The background of the cover is a photograph of a large, dark silhouette of a tree with many vertical branches, set against a bright sunset sky. The sun is low on the horizon, creating a strong orange and yellow glow. The sky transitions from a deep orange near the horizon to a pale blue at the top. The tree's silhouette is the central focus, with its branches spreading out across the upper half of the image.

**Waldir Mantovani
Ricardo Ferreira Monteiro
Luiz dos Anjos
Mariana Otero Cariello
(Organizadores)**

**PESQUISAS EM UNIDADES
DE CONSERVAÇÃO NO
DOMÍNIO DA CAATINGA**

SUBSÍDIOS À GESTÃO



Presidente da República
Michel Temer

Ministro da Educação
José Mendonça Filho

Universidade Federal do Ceará
Reitor
Prof. Henry de Holanda Campos

Vice-Reitor
Prof. Custódio Luís Silva de Almeida

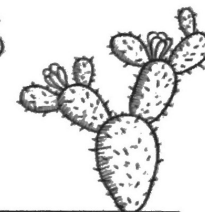
Edições UFC
Diretor e Editor
Prof. Antônio Cláudio Lima Guimarães

Conselho Editorial
Presidente
Prof. Antônio Cláudio Lima Guimarães

Conselheiros
Prof. Angela Maria R. Mota de Gutiérrez
Prof. Italo Gurgel
Prof. José Edmar da Silva Ribeiro

Waldir Mantovani
Ricardo Ferreira Monteiro
Luiz dos Anjos
Mariana Otero Cariello
- Organizadores -

PESQUISAS EM UNIDADES
DE CONSERVAÇÃO NO
DOMÍNIO DA CAATINGA



Subsídios à gestão

Pesquisas em Unidades de Conservação no Domínio da Caatinga: subsídios à gestão
© 2017 Copyright by Waldir Mantovani, Ricardo Ferreira Monteiro, Luiz dos Anjos, Mariana Otero Cariello (organizadores)
Impresso no Brasil / Printed in Brazil
Efetuado depósito legal na Biblioteca Nacional

Todos os Direitos Reservados

Edições UFC

Av. da Universidade, 2932 – Benfica – Fortaleza – Ceará

CEP: 60020-181 – Tel./Fax: (85) 3366.7499 (Distribuição)

3366.7766 (Diretoria) 3366.7439 (Livraria)

Internet: www.editora.ufc.br – E-mail: editora@ufc.br

Divisão de Editoração

Coordenação Editorial

Moacir Ribeiro da Silva

Revisão de Texto

Isabel Ferreira Lima

Normalização Bibliográfica – CRB 3/801-98

Perpétua Socorro Tavares Guimarães

Programação Visual e Capa

Valdiano Araújo Macedo

Diagramação

Adilton Lima Ribeiro

Catálogo na Fonte

Bibliotecária: Perpétua Socorro T. Guimarães CRB 3/801-98

Pesquisas em unidades de conservação no domínio da caatinga: subsídios à gestão / Waldir Mantovani, Ricardo Ferreira Monteiro, Luiz dos Anjos, Mariana Otero Cariello [organizadores]. – Fortaleza: Edições UFC, 2017.

605 p.: il.

ISBN: 978-85-7282-720-1

1. Ecologia – biodiversidade 2. Caatinga – Nordeste Brasileiro
3. Caatinga – flores e faunas 4. Estratégias de conservação
5. Meio ambiente – semiárido nordestino I. Mantovani, Waldir
II. Monteiro, Ricardo Ferreira III. Anjos, Luiz dos IV. Cariello,
Mariana Otero V. Título

CDD: 574.5265

Editora Filiada à
ABEU
Associação Brasileira das
Editoras Universitárias

CAPÍTULO 4

PERTURBAÇÃO ANTRÓPICA NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU: ESTARIA A CAATINGA TRANSFORMANDO-SE EM UM ECOSSISTEMA EMERGENTE?

Marcelo Tabarelli

Felipe Pimentel Lopes de Melo

Marcus Vinicius Alves

Isabel Cristina Sobreira Machado

Ariadna Valentina de Freitas e Lopes

José Alves Siqueira Filho

Inara Roberta Leal

INTRODUÇÃO

Em grande parte do mundo tropical, a conservação da diversidade biológica e a provisão de serviços ecossistêmicos dependem não só das áreas protegidas, mas também da vegetação remanescente no entorno delas. Essa constatação resulta de alguns fatos básicos: 1) o número e a abrangência territorial das áreas protegidas são insuficientes em muitas regiões ou biotas, 2) os serviços ecossistêmicos necessários às populações humanas operam em escalas espaciais que extrapolam os limites físicos das áreas protegidas, como a proteção dos cursos hídricos, 3) as oportunidades econômicas para a conservação e para o desenvolvimento sustentável operam na escala regional e 4) cada vez mais a diversidade biológica está sendo vista como um ativo-ambiental chave para o desenvolvimento ancorado no conceito de sustentabilidade (GARDNER *et al.*, 2009). Nesse contexto, as abordagens socioecológicas se tornam cada vez mais frequentes e necessárias, tanto no campo da pesquisa como no das iniciativas e ações de conservação da natureza (TABARELLI *et al.*, 2013).

O problema é que a natureza dentro da maioria das áreas protegidas e, principalmente, fora delas está exposta a perturbações antrópicas cada vez mais intensas, as quais afetam os processos ecológicos e o destino da biodiversidade. No caso das florestas e savanas tropicais, as perturbações antrópicas geralmente envolvem a perda e a

fragmentação de habitats (i.e., perturbações agudas), mas também a remoção frequente e contínua de pequenas quantidades de biomassa vegetal/animal (i.e., perturbações crônicas). Em outras palavras, as populações humanas estão convertendo paisagens naturais em paisagens antrópicas com distintos graus de conservação, as quais têm a função de conservar a diversidade biológica e prover às populações humanas bens e serviços ecossistêmicos. O resultado da interação entre populações humanas e recursos naturais define tanto o valor de conservação das paisagens como a sustentabilidade do modo de produção e a permanência das sociedades locais (CHAZDON *et al.*, 2009).

