



Alex Bager

Infraestrutura Viária & Biodiversidade

2018

Alex Bager

Infraestrutura Viária & Biodiversidade

MÉTODOS E DIAGNÓSTICOS

1^o Edição

Lavras | MG
2018

© Copyright 2018 do Autor

Alex Bager

E-mail: abager@ecoestradas.org

Blog Alex Bager – <http://bab.empreendedor-academico.com.br>

Empreendedor Acadêmico - <http://empreendedor-academico.com.br/>



**Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Processos
Técnicos da Biblioteca Universitária da UFLA**

Bager, Alex.

Infraestrutura viária & biodiversidade : métodos e diagnósticos / Alex Bager. – 1. ed. – Lavras : Ed. UFLA, 2018. 261 p. : il.

Bibliografia.

1. Ecologia de estradas. 2. Infraestrutura viária. 3. Ecologia aplicada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ISBN: 978-85-903770-4-7

CDD - 577.272

Lista de autores

Nome	Instituição
Alberto González Gallina	Instituto de Ecología A. C. – División de Posgrado – Fortaleza de Conservación – Veracruz – México. E-mail: fodopo@hotmail.com
Alex Bager	Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG – Brasil. E-mail: abager@ecoestradas.org
Ana Ceia-Hasse	Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes (cE3c) – Faculdade de Ciências – Universidade de Lisboa – Lisboa – Portugal. E-mail: anaceiahasse@yahoo.com
Angelo Barbosa Monteiro	Setor de Ecologia – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG – Brasil. E-mail: angelobmonteiro@gmail.com
Camilo Rodríguez Pava	Biólogo – Consultor. E-mail: danielcamilorodriguez@gmail.com
Clara Grilo	Setor de Ecologia – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG – Brasil. E-mail: clarabentesgrilo@gmail.com
Daniela Araya-Gamboa	Panthera – Costa Rica – Vías Amigables con la Vida Silvestre. E-mail: daraya@panthera.org
Érika Paula Castro	Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG – Brasil. E-mail: erika.castro@ecoestradas.org
Esmeralda Arévalo-Huezo	Universidad Latina de Costa Rica – Vías Amigables con la Vida Silvestre. E-mail: arevaloesmeralda@gmail.com
Esther Pomareda-García	Fundación Hagnauer – Vías Amigables con la Vida Silvestre. E-mail: estrella81@gmail.com
Fabiano Rodrigues de Melo	Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG – Brasil. E-mail: fabiano_melo@ufg.br
Felipe H. Montenegro Tournon	ECOBIO Uruguay (Ecología y Conservación de la Biodiversidad del Uruguay). E-mail: fmontenegro@fcien.edu.uy

Fernando Vargas-Salinas	Programa de Biología – Universidad del Quindío – Armenia – Colombia. E-mail: vargassalinasf@yahoo.com
Griselda Benítez Badillo	Red Ambiente y Sustentabilidad – Instituto de Ecología – A.C. – Mexico. E-mail: griselda.benitez@inecol.mx
Helio Secco	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócio-Ambiental de Macaé – Macaé – RJ – Brasil. E-mail: hkcsecco@gmail.com
Hugo Ignacio Coitino Banquero	ECOBIO Uruguay (Ecología y Conservación de la Biodiversidad del Uruguay). E-mail: hcoitino@gmail.com
José Carlos Guerrero Antúnez	ECOBIO Uruguay (Ecología y Conservación de la Biodiversidad del Uruguay). E-mail: jguerrero@fcien.edu.uy
José Luis González Manosalva	Departamento de Ciencias Ambientales y de la Construcción – Instituto Tecnológico Metropolitano – Medellín – Colombia. E-mail: josegonzalez@itm.edu.co
Juan Carlos Jaramillo Fayad	Instituto Tecnológico Metropolitano – Medellín – Colombia. E-mail: jc.jaramillofayad@gmail.com
Katia M.P.M.B. Ferraz	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Departamento de Ciências Florestais – Laboratório de Ecologia – Manejo e Conservação de Fauna Silvestre – Piracicaba – SP – Brasil. E-mail: katia.ferraz@usp.br
Lucas Del Bianco Faria	Setor de Ecologia – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG – Brasil. E-mail: lucasdbf@gmail.com
Marcelo Gordo	Universidade Federal do Amazonas – Departamento de Biologia – ICB – Laboratório de Biologia da Conservação – Manaus – AM – Brasil. E-mail: projetosauim@gmail.com
Márcio Marcelo de Moraes Júnior	Laboratório de Ciências Ambientais – Centro de Biociências e Biotecnologia – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Campos dos Goytacazes – RJ – Brasil. E-mail: moraisjr@gmail.com
Maria Mercedes Velásquez López	Instituto Tecnológico Metropolitano – Medellín – Colombia. E-mail: mariavelop@gmail.com

Maurício Talebi	Universidade Federal de São Paulo – Depto de Ciências Ambientais – Programa de Pós Graduação Análise Ambiental Integrada – Campus Diadema – Diadema – SP – Brasil. E-mail: talebi@unifesp.br
Paula Ribeiro Anunciação	Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG. E-mail: paulaevel@yahoo.com.br
Paulo dos Santos Pompeu	Pós-graduação em Ecologia Aplicada – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras. E-mail: pompeups@gmail.com
Priscila Silva Lucas	Laboratório de Ciências Ambientais – Universidade Estadual Norte Fluminense – Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro – Brasil. E-mail: prilucass@gmail.com
Priscilla M.S. Villela	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP – Departamento de Zootecnia – Laboratório de Biotecnologia Animal – Piracicaba – Brasil
Renata A. Miotto	Departamento de Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) – Piracicaba – Brasil. E-mail: remiotto@yahoo.com.br
Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega	Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Geociências da Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. E-mail: raanobrega@ufmg.br
Thais Yumi Yuhara	Pós-graduação em Ecologia Aplicada – Departamento de Biologia – Universidade Federal de Lavras

Apresentação

Parece incrível, mas em 2018 completei 20 anos de pesquisas em Ecologia de Estradas. Admito que a descoberta da minha paixão pelo tema não se originou de um interesse próprio, mas induzida por alunos indignados com o número de carcaças que encontrávamos nas rodovias do sul do Rio Grande do Sul.

Comecei como muitos pesquisadores, orientando trabalhos de conclusão de curso no tema. Posteriormente, devido as pesquisas que desenvolvia com tartarugas de água doce e que me obrigavam trafegar entre Pelotas e a Estação Ecológica do Taim, surgiu a curiosidade de coletar dados das centenas de animais que via atropelados. Em 2002 tive meu primeiro projeto financiado neste segmento. Nessa fase o “bichinho” da Ecologia de Estradas já era um hospedeiro permanente na minha vida e que tem coevoluído até os dias de hoje.

Quem vivenciou a Ecologia de Estradas há 10 anos e continua a atuar no tema provavelmente concordará que ela evoluiu de uma forma impressionante. Alguns pontos que evidenciam essa afirmação são a qualidade dos artigos que estão sendo publicados por pesquisadores brasileiros, o incremento no número de grupos de pesquisa e a contínua discussão em meios acadêmicos e fora destes.

Neste 20 anos atuando na área foram organizados quatro congressos brasileiros (sendo o último internacional). Sobre este ponto preciso contar uma passagem marcante e decisiva para o meu envolvimento no tema. Essa passagem teve como ator principal o pai da Ecologia de Estradas, Richard Forman. Não me recordo a data exata, mas foi no começo do segundo semestre de 2009, logo depois de ter sido contratado pela Universidade Federal de Lavras. Pensei em organizar um congresso ou simpósio sobre ecologia de estradas e a primeira providência foi escrever para o Dr. Forman e convidá-lo para participar. Passaram-se dias e semanas, e até novembro eu não obtive qualquer retorno. Em dado momento desisti do congresso, não só pela ausência de resposta, mas porque me envolvi em outros projetos. Chegou o fim do ano e no dia 5 de janeiro de 2010 recebi um email do Dr. Forman afirmando que aceitava meu convite e que inclusive traria sua esposa para conhecer o Brasil. Nem preciso dizer que foram os meses mais corridos da minha vida, mas ao final de seis meses estávamos com toda estrutura pronta para o primeiro congresso brasileiro, o Road Ecology Brazil 2010. Eu sempre acreditei que alguns marcos criaram grandes mudanças de destino na minha vida profissional, esse certamente foi um deles. É impossível esquecer a cena do Dr. Forman me explicando o conceito de efeito barreira na areia de um leito de rio, tendo uma incrível cachoeira ao fundo.

