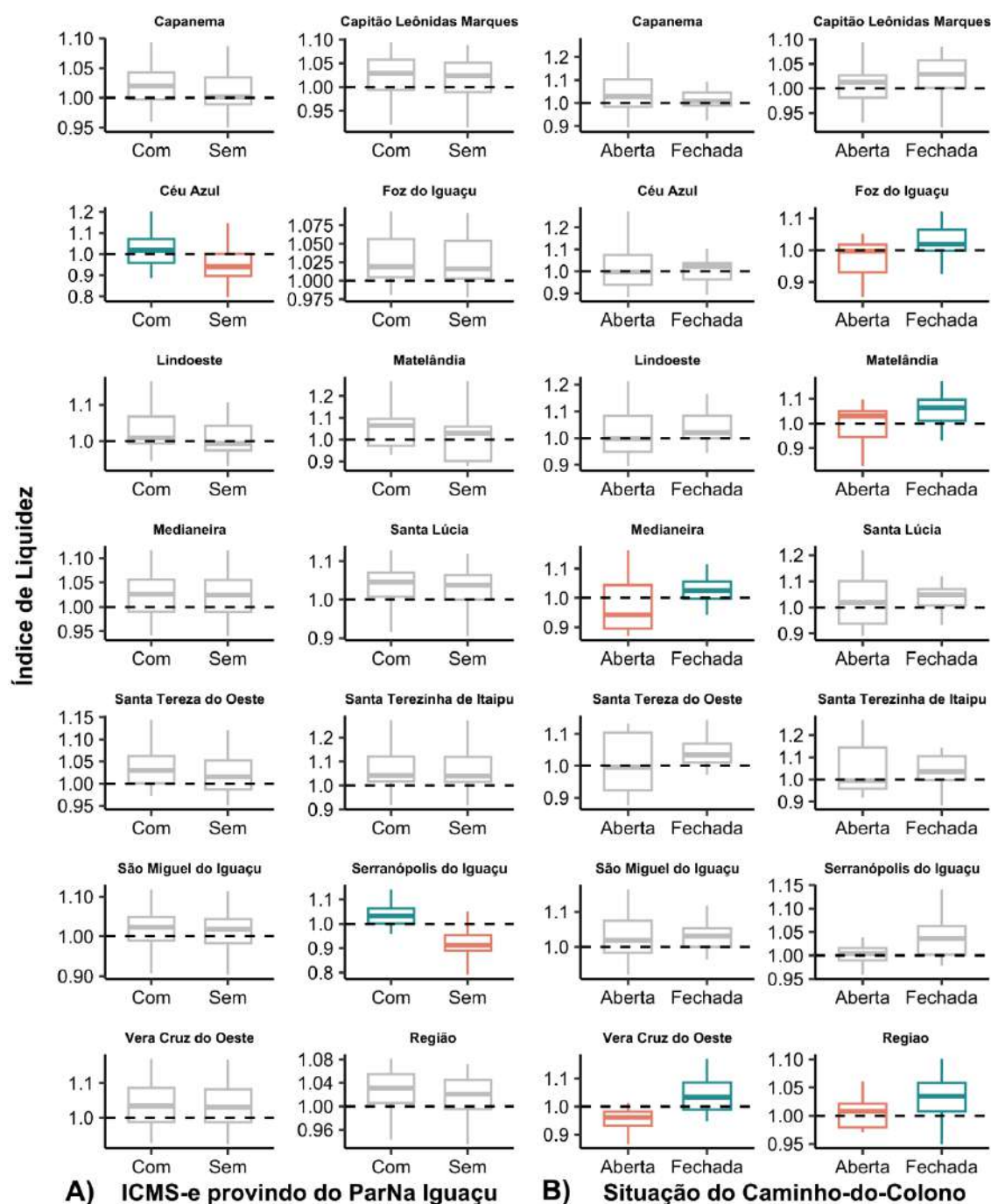
#### *Impactos da reabertura do Caminho-do-Colono sobre o desempenho econômico dos municípios*

Caso impactado o escore de qualidade da UC pela reabertura do Caminho-do-Colono, uma redução de 25% do repasse afetaria o IL do município de Serranópolis do Iguaçu ( $W = 310$ ;  $p = 0,002$ ) e uma redução de 45% impactaria negativamente o IL do município de Céu Azul ( $W = 287$ ;  $p = 0,018$ ; Figura 3A e Tabela 2). Adicionalmente, caso seja alterada a área satisfatória para cálculo do ICMS-e devido à reabertura da estrada no município de Serranópolis do Iguaçu, apenas a redução no cenário E (-10.025,6 ha) teria um impacto significativo sobre o IL, o reduzindo de 1,03 para 0,95 ( $W = 326$ ;  $p < 0,001$ ; Tabela 3) e agravando-se quando somada à redução de 45%, por exemplo, podendo reduzir o IL de 1,03 para 0,88 ( $W = 370$ ;  $p < 0,001$ ; Tabela 3).

#### *O desempenho econômico dos municípios antes e após o fechamento do Caminho-do-Colono*

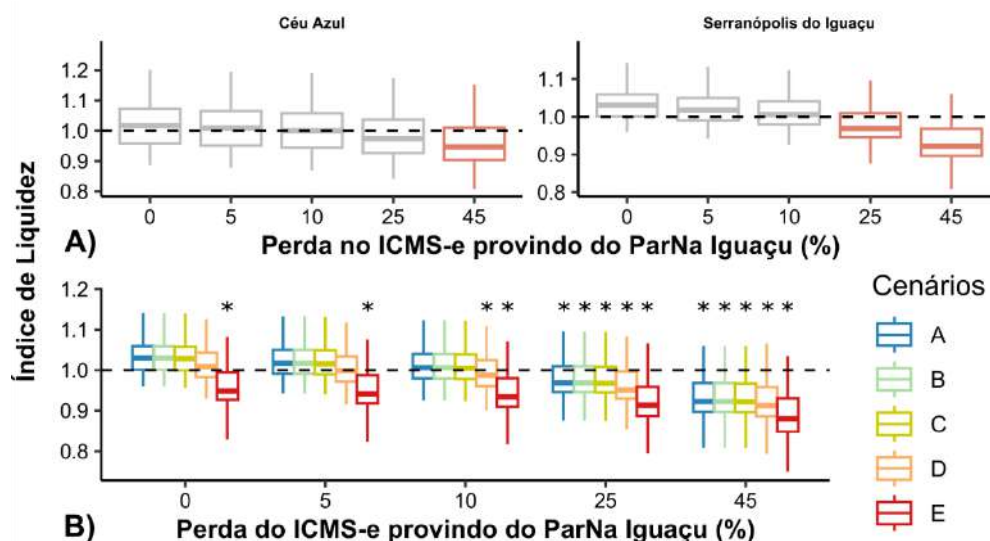
Nenhum dos municípios constituintes ou lindeiros apresentaram maior IL enquanto a estrada estava aberta, porém, após o fechamento do Caminho-do-Colono, os municípios de Foz do Iguaçu ( $W = 125$ ;  $p = 0,008$ ), Matelândia ( $W = 142$ ;  $p = 0,025$ ), Medianeira ( $W = 136$ ;  $p = 0,017$ ) e Vera Cruz do Oeste ( $W = 67$ ;  $p < 0,001$ ; Tabela 1) apresentaram superávit nas contas públicas. Quando consideramos toda a região composta pelos 14 municípios constituintes e lindeiros do parque (soma das receitas da região dividido pela soma das despesas da região), o período após o fechamento do Caminho-do-Colono apresentou superávit quando comparado com o período em que a estrada estava aberta ( $W = 137$ ;  $p = 0,018$ ; Figura 3B; Tabela 1). De modo geral, quando comparamos o IL dos municípios com a média dos demais municípios nos dois períodos, verificamos que no período quando o Caminho-do-Colono estava aberto nenhum municípios apresentou IL maior que a média dos demais municípios, assim como, após o fechamento nenhum dos municípios teve IL menor que a média dos demais municípios (Figura 5; Tabela 4). Entretanto, verificamos que o

município de Vera Cruz do Oeste apresentou IL menor que a média dos demais municípios entre 1980 e 2000 ( $W = 19$ ;  $p = 0.002$ ), ou seja, quando a estrada estava aberta. Por outro lado, após o fechamento da estrada, os municípios de Matelândia ( $W = 177$ ;  $p = 0.032$ ) e Santa Tereza do Oeste ( $W = 159$ ;  $p = 0.044$ ) apresentaram um IL maior que a média dos demais municípios (Figura 5).