Obviamente, as perturbações antrópicas agudas e crônicas têm efeitos negativos sobre a diversidade biológica das biotas tropicais em diferentes níveis de organização biológica e escalas espaciais (LAURANCE *et al.*, 2002). Uma vasta literatura documentando efeitos oriundos da perda e da fragmentação de habitats sobre populações, comunidades e ecossistemas já está disponível. Por exemplo, os efeitos de borda podem levar à proliferação de árvores pioneiras, enquanto a flora típica da floresta madura torna-se rara. Em termos de ecossistema, florestas maduras “movem-se” em direção a estágios sucessionais iniciais à medida que os efeitos de borda se intensificam.

Embora os estudos ainda sejam em número reduzido, perturbações crônicas, como a extração de lenha e o sobrepastoreio por animais domésticos, também podem produzir efeitos negativos sobre a biodiversidade (SINGH, 1998). Respostas como empobrecimento e homogeneização biológica das comunidades, secundarização da vegetação, estabelecimento de ecossistemas emergentes ou desertificação podem ampliar-se drasticamente no caso de redução dos níveis de precipitação em escala regional (HIROTA *et al.*, 2011), como previsto para o Semiárido nordestino (IPCC, 2007).

Um contexto socioecológico comum e geograficamente abrangente é aquele que envolve populações rurais pobres e altamente dependentes de capital natural. Referimo-nos às populações dedicadas à agricultura de subsistência e à criação extensiva de animais domésticos, dependentes de produtos florestais coletados regularmente, como lenha, carvão, madeira, frutas, carne de caça e forragem animal, entre outros. Essas paisagens antrópicas caracterizadas pela persistência de perturbações crônicas atualmente cobrem vastas extensões nos domínios de florestas secas e savanas na região Neotropical, na África e no sudeste asiático, particularmente na Índia (BLACKIE *et al.*, 2014). Em outras palavras, uma parte expressiva da biodiversidade das florestas secas está submetida a regimes de perturbação crônica, gerando efeitos que poderão ser ampliados ou reduzidos em resposta às mudanças climáticas já em curso.

A Caatinga como biota ou ecossistema pode ser definida como um mosaico constituído por manchas de floresta seca e de vegetação arbustiva, desde a escala local até

a regional (PENNINGTON *et al.*, 2009). Apesar da elevada diversidade biológica para os padrões de clima semiárido (SIQUEIRA-FILHO, 2012), a Caatinga vem sendo modificada drasticamente por atividades humanas desde o início da colonização europeia no século XVI. Além da supressão definitiva da vegetação em vastas áreas (i. e., perturbação aguda), a Caatinga experimenta perturbações crônicas, como: 1) ciclos de agricultura de subsistência (plantio de algodão, milho e feijão); 2) sobrepastoreio por animais domésticos, principalmente caprinos; 3) extração de lenha para fins domésticos e comerciais; 4) extração de madeira, principalmente para uso nas propriedades rurais; 5) coleta de plantas para fins alimentícios, medicinais e como fonte de matéria-prima (i.e., produtos florestais não madeireiros) e 6) invasão biológica protagonizada, principalmente, por espécies introduzidas para forragem animal, como várias espécies de *Prosopis* (algaroba) e gramíneas africanas.

Em diferentes escalas espaciais, a Caatinga, ou até mesmo o Semiárido nordestino, pode ser descrita como um sistema socioecológico produtivo (FU *et al.*, 2013) dependente e ancorado no extrativismo, incluindo os nutrientes do solo e da vegetação, os quais são continuamente perdidos/exportados através da produção agrícola e animal, mas quase nunca reintroduzidos no sistema por técnicas de manejo (sociedades rurais baseadas no extrativismo).

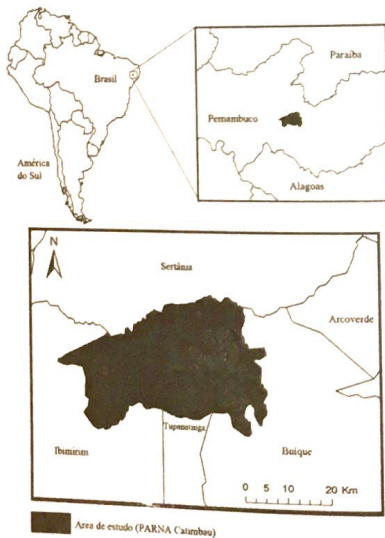
As florestas secas do mundo, assim como a Caatinga, suportam grande parte da população pobre das zonas rurais em escala global, o que representa mais de 100 milhões de pessoas somente na África (BLACKIE *et al.*, 2014). A biota da Caatinga e seus 28 milhões de habitantes são extremamente vulneráveis à degradação ambiental, visto que 1) por unanimidade, os modelos climáticos apontam para redução nos níveis de precipitação no Semiárido; 2) as populações humanas são extremamente dependentes dos recursos naturais, inclusive os relativos à biodiversidade; 3) existe um longo histórico de alteração e degradação dessa biota; 4) a condição de sazonalidade extrema torna a Caatinga naturalmente frágil e, finalmente, 5) a Caatinga sofre com a falta de conhecimento científico e políticas públicas capazes de assegurarem uma perspectiva de desenvolvimento sustentável para a região (LEAL *et al.*, 2005; IPCC, 2007).

Desertificação, extinção de espécies, esgotamento de recursos naturais como água e lenha e extrema vulnerabilidade a eventos climáticos extremos indicam claramente que 1) a biota da Caatinga está respondendo de forma drástica às perturbações antrópicas, 2) vários serviços ecossistêmicos já estão comprometidos em diferentes escalas espaciais, como a recuperação da fertilidade do solo, a produção de água potável e a estocagem de nutrientes, e 3) as atividades produtivas e de subsistência familiar (e.g., extrativismo) deverão adotar medidas adaptativas e mitigatórias para dar suporte ao

estabelecimento de sociedades humanas saudáveis e sustentáveis (HARVEY *et al.*, 2014). Operacionalmente, estamos nos referindo a “paisagens amigáveis à biodiversidade” (MELO *et al.*, 2013), “paisagens climaticamente inteligentes/espertas” (HARVEY *et al.*, 2014) e “paisagens sustentáveis”, todas carecendo de estudos de caso.