Um capítulo à parte na história da Ecologia de Estradas no Brasil foi a ideia de usar a tecnologia para ampliar nosso conhecimento do problema do atropelamento de fauna. Em 2014 lançamos o Sistema Urubu. Em quatro anos nossa plataforma de ciência cidadã reuniu mais de 100 mil registros de fauna atropelada, tem mais de 25 mil usuários e cresce diariamente. Mais do que registros de animais atropelados, o Sistema Urubu gerou engajamento e difusão de conhecimento, permitindo levar o

tema a níveis ambientais, políticos, sociais e econômicos que não imaginávamos possível.

Em 2015 conduzimos um trabalho que reuniu dezenas de profissionais das mais variadas áreas e que culminou na Estratégia Nacional para a Mitigação dos Impactos da Infraestrutura Viária na Biodiversidade Brasileira (BioInfra Brasil). E finalmente, em 2016 foi apresentada a proposta da criação da Rede Latino-americana de Biodiversidade e Infraestrutura Viária.

Enquanto escrevo este texto estou em pleno campo, realizando a Expedição Urubu na Estrada. Os resultados dessa Expedição se estenderão por muitos anos e espero poder mostrar *in loco* os problemas identificados através de artigos científicos e dados coletados pelo Sistema Urubu. O que presenciei até o momento tem me mostrado que conhecemos pouco ou nada dos impactos causados por rodovias, estradas e ferrovias na nossa biodiversidade.

Esse breve resumo mostra que o crescimento da ecologia de estradas não aconteceu ao acaso e que somente foi atingido pelo esforço e dedicação de centenas de pessoas dos mais variados segmentos da sociedade. Os esforços, sejam eles individuais ou em rede, estão apenas arranhando a superfície do problema.

Em 2012, quando publiquei o primeiro livro de ecologia de estradas jamais imaginei que o Brasil tivesse fôlego para um novo livro em menos de 10 anos. Eu estava enganado. Hoje, com o lançamento do Infraestrutura Viária & Biodiversidade: Métodos e Diagnósticos já fico na torcida para que outros pesquisadores reúnam suas pesquisas e parceiros em novas iniciativas, pois tenho certeza que há grandes lacunas de informação que ainda podem ser preenchidas.

O livro Infraestrutura Viária & Biodiversidade foi concebido para ser utilizado como um manual em diversos temas de ecologia de estradas, sobretudo na seção Métodos. Já a seção de Diagnósticos nos mostra a realidade da Ecologia de Estradas em alguns países da América Latina.

O livro reúne assuntos para novatos e iniciados em Ecologia de Estradas. As técnicas e métodos abordados nos capítulos reúnem temas jamais detalhados em um único texto, apresentados com extrema profundidade, mas com muita simplicidade. Vários capítulos se estruturam abordando a teoria, o método e exemplos de sucesso.

Agradeço imensamente a todos(as) os(as) autores(as) que dedicaram seu tempo para a elaboração dos capítulos, foi um prazer trabalhar com vocês. Muito obrigado pela confiança e paciência, aprendi muito durante a edição deste livro e vários dos tópicos que vocês discorrem já estão incorporados em projetos que estou realizando.

Alex Bager

19 de Novembro de 2018

SUMÁRIO

<u>APLICAÇÕES DE MARCADORES MOLECULARES EM ECOLOGIA DE ESTRADAS</u>	19
RESUMO	20
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MARCADORES MOLECULARES	22
DNA MITOCONDRIAL	24
MICROSSATÉLITES	25
SNPs	26
POTENCIALIDADES	28
DETECÇÃO DA FRAGMENTAÇÃO POPULACIONAL E DO EFEITO BARREIRA GERADOS POR RODOVIAS	29
DETECÇÃO DE IMPACTOS DE RODOVIAS SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA	33
DETECÇÃO DE IMPACTOS SOBRE O TAMANHO EFETIVO POPULACIONAL	35
DETECÇÃO DE MIGRANTES EFETIVOS	36
IDENTIFICAÇÃO DE CARÇAÇAS	37
IDENTIFICAÇÃO DE RESPOSTAS ESPÉCIE OU SEXO-ESPECÍFICAS, E SUCESSO REPRODUTIVO	38
DISTINÇÃO ENTRE IMPACTOS DE RODOVIAS E DE OUTRAS CARACTERÍSTICAS DA PAISAGEM – APLICAÇÕES DE GENÉTICA DA PAISAGEM	39
DETERMINAÇÃO DA PRESENÇA/DENSIDADE DE ESPÉCIES EM ÁREAS DE INFLUÊNCIA DE RODOVIAS	41
OBTENÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
AGRADECIMENTOS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
<u>PROTOCOLO DE MONITORAMENTO DE FAUNA ATROPELADA: UMA PROPOSTA UNIFICADORA</u>	51
RESUMO	52
ABSTRACT	52
INTRODUÇÃO	53
PROTOCOLO DE MONITORAMENTO DE FAUNA ATROPELADA DO CBEE	53
TIPOS DE MONITORAMENTO	54
NÚMERO DE ATROPELAMENTO E TAXA DE ATROPELAMENTO	54
COMO CALCULO A TAXA DE ATROPELAMENTO?	55
VELOCIDADE DE MONITORAMENTO	56

DEFINIÇÃO DO TRECHO À SER MONITORADO	58
COMPOSIÇÃO DA EQUIPE	58
DIFERENCIANDO DADOS SISTEMÁTICOS DE EVENTUAIS	60
DIREÇÃO DO MONITORAMENTO	60
DEFININDO A LARGURA DA ÁREA DE AMOSTRAGEM	61
COLETA DE DADOS	62
AGRADECIMENTOS	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

DIRETRIZES PARA ESTUDOS DE EFEITOS BARREIRA E MARGINAIS EM PEQUENOS MAMÍFEROS **71**

RESUMO	72
ABSTRACT	72
INTRODUÇÃO	73
EFEITOS MARGINAIS E EFEITO BARREIRA NA FAUNA DE PEQUENOS MAMÍFEROS	73
DIFERENTES ABORDAGENS E MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO EFEITO BARREIRA.	74
CAPTURA-MARCAÇÃO-RECAPTURA	74
RASTREANDO O ANIMAL PARA DETECTAR MOVIMENTAÇÃO	75
ABORDAGEM GENÉTICA	77
O USO DE TRANSLOCAÇÕES PARA ENTENDER O EFEITO BARREIRA	77
O QUE CONSIDERAR NA PROPOSIÇÃO DE BONS DELINEAMENTOS PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS MARGINAIS?	78
ÁREAS A SEREM AMOSTRADAS	78
DELINEAMENTO PERTO X LONGE	78
DISPOSIÇÃO DAS ARMADILHAS EM GRADE OU TRANSECTO?	79
ESFORÇO DE AMOSTRAGEM: UMA QUESTÃO IMPORTANTE NA QUANTIFICAÇÃO DE AMBOS OS EFEITOS	80
TIPOS DE DADOS A SEREM MENSURADOS: POR QUÊ? E PARA QUÊ?	81
CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCALA TEMPORAL DE MONITORAMENTO PARA QUANTIFICAÇÃO DOS EFEITOS.	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
AGRADECIMENTOS	82
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	82

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPACIAL COM RECURSO À TELEMETRIA **85**