**Figura 3.** Índice de Liquidez (IL) dos municípios constituintes e lindeiros do Parque Nacional do Iguaçu. A) Impacto da retirada do ICMS-e no IL dos municípios. B) Desempenho econômico dos municípios e região no período em que a estrada estava aberta (1980 - 2001) e desde o seu fechamento (2001 - 2022). Boxplots em cinza representam os municípios cujo índice de liquidez não apresentou diferenças significativas.





**Figura 4.** Possível redução do ICMS-e e seu impacto no Índice de Liquidez devido a reabertura do Caminho-do-Colono. A) Redução percentual do ICMS-e por redução dos escores de qualidade de conservação do Parque Nacional do Iguaçu, que podem atingir no máximo uma perda de 45% (boxplots em cinza representam os percentuais que não apresentaram diferenças significativas do IL). B) Redução percentual do ICMS-e no município de Serranópolis do Iguaçu por redução dos escores de qualidade de conservação do Parque Nacional do Iguaçu somada a uma redução na área do ParNa Iguaçu usada no cálculo do ICMS-e, nos seguintes cenários: a – Sem perda na área de cálculo; b – Perda da área do trajeto do Caminho-do-Colono; c – Perda da área do trajeto mais um buffer de 100 m; d – Perda da área do trajeto mais um buffer de 1,5 km de efeito de borda sobre a biomassa vegetal (Chaplin-Kramer et al., 2019); e – Perda de área do trajeto mais a área passível de aumento da susceptibilidade por atividades ilegais (Prasiewicz et al., 2022).

**Tabela 1.** Resultados do teste de Wilcoxon para cenários com e sem ICMS-e e períodos quando o Caminho-do-estava aberto (1980 - 2001) e desde o seu fechamento (2001 - 2022). O teste unicaudal à direita indica que o Índice de Liquidez foi maior quando o Caminho-do-Colono estava aberto, enquanto, à esquerda indica o inverso. Valores em negrito indicam valores estatisticamente significativos.

| Município                 | ICMS-e |                  | Antes e após o fechamento |                     |                  |                      |
|---------------------------|--------|------------------|---------------------------|---------------------|------------------|----------------------|
|                           | W      | p valor          | W                         | p valor             |                  |                      |
|                           |        |                  |                           | Unicaudal (direita) | Bicaudal         | Unicaudal (esquerda) |
| Capanema                  | 255    | 0.397            | 241                       | 0.215               | 0.430            | 0.792                |
| Capitão Leônidas Marques  | 243    | 0.584            | 160                       | 0.937               | 0.132            | 0.066                |
| Céu Azul                  | 293    | <b>0.011</b>     | 211                       | 0.598               | 0.823            | 0.411                |
| Foz do Iguaçu             | 238    | 0.672            | 125                       | 0.993               | <b>0.016</b>     | <b>0.008</b>         |
| Lindoeste                 | 267    | 0.250            | 94                        | 0.806               | 0.411            | 0.205                |
| Matelândia                | 294    | 0.066            | 142                       | 0.977               | <b>0.049</b>     | <b>0.025</b>         |
| Medianeira                | 233    | 0.765            | 136                       | 0.984               | <b>0.035</b>     | <b>0.017</b>         |
| Santa Lúcia               | 246    | 0.533            | 73                        | 0.709               | 0.615            | 0.308                |
| Santa Tereza do Oeste     | 219    | 0.270            | 78                        | 0.836               | 0.350            | 0.175                |
| Santa Terezinha de Itaipu | 234    | 0.746            | 165                       | 0.753               | 0.512            | 0.256                |
| São Miguel do Iguaçu      | 243    | 0.584            | 200                       | 0.700               | 0.618            | 0.309                |
| Serranópolis do Iguaçu    | 388    | <b>&lt;0.001</b> | 24                        | 0.911               | 0.203            | 0.102                |
| Vera Cruz do Oeste        | 234    | 0.746            | 67                        | 1.000               | <b>&lt;0.001</b> | <b>&lt;0.001</b>     |
| Região                    | 256    | 0.382            | 137                       | 0.983               | <b>0.036</b>     | <b>0.018</b>         |

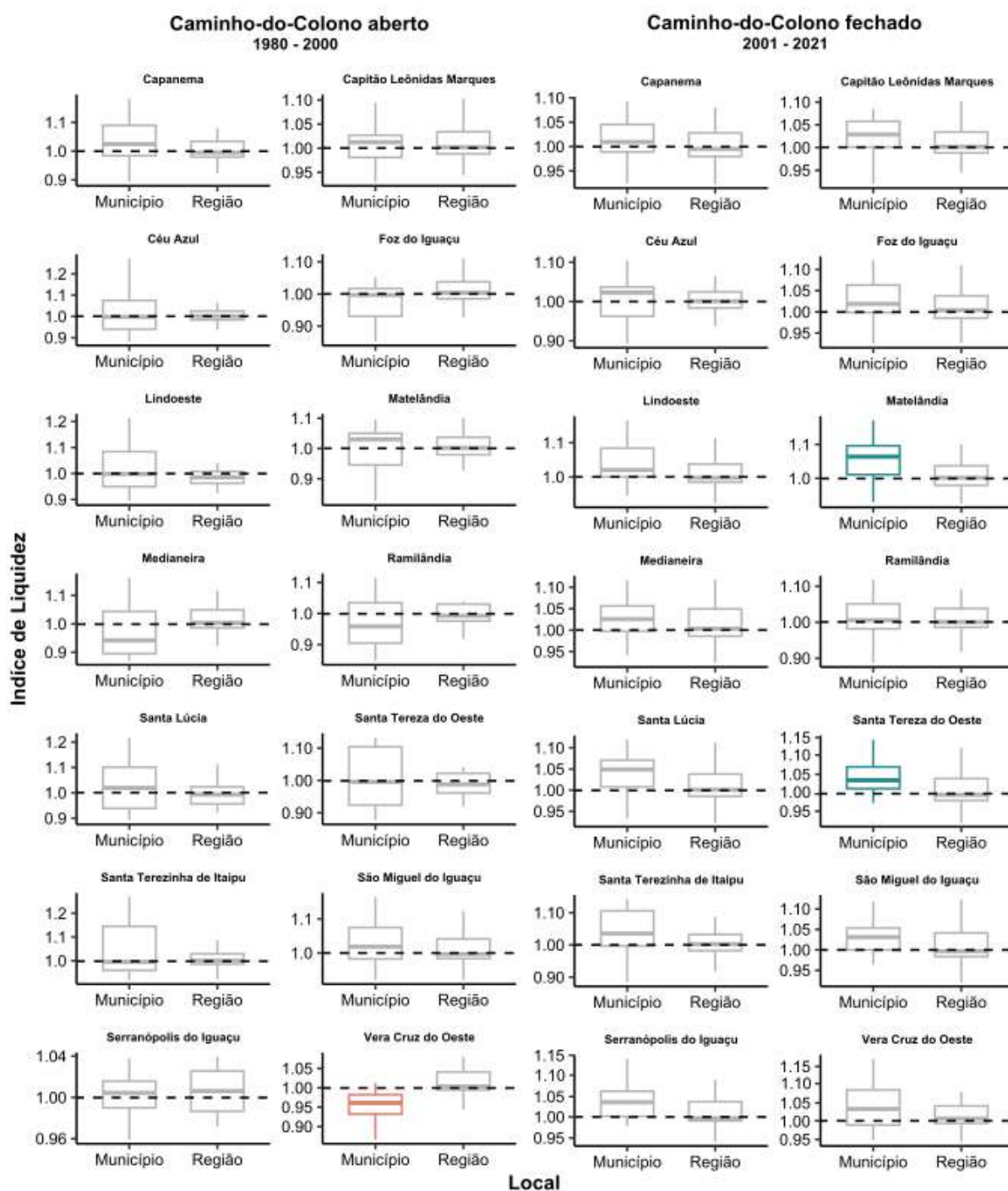


**Tabela 2.** Resultados do teste de Wilcoxon para cenários com perda percentual do ICMS-e devido às reduções no escore de qualidade conservação do Parque Nacional do Iguaçu com a reabertura do Caminho-do-Colono. Valores em negrito indicam valores estatisticamente significativos.