Entender como a Caatinga e as demais biotas tropicais respondem às pressões antrópicas agudas e crônicas, incluindo mudanças climáticas, é um desafio científico de relevância global e uma tarefa urgente no contexto da sustentabilidade. De modo objetivo, é preciso integrar cientificamente temas como: uso de recursos naturais, resposta às perturbações antrópicas, integridade dos ecossistemas, serviços ambientais-chave e bem-estar humano, na perspectiva da sustentabilidade ou do estabelecimento de sociedades saudáveis e sustentáveis. Nesse contexto, a Caatinga representa um excelente “experimento” e uma oportunidade de investigação sobre como as florestas secas e as savanas respondem às perturbações antrópicas e quais são as consequências para a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e a qualidade de vida das populações humanas que nela vivem e dela dependem.

Neste capítulo, apresentamos de forma sucinta a motivação científica, os objetivos, as ações, os resultados preliminares e as implicações de um conjunto de projetos, os quais atualmente se configuram como um programa de pesquisa empenhado em prever o futuro da biodiversidade da Caatinga, tendo como área de estudo o Parque Nacional do Catimbau, em Pernambuco (Mapa 1 e Foto 1).



Mapa 1 – Localização do Parna do Catimbau

Fonte: Elaboração dos autores.



Foto 1 – Paisagens comuns dentro dos limites do Parna do Catimbau

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: (A) vista aérea mostrando grande área contínua com vegetação bem conservada; (B) vegetação relativamente bem conservada nas margens da Estrada do Gado, a qual funcionou desde

o século XVI até o início do século XX como caminho para o transporte do gado trazido do Sul do Brasil via rio São Francisco para propriedades no Nordeste e Norte do Brasil; (C) vista aérea de área pertencente à Fazenda Brejo, utilizada por anos como pasto para gado e onde a regeneração da vegetação nativa não tem avançado mesmo após décadas desde a sua desativação; (D) vista da vegetação nativa onde licurizais (*Syagrus coronata*) têm proliferado; (E) licurizal visto de aérea de área queimada onde licurizais (*Syagrus coronata*) têm proliferado; (F) algarobal (*Prosopis juliflora*) estabelecido às margens de curso de água temporário; (G) caprinos criados de forma extensiva na área do parque e (H) caprinos em frente à propriedade dentro do parque, com cerca construída com madeira extraída da Caatinga, típica na região.

O precursor desses projetos foi aprovado no âmbito da Chamada CNPq/ICMBio nº 13/2011 – Pesquisa em Unidades de Conservação do Bioma Caatinga, intitulado “Perturbação antrópica, invasão biológica e biologia reprodutiva no Parque Nacional do Catimbau: estaria a Caatinga transformando-se em um ecossistema emergente?” (Processo nº 552054/2011-9). Esse projeto alavancou uma série de outros, entre os quais destacamos: 1) “Perturbações antrópicas, mudanças climáticas e a biota futura da Caatinga” (PELD/CNPq, Processo nº 403770/2012-2) e 2) “Perturbações antrópicas e a transformação do ecossistema Caatinga: implicações para a sustentabilidade do Semiárido” (PRONEX-Facepe, Processo nº APQ-0138-2.05/14). Como o programa começou em 2011 e encontra-se em pleno andamento, a contribuição deste capítulo refere-se muito mais à apresentação e formulação do problema geral (i. e., o futuro da biota da Caatinga), seu mérito e a forma de abordá-lo.

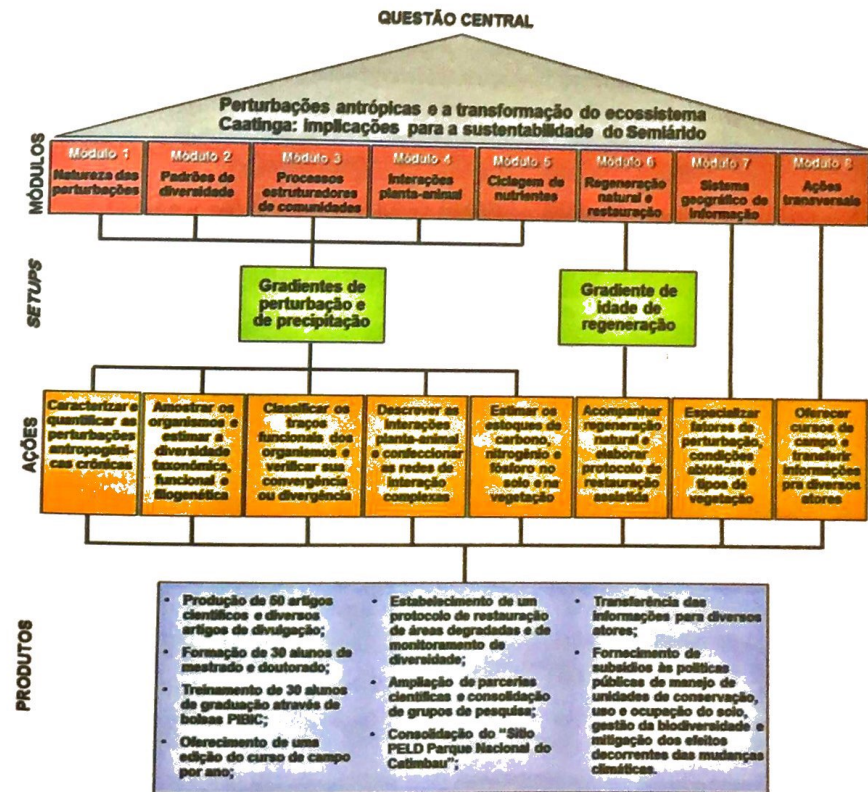
Esperamos que a leitura deste capítulo estimule o estabelecimento de novas iniciativas de longo prazo devotadas ao entendimento de como as biotas tropicais respondem às perturbações e de que forma podemos conciliar desenvolvimento social, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Acima de tudo, este capítulo trata de política científica e a ciência necessária diante dos desafios do Semiárido nordestino e da sustentabilidade global.