RESUMO	86
ABSTRACT	86
INTRODUÇÃO	87
A TELEMETRIA	88

COMPONENTES E TIPOS DE TÉCNICAS	89
DESENHO EXPERIMENTAL	90
EFEITOS DOS TRANSMISSORES NOS INDIVÍDUOS MARCADOS	91
ERRO DE LOCALIZAÇÃO	92
LIMITAÇÕES DA TELEMETRIA	93
ANÁLISE DE DADOS	94
CÁLCULO DAS ÁREAS DE VIDA	94
AVALIAÇÃO DO USO DO ESPAÇO E A DIRECIONALIDADE DOS MOVIMENTOS	95
ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DAS TRAVESSIAS COM SUCESSO E OS ATROPELAMENTOS	97
ESTUDOS DE CASO	97
<i>EFFECTS AND MITIGATION OF ROAD IMPACTS ON INDIVIDUAL MOVEMENT BEHAVIOR OF WILDCATS (KLAR, HERRMANN, AND KRAMER-SCHADT 2009)</i>	97
INDIVIDUAL SPATIAL RESPONSES TOWARDS ROADS: IMPLICATIONS FOR MORTALITY RISK (GRILLO ET AL. 2012)	98
<i>VARIATION IN ELK RESPONSE TO ROADS BY SEASON, SEX, AND ROAD TYPE (MONTGOMERY, ROLOFF, AND MILLSPAUGH 2013)</i>	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

ECOLOGIA DE RODOVIAS: PERSPECTIVAS EM MACRO-ESCALAS ESPACIAIS

105

RESUMO	106
ABSTRACT	106
INTRODUÇÃO	107
EFEITOS NA OCUPAÇÃO E PERSISTÊNCIAS POPULACIONAIS DE ESPÉCIES ANIMAIS	108
ABORDAGENS USADAS PARA AVALIAR O EFEITO NEGATIVO DE EMPREENDIMENTOS VIÁRIOS NA OCUPAÇÃO E PERSISTÊNCIA DE ESPÉCIES.	109
INFORMAÇÕES E FERRAMENTAS DISPONÍVEIS PARA QUANTIFICAR OS EFEITOS NEGATIVOS DOS EMPREENDIMENTOS VIÁRIOS EM MACRO-ESCALAS ESPACIAIS.	110
BASES E CONJUNTOS DE DADOS	110
FERRAMENTAS	111
IMPLICAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO DE NOVOS EMPREENDIMENTOS VIÁRIOS E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.	112
AGRADECIMENTOS	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

INTELIGÊNCIA GEOGRÁFICA E PARTICIPATIVA PARA PLANEJAMENTO DE CORREDORES DE TRANSPORTE

117

RESUMO	118
ABSTRACT	118
INTRODUÇÃO	119

O TRADICIONAL E OBSOLETO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	120
REFLEXÃO SOBRE AS LIÇÕES APRENDIDAS DE PROJETOS PASSADOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE	122
RETRATOS DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL	124
A “COMPLEXIFICAÇÃO” DAS POLÍTICAS EM TRANSPORTE	128
A DEMANDA PELA MODERNIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	131
O CONTEXTO GEOGRÁFICO E AS SOLUÇÕES INOVADORAS	133
CENÁRIOS PARTICIPATIVOS	134
ANÁLISE MULTICRITERIAL	135
CONTEXT SENSITIVE SOLUTION	136
INTELIGÊNCIA GEOGRÁFICA NO APOIO AO PLANEJAMENTO DE CORREDORES	137
NOVOS PARADIGMAS PARA ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL EM PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES	137
O PIONEIRISMO BRASILEIRO NA PRÁTICA DA INTELIGÊNCIA GEOGRÁFICA EM PROJETOS ESTRUTURANTES	139
PERSPECTIVAS DA MODELAGEM GEOGRÁFICA NA ECOLOGIA DE TRANSPORTES.	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143

IMPACTOS DE MANILHAS RODOVIÁRIAS SOBRE O AMBIENTE FÍSICO DE RIACHOS **147**

RESUMO	148
ABSTRACT	148
INTRODUÇÃO	149
MATERIAL E MÉTODOS	150
ÁREA DE ESTUDO	150
MÉTODOS	150
RESULTADOS E DISCUSSÃO	152
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156

ECOLOGIA DE ESTRADAS E TEORIA DE REDES TRÓFICAS: FUNCIONALIDADE E IMPACTOS **159**

RESUMO	160
ABSTRACT	160
FRAGMENTAÇÃO DE HÁBITAT, INTERAÇÕES TRÓFICAS E FUNCIONALIDADE DE SISTEMAS ECOLÓGICOS	161
COMUNIDADE DE MAMÍFEROS E A INFLUÊNCIA DE UMA RODOVIA: UMA ABORDAGEM TEÓRICA	162
FORMULAÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS DE REDES TRÓFICAS	162
CADEIA TRI-TRÓFICA SIMPLES	163
CADEIAS TRI-TRÓFICAS ACOPLADAS PELO PREDADOR	164

CADEIA TRI-TRÓFICA SIMPLES	165
CADEIAS TRI-TRÓFICAS ACOPLADAS PELO PREDADOR	166
CONSIDERAÇÕES ACERCA DA INTEGRAÇÃO ENTRE ECOLOGIA DE ESTRADAS E TEORIA DE REDES TRÓFICAS	168
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
APÊNDICES	172

DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS DE RODOVIAS SOBRE PRIMATAS NO BRASIL **179**

RESUMO	180
ABSTRACT	180
INTRODUÇÃO	181
MATERIAL E MÉTODOS	182
RESULTADOS E DISCUSSÃO	183
RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO	183
ESTUDOS DE CASO	189
IMPACTOS DE RODOVIAS SOBRE PRIMATAS NA REGIÃO AMAZÔNICA	189
IMPACTO DE RODOVIAS SOBRE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO NO SUDESTE: O CASO DO MURIQUI (<i>BRACHYTELES</i> SPP.) E DO MICO-LEÃO-DOURADO (<i>LEONTOPHTECOS ROSALIA</i>).	190
AGRADECIMENTOS	193
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	194

CAMINOS RESPETUOSOS CON LOS ANIMALES, COSTA RICA **199**

RESUMEN	200
ABSTRACT	200
INTRODUCCIÓN	201
METODOLOGÍA	202
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	202
DIAGNÓSTICO DE INVESTIGACIONES Y SUS RESULTADOS	202
MEDIDAS	203
ORGANIZACIONES	203
CAPACITACIÓN	205
INTEGRACIÓN DE ACCIONES EN LAS POLÍTICAS DEL PAÍS	205
DIVULGACIÓN DEL TEMA	206
CONCLUSIONES	206
AGRADECIMENTOS	207
REFERENCIAS	207
APÉNDICES	211

HISTORIA VIAL DE COLOMBIA **215**

RESUMEN	216
ABSTRACT	216
INTRODUCCIÓN	217
ASPECTOS HISTÓRICOS	217
LAS CARRETERAS HOY	218
EL FUTURO DE LAS VÍAS EN COLOMBIA	219
NORMATIVA AMBIENTAL, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS EM COLOMBIA	220
IMPACTOS DE LAS CARRETERAS EN LA FAUNA COLOMBIANA	222
INICIATIVAS DE TRABALHO SOBRE ATROPELLAMIENTO DE FAUNA SILVESTRE EN EL PAÍS	227
MEDIDAS DE MITIGACIÓN IMPLEMENTADAS Y RETOS FUTUROS	229
CONSIDERACIONES FINALES	231
BIBLIOGRAFÍA	233

HOW ROAD ECOLOGY IS HELPING TO BUILD SUSTAINABLE ROADS IN MEXICO **241**

RESUMEN	242
ABSTRACT	242
THE MEXICAN CONTEXT	243
SPECIES RICHNESS	243
ROAD NETWORK	243
ROAD ECOLOGY RESEARCH IN MEXICO	246
ROAD-KILL RESEARCH	246
ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENTS AND ROADS	249
FUTURE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN MEXICO	250
CONCLUSIONS	253
ACKNOWLEDGEMENTS	253
LITERATURE CITED	253

APOIOS **258**

REALIZAÇÃO **258**

ÍNDICE **259**



MÉTODOS

Aplicações de marcadores moleculares em Ecologia de Estradas

Renata A. Miotto, Priscilla M.S. Villela, Katia M.P.M.B Ferraz



Resumo

Paralelamente à emergência da Ecologia de Estradas no mundo, o campo da Genética Molecular tem passado por grandes transformações com o aprimoramento de técnicas laboratoriais e análises estatísticas, e redução de custos. Marcadores moleculares tornaram-se assim, ferramentas valiosas para a resolução das mais variadas questões ecológicas, com grande potencial de aplicação em Ecologia de Estradas, embora esse potencial ainda seja pouco explorado, especialmente no Brasil. Neste capítulo, abordamos algumas das possíveis contribuições de diferentes marcadores moleculares em Ecologia de Estradas, bem como aspectos relativos a um delineamento de estudo adequado, à análise de dados, e à coleta e armazenamento de amostras para procedimentos laboratoriais. Esperamos apresentar ao ecólogo de estradas não habituado ao campo da Genética, como as análises moleculares podem e devem ser agregadas a outras áreas do conhecimento para a identificação e mitigação de impactos gerados por empreendimentos de transporte sobre populações naturais.