| Município              | Perda do ICMS-e | W   | p valor      |
|------------------------|-----------------|-----|--------------|
| Céu Azul               | 45%             | 287 | <b>0.018</b> |
|                        | 25%             | 249 | 0.192        |
|                        | 10%             | 227 | 0.478        |
|                        | 5%              | 219 | 0.621        |
| Serranópolis do Iguaçu | 45%             | 343 | <b>0.000</b> |
|                        | 25%             | 310 | <b>0.002</b> |
|                        | 10%             | 252 | 0.165        |
|                        | 5%              | 232 | 0.398        |

**Tabela 3.** Resultados do teste de Wilcoxon para cenários com perda percentual do ICMS-e e redução da área satisfatória no cálculo do ICMS-e devido a reabertura do Caminho-do-Colono. Valores em negrito indicam valores estatisticamente significativos

| Perda do ICMS-e | Cenário | W   | p valor        |
|-----------------|---------|-----|----------------|
| 45%             | A       | 343 | < <b>0.001</b> |
|                 | B       | 343 | < <b>0.001</b> |
|                 | C       | 343 | < <b>0.001</b> |
|                 | D       | 348 | < <b>0.001</b> |
|                 | E       | 370 | < <b>0.001</b> |
| 25%             | A       | 310 | 0.0024         |
|                 | B       | 310 | 0.0024         |
|                 | C       | 311 | 0.0022         |
|                 | D       | 324 | < <b>0.001</b> |
|                 | E       | 348 | < <b>0.001</b> |
| 10%             | A       | 252 | 0.1653         |
|                 | B       | 252 | 0.1653         |
|                 | C       | 254 | 0.1493         |
|                 | D       | 288 | 0.0167         |
|                 | E       | 336 | < <b>0.001</b> |
| 5%              | A       | 232 | 0.3983         |
|                 | B       | 232 | 0.3983         |
|                 | C       | 235 | 0.3547         |
|                 | D       | 266 | 0.0763         |
|                 | E       | 329 | < <b>0.001</b> |
| 0%              | B       | 210 | 0.7994         |
|                 | C       | 211 | 0.7788         |
|                 | D       | 246 | 0.2211         |
|                 | E       | 326 | < <b>0.001</b> |



**Figura 5.** Desempenho econômico dos municípios frente ao média dos demais municípios da região no período em que a estrada estava aberta (1980 - 2000) e desde o seu fechamento (2001 - 2022). Boxplots em cinza representam os municípios cujo índice de liquidez não apresentou diferenças significativas.

**Tabela 4.** Resultados do teste de Wilcoxon comparando o Índice de Liquidez (IL) dos municípios com o Índice de Liquidez médio dos municípios da região para períodos quando o Caminho-do-Colono estava aberto (1980 - 2001) e desde o seu fechamento (2001 - 2022). Valores em negrito indicam valores estatisticamente significativos.

| Município                 | Aberto<br>(1980-2000) |              | Fechado<br>(2001-2022) |              |
|---------------------------|-----------------------|--------------|------------------------|--------------|
|                           | W                     | p valor      | W                      | p valor      |
| Capanema                  | 145                   | 0.143        | 131                    | 0.349        |
| Capitão Leônidas Marques  | 115                   | 1            | 139                    | 0.432        |
| Céu Azul                  | 126                   | 0.733        | 130                    | 0.633        |
| Foz do Iguaçu             | 68                    | 0.103        | 152                    | 0.216        |
| Lindoeste                 | 40                    | 0.577        | 147                    | 0.288        |
| Matelândia                | 107                   | 0.785        | 177                    | <b>0.032</b> |
| Medianeira                | 73                    | 0.147        | 154                    | 0.191        |
| Ramilândia                | 9                     | 0.25         | 116                    | 0.701        |
| Santa Lúcia               | 23                    | 0.547        | 169                    | 0.65         |
| Santa Tereza do Oeste     | 27                    | 1            | 159                    | <b>0.044</b> |
| Santa Terezinha de Itaipu | 103                   | 0.468        | 156                    | 0.168        |
| São Miguel do Iguaçu      | 147                   | 0.288        | 151                    | 0.229        |
| Serranópolis do Iguaçu    | 4                     | 0.875        | 165                    | 0.89         |
| Vera Cruz do Oeste        | 19                    | <b>0.002</b> | 153                    | 0.203        |

## Discussão

O ParNa Iguaçu é uma unidade de conservação de importante destaque internacional, nacional, regional e local, e sua biodiversidade e belezas cênicas atraem visitantes de todo o mundo. Regionalmente, o parque garante a existência e permanência ao longo do tempo da cobertura florestal em seu território, enquanto no seu entorno a matriz florestal nativa segue sendo reduzida. Isso demonstra que o estabelecimento de uma área de proteção, especialmente uma unidade de conservação de proteção integral, é fundamental para a redução do desmatamento e, por conseguinte, favorece a permanência de processos e serviços ecossistêmicos que não são gerados na mesma proporção em áreas antrópicas degradadas. Localmente, a manutenção de ambientes naturais florestais e de mananciais de água são recompensadas via repasses financeiros pelos governos estaduais, especialmente pelo Paraná, estado pioneiro na implantação do ICMS-e. No caso do ParNa Iguaçu, seus municípios constituintes e lindeiros recebem uma compensação financeira pela conservação florestal, via um repasse de ICMS-e, o qual compõe significativamente a economia de vários municípios,

podendo sua perda afetar negativamente a saúde financeira desses municípios. E embora os valores de ICMS-e não afetem o Índice de Liquidez (IL) regional, possivelmente porque municípios maiores e com receitas diversificadas não dependem desses valores, os municípios menores são dependentes desse recurso para manter o seu equilíbrio financeiro. Isso demonstra a importância do parque não só para a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, mas também, embora pouco reconhecido, para o contexto econômico regional.

As poucas e fragmentadas áreas florestais que existem no entorno do ParNa Iguaçu são um resultado do contexto histórico e cultural de ocupação da terra, de 1900 até 1990, que se expandiu do litoral ao oeste do estado do Paraná, na denominada ‘marcha para o oeste’ (GUBERT-FILHO, 2010). Essa expansão colonizadora chegou ao oeste do estado por volta do ano 1920, e muitas famílias descendentes de imigrantes europeus vindos principalmente dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, se instalaram na região do ParNa Iguaçu, subsidiada por empresas de colonização e imobiliárias da época, das quais muitas também eram madeireiras. Logo, a supressão das florestas nativas se deu, primeiramente, pela expansão do comércio de madeira, principalmente de araucária (*Araucaria angustifolia*) e peroba (*Aspidosperma polyneuron*) e, em seguida, a conversão progressiva, principalmente nos anos de 1950, dessas áreas para pequenas agriculturas e, em grande parte, para pastagens, até meados dos anos 1990 (PRIORI et al., 2012). Por fim, nos últimos 20 anos houve a conversão dessas pastagens para monoculturas de soja e milho (MAPBIOMAS, 2022). Assim, a criação do ParNa Iguaçu no ano de 1939, permitiu a manutenção da cobertura florestal nativa, protegendo-a da expansão territorial extrativista durante todo este período, demarcando o contraste observado na cobertura do solo no entorno e dentro da unidade de conservação. Isso reforça a efetividade do estabelecimento de unidades de conservação como uma forte política pública de conservação e preservação ambiental (BROCARD et al. 2022).