O PROGRAMA DE PESQUISAS NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU

De forma concisa, este programa objetiva examinar como perturbações antrópicas e mudanças no regime de precipitação afetam a biota da Caatinga em diferentes níveis de organização biológica e quais são as implicações para a sustentabilidade do sistema baseado na agricultura/pecuária de subsistência e no extrativismo. Para alcançar esse objetivo geral, nós adotamos uma abordagem socioecológica com oito objetivos específicos, os quais constituem os módulos de execução do programa (Fluxograma 1). São eles: 1) natureza das perturbações antrópicas; 2) padrões de diversidade das comunidades

biológicas; 3) processos estruturadores das comunidades; 4) interações planta-animal; 5) ciclagem de nutrientes; 6) regeneração natural e restauração assistida; 7) sistema de informação geográfica e 8) capacitação e transferência de informação.

A execução do programa e o alcance de seus objetivos baseiam-se no: 1) estabelecimento de um conjunto de 60 parcelas permanentes (unidades experimentais); 2) inventários multitaxa periódicos; 3) monitoramento contínuo de variáveis ambientais e antrópicas; 4) consolidação das informações biológicas, ambientais e de uso do solo em uma base do tipo SIG e 5) disseminação/transferência das informações para a sociedade através de um conjunto amplo de instrumentos. O Fluxograma 1 mostra um resumo dos módulos, dos *setups*, das ações e dos produtos do programa de pesquisa no Parque Nacional do Catimbau.



Fluxograma 1 – Esquema conceitual apresentando questão central, módulos, *setups*, ações e produtos do programa de pesquisa no Parna do Catimbau

Fonte: Elaboração dos autores.

Especificamente no campo das respostas, vamos examinar a ocorrência, a generalidade e os fatores condicionantes de respostas biológicas importantes, como: perda não aleatória de grupos ecológicos e taxonômicos; empobrecimento taxonômico, funcional e filogenético das assembleias de plantas, insetos e vertebrados; redução da diversidade funcional associada a atributos das espécies de plantas, insetos e vertebrados; proliferação de táxons nativos adaptados às perturbações crônicas; homogeneização biológica em múltiplas escalas espaciais; convergência taxonômica e funcional; colapso de biomassa e regeneração truncada; savanização e estabelecimento de sistemas emergentes. Embora essas repostas já tenham sido documentadas no caso de florestas tropicais úmidas expostas à perda e à fragmentação de habitats, espera-se que elas estejam presentes na Caatinga, embora associadas a outros condicionantes (i.e., perturbações crônicas). A nossa ideia é que, em conjunto, perturbação antrópica e redução de precipitação, como predito pelos modelos climáticos (IPCC, 2007), resultarão em empobrecimento biológico, convergência e homogeneização taxonômica, filogenética e funcional, como mostrado no Gráfico 1.

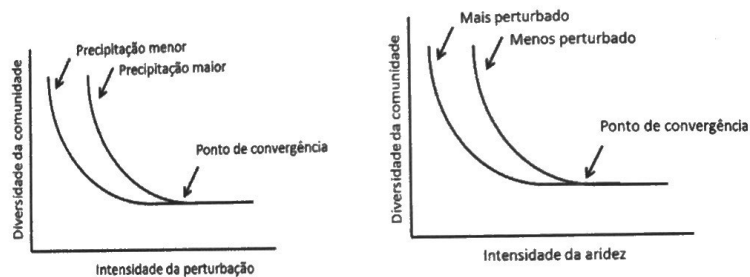


Gráfico 1 – Expectativa de como a diversidade taxonômica, funcional e filogenética de diferentes grupos de organismos da Caatinga respondem ao aumento da perturbação e à diminuição da precipitação

Fonte: Elaboração dos autores.

Nota: À medida que aumenta a perturbação, o efeito da precipitação sobre os grupos de organismos começa a diminuir e vice-versa (i.e., com a redução na precipitação, a perturbação começa a ter um efeito menor sobre os organismos), de forma que haverá um ponto de convergência na composição das comunidades.

Como mecanismo básico que promove essas respostas ou transformações encontra-se a ampliação dos filtros ambientais para as plantas, em decorrência da degradação do solo pela atividade agrícola/pecuária, principalmente a exportação de nutrientes na forma de grãos e carne. Também podem ser fatores importantes o colapso da população de plantas devido à coleta de produtos florestais e ao tempo de pousio

reduzido e a redução no tamanho de populações de plantas por sobrepasteio. E ainda: a proliferação de espécies de plantas nativas adaptadas a solos degradados, estresse hídrico, sem valor de consumo e/ou comércio e a invasão biológica em áreas com solos degradados e, finalmente, a ampliação de filtros ambientais decorrentes da redução da precipitação média anual.

O Parna do Catimbau possui área de quase 607 km² e vegetação bastante diversificada devido à interação do clima com o solo, o relevo, a altitude e os processos geológicos. Por essas razões, estudos florísticos e fitossociológicos vêm sendo desenvolvidos na área do Catimbau há décadas (RODAL *et al.*, 1998). Esses estudos, realizados em áreas específicas do Parna, obtiveram valores de riqueza entre 139 e 192 espécies. Contudo, o número de espécies do Catimbau mais do que dobrou com os levantamentos sistematizados realizados pela equipe do Herbário da Universidade Federal do Vale do São Francisco, os quais originaram uma lista com 403 espécies pertencentes a 95 famílias.

Estudos com outros grupos de organismos ainda são escassos, assim como estudos sobre a resposta da biota às perturbações antrópicas, apesar de o Parna oferecer uma oportunidade ideal para esse tipo de investigação. Isso porque a condição de “parque” foi estabelecida em 2002, no entanto nenhuma desapropriação foi ainda levada a cabo pelos órgãos competentes, e a maioria das famílias de agricultores ainda reside em suas propriedades dentro do parque, submetendo a Caatinga às práticas tradicionais de produção agrícola e pecuária.

De forma abreviada, referimo-nos a um sistema socioeconômico ou socioecológico com as seguintes características: 1) agricultura e pecuária de base familiar e voltada à subsistência com comercialização de excedentes; 2) agricultura de corte e queima e pecuária extensiva com baixos investimentos em termos tecnológicos e insumos, como fertilizantes, e 3) exploração intensiva da flora e da fauna nativa como fonte de madeira, lenha, carvão, frutos, fármacos, plantas ornamentais e forragem animal. Trata-se de um sistema de base extrativista, altamente dependente do capital natural e com grande potencial de transformação da biota nativa, embora toda essa dependência necessite ser quantificada em termos biológicos (*e.g.*, biomassa e nutrientes) e econômicos. Esse conjunto de perturbações agudas e crônicas vem transformando a vegetação de Caatinga na escala da propriedade rural e da paisagem (Foto 1C-H), em mosaicos compostos de: 1) áreas em diferentes estágios de regeneração; 2) trechos de vegetação sem histórico recente de corte e queima; 3) roças e pequenos pastos e 4) *stands* monoespecíficos de algaroba (Foto 1F), espécie exótica invasora intensamente utilizada no Semiárido nordestino como fonte de forragem animal e lenha.