Abstract

In parallel to the emergence of Road Ecology in the world, the field of Molecular Genetics has experienced major advances with the improvement of laboratory techniques and statistical analysis, and cost reduction. Although this potential is still unexplored, especially in Brazil, molecular markers have become valuable tools for the resolution of various ecological questions, with great potential for application in Road Ecology. In this chapter, we discuss some of the contributions of different molecular markers for Road Ecology, as well as aspects of a suitable study design, data analysis, collection and maintenance of samples for laboratory procedures. We expect to present to the road ecologists without experience in Genetics, how molecular analysis can and should be aggregated to other areas of knowledge for the identification and mitigation of impacts caused by transportation structures on natural populations.

A photograph of a road at sunset. The sky is a gradient of blue and orange. A white car is driving on the road in the distance. On the left side of the road, there is a dirt shoulder with tall grass. A dead sloth is lying on the dirt shoulder in the foreground. The title of the document is overlaid on the image.

Protocolo de Monitoramento de Fauna Atropelada: uma proposta unificadora

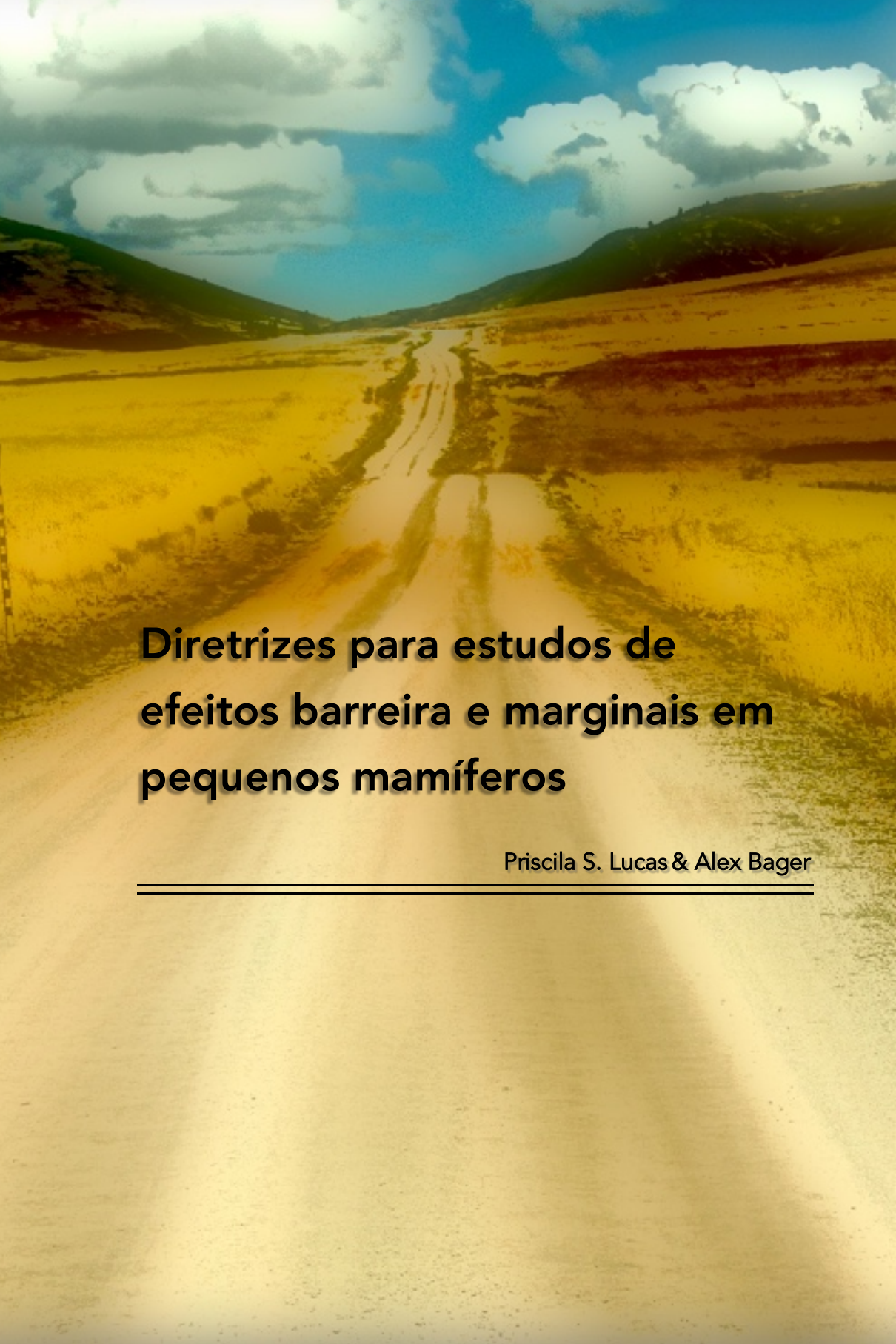
Alex Bager & Érika P. Castro

Resumo

Os monitoramentos de fauna selvagem atropelada se multiplicaram na última década no Brasil. Isso se deve tanto por iniciativas de pesquisa científica quanto por estudos destinados ao licenciamento ambiental de rodovias e ferrovias. Contudo, monitoramento de fauna atropelada pode ter um grande número de variáveis que alteram a probabilidade de detecção das carcaças e por conseguinte, o cálculo do número de animais atropelados em um dado período de tempo. O Protocolo de Monitoramento de Fauna Atropelada (PMFA) reúne alguns dos pontos que mais impactam a coleta de dados e sua posterior comparação entre áreas ou mesmo entre períodos de tempo. Nessa proposta se discute aspectos como área de amostragem, equipe, esforço de amostragem, entre outros pontos.

Abstract

Samplings of roadkill wildlife have multiplied in the last decade in Brazil. This is due both scientific research initiatives and to studies for the environmental licensing of highways and railways. However, monitoring of roadkill wildlife may have a large number of variables that alter the probability of carcass detection and hence the estimation of the number of animals roadkilled in a given period of time. The Protocol of Wildlife Roadkill Monitoring brings together some of the points that most impact the data collection and its subsequent comparison between areas or even between periods of time. This proposal discusses aspects such as sampling area, team, sampling effort, among other points.



**Diretrizes para estudos de
efeitos barreira e marginais em
pequenos mamíferos**


Priscila S. Lucas & Alex Bager

Resumo

Infraestruturas viárias contribuem para o desenvolvimento social e crescimento econômico regional. Entretanto, elas abrem a caixa de pandora ao expor os efeitos ambientais negativos que são visualizados através da perda e fragmentação do habitat, alteração do habitat, ou seja, diminuição de qualidade principalmente na borda, no movimento dos indivíduos (efeito barreira) e na colisão entre animais e veículos. Animais podem desenvolver respostas comportamentais frente a estes impactos, como evitar a superfície da rodovia, veículos ou áreas degradadas. Diferentes abordagens têm sido empregadas para quantificar os efeitos barreira e marginais em populações animais. Neste capítulo, nosso objetivo foi sumarizar as informações sobre os métodos e parâmetros a serem amostrados e suas vantagens e desvantagens ao serem empregados para quantificar os efeitos na fauna de pequenos mamíferos. Estes métodos incluem o censo da população por captura-marcação-recaptura, além do rastreamento do deslocamento dos indivíduos por radio-telemetria e carretel de rastreamento, aplicação de translocações integradas aos métodos acima e quantificação do fluxo gênico. Atenção é dada para o tipo de delineamento, esforço amostral a ser empregado e a coleta de dados adequada para quantificação robusta dos efeitos barreira e marginais em populações animais, especificamente aqui para pequenos mamíferos. O exposto neste capítulo tem o intuito de mostrar a aplicação e incentivar a disseminação deste tipo de pesquisa no Brasil e América Latina.