Distúrbios antrópicos podem causar uma redução no sequestro de CO<sub>2</sub> nas florestas, principalmente a redução e fragmentação, que levam ao aumento das bordas florestais e permitem maior ação dos ventos, altas temperaturas e baixa umidade. Esses fatores conduzem ao aumento das taxas de mortalidade das plantas (LAURANCE; CURRAN, 2008), resultando na redução do estoque de carbono (CHAPLIN-KRAMER et al., 2015). Dessa forma, a degradação ambiental que seria causada pela reabertura do Caminho-do-Colono afetaria diretamente, via desmatamento, o estoque de carbono em uma área de 26.5 ha (17.5 km x 12 m). Indiretamente, esse impacto seria muito maior, devido ao efeito de borda (CHAPLIN-KRAMER et al., 2015). A reabertura do Caminho-do-Colono tem o potencial de comprometer a capacidade do ParNa Iguaçu em manter populações viáveis de diversas espécies, aumentando a frequência de atividades ilegais como caça, pesca e extração de palmito (*Euterpe edulis*) em uma área de até 10 mil ha (PRASNIEWSKI et al., 2022). Além disso, uma estrada representa severo risco de atropelamentos para espécies como a onça-pintada (*Panthera onca*) (BROCARD et al. 2019), similar ao que acontece no Parque Estadual do Morro do Diabo, onde em menos de uma semana, dois indivíduos dessa espécie foram atropelados na rodovia que corta o parque ao meio (G1, 2023).

A degradação ambiental que pode ser causada pela reabertura do Caminho-do-Colono traria também impactos diretos na economia dos municípios constituintes e limítrofes ao ParNa Iguaçu, isso porque os valores de ICMS-e recebidos pelos municípios pela conservação de ambientes florestais têm significativa importância econômica na arrecadação de alguns municípios. Nossos resultados demonstram que o ICMS-e arrecadado incorpora de forma significativa a receita dos municípios de Céu Azul e Serranópolis do Iguaçu, permitindo o superávit desses municípios. Como a porcentagem que cada município recebe de repasse de ICMS-e é baseado no quanto ele protege e conserva o meio ambiente, a reabertura do Caminho-do-Colono afetaria negativamente essa porcentagem, causando redução dos valores repassados e trazendo riscos à saúde financeira dos municípios. Os municípios de

Serranópolis do Iguaçu e Céu Azul, por exemplo, teriam seu equilíbrio econômico afetado se houvesse redução no repasse desse recurso a partir de 25% e 45%, respectivamente, isso somente devido à redução dos escores de qualidade ambiental. O município de Serranópolis do Iguaçu é o principal dependente no ICMS-e provindo do ParNa Iguaçu, porém, por ter o trajeto do Caminho-do-Colono dentro do seu limite territorial, a reabertura dessa estrada pode ter consequências no balanço financeiro municipal com um déficit de até 12% ao ano, o que comprometeria severamente a estabilidade econômica desse município. Além disso, ao contrário do que é argumentado por apoiadores da reabertura do Caminho-do-Colono, os balanços financeiros dos municípios, principalmente de Capanema e Serranópolis do Iguaçu, não foram maiores quando a estrada estava em atividade. Longe disso, alguns municípios apresentaram um superávit no período em que a estrada permaneceu fechada, como Matelândia e Medianeira (do qual Serranópolis do Iguaçu foi emancipado em 1997). Isso também é suportado pelo resultado que nenhum município apresentou desempenho econômico menor do que média da região após o fechamento da estrada. Isto demonstra, por exemplo, que estes municípios, mesmo estando em rota do Caminho-do-Colono, se desenvolveram sem necessitar desse retrocesso ambiental, o que também aconteceu quando analisamos a economia de todos os municípios em conjunto. Certamente, outros fatores tiveram influência neste desenvolvimento, desde fatores regionais como aumento na produção agrícola, industrialização e serviço terciário, bem como fatores nacionais, como desenvolvimento econômico observado a partir da metade da década de 2000 (REOLON, 2007). A dependência econômica dessa estrada, portanto, é um argumento falacioso (KROPF; ELEUTÉRIO, 2015), tendo os municípios suplantando satisfatoriamente a ausência dessa rota.

No cenário brasileiro atual está em curso uma ampla discussão sobre a proposta de reforma tributária, que se baseia na Proposta de Emenda à Constituição - PEC nº 45/2019. Essa proposta visa uma profunda reestruturação do sistema de arrecadação e distribuição de tributos arrecadados pela federação. Essa PEC busca simplificar o intrincado sistema tributário nacional que engloba diversos impostos como PIS, Cofins, IPI, ICMS e ISS, substituindo-os por um único tributo denominado Imposto sobre Bens e Serviços (IBS). Contudo, a estratégia de transição para esse novo sistema abrange um período de uma década, o que levanta inquietações quanto ao destino do ICMS Ecológico, uma medida já adotada por vários estados federativos e de suma importância para a viabilidade do desenvolvimento sustentável no país. É notório que a PEC 45/2019, aprovada na Câmara dos Deputados e sob análise do Senado Federal, ainda permite espaços para ajustes e emendas. Um exemplo é o IBS Sustentável, proposto em 2019 pela então deputada Joenia Wapichana (EMC 171/2019). O IBS Sustentável, inspirado no ICMS Ecológico, objetiva suprir essa lacuna e preconiza destinar 0,5% dos recursos advindos do IBS para municípios que mantenham áreas de conservação, terras indígenas, tenham investido em infraestrutura de saneamento básico, reciclagem de resíduos sólidos e adotado medidas para reduzir emissões de carbono. Portanto, esse novo sistema tributário pode trazer como novidade a ampliação do chamado imposto ecológico para todos os estados e municípios do país.

A ausência de um incentivo ecológico/sustentável no país pode comprometer seriamente a realização de metas estipuladas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável pelo Estado Brasileiro, o que suscita a esperança de que, eventualmente, alguma forma de estímulo nesse sentido seja incorporada à nova proposta tributária. Entretanto, mesmo diante desse contexto de transição tributária, apreensões persistem a respeito de projetos como a reabertura do Caminho-do-Colono, que trazem consigo riscos econômicos consideráveis para os municípios dependentes dos recursos do ICMS Ecológico. Tais riscos poderiam ser minimizados caso outro incentivo ecológico, como o IBS Sustentável, fosse implementado. Ainda que a reforma não tenha delineado de forma completa a manutenção de políticas de

estímulo à preservação ambiental e ao desenvolvimento sustentável, a reabertura do Caminho-do-Colono pode comprometer o futuro dos municípios, caso esses não atendam a possíveis requisitos. Isso acarreta o risco de perder uma fonte de renda atualmente assegurada em troca de ganhos econômicos incertos provenientes da reabertura da estrada, que parecem carecer de justificativa à luz dos dados históricos. Portanto, é vital equilibrar cuidadosamente as considerações ambientais e econômicas, assegurando uma transição tributária que promova tanto a modernização fiscal quanto a proteção dos recursos naturais essenciais para o futuro do país.