Esse mosaico mantido pela agricultura de corte e queima sofre perturbações regulares na forma de coleta de produtos florestais e na forma de sobrepastoreio e pisoteio pelos rebanhos domésticos, principalmente caprinos (Foto 1G, H).

Outra característica do Parna do Catimbau refere-se à presença de um gradiente de precipitação de 500 mm, em seu limite oeste, a 1.000 mm, no limite leste da unidade. Dessa forma, o Parna do Catimbau oferece uma oportunidade única para se avaliar respostas a perturbações antrópicas, mudanças no regime de precipitação e potenciais sinergismos entre essas duas forças estruturadoras.

Para responder às questões colocadas, estabelecemos redes de parcelas permanentes de acordo com três gradientes principais: precipitação, perturbação crônica e tempo de abandono desde o último cultivo. No início de 2015, também estabelecemos um experimento de exclusão de herbivoria por animais domésticos, principalmente caprinos. Informações sobre os meios físico e biológico estão sendo medidas regularmente nessas parcelas, suportando um programa de monitoramento em longo prazo, conforme abordagem definida para o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD-CNPq).

O regime de uso do solo e de coleta de produtos florestais pela população local está sendo caracterizado via entrevistas com moradores locais e através da análise de imagens aéreas. Estudos de caso complementam essa abordagem baseada no monitoramento em longo prazo e no cruzamento de variáveis de interesse. A informação coletada é continuamente integrada em um sistema de informação geográfica, com temas físicos, biológicos e sociais. O esforço de pesquisa ancora-se no desenvolvimento de monografias, dissertações e teses, com base em um conjunto de parcerias entre a Universidade Federal de Pernambuco e grupos de pesquisa de outras regiões do Brasil, Alemanha, Austrália e México. Em 2015, mais de 30 dissertações e teses estavam em andamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Estudos em andamento/concluídos no programa de pesquisa no Parna do Catimbau

Tipo de estudo e título abreviado	Orientador	Estudante	Nível
Ecologia de populações			
Efeitos da densidade populacional e da atratividade floral sobre a frequência de visitantes florais de <i>Jatropha mutabilis</i> (Euphorbiaceae): uma espécie monoica	A. Lopes	Jéssica Luiza Souza e Silva	Mestrado
Desenvolvimento de nectários e polinização de espécies de Rubiaceae	A. Lopes	Maryana Pedrosa Dias	Mestrado
Biologia reprodutiva de plantas invasoras	A. Lopes	Shirlei Mestre Ferreira	Doutorado

continuação			
Monitoramento acústico da atividade de morcegos insetívoros	E. Bernard	Éder Barbier	Doutorado
Ecologia da polinização de <i>Prosopis pallida</i> Kunth., uma espécie invasora	I. Machado	Camila Carvalho G. Lobo	Graduação
Biologia floral e reprodutiva de <i>Syagrus coronata</i> (Mart.) Becc.	I. Machado	Camila Barbosa	Mestrado
Sistemas de polinização generalista e especialista em Asclepiadoideae	I. Machado	Arthur Domingos de Melo	Mestrado
Seleção fenotípica e honestidade floral em duas espécies de antese noturna	I. Machado	Arthur Domingos de Melo	Doutorado
Biologia reprodutiva e filogeografia do complexo <i>Dyckia dissitiflora</i> L. B. Sm.	I. Machado	Diego S. Pinangé	Pós-doutorado
Fragilidade reprodutiva em espécies com polimorfismos florais: o caso da enantiofilia monomórfica	I. Machado	Natan Messias Almeida	Pós-doutorado
Perturbação e flora associada ao licuri <i>Syagrus coronata</i> (Mart.) Becc.	M. Tabarelli	Leila Brito Gonçalves	Mestrado
Ilhas de solo em afloramentos rochosos: partição da diversidade e o efeito da disponibilidade hídrica sobre <i>Campylopus pilifer</i> Brid.	N. Santos	Joan Bruno Silva	Doutorado
Ecologia de comunidades			
Caracterização reprodutiva e modelagem climática de fitofisionomias de Caatinga: flora futura	A. Lopes	Jéssica Luiza Souza e Silva	Doutorado
Caracterização reprodutiva de espécies de plantas endêmicas, raras e ameaçadas	A. Lopes	Marcela Woolley Santos	Mestrado
Respostas da comunidade de plantas herbáceas à perturbação crônica	B. Santos	Ligia de Almeida Vieira	Mestrado
Perturbações antrópicas e a redução na diversidade taxonômica, funcional e filogenética da comunidade lenhosa	I. Leal	Elaine dos Santos Ribeiro	Pós-doutorado
Fenologia e diversidade funcional reprodutiva de espécies lenhosas em gradiente de precipitação e perturbação	I. Machado	Márcia Emanuelle	Doutorado
Futura flora reprodutiva da Caatinga: utilização de atributos reprodutivos para o reconhecimento de grupos sensíveis à perda de hábitar	I. Machado	Natan Messias Almeida	Pós-doutorado
Diversidade de plantas escandentes no Parna do Catimbau	M. Alves	Geadelande Delgado	Mestrado
Influência da precipitação e distúrbios antrópicos crônicos na estruturação de comunidades de plantas lenhosas	M. Tabarelli	Kátia Rito Pereira	Doutorado
Estratégias funcionais de espécies lenhosas em gradientes de perturbação e de precipitação	M. Tabarelli	Julia Caram Sfair	Pós-doutorado
Brioflora do Catimbau	N. Santos	Eduardo Magno Dias	Graduação
Interações planta-animal			
Rede de polinizadores em gradientes de precipitação e de regeneração	A. Lopes	Marcela Tomaz Oliveira	Doutorado

Esse mosaico mantido pela agricultura de corte e queima sofre perturbações regulares na forma de coleta de produtos florestais e na forma de sobrepastoreio e pisoteio pelos rebanhos domésticos, principalmente caprinos (Foto 1G, H).