Abstract

Roads and other linear infrastructures contribute to social and economic development of a region. Nevertheless, they open the Pandora's box by exposing the negative environmental impacts visualized through habitat loss and fragmentation, habitat alteration, i.e. decreased quality mainly in the edge, barrier effect and wildlife vehicle-collisions. Individuals may develop behavioral responses to these impacts, such as avoiding the road surface, vehicles or degraded areas. Different approaches have been proposed to quantify the barrier and marginal effects in animal populations. In this chapter, we aimed to summarize information on the methods and parameters to be sampled and their advantages and disadvantages when used to quantify the effects on small mammal species. These methods include population census by capture-recapture techniques, tracking individuals' displacement by radio-telemetry and spool-and-line devices, application of translocations integrated to the above-mentioned methods and gene flow quantification. Attention is given to the experimental design type, sampling effort and the appropriate data collection for robust quantification of barrier and edge effects in animal populations, specifically for small mammal species. The exposed in this chapter is intended to show the application and encourage the spread of this sort of research in Brazil and Latin America.

A close-up photograph of a green parrot perched on a person's hand. The parrot is facing forward, looking slightly to the left. Its feathers are a vibrant green, and its beak is a pale pinkish-red. The hand it is perched on is visible at the bottom of the frame, showing the skin and some of the person's fingers. The background is a solid, bright blue color. The text of the title is overlaid on the upper left portion of the image.

Análise do comportamento espacial com recurso à telemetria

Paula R. Anunciação & Clara Grilo

Resumo

Os animais se movimentam para satisfazer os requisitos básicos de sobrevivência e para se adaptarem às diferentes pressões ambientais e antrópicas. A compreensão destes movimentos é crucial para determinar o uso do espaço pelas espécies e como respondem às alterações da estrutura da paisagem. Uma das técnicas mais utilizadas para alcançar tais objetivos é a radiotelemetria, também conhecida por rastreamento via rádio ou rádio rastreamento, que consiste em uma coleta de dados remota através de sinais de rádio. O objetivo deste capítulo é descrever brevemente tal procedimento e seu uso em estudos de Ecologia de Estradas, apresentando os seus componentes, os tipos de técnicas, os diferentes desenhos experimentais, as limitações da técnica e salientar a importância da quantificação do erro de localização e dos efeitos dos transmissores nos animais marcados. São também discutidos os principais tipos de análise empregada em estudos conduzidos por rádio rastreamento. No final do capítulo são apresentados alguns estudos de caso que usam a técnica para determinar o efeito de rodovia em certas espécies.

Abstract

The animals move to fulfill their basic survival needs and to adapt to environmental and human pressures. Understanding these movements is crucial to define the use of space by species and their responses to landscape changes. One of the techniques to analyse animal movement is the radio telemetry, also known as tracking via radio or radio-tracking, defined as a sample of remote data via radio signals. The aim of this chapter is to briefly describe this procedure and its use in road ecology studies. We introduce radio-tracking components, types of techniques, experimental design and highlight the importance of location error estimation and the effects of the transmitters on the marked animals. In addition, we show the main types of analysis used in studies conducted by radio tracking. At the end of chapter, we provide some case studies that make use of this technique to determine the effect of roads on some species.

Ecologia de rodovias: perspectivas em macro-escalas espaciais

Priscila S. Lucas, Ana Ceia-Hasse & Alex Bager



Resumo

Infraestruturas lineares estão intimamente associadas à paisagem. Perda, alteração de habitat, qualidade reduzida e diminuição da conectividade entre as manchas são os principais efeitos negativos observados na paisagem que estes empreendimentos causam. O processo de fragmentação transforma um habitat que era grande e contínuo em um número de manchas de tamanho pequeno e isoladas umas das outras por uma matriz de habitat diferente da original. A consequência deste fator é uma interrupção de processos ecológicos e demográficos que afetam o tamanho populacional, isolamento, perda de variabilidade genética, sucesso reprodutivo das espécies e por último risco de extinção aumentado. Neste capítulo nós i) resumizamos o que é conhecido sobre os efeitos dos empreendimentos viários na ocupação e persistência populacional de espécies animais em macro-escalas espaciais; ii) descrevemos os estudos que quantificam e indicam valores críticos de densidade da malha viária na ocupação e persistência das espécies e iii) apresentamos abordagens analíticas e ferramentas utilizadas para entender estes efeitos em uma escala espacial mais ampla.

Abstract

Linear infrastructures are tightly associated with the landscape. Habitat loss, land-use change, reduced quality and connectivity among patches are amongst the main negative effects at the landscape scale caused by such features. Fragmentation splits a continuous habitat among a number of smaller patches of small size and isolated from each other by a matrix of habitat different from the original one. The consequence of this is an interruption of the demographic processes that affect population size, isolation, loss of genetic variability, reproductive success and ultimately augmented extinction risk. In this chapter, we i) summarized the "state of the art" regarding this issue, i.e. the effects of roads in occurrence and population persistence of wildlife in macroscales; ii) described studies that quantifies and indicate critical values of road density that affects occurrence and population persistence of wildlife and, iii) presented analytical approaches and tools to quantify and understand the effects of linear infrastructures at large scales.

Inteligência Geográfica e Participativa para Planejamento de Corredores de Transporte

Rodrigo A. A. Nóbrega



Resumo

O emprego de sistemas de informações geográficas em planejamento de transporte impulsionou um setor que por décadas estava estagnado. O potencial das técnicas de geoprocessamento para prover análises e respostas a questões ambientais relacionadas a projetos de infraestrutura de transportes é algo em plena expansão. Uma das funções mais promissoras e que tem demonstrado eficiência e resultados inovadores é a modelagem geográfica participativa para o planejamento de corredores de viabilidade de empreendimentos lineares de engenharia. O presente capítulo traz uma reflexão sobre o tradicional sistema de planejamento de transportes que, por se apoiar em métodos limitados quanto a análise dos dados e a tomada de decisão, continua a repetir erros do passado. Como resultado, o tradicional sistema de planejamento de transportes demanda remediações jurídicas e ambientais, as quais poderiam ser evitadas ou minimizadas por um planejamento mais eficiente. São ressaltadas lições aprendidas em projetos passados quanto a implicações ambientais, bem como retratada uma síntese da história do planejamento de corredores de transporte no Brasil. O texto traz também um resumo sobre o processo de complexificação das políticas de transporte, bem como sobre a necessidade de modernização das técnicas de planejamento de transporte e as soluções inovadoras, em especial voltadas ao aperfeiçoamento da Ecologia de Estradas.

Abstract

The use of geographic information systems GIS as a tool for transportation planning revamped a sector stuck by decades. The potential of GIS techniques to foster analysis and answers for environmental issues related to transport infrastructure projects is big and in expansion. The participatory GIS-based modeling for predicting environmentally feasible corridors of linear engineering ventures is one of the most promising functions which demonstrated efficiency and innovative results in transportation planning. This chapter presents a reflection on the traditional transportation planning system which, by relying on limited methods for data analysis and decision making, continues to repeat past mistakes. These issues drives the traditional transportation system planning to demand judicial remediation and environmental mitigation, which could be avoided or minimized by a better planning process. This document highlights the lessons learned from past projects regarding environmental implications, as well as a synthesis of the history of transportation corridor planning in Brazil. The text also provides a summary of the complexification of the transportation policies, as well as the need for modernization of transport planning techniques and innovative solutions, in special for improving Road Ecology.