Por outro lado, se os benefícios da reabertura da estrada são questionáveis, os custos econômicos e financeiros da reabertura são certos. A implementação dessa medida envolveria significativos gastos com a mitigação dos impactos ambientais no Parque Nacional do Iguaçu, uma área de extrema importância para a biodiversidade e para a preservação dos recursos hídricos da região. As despesas para a criação e manutenção de infraestruturas obrigatórias como diversas passagens de fauna terrestres e aéreas, além de dispositivos de controle de tráfego e velocidade e postos de monitoramento 24h, com agentes treinados, seriam substanciais. Essas seriam medidas mínimas que devem ser adotadas de imediato para reduzir os efeitos prejudiciais ao ecossistema sensível da área. Apesar das medidas mitigatórias propostas, é válido ressaltar que mesmo com todos esses esforços, o impacto ambiental reduzido ainda seria mínimo. Dada a fragilidade desse ecossistema e a sensibilidade do Parque Nacional do Iguaçu, qualquer interferência humana, por mais bem-intencionada que seja, pode resultar em alterações irreversíveis. Portanto, a avaliação cuidadosa dos custos financeiros e dos possíveis danos ambientais é fundamental para uma decisão informada e responsável sobre a reabertura do Caminho-do-Colono. O enfoque na preservação desses recursos naturais deve permanecer como prioridade, pois uma vez comprometidos, os impactos podem se estender muito além dos aspectos financeiros, afetando a biodiversidade, a paisagem e os serviços ecossistêmicos essenciais para as gerações presentes e futuras.

Por fim, a reabertura do Caminho-do-Colono encurtaria (para poucos) a distância entre as cidades de Serranópolis do Iguaçu e Capanema, embora este atalho não serviria para encurtar a rota de transporte para os principais produtos agrícolas, como a soja, pois a BR-277 e BR-163 continuariam sendo as vias de transporte de commodities agrícolas dos municípios lindeiros do parque. A reabertura da estrada tem o potencial de intensificar diversos problemas ambientais que impactam o coletivo e as receitas dos municípios. Além disso, a reabertura dessa estrada tiraria do parque seu papel na manutenção da vegetação nativa na região oeste e sudoeste do Paraná, onde a ocupação humana deixou um grande rastro de degradação ambiental. Finalmente, esse trabalho mostra financeiramente os possíveis impactos negativos na saúde financeira dos municípios caso essa estrada seja aberta, e desmantela o argumento de que a região prosperaria com essa estrada, um argumento que não é suportado na história.

### **Conclusão**

A recategorização de unidades de conservação ou sua degradação podem afetar drasticamente a obtenção de recursos pelos municípios do ICMS-ecológico. As PLs nº 7123/2010 e nº 984/2019 que propõe a reabertura do Caminho-do-Colono afetariam a economia dos municípios, devido a diminuição de repasses de recursos pelo pagamento de serviços ecossistêmicos, e não traria benefícios coletivos, uma vez que o desempenho econômico dos municípios e da região não foi afetado pelo fechamento da estrada, pelo contrário. O Caminho-do-Colono é ambiental e economicamente inviável, e definitivamente, não é uma forma de desenvolvimento dos municípios constituintes e lindeiros ao parque, ao contrário, é ainda uma forma de exploração de sentimentos pessoais para obtenção de votos e um desejo de favorecimentos a pequenos grupos ao invés do interesse coletivo.



## Agradecimentos

Agradecemos aos servidores do ICMBio (Parque Nacional do Iguaçu) e demais cientistas que contribuíram com informações para o nosso manuscrito ou com a leitura e apontamentos no texto. VMP agradece ao CNPq pela bolsa de doutorado (Processo nº 141645/2020-2). PMF agradece ao CNPq (Processo nº 31103/2015-4). NS agradece à Fundação Araucária (Edital nº 09/2021). As pesquisas de PMF são financiadas pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) 2020/08916-8, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) 0102016301000289/2021-33, FINEP/Rede CLIMA 01.13.0353-00 e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) 312450/2021-4.

## Referências

- BCB. Expectativas de Mercado – Séries Temporais: Boletim Focus. Brasília, DF: Banco Central do Brasil. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/expectativas2/#!/consultaSeriesEstatisticas>. Acesso em: 23 de maio de 2023.
- BARROS, R. C.; FONSECA, M. G.; JARDIM, M. T.; VENDRAMINI, V. E.; DAMIANI, B. C. B.; JULIO, C. E. A. Species of Cerambycinae (Insecta, Coleoptera, Cerambycidae) from east Paraná State (Brazil), with new geographic records. **Zootaxa**, v. 4845, n. 1, p. 1–25, 2020.
- BERNARD, E., PENNA, L.A.O.; ARAÚJO, E. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. **Conservation Biology**, n. 28(4), p. 939–950, 2014.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 22 abr. 2022.
- \_\_\_\_\_. Decreto nº 6587, de 14 de junho de 1944. Incorpora ao Parque Nacional do Iguaçu áreas que menciona. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 123, n. 1, p. 10761, 16 jun. 1944.
- \_\_\_\_\_. Decreto nº 86.676, de 01 de dezembro de 1981. Fixa novos limites do Parque Nacional do Iguaçu no Estado do Paraná. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 160, n. 8, p. 22837, 03 dez. 1981.
- \_\_\_\_\_. Decreto-lei nº 1.035, de 10 de janeiro de 1939. Cria o Parque Nacional do Iguaçu e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 118, n. 2, p. 867, 11 jan. 1939.
- \_\_\_\_\_. Decreto-lei nº 6.506, de 17 de maio de 1944. Desapropria, por utilidade pública, terrenos situados no Território Nacional de Iguaçu. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 123, n. 1, p. 8893, 19 mai. 1944.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ano 179, n. 7, p. 4917, 19 jul. 2000.
- BROCARD, C. R.; DA SILVA, M. X.; FERACIOLLI, P.; CÂNDIDO JUNIOR, J. F.; BIANCONI, G. V.; MORAES, M. F. D. *et al.* Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu. **Oecologia Australis**, v. 23, n. 02, p. 165–190, 2019.
- BROCARD, C.R., SZINWELSKI, N., CÂNDIDO-JR, J.F., SQUINZANI, L.I., PRASNIEWSKI, V.M., LIMONT, M.; FADINI, R.F. Strengthening top-down

- strategies are also required for conservation of the Araucaria Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 300-302, 2022.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Resultados da enquete do PL 984/2019**. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/enquetes/2192602/resultados>. Acesso em: 16 maio 2023.
- CHAPLIN-KRAMER, R.; RAMLER, I.; SHARP, R.; HADDAD, N. M.; GERBER, J. S.; WEST, P. C. *et al.* Degradation in carbon stocks near tropical forest edges. **Nature Communications**, v. 6, n. 1, p. 1–6, 2015.
- COUTO, A. Proposta de Lei nº 7123 de 2010. Institui a Estrada-Parque Caminho do Colono, no Parque Nacional do Iguaçu. **Câmara dos Deputados**, 2010. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=FC53E6463DDDD9888CE18ADA4FA43BBB.proposicoesWebExterno1?codteor=754591&filename=PL+7123/2010](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=FC53E6463DDDD9888CE18ADA4FA43BBB.proposicoesWebExterno1?codteor=754591&filename=PL+7123/2010). Acesso em: 23 abr. 2023.
- CRIST, E.; MORA, C.; ENGELMAN, R. The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. **Science**, v. 356, n. 6335, p. 260–264, 2017.
- DEAN, W. **With broadax and firebrand: the destruction of the Brazilian Atlantic Forest**. 1ª ed. Berkeley, USA: University of California Press, 1995.
- FIANCO, M.; SZINWELSKI, N.; FARIA, L. R. R. Katydids (Orthoptera: Tettigoniidae) from the Iguaçu National Park, Brazil. **Zootaxa**, v. 5136, n. 1, p. 1–72, 2022.
- GARCIA, J.C.; BAPTISTON, K.R. Análise do Projeto de Lei 7.123/2010 “Estrada Parque Caminhos do Colono” à luz do princípio da proibição do retrocesso ambiental. **Direito à Sustentabilidade**, v.1, n.1, p.103-121, 2014.
- G1. Câmara dos Deputados aprova urgência de projeto sobre reabertura de estrada no Parque Nacional do Iguaçu. **G1 PR Oeste e Sudoeste**, Curitiba, 9 jun. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2021/06/09/camara-dos-deputados-aprova-urgencia-de-projeto-sobre-reabertura-de-estrada-no-parque-nacional-do-iguacu.ghtml>. Acesso em: 16 maio 2023.
- \_\_\_\_\_. Deputados aprovam redação final do projeto que reabre Estrada do Colono. **G1 PR Oeste e Sudoeste**, Curitiba, 28 ago. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2013/08/deputados-aprovam-redacao-final-do-projeto-que-reabre-estrada-do-colono.html>. Acesso em: 16 de maio 2023.
- \_\_\_\_\_. Ameaçada de extinção, mais uma onça-pintada morre atropelada na rodovia que corta o Parque Estadual do Morro do Diabo; foi o 2º caso em menos de uma semana. **G1 Presidente Prudente e Região**, São Paulo, 28 de abr. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2023/04/28/ameacada-de-extincao-mais-uma-onca-pintada-morre-atropelada-na-rodovia-que-corta-o-parque-estadual-do-morro-do-diabo-foi-o-2o-caso-em-menos-de-uma-semana.ghtml>. Acesso em: 16 maio 2023.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. 1ª ed. Belo Horizonte, Minas Gerais: SOS Mata Atlântica Conservação Internacional, 2005.
- GUBERT-FILHO, F. A. O desflorestamento do Paraná em um século. In: SONDA, C.; TRAUZYNSKI, S. C. (Eds.). *Reforma agrária e meio ambiente: teoria e prática no estado do Paraná*. Curitiba: Kairós, 2010. Capítulo 1, pp. 15-27.
- IAT. ICMS ecológico. 2022. Disponível em: <https://geopr.iat.pr.gov.br/porta/apps/opdsdashboard/index.html#/bbc07ba5704d4635b65c2b1fc10c8c92>. Acesso em: 6 dez. 2022.
- \_\_\_\_\_. Portaria do N°263, de 28 de dezembro de 1998. Diário Oficial [do] Estado do Paraná, Curitiba, 29 dez. 1998. Seção 1, p. 10. Disponível em: [https://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form\\_cons\\_ato1.asp?Codigo=1404](https://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=1404). Acesso em: 01 maio. 2023.