Outra característica do Parna do Catimbau refere-se à presença de um gradiente de precipitação de 500 mm, em seu limite oeste, a 1.000 mm, no limite leste da unidade. Dessa forma, o Parna do Catimbau oferece uma oportunidade única para se avaliar respostas a perturbações antrópicas, mudanças no regime de precipitação e potenciais sinergismos entre essas duas forças estruturadoras.

Para responder às questões colocadas, estabelecemos redes de parcelas permanentes de acordo com três gradientes principais: precipitação, perturbação crônica e tempo de abandono desde o último cultivo. No início de 2015, também estabelecemos um experimento de exclusão de herbivoria por animais domésticos, principalmente caprinos. Informações sobre os meios físico e biológico estão sendo medidas regularmente nessas parcelas, suportando um programa de monitoramento em longo prazo, conforme abordagem definida para o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD-CNPq).

O regime de uso do solo e de coleta de produtos florestais pela população local está sendo caracterizado via entrevistas com moradores locais e através da análise de imagens aéreas. Estudos de caso complementam essa abordagem baseada no monitoramento em longo prazo e no cruzamento de variáveis de interesse. A informação coletada é continuamente integrada em um sistema de informação geográfica, com temas físicos, biológicos e sociais. O esforço de pesquisa ancora-se no desenvolvimento de monografias, dissertações e teses, com base em um conjunto de parcerias entre a Universidade Federal de Pernambuco e grupos de pesquisa de outras regiões do Brasil, Alemanha, Austrália e México. Em 2015, mais de 30 dissertações e teses estavam em andamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Estudos em andamento/concluídos no programa de pesquisa no Parna do Catimbau

Tipo de estudo e título abreviado	Orientador	Estudante	Nível
Ecologia de populações			
Efeitos da densidade populacional e da atratividade floral sobre a frequência de visitantes florais de <i>Jatropha mutabilis</i> (Euphorbiaceae): uma espécie monoica	A. Lopes	Jéssica Luiza Souza e Silva	Mestrado
Desenvolvimento de nectários e polinização de espécies de Rubiaceae	A. Lopes	Maryana Pedrosa Dias	Mestrado
Biologia reprodutiva de plantas invasoras	A. Lopes	Shirlei Mestre Ferreira	Doutorado

continuação

Monitoramento acústico da atividade de morcegos insetívoros	E. Bernard	Éder Barbier	Doutorado
Ecologia da polinização de <i>Prosopis pallida</i> Kunth., uma espécie invasora	I. Machado	Camila Carvalho G. Lobo	Graduação
Biologia floral e reprodutiva de <i>Syagrus coronata</i> (Mart.) Becc.	I. Machado	Camila Barbosa	Mestrado
Sistemas de polinização generalista e especialista em Asclepiadoideae	I. Machado	Arthur Domingos de Melo	Mestrado
Seleção fenotípica e honestidade floral em duas espécies de antese noturna	I. Machado	Arthur Domingos de Melo	Doutorado
Biologia reprodutiva e filogeografia do complexo <i>Dyckia dissitiflora</i> L. B. Sm.	I. Machado	Diego S. Pinangé	Pós-doutorado
Fragilidade reprodutiva em espécies com polimorfismos florais: o caso da enantiofilia monomórfica	I. Machado	Natan Messias Almeida	Pós-doutorado
Perturbação e flora associada ao licuri <i>Syagrus coronata</i> (Mart.) Becc.	M. Tabarelli	Leila Brito Gonçalves	Mestrado
Ilhas de solo em afloramentos rochosos: partição da diversidade e o efeito da disponibilidade hídrica sobre <i>Campylopus pilifer</i> Brid.	N. Santos	Joan Bruno Silva	Doutorado
Ecologia de comunidades			
Caracterização reprodutiva e modelagem climática de fitofisionomias de Caatinga: flora futura	A. Lopes	Jéssica Luiza Souza e Silva	Doutorado
Caracterização reprodutiva de espécies de plantas endêmicas, raras e ameaçadas	A. Lopes	Marcela Woolley Santos	Mestrado
Respostas da comunidade de plantas herbáceas à perturbação crônica	B. Santos	Ligia de Almeida Vieira	Mestrado
Perturbações antrópicas e a redução na diversidade taxonômica, funcional e filogenética da comunidade lenhosa	I. Leal	Elaine dos Santos Ribeiro	Pós-doutorado
Fenologia e diversidade funcional reprodutiva de espécies lenhosas em gradiente de precipitação e perturbação	I. Machado	Márcia Emanuelle	Doutorado
Futura flora reprodutiva da Caatinga: utilização de atributos reprodutivos para o reconhecimento de grupos sensíveis à perda de hábitat	I. Machado	Natan Messias Almeida	Pós-doutorado
Diversidade de plantas escandentes no Parna do Catimbau	M. Alves	Geadelande Delgado	Mestrado
Influência da precipitação e distúrbios antrópicos crônicos na estruturação de comunidades de plantas lenhosas	M. Tabarelli	Kátia Rito Pereira	Doutorado
Estratégias funcionais de espécies lenhosas em gradientes de perturbação e de precipitação	M. Tabarelli	Julia Caram Sfair	Pós-doutorado
Brioflora do Catimbau	N. Santos	Eduardo Magno Dias	Graduação
Interações planta-animal			
Rede de polinizadores em gradientes de precipitação e de regeneração	A. Lopes	Marcela Tomaz Oliveira	Doutorado