Impactos de manilhas rodoviárias sobre o ambiente físico de riachos

Paulo S. Pompeu & Thais Y. Yuhara



Resumo

A construção de estradas pode potencialmente causar diversos impactos sobre o ambiente físico de riachos. No entanto, apesar da extensa malha hídrica brasileira e o elevado nível de intercepções com a malha rodoviária, este aspecto não tem sido abordado em nosso país. Como forma de avaliar a magnitude deste problema, foram avaliados dezesseis córregos da região sul de Minas Gerais, dez considerados impactados por manilhas de drenagem (interceptados por estradas) e seis controles (não interceptados por estradas). Em cada um deles foram avaliadas características do hábitat físico como: profundidade, substrato, vegetação, impactos totais humanos e quantidade de madeira. De forma geral, a intercepção por estradas com o uso de manilhas provocou aumento da profundidade na região próxima à estrada, acúmulo de matéria orgânica à montante e diminuição da cobertura vegetal. Aponta-se para a necessidade de se adequar as manilhas, em especial, para permitir o livre fluxo de madeiras e diminuir o desnível entre a tubulação e a área a jusante.

Abstract

The construction of roads can potentially cause different impacts on the physical habitat of streams. However, despite the extensive Brazilian water network and the high level of interceptions with the road grid, this aspect has not been addressed in our country. In order to assess the magnitude of this problem we evaluated sixteen streams of southern Minas Gerais: ten considered impacted by culverts (intercepted by roads) and six controls (not intercepted by roads). In each case, physical habitat parameters were evaluated, such as depth, substrate, vegetation, human impacts and total amount of wood debris. Overall, the interception by roads with the use of culverts caused increasing depth in the area close to the road, accumulation of organic matter upstream of the culvert and decreased vegetation cover. It is noted the need to adapt the culverts, in particular, to allow the free flow of wood, and decrease the gap between the pipe and the downstream area.

Ecologia de estradas e teoria de redes tróficas: funcionalidade e impactos

Angelo Monteiro & Lucas D. B. Faria



Resumo


Empreendimentos lineares são grandes fragmentadores de habitats naturais, causando diversas alterações nas comunidades e suas populações. Nesse contexto, a modelagem matemática de redes tróficas oferece uma hipótese simplificadora para a avaliação dos impactos nas relações de equilíbrio das diversas espécies que se interagem dentro da comunidade. Assim, este trabalho utilizou modelos matemáticos populacionais para simular dois cenários, uma cadeia tritrófica simples e duas cadeias tritróficas acopladas pelo predador, como forma de avaliar os impactos da rodovia na população de predadores e seus efeitos diretos e indiretos na comunidade. Os resultados demonstraram que rodovias têm grande potencial para desestabilizar a estrutura e as dinâmicas populacionais. Além disso, dependendo da intensidade, podem levar a população de predadores de topo à extinção local e causar inversão nas densidades de equilíbrio das espécies de consumidor e recurso. As simulações também mostraram que o acoplamento de pequenos habitats, realizado pelo comportamento de forrageio do predador de topo, diminui o risco de extinção causado pela rodovia. Como conclusão, os resultados encontrados indicam que a presença de fragmentos conservados, que atendam às necessidades de grandes predadores, podem funcionar como estratégias de conservação em locais impactados por rodovias.

Abstract

Road corridors may cause habitat fragmentation and lead to alterations in natural communities and its populations. In this context, Food web mathematical modelling can offer a simplifying hypothesis to evaluate the impacts caused to the equilibrium of species interactions within a community. Therefore, this study used mathematical modelling approaches to reproduce two scenarios, a tri-trophic chain and two tri-trophic chain coupled by a top predator, to access road impacts to the population of top predators and its direct and indirect effects to the community. Results have shown that roads have a destabilizing effect in population's dynamic and structure. Additionally, high impact intensities may lead to top predator extinction and cause inverted equilibrium densities between the populations of resources and consumers. Furthermore, the simulations have shown that the coupling mechanism by the top predator, trough foraging behavior, reduces the risk of extinction caused by roads. As conclusion, the results indicate that the presence of preserved fragments, that attend the requirements of top predators, may function as conservation strategies to impacted areas under road influence.



DIAGNÓSTICOS

A close-up photograph of a primate's face, showing vibrant orange and red fur. The primate's eye is visible, and the background is a soft, out-of-focus green and white, suggesting a natural habitat. The text is overlaid on the upper left portion of the image.

Diagnóstico dos impactos de rodovias sobre primatas no Brasil

Helio Secco, Fabiano R. de Melo, Maurício Talebi, Marcelo Gordo, Márcio M. Morais Jr & Alex Bager

Resumo

Clareiras lineares formadas por rodovias podem causar a desestruturação de populações de diferentes espécies, sobretudo aquelas de hábito obrigatoriamente arborícola. No Brasil, a presença de primatas entre os registros de espécies atropeladas já foi demonstrada em diversas rodovias. O presente estudo tem como objetivo elaborar um diagnóstico sobre os impactos de rodovias sobre primatas que contribua para o direcionamento dos esforços de pesquisa e subsidie a estratégia nacional de conservação das espécies afetadas. Um formulário com perguntas envolvendo a temática acerca dos impactos de rodovias sobre primatas foi desenvolvido e enviado para primatólogos. Os resultados apresentados neste estudo foram gerados a partir das respostas de um total de 36 pesquisadores com alto nível de experiência. Os cinco impactos causados por rodovias com maior grau de ameaça aos primatas foram: formação de áreas abertas, caça, atropelamento, introdução de espécies exóticas e ruído sonoro. Ao todo 63 espécies de primatas brasileiros foram citadas como espécies comprovadamente impactadas por atropelamentos. Os pesquisadores relataram haver 16 localidades em que passagens de fauna aéreas foram instaladas para o uso de primatas. Em relação ao interesse de participar de algum trabalho relacionado ao tema futuramente apenas 14 dos 36 pesquisadores afirmaram ter. Diante deste panorama geral, considera-se prioritário o desenvolvimento de projetos de pesquisa especificamente voltados para a avaliação de impactos causados por rodovias sobre espécies de primatas brasileiros.

Abstract

Linear clearings formed by highways can cause population disruption of different species, especially arboreal ones. In Brazil, primate presence in road kill species records were shown for different roads. The aim of this study is to elaborate a road impacts diagnostic on primates that contributes to target research efforts and subsidizes national conservation strategies of affected species. A questionnaire was developed regarding issues of road impacts on primates and answered by primate specialist researchers. The results presented in this study were generated from the responses of 36 researchers with high-level expertise. The five impacts of highways with higher degree of threat to primates were: formation of open areas, hunting, road kill, introduction of exotic species and noise avoidance. In the total, 63 Brazilian primate species were cited as species affected by road-kill. The researchers reported 16 locations where aerial wildlife passages were installed focusing on primates. Only 14 of the 36 researchers showed interest in getting involved on future studies related with road impacts. Considering this assessment, we urge for the development of research projects specifically aimed at evaluation of road impacts on Brazilian primate species.



Caminos respetuosos con los animales, Costa Rica

Esmeralda Arévalo-Huezo, Esther Pomareda-García & Daniela Araya-Gamboá

Resumen

A nivel de la región Centroamericana el transporte eficiente de mercancías es una prioridad que se traduce en mejoras a la red vial. Dada la diversidad biológica de la región estas mejoras en infraestructura vial no deberían traducirse en un aumento del impacto vial en la vida silvestre. En Costa Rica estas mejoras, asfaltado y ampliación de rutas ya han iniciado. A través de las investigaciones que se han realizado a nivel nacional se ha evidenciado el impacto de los caminos actuales en la fauna. Se ha recopilado evidencia sobre atropellos de la fauna, el impacto del ruido y además se ha empezado a tener evidencia de la efectividad de los pasos de fauna o del uso de drenajes por la fauna. Se ha realizado un arduo proceso de divulgación del tema en varios medios de comunicación. Existen valiosas iniciativas que han incluido medidas a lo largo del país como pasos aéreos, pasos inferiores y rotulación. Pero existe la necesidad de que estas medidas sean basadas en monitores de la fauna local para aumentar su efectividad y hacer uso eficiente de los recursos. Por lo tanto, se determinó la necesidad de una herramienta para la incorporación de medidas ambientales basadas en el monitoreo de la fauna en estos proyectos viales, para reducir el impacto en la valiosa biodiversidad. El gobierno ya cuenta con una Guía que le puede servir como base para la incorporación de medidas en los proyectos de infraestructura vial. El proceso en Costa Rica ha dado grandes pasos integrando a los actores de las redes viales y de la vida silvestre; y ha sido visualizado como un proceso de aprendizaje para todos.