- \_\_\_\_\_. Índice de Conservação do Solo e da Água (ICMS-E): Compilado de Tabelas e Modelos. Curitiba, PR: Instituto Ambiental do Paraná, jul. 2020. Disponível em: [https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/icmse\\_compilados\\_tabuas\\_modelos.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/icmse_compilados_tabuas_modelos.pdf). Acesso em: 16 maio 2023.
- \_\_\_\_\_. ICMSE - Índice de Conservação do Solo e da Água: Termo de Referência - Tábua de Avaliação. Curitiba, PR: Instituto Ambiental do Paraná, jul. 2020. Disponível em: [https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/icmse\\_termo\\_de\\_referencia\\_tabua\\_avaliacao.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/icmse_termo_de_referencia_tabua_avaliacao.pdf). Acesso em: 16 maio 2023.
- ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Biodiversidade). Dados geoespaciais de referência da cartografia nacional e dados temáticos produzidos no ICMBio. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados\\_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais). Acesso em: 18 nov. 2022.
- \_\_\_\_\_. Plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu. 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/ptbr/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-debiomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-do-iguacu/arquivos/plano\\_de\\_manejo\\_do\\_parna\\_do\\_iguacu\\_fevereiro\\_2018.pdf](https://www.gov.br/icmbio/ptbr/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-debiomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-do-iguacu/arquivos/plano_de_manejo_do_parna_do_iguacu_fevereiro_2018.pdf). Acesso em: 20 dez. 2022.
- IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). 2023. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: Ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459–473, 2014.
- KAPLAN, J. O.; KRUMHARDT, K. M.; ZIMMERMANN, N. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. **Quaternary Science Reviews**, v. 28, n. 27-28, p. 3016–3034, 2009.
- KROPF, M.; ELEUTERIO, A. A. Estrada do Colono: Análise dos argumentos que subsidiam o conflito. **VII SAPIS | II ELAPIS: Culturas e Biodiversidade: O presente que temos e o futuro que queremos**. p. 447-454, 2015.
- LAURANCE, W. F.; CURRAN, T. J. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: A review and synthesis. **Austral Ecology**, v. 33, n. 4, p. 399–408, 2008.
- MAPBIOMAS. Collection v.06 of deforestation and regeneration serie. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1>. Acesso em: 15 jun. 2022.
- MARIA, N. C. Proposta de lei nº 984 de 2019. Altera a Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, para criar a categoria de Unidade de Conservação denominada Estrada-Parque e institui a Estrada-Parque Caminho do Colono no Parque Nacional do Iguaçu. **Câmara dos Deputados**, 2019. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1712930&filename=PL+984/2019](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1712930&filename=PL+984/2019). Acesso em: 26 abr. 2023.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.
- N7W. Iguazu falls waterfalls in Brazil and Argentina. 2022. Disponível em: <https://nature.new7wonders.com/wonders/iguazu-fallsargentina-and-brazil/>. Acesso em: 6 dez. 2022.
- ORTIZ, R. A. Conservation versus development at the Iguaçu National Park, Brazil. **Ambientalia**, v. 1, p. 141–160, 2009.
- PARANÁ. Lei complementar nº 59/1991. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2º da lei nº 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, assim como adota outras providências. **Diário Oficial do Paraná**: Seção 1, ano 170, nº 3609, p. 3876, 1out. 1991.

- PRASNIEWSKI, V. M.; SZINWELSKI, N.; BERTRAND, A. S.; MARTELLO, F.; BROCARD, C. R.; CUNHA, J. *et al.* Brazil's Iguaçu National Park threatened by illegal activities: Predicting consequences of proposed downgrading and road construction. **Environmental Research Letters**, v. 17, p. 024024, 2022.
- PRASNIEWSKI, V. M.; SZINWELSKI, N.; SOBRAL-SOUZA, T.; KUCZACH, A. M.; BROCARD, C. R.; SPERBER, C. F. *et al.* Parks under attack: Brazil's Iguaçu National Park illustrates a global threat to biodiversity. **Ambio**, v. 49, n. 12, p. 2061–2067, 2020.
- PRIORI, A.; POMARI, L. R.; AMÂNCIO, S. M.; IPÓLITO, V. K. A história do Oeste Paranaense. In: **História do Paraná: Séculos XIX e XX**. Edição: PRIORI, A. Maringá, Brazil: EDUEM, 2012. p. 75–89. <https://static.scielo.org/scielobooks/k4vrh/pdf/priori-9788576285878.pdf>
- REOLON, C. A. A aglomeração urbana da soja: Cascavel e Toledo no contexto da metropolização na mesorregião do oeste do Paraná. 2007. 246 f. Dissertação (Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- SALAMUNI, R.; SALAMUNI, E.; ROCHA, L. A.; ROCHA, A. L. Parque Nacional do Iguaçu, PR - Cataratas de fama mundial. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: CPRM, 2002.
- STRAUBE, F. C.; URBEN-FILHO, A.; CÂNDIDO-JR, J. F. Novas informações sobre a avifauna do Parque Nacional do Iguaçu (Paraná). **Atualidades Ornitológicas**, v. 120, p. 10–28, 2004.
- TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2328–2340, 2010.
- TALLIS, H.; KAREIVA, P. M. Ecosystem services - essay. **Current Biology**, v. 15, n. 18, p. 1–3, 2005.
- TROCHEZ, L. F. C.; TASISTRO, I. B.; DUARTE, C. F.; DE-ALMEIDA, J., FERREIRA, L. D. *et al.* Apresentação checklist das fanerógamas do Parque Nacional do Iguaçu, Foz do Iguaçu-PR, Brasil. **Revista Latino-Americana de Estudos Avançados**, v. 1, n. 2, p. 71-102, 2017.
- UNESCO. **Iguaçu National Park**. 2022. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/en/list/355>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