			continuação
Rede de interações entre flores e floríferos em gradiente de precipitação	A. Lopes	Rafaella Guimarães Porto	Doutorado
Atividade secretora dos nectários extraflorais e tolerância térmica das formigas modulando interações entre plantas, herbívoros e formigas	I. Leal	José Israel Feliciano Durval	Graduação
Perturbações antrópicas, precipitação e a dinâmica temporal das interações entre plantas com nectários extraflorais e formigas	I. Leal	Wellton Lupercinio da Silva	Graduação
Diversidade estrutural de nectários extraflorais ao longo do gradiente de perturbação e precipitação	I. Leal	Daniela de Assis Reis	Mestrado
Efeito de perturbações antrópicas e precipitação nas interações planta-herbívoro	I. Leal	Pedro Elias Neto	Mestrado
Influência dos nectários extraflorais na estrutura das comunidades de formigas	I. Leal	Carlos Félix da Silva	Doutorado
Efeito da qualidade dos solos sobre as defesas antiherbivoria em plantas	I. Leal	Clarissa Knoechelmann	Doutorado
Influência do distúrbio antrópico nas interações entre plantas e formigas cortadeiras	I. Leal	Felipe Siqueira da Silva	Doutorado
Interações entre glândulas secretoras de néctar, homópteros e formigas	I. Leal	Talita Câmara Bezerra	Doutorado
Interações planta-herbívoro-formiga em gradientes de perturbação e precipitação	I. Leal	José Domingos Ribeiro Neto	Pós-doutorado
O papel dos traços funcionais fisiológicos e morfológicos de formigas nas adaptações à perturbação antrópica	X. Arnan	Lucas Lima	Graduação
O papel dos traços comportamentais das formigas nas adaptações à perturbação antrópica	X. Arnan	Marcella Nínive	Graduação
Conservação e sustentabilidade			
Impacto do forrageio de caprinos e ovinos sobre a comunidade de plantas regenerantes	B. Santos	Dione Ventura dos Santos	Mestrado
Uso doméstico de recursos madeireiros em comunidades rurais	F. Melo	Bárbara Cavalcante Silva	Mestrado
Área de vida de caprinos domésticos (<i>Capra hircus</i> , Bovidae)	F. Melo	Davi Jamelli Santos	Mestrado
Distribuição preditiva da algaroba e seus efeitos na regeneração	F. Melo	Luciana Patriota de Gouveia	Mestrado
Perturbações antrópicas e a resiliência de sistemas socioecológicos produtivos	F. Melo	Maria Joana Silva Specht	Doutorado
Efeito do pastejo e da pluviosidade na composição, estrutura e dinâmica da vegetação	F. Melo	Tatiane Menezes	Doutorado
Efeito de perturbações antrópicas e mudanças climáticas nos serviços ecossistêmicos providos por formigas	I. Leal	Fernanda de Oliveira	Doutorado
Perturbações antrópicas crônicas, diversidade de formigas e resiliência ecossistêmica frente a mudanças climáticas	I. Leal	Xavier Arnan	Pós-doutorado

			continuação
Regeneração natural após o uso para a agricultura	M. Tabarelli	Alexandre Souza de Paula	Doutorado
Regeneração natural após agricultura: mudanças na diversidade taxonômica, funcional e filogenética nas assembleias de plantas	M. Tabarelli	Maria Fabíola Barros	Doutorado
Estoques de carbono e biomassa acima do solo em gradientes de perturbação antrópica e precipitação	M. Tabarelli	Daniele Gomes de Souza	Pós-doutorado

Fonte: Elaboração dos autores.

SISTEMA SOCIOECOLÓGICO E O FUTURO DA BIOTA: IMPRESSÕES INICIAIS

Para responder adequadamente às questões colocadas pelo programa de pesquisa, é necessário o monitoramento a longo prazo das variáveis respostas e explanatórias. Não é por acaso que tal programa atua conceitualmente e operacionalmente no contexto do PELD-CNPq, de acordo com uma abordagem socioecológica. Dessa forma, os dados coletados neste momento permitem apresentar apenas um conjunto de impressões sobre o destino da biota no Parna do Catimbau.

Um conjunto razoável de famílias residentes dentro do Parna já foi abordado, confirmando o seguinte: 1) modo de produção agropecuária de base familiar, com função de subsistência e comercialização de excedentes, mas altamente dependente de recursos florestais/naturais; 2) famílias rurais de baixa renda, nível reduzido de escolaridade e baixa utilização de insumos ou tecnologias agrícolas modernas, como fertilizantes; 3) relação entre intensidade de atividades produtivas e políticas de seguridade social, sugerindo uma relação importante entre programas sociais e intensidade de uso e/ou degradação de recursos naturais. Há relatos frequentes de redução na área plantada e, conseqüentemente, de aumento de roças abandonadas em resposta à aposentadoria rural e aos programas governamentais de renda mínima, como o Bolsa Família. Em geral, são roças de 1-2 hectares, mas que podem chegar a 380 ha, dedicadas principalmente à produção de feijão, milho, abóbora, melancia e palma forrageira. Em síntese, trata-se de um sistema socioecológico agrário-extrativista, mas sob influência direta de políticas sociais implementadas nos últimos 13 anos, as quais podem estar tendo uma influência decisiva sobre a sustentabilidade desse sistema na sua dimensão ecológica, social e econômica, à medida que reduz a dependência de recursos naturais no ganho das famílias. Essas relações precisam ser quantificadas de maneira mais detalhada.

Do ponto de vista ecológico, estaria a Caatinga no contexto desse modelo socio-ecológico se transformando em um ecossistema emergente? Para responder a essa pergunta, em primeiro lugar, precisamos considerar que as perturbações antrópicas agudas e crônicas criam mosaicos na escala espacial da propriedade e da paisagem (i. e., conjunto de propriedades). Estamos nos referindo a mosaicos formados, principalmente, pelos seguintes componentes: áreas de roça e de pasto, manchas de vegetação nativa com diferentes idades de regeneração após uso agropecuário (floresta secundária com até 70 anos de idade), vegetação sem histórico recente de agricultura e manchas de vegetação dominadas por algaroba (Foto 1F). Caprinos e outros animais domésticos constituem atualmente a principal pressão de herbivoria sofrida pela comunidade de plantas da Caatinga, com restrições de acesso às lavouras, como, por exemplo, feijão, milho, abóbora, melancia e palma. Os resultados preliminares sugerem, no entanto, que os caprinos apresentam preferência por vegetação em regeneração inicial e costumam utilizar territórios de forrageio próximos às casas de seus donos, possibilitando modelar o uso de seu hábitat. Em resumo, caprinos constituem fonte de perturbação associada à presença humana espacialmente.