Abstract

At the level of Central American region efficient transport of goods is a priority, resulting in improvements to the road network. Given the biological diversity of the region these improvements in road infrastructure should not lead to an increase in road impact on wildlife. In Costa Rica these improvements, paving and extension of routes have already begun. Through the research that has been done at the national level it has demonstrated the impact of existing roads on wildlife. It has compiled evidence on roadkills of wildlife, noise impact and also has begun to evidence the effectiveness of wildlife passages or the use of drains by wildlife. There has been an arduous process of disclosure of the subject in various media. There are valuable initiatives they have included measures throughout the country as arboreal crossings, underpasses and signs. But there is a need for these measures to be based on local wildlife monitoring to increase their effectiveness and make efficient use of resources. Therefore, the need for a tool for incorporating environmental measures based on monitoring wildlife in these road projects to reduce the impact on the valuable biodiversity was determined. The government already has a guide that can serve as a basis for the inclusion of measures in road infrastructure projects. The process in Costa Rica has given big steps by integrating actors related to roads and to wildlife and has been viewed as a learning process for everyone involved.

Historia vial de Colombia

Juan C. J. Fayad, Fernando Vargas-Salinas, Maria M. V. López,
José L. G. Manosalva & Camilo R. Pava



Resumen

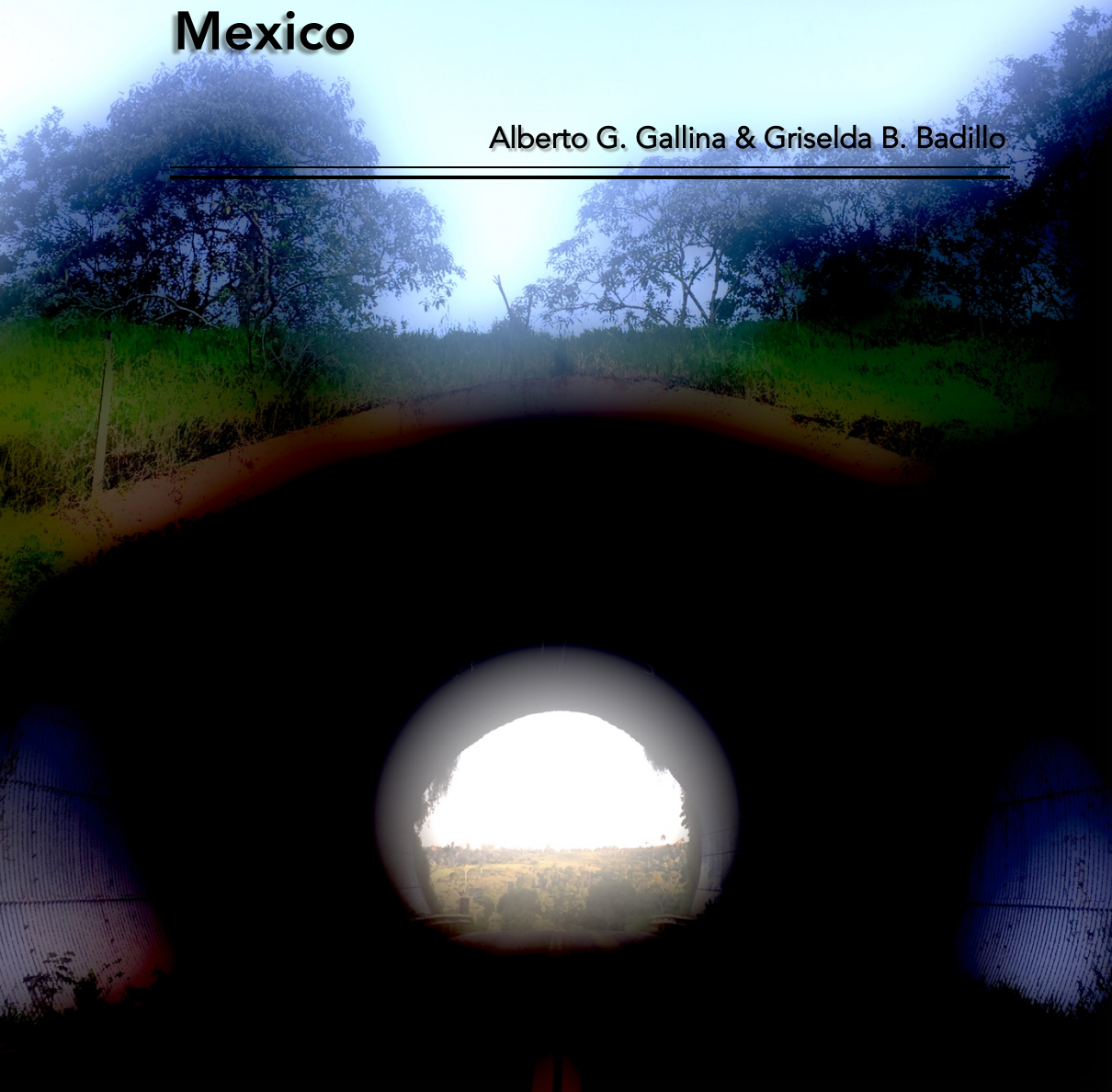
Este capítulo busca dar una idea general de cómo se ha desarrollado el tema de la ecología de carreteras en Colombia, cuál ha sido su proceso histórico, sus avances, perspectivas y retos futuros. Dentro del desarrollo del capítulo también se relaciona la normativa ambiental existente en el país para la construcción de las carreteras, y se da una visión general de cómo, a pesar de existir diversos instrumentos legales, la poca aplicación y control alrededor de estos sigue generando que la operación de las carreteras represente una importante problemática para la fauna y flora. Finalmente, se hace mención de algunos grupos, investigadores e instituciones que actualmente están desarrollando trabajos académicos y educativos para entender, cuantificar y buscar alternativas de mitigación al atropellamiento de fauna silvestre en el país. Es de destacar que el actual interés por el tema, así como la creciente articulación que se está gestando entre instituciones del estado, la academia, los constructores y operadores de las vías, representa un motivo de optimismo en la consolidación de medidas efectivas y contextualizadas, que lleven a una disminución de los efectos negativos de las infraestructuras viales dentro del país.

Abstract

This chapter seeks to give a general idea on how the road ecology has been developed in Colombia, what has been its historical process, the advances, perspectives and future challenges. The development of the chapter also relates the existing environmental regulations in the country for road construction, and gives an overview of how, despite the existence of various legal instruments, the limited application and control around these topics the operation of roads still represent an important problem for fauna and flora. Finally, we mention some groups, researchers and institutions that are currently developing academic and educational work to seek, quantify and understand the mitigation alternatives to this phenomenon in the country. It is noteworthy that the current interest in the subject, as well as the growing articulation that is taking place among state institutions, academia, road builders and operators, represents a reason for optimism in the consolidation of effective and contextualized measures, that lead to a decrease in the negative effects of road infrastructure within the country.

How road ecology is helping to build sustainable roads in Mexico

Alberto G. Gallina & Griselda B. Badillo



Resumen

México es un país megadiverso por su alto número de especies pero también por su riqueza en endemismos, ecosistemas y su gran variabilidad genética en muchos taxa. La conservación de la extraordinaria diversidad Mexicana es un gran reto especialmente considerando los actuales patrones espaciales y tendencias de uso del suelo, degradación de habitats e incremento de la población humana. Las carreteras son el pilar del desarrollo del país, con la mayoría de la carga (55%) y pasajeros (98%) fluyendo por éstas. La red carretera tiene una longitud de 377,660km aproximadamente. Los estudios de ecología de caminos en México inician en 1991, pero hasta la fecha hay poca investigación en este país (25 estudios formales). La mayoría de la información se encuentra generada por consultoras ambientales y agencias carreteras. Las tendencias de atropellamientos en México son poco conocidas, un estudio menciona valores entre 290,175 y 2,031,225 atropellamientos de mamíferos anualmente a nivel nacional. Las investigaciones actuales muestran que los taxa más impactados son los mamíferos en zonas áridas o templadas, y herpetofauna en zonas tropicales. Sin embargo, aunque aun pocos, nuevos proyectos carreteros "ambientalmente responsables" han implementado obras de mitigación como pasos de fauna e incluido programas de monitoreo enfocados a especies prioritarias.