## Material Suplementar

### 1. Resumo dos dados econômicos utilizados.

Tabela S1. Anos com dados de receitas e despesas municipais provindos do Instituto de Água Terra (IAT) utilizados para avaliar a importância do ICMS-ecológico provindo do Parque Nacional do Iguaçu para o desempenho econômico dos municípios. Fonte:

<<https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/ICMS-Ecológico-por-Biodiversidade>>

| Município                 | Anos com dados disponíveis        | Nº de amostras |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Capanema                  | 1998 - 2011, 2015 - 2021          | 20             |
| Capitão Leônidas Marques  | 1998 - 2011, 2015 - 2021          | 20             |
| Céu Azul                  | 1998 - 2011, 2015 - 2021          | 20             |
| Foz do Iguaçu             | 1998 - 2011, 2015 - 2021          | 20             |
| Lindoeste                 | 1998 - 2011, 2015 - 2021          | 20             |
| Matelândia                | 1998 - 2011, 2015 - 2021          | 20             |
| Medianeira                | 1998-2004, 2006 - 2011, 2015-2021 | 19             |
| Santa Lúcia               | 1998 - 2011, 2015-2021            | 20             |
| Santa Tereza do Oeste     | 1998-2001, 2003 - 2011, 2015-2021 | 19             |
| Santa Terezinha de Itaipu | 1998 - 2011, 2015-2021            | 20             |
| Serranópolis do Iguaçu    | 1998 - 2011, 2015-2021            | 20             |
| São Miguel do Iguaçu      | 1998 - 2011, 2015-2021            | 20             |
| Vera Cruz do Oeste        | 1998 - 2011, 2015-2021            | 20             |

Tabela S2. Anos com dados de receitas e despesas municipais provindos do IPARDES utilizados para testar se antes do fechamento da Caminho-do-Colono (2001) o desempenho econômico dos municípios era melhor que após o fechamento.

| Município                 | Anos com dados disponíveis      | Nº de amostras |             |
|---------------------------|---------------------------------|----------------|-------------|
|                           |                                 | Com estrada    | Sem estrada |
| Capanema                  | 1980 - 2013, 2015 - 2021        | 21             | 20          |
| Capitão Leônidas Marques  | 1980 - 2021                     | 21             | 21          |
| Céu Azul                  | 1980 - 2021                     | 21             | 21          |
| Foz do Iguaçu             | 1980 - 2021                     | 21             | 21          |
| Lindoeste                 | 1990 - 2021                     | 11             | 21          |
| Matelândia                | 1980 - 2021                     | 21             | 21          |
| Medianeira                | 1993-2004, 2006-2021            | 8              | 20          |
| Santa Lúcia               | 1993-2021                       | 8              | 21          |
| Santa Tereza do Oeste     | 1990-1997, 1999-2001, 2003-2021 | 10             | 20          |
| Santa Terezinha de Itaipu | 1983-2021                       | 18             | 21          |
| Serranópolis do Iguaçu    | 1997-2021                       | 4              | 21          |
| São Miguel do Iguaçu      | 1980-2021                       | 21             | 21          |
| Vera Cruz do Oeste        | 1983-2021                       | 18             | 21          |

## 2. Cálculos de repasse de ICMS-e, conforme estabelecido na Portaria 263/98 do IAP e demais normas.

### a. *Coefficiente de Conservação da Biodiversidade Básico (CCB)*

É a razão entre a superfície da Unidade de Conservação contida dentro do território de um determinado município ( $Auc$ ), pela superfície total do respectivo município ( $Am$ ), mantida uma unidade de medida, corrigida por um Fator de Conservação ( $Fc$  - Anexo III da Portaria 263/98 do IAP), definido de acordo com a Categoria de Manejo.

$$CCB = \frac{Auc}{Am} \cdot Fc$$

### b. *Coefficiente de Conservação da Biodiversidade por Interface (CCBI)*

É a ponderação do CCB passível de sofrer alteração em função do nível de qualidade da UC (ou parte) incidente no território municipal, determinado pela variação de escores de qualidade da UC a partir da aplicação anualmente de uma tábua de avaliação o ( $\Delta Qua$ ) e ponderada por um peso ( $P$ ) equivalente a hierarquia de gestão da UC (municipal, estadual e federal) (parâmetros definidos no anexo III da Portaria 126/96 do IAP).

$$CCBI = [CCB + (CCB \cdot \Delta Qua)] \cdot P$$

### c. *Índice Ambiental por Biodiversidade (IA)*

É a razão entre a soma dos CCBI de todas as UC do município ( $CCBM$ ), pelo somatório do CCBI calculado para todos os municípios do Estado ( $CCBE$ ), percentualizado e corrigido por 1/2, para corresponder a cinquenta por cento dos recursos totais a ser repassado aos municípios.

$$IA = 0.5 \cdot \frac{CCBM}{CCBE} \cdot 100\%$$

### d. *Repasse de ICMS-e*

É o  $IA$  multiplicado pelo valor de repasse do ICMS-e ecológico em reais (R\$) em um determinado ano.

$$ICMSe = \frac{IA (\%) \cdot \text{repasse (R\$)}}{100 \%}$$

*Obs:* para se obter o repasse de ICMS-e provindo apenas uma UC, basta no cálculo do  $IA$  considerar apenas a UC interesse no município ao invés do somatório de todas as UC.



### 3. Exemplo de cálculo do ICMS-e.

Considerando a título de exemplo, o Parque Nacional do Iguaçu no município de Céu Azul no ano de 2021, temos os seguintes parâmetros:

- i) Área do Parque Nacional do Iguaçu dentro do município de Céu Azul ( $Auc$ ) = 85,366.03
- ii) Área do município ( $Am$ ) = 117,659.78
- iii) Fator de conservação ( $Fc$ ) = 0.35 (valores referência para Parques Nacionais criados antes da emancipação do município – conforme Anexo III da Portaria 263/98 do IAP)
- iv) Variação da qualidade de conservação da UC ( $Qua$ ) = 0.31
- v) Peso equivalente a hierarquia da gestão da UC ( $P$ ) = 1 (para UCs federais)
- vi) Soma do Coeficiente de Conservação por Interfase de todo o estado ( $CCBE$ ) = 9.430406559
- v) Repasse de ICMS-e = R\$ 477,985,067.96

$$CCB = \frac{85366,03}{117659,78} \cdot 0.35 = 0.254$$

$$CCBI = [0.254 + (0.254 \cdot 0.31)] \cdot 1 = 0.333$$

$$IA = 0.5 \cdot \frac{0.333}{9.430406559} \cdot 100\% = 0.176980704$$

$$ICMSe = \frac{1.763746 \cdot R\$ 477,985,067.96}{100\%} = R\$ 8,439,139.00$$

Assim o valor repassado de ICMS-e referente ao PNI ao município de Céu Azul no ano de 2022 foi de R\$ 8,439,139.00.

### 4. Correlação entre a variação do PIB nacional e Índice de Liquidez dos municípios.

Tabela S3. Correlação entre a variação do Produto Interno Bruto do Brasil com a Índice de Liquidez dos municípios.

| Municípios                | Correlação de Spearman | P valor |
|---------------------------|------------------------|---------|
| Capanema                  | -0.203                 | 0.204   |
| Capitão Leônidas Marques  | 0.255                  | 0.103   |
| Céu Azul                  | 0.102                  | 0.520   |
| Foz do Iguaçu             | 0.075                  | 0.637   |
| Lindoeste                 | 0.236                  | 0.194   |
| Matelândia                | 0.151                  | 0.341   |
| Medianeira                | 0.013                  | 0.933   |
| Santa Lúcia               | 0.206                  | 0.284   |
| Santa Tereza do Oeste     | 0.102                  | 0.529   |
| Santa Terezinha de Itaipu | 0.065                  | 0.693   |
| Serranópolis do Iguaçu    | -0.077                 | 0.715   |
| São Miguel do Iguaçu      | 0.193                  | 0.222   |
| Vera Cruz do Oeste        | 0.351                  | 0.351   |