Abstract

Mexico is a megadiverse country by its high number of species but also by its richness of endemics, ecosystems and its great genetic variability in many taxa. The conservation of Mexico's extraordinary biodiversity is a huge challenge, especially considering the spatial patterns and current tendencies in land use, habitat degradation and the increase in the human population. Highways are the cornerstone of the country's development with most of the cargo (55%) and passengers (98%) flowing through them. The highway network consists of a length of 377,660 km. Road ecology studies in Mexico started in 1991, there is still few research in this topic (25 formal studies). The information mainly is from environmental consultancies and road agencies Roadkill tendencies and rates in Mexico are poorly known, one study mentions values between 290,175 and 2,031,225 road killed mammals annually in the country. Current research shows the most impacted taxa are mammals in arid or temperate environments and reptiles and amphibian species in the tropical regions. However, though few so far, new "environmental responsible" highway projects have been implemented through the placement of wildlife crossing structures and other mitigation measures accompanied with monitoring programs focused on some critical species.

Índice

A

AFUGENTAMENTO · 182, 184, 185
AMBIENTAL · 30, 52, 53, 57, 62, 64,
119, 120, 121, 122, 123, 124, 127,
129, 130, 131, 132, 134, 136, 137,
138, 139, 141, 142, 144, 168, 187,
193, 202, 203, 204, 208, 209, 216,
220, 221, 222, 223, 228, 233, 255,
256
ANFÍBIO · 23, 31, 56, 57, 89, 111
ASSOREAMENTO · 154
ATROPELAMENTO · 21, 29, 30, 33,
34, 37, 40, 54, 55, 64, 97, 98, 129,
180, 185, 186, 187, 189, 191, 192

C

CARCAÇA · 26, 30, 37, 38, 39, 52,
54, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64,
65, 66, 67
CARNÍVORO · 28, 38, 39, 41, 45, 88,
108, 166, 167, 181
CASCATA TRÓFICA · 165, 166, 167,
168
CONECTIVIDADE · 34, 36, 37, 40,
73, 106, 107, 108, 113, 120, 188
CONTEXT SENSITIVE SOLUTION ·
136, 137
CÓRREGO · 148, 149, 150, 151, 152,
153, 154, 155, 156

D

DNA MITOCONDRIAL · 23, 24, 25,
30, 32, 37, 41

E

ECOLOGIA DE ESTRADAS · 19, 20,
21, 22, 23, 24, 27, 28, 30, 40, 43,
53, 86, 118, 119, 120, 168
EFEITO DE BARREIRA · 29
EFEITO DE BORDA · 188
EFEITOS · 21, 28, 29, 30, 32, 33, 34,
35, 38, 39, 40, 53, 54, 71, 72, 73,
74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82,
86, 87, 88, 91, 94, 106, 107, 108,
109, 110, 111, 112, 129, 160, 161,
162, 165, 168, 181, 187
EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG ·
23, 34
ESFORÇO AMOSTRAL · 54, 55, 72,
75, 80, 82
ESPÉCIES EXÓTICAS · 188
ESTRADA · 9, 10, 20, 21, 22, 29, 30,
34, 35, 36, 37, 40, 41, 43, 53, 56,
60, 76, 87, 88, 90, 95, 96, 97, 99,
100, 107, 108, 109, 110, 113, 123,
124, 125, 127, 128, 129, 141, 142,
143, 148, 149, 150, 151, 152, 154,
156, 159, 168, 187, 188, 189, 190,
194, 196
EXTINÇÃO · 192

F

FAUNA · 9, 21, 34, 36, 37, 38, 39, 52,
53, 54, 58, 62, 63, 65, 67, 68, 72,
73, 79, 82, 107, 111, 113, 119,
129, 142, 180, 181, 182, 183, 184,
187, 188, 189, 190, 191, 196, 200,
201, 202, 203, 204, 205, 206, 207,
208, 209, 210, 216, 221, 222, 223,

224, 225, 227, 228, 229, 230, 231,
232, 233, 234, 235, 236, 239, 242,
243, 247, 248, 250, 252, 254, 255,
256

FERROVIA · 21, 52, 60, 79, 107, 119,
122, 124, 129, 134, 135, 140, 141,
143

FLUXO GÊNICO · 21, 23, 25, 27, 28,
29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 40, 72,
77, 82

FRAGMENTAÇÃO · 21, 29, 31, 34,
36, 39, 72, 73, 79, 106, 107, 119,
122, 123, 129, 132, 161, 181, 183,
188, 192

G

GENÉTICA · 20, 21, 22, 27, 39, 40,
43, 44, 46

GEOPROCESSAMENTO · 118, 132,
133, 135, 139

M

MACROECOLOGIA · 110

MAMÍFEROS · 22, 25, 37, 39, 41, 60,
61, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77,
78, 79, 80, 81, 84, 89, 91, 108,
111, 162, 163, 165, 166, 167, 168,
169, 170, 181, 182, 196, 197, 209,
210, 242, 255, 256

MARCADORES MOLECULARES · 19,
20, 22, 23, 24, 28, 30, 31, 34, 35,
36, 37, 38, 39, 40, 43, 46

MEDIDAS MITIGADORAS · 191

MICO-LEÃO-DOURADO · 192

MICROSSATÉLITES · 24, 25, 26, 30

MÍNIMO POLÍGONO CONVEXO · 94

MODELAGEM · 118, 133, 135, 137,
138, 140, 141, 142, 144, 160, 161,
162, 168

MODELO · 41, 65, 80, 81, 91, 95, 96,
100, 110, 111, 132, 133, 138, 142,
160, 162, 163, 168, 169, 175

MORTALIDADE · 21, 29, 33, 34, 42,
54, 57, 69, 73, 74, 87, 93, 107,
110, 163, 164, 181, 187, 189

P

PAISAGEM · 27

PASSAGENS AÉREAS · 187

PASSAGENS DE FAUNA · 186

POLÍTICA · 118, 119, 120, 123, 128,
129, 130, 131, 132, 133, 136, 143,
168, 188, 205, 229

PREDADOR · 160, 162, 165, 166,
167, 168, 169, 173

PRIMATAS · 189

PROBABILIDADE DE DETECÇÃO ·
52, 60, 61, 62

Q

QUALIDADE DE ÁGUA · 152

R

RÁDIO-TRANSMISSOR · 98

RODOVIA · 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31,
33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
52, 53, 56, 60, 65, 68, 73, 74, 75,
76, 77, 78, 79, 81, 82, 87, 88, 91,
92, 94, 105, 107, 108, 109, 112,
114, 119, 122, 123, 124, 125, 126,
127, 128, 129, 131, 134, 138, 143,
149, 150, 154, 160, 161, 162, 163,
168, 169, 170, 179, 180, 181, 182,
183, 184, 185, 186, 187, 188, 189,
190, 192, 193, 194

S

SOLUÇÃO SENSÍVEL AO
CONTEXTO · 134, 136

T

TRÁFEGO · 22, 29, 39, 56, 57, 64, 65,
67, 73, 74, 77, 81, 96, 97, 98, 99,
128, 141, 189, 191

TRANSECTO · 60, 79, 80

TRANSPORTE · 20, 21, 40, 43, 73,
118, 119, 120, 122, 123, 124, 125,
126, 127, 128, 129, 130, 131, 132,
133, 134, 135, 136, 137, 138, 139,
140, 141, 143, 144, 149, 200, 217,
218, 219, 220, 221, 230, 233, 236,
237, 239

U

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ·
190

V

VELOCIDADE · 53, 56, 57, 62, 64, 95,
96, 97, 122, 123, 124, 183