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados desta tese demonstram claramente que os Projetos de Lei nº 7123/2010 e PL nº 984/2019 terão impactos severos em diferentes âmbitos e não apresentam benefícios econômicos que justifiquem a sua aprovação. A reabertura do Caminho-do-Colono, objeto de ambos os PLs, vai trazer insegurança jurídica pois permitirá, por jurisprudência, que ações semelhantes possam ser implementadas em outras unidades de conservação de proteção integral brasileiras, impactando ainda mais a biodiversidade. Do ponto de vista ambiental, a reabertura dessa estrada tem o potencial de promover o aumento de atividades ilegais como caça, pesca e extração de palmito, trazendo impacto direto para a biodiversidade e risco para as espécies ameaçadas de extinção. Além disso, a remoção da vegetação necessária para acomodar o trajeto da estrada causará uma redução na cobertura florestal, além de fragmentar ao meio o Parque Nacional do Iguaçu, isolando sua área core (zona intangível) das demais áreas. A reabertura do Caminho-do-Colono é inviável economicamente pois alguns municípios terão redução significativa na arrecadação do ICMS-e que é distribuído pelo estado do Paraná como forma de incentivar a conservação da biodiversidade e mananciais de água. Por fim, ao contrário do que defendido pelos simpatizantes da reabertura do Caminho-do-Colono, a economia dos municípios e da região não foi afetada pelo fechamento do Caminho-do-Colono, o que suporta a manutenção do parque na forma que se encontra.

Ambos os Projetos de Lei são inconstitucionais e configuram um retrocesso na legislação ambiental do país. Esses PLs são inconsistentes com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC: Lei nº 9985/2000), que estabelece que as unidades de conservação de 'proteção integral', como Parques Nacionais (categoria II da IUCN), devem ter preferência sobre as unidades de 'uso sustentável' (categoria VI da IUCN), como seria o caso da unidade 'estrada-parque' proposta pelos PLs em questão. O retrocesso jurídico está no fato de que em 2002 o Supremo Tribunal Federal (STF) determinou o fechamento definido do Caminho-do-Colono. O STF é a última instância do sistema jurídico brasileiro e, portanto, a decisão desse tribunal tem caráter *res judicata*, ou seja, é "uma decisão contra a qual não pode ser interposto recurso". Portanto, ao propor estes projetos de lei, os parlamentares e o Congresso Nacional Brasileiro estão ignorando a Constituição Federal, o SNUC e o Poder Judiciário, e buscando o velho "jeitinho brasileiro" para proceder com esse retrocesso ambiental.

Os resultados apresentados demonstraram que a reabertura do Caminho-do-Colono pode ter sérios impactos sobre a frequência de atividades ilegais no Parque Nacional do Iguaçu, pois esta estrada permitiria que atividades como caça, pesca e extração-de-palmito, aumentassem significativamente na região. Essas atividades

ilegais tem o potencial de afetar tragicamente a biodiversidade local, uma vez que muitas das espécies alvo e/ou impactadas indiretamente já se encontram ameaçadas de extinção, como por exemplo o queixada (*Tayassu pecari* - Vulnerável), o surubim-do-iguaçu (*Steindachneridion melanoderdatum* - Em Perigo), a jacutinga (*Aburria jacutinga* - Em Perigo), a onça-pintada (*Panthera onca* - Vulnerável) e o palmito-jussara (*Euterpe edulis* - Vulnerável). Assim, a magnitude e consequências prováveis do aumento de atividades ilegais indicam um elevado custo ambiental que a reabertura dessa estrada pode ter sobre a biodiversidade.

Caso seja reaberto, o Caminho-do-Colono contribuirá com a redução da cobertura florestal na região, fragmentará o parque ao meio e terá efeitos diretos e indiretos sobre a biodiversidade. A reabertura do Caminho-do-Colono e seus consequentes impactos legais e ambientais podem fazer com que a pontuação recebida pelos municípios paranaenses pela conservação da biodiversidade e/ou mananciais de água afete negativamente a arrecadação de recursos distribuídos pelo ICMS-e. Essa redução causaria impactos financeiros drásticos especialmente para os municípios de Serranópolis do Iguaçu e Céu Azul, os quais têm sua economia dependente do ICMS-e que é atrelado a conservação do Parque Nacional do Iguaçu. Para esses municípios, uma pequena redução percentual na arrecadação de recursos do ICMS-e afetará significativamente a economia destes municípios, levando a deficit financeiro.

Deste modo, alternativas sustentáveis para o desenvolvimento econômico regional sem a necessidade da reabertura do Caminho-do-Colono podem, e devem, ser trabalhadas. Iniciativas como o fomento e estruturação de ecoturismo na região, dentro ou fora do Parque Nacional do Iguaçu, podem contribuir para o empreendedorismo na região, além de valorizar moradores e propriedades locais e ampliar a captação de recursos. Atividades de observação de aves e contemplação da natureza tem crescido na região e precisam ser incentivadas e monetizadas. Essas atividades podem responder por grande parte das receitas dos municípios, mas é necessário gestão de processos e serviços para que de fato essa seja uma atividade rentável. Incentivos a meliponicultura nas propriedades lindeiras da unidade, focado em espécies nativas da região, também tem sido uma alternativa economicamente viável. A região de Capanema, por exemplo, tem se destacado nesse quesito, inclusive com a criação de cooperativa que agrega os produtores de mel da região e com selo de procedência, agregando valor aos produtos.

Diante do exposto, instruímos que os projetos de lei em análise sejam rejeitados em todas as instâncias, seja pela não aprovação pelo legislativo na Câmara dos Deputados e Senado Federal, seja veto pelo executivo do Presidente da República ou, em última instância, pela anulação do processo no Supremo Tribunal Federal. A reabertura do Caminho-do-Colono viola o artigo 225, parágrafo 1, cláusula 3, da

Constituição brasileira, onde é estabelecido que qualquer modificação ou supressão de uma área protegida só pode ser feita através de leis que justifiquem a modificação, sendo proibida qualquer utilização que comprometa a integridade ambiental da área. Esse artigo é a garantia coletiva do direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida. O poder público não pode se omitir quanto ao seu inerente dever de defender e preservar o meio ambiente e o Parque Nacional do Iguaçu para as presentes e futuras gerações. A reabertura da estrada do Colono, portanto, não deve ser considerada como um caminho para o desenvolvimento mas sim como uma contribuição para a perda da biodiversidade e para as mudanças climáticas, que trarão (ou já trouxeram) profundos impactos econômicos às populações humanas.

A fragmentação ambiental via abertura de estradas, especialmente em unidades de conservação de proteção integral é uma temática em destaque na mídia e na literatura científica. A reabertura do Caminho-do-Colono já foi destaque em jornais locais, regionais e nacionais. Dado sua importância, o primeiro capítulo dessa tese já foi citado 12 vezes, 10 vezes em artigos científicos, uma página de notícias e um relatório técnico. O segundo capítulo, por sua vez, foi citado até o momento por dois artigos e um trabalho de conclusão de curso. Além disso, próximo a votação do pedido de urgência da PL nº 984/2019 fomos contactados pela consultoria da Câmara dos Deputados, solicitando o primeiro o artigo referente a Capítulo 1, já publicado no momento. Este artigo serviu de base teórica para discussões na Câmara dos Deputados durante a votação.

As discussões sobre a reabertura do Caminho-do-Colono só são possíveis devido a mecanismos legais de afrouxamento da legislação ambiental. As discussões no plenário da Câmara dos Deputados e Senado Federal tem sido superficiais e não levam em conta os efeitos nocivos sobre a biodiversidade e nem consideram os efeitos futuros da sua perda. A crise da biodiversidade amplamente alarmada pela comunidade científica precisa ser levada a sério e o pensamento conjunto deve ser proteger e restaurar os ambientes impactados ao invés de buscar caminhos legais para a destruição ambiental. Precisamos avançar na proteção e conservação do meio ambiente, e o Caminho-do-Colono não é o caminho!