Na escala local, observamos assembleias de plantas dominadas por espécies exóticas, particularmente os algarobais estabelecidos ao longo dos cursos d'água e de planícies aluviais (Foto 1F), as quais podem cobrir áreas de menos de um até vários hectares, e que foram previamente degradadas por atividades agropecuárias. Nós nos referimos, particularmente, à degradação do solo nos seus aspectos físicos e em termos de estoques de nutrientes. Os algarobais, aceitando sua capacidade natural de regenerar-se, enquadram-se no conceito clássico de ecossistema emergente, tanto no que se refere a sua origem quanto à estrutura das assembleias de plantas.

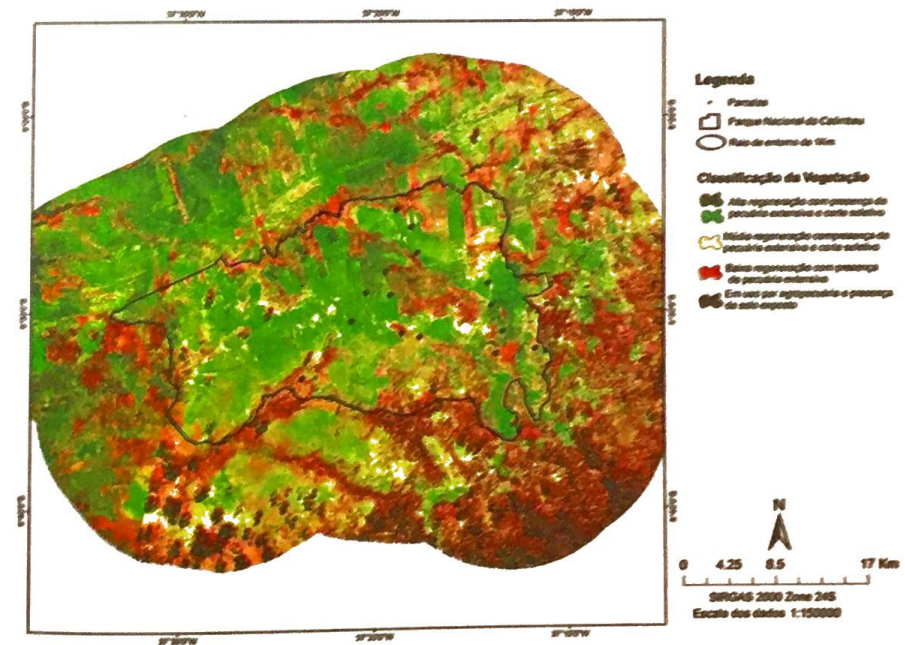
Existem também manchas de vegetação nativa em áreas previamente cultivadas e provavelmente com solos degradados, com índices elevados de dominância por parte de algumas poucas espécies. Podemos citar, por exemplo, manchas dominadas por *Cnidocolus urens* (cansação), *Jatropha mollissima* (pinhão) ou *Senna macranthera* (cinzeiro). Destacamos, além dessas, as manchas dominadas pela palmeira arbórea *Syagrus coronata*, o licuri, as quais podem estender-se por vários hectares, previamente ocupados por agricultura ou pecuária. A presença dos licurizais reflete uma combinação de fatores: o licuri é tolerante ao fogo e ao pastoreio, tem suas sementes dispersas por caprinos e, frequentemente, é poupado na limpeza do terreno para agricultura ou na formação de pastos, pois é uma espécie muito útil na propriedade rural (e. g., folhas, frutos e sementes) (Foto 1D, E).

Ao persistir por longos períodos, esse tipo de vegetação dominada por espécies nativas enquadra-se no conceito de ecossistemas emergentes, não dominados por espécies exóticas, mas sim por espécies nativas adaptadas à perturbação e que tendem

a proliferar em múltiplas escalas espaciais, caso as perturbações antrópicas persistam (i. e., espécies nativas vencedoras).

Outro conceito em que também se enquadra os *stands* presentes nas áreas alteradas pelas atividades humanas do Parna do Catimbau é o de vegetação secundária com sucessão interrompida (*arrested succession*). Existem várias áreas no Catimbau que após décadas desde o abandono das roças suportam apenas vegetação arbustiva, uma forte evidência de degradação do solo e, talvez, sobrepastoreio limitando a regeneração natural.

Ainda em escala local, nada sabemos até hoje sobre mudanças sofridas pela vegetação, que, embora livre de perturbações agudas, como o corte e a queima ou coivara, está exposta de forma permanente à herbivoria por animais domésticos e extração de lenha, madeira, forragem, frutas etc. É razoável pensar que se trata de vegetação ou assembleia de plantas bastante distintas daquelas expostas às perturbações de baixa intensidade. Como os animais domésticos são criados de forma extensiva, praticamente não há áreas de vegetação que estejam livres de herbivoria por esses animais, embora uma parte significativa da área do Parna do Catimbau esteja coberta por um tipo de floresta seca, sem registro de corte raso recente (Mapa 2).



Mapa 2 – Cobertura vegetal e uso do solo no Parna do Catimbau

Fonte: Elaboração dos autores.

Na escala de paisagem, a vegetação suporta grande número de espécies exóticas, mas a maioria está restrita às áreas residenciais e seus roçados, ou ocorrem com abundância muito reduzida para que se possa considerar, nessa escala espacial, a Caatinga como um ecossistema emergente. São cerca de 20 espécies de plantas, a maioria introduzida por utilidade agropecuária ou ornamental (Tabela 2), padrão este já destacado para a Caatinga como um todo (ALMEIDA *et al.*, 2015). Todavia, com a perturbação antrópica crônica, principalmente o sobrepastoreio por caprinos, não podemos descartar que essa biota na escala de paisagem não represente um ecossistema emergente via proliferação de espécies nativas adaptadas, pouco sensíveis ou até mesmo se beneficiando de níveis intermediários de perturbação, como discutido anteriormente. É notória, por exemplo, a dominância de poucas espécies arbóreas em áreas sem registro de perturbação aguda recente, como a floresta seca já mencionada. De fato, árvores como *Pityrocarpa moniliformis* (canzenzo), *Croton argyrophyloides* (marmeleiro) e *Poincianella microphylla* (catingueira de porco) podem representar até 30% de todos os indivíduos lenhosos na floresta seca. Essas espécies também são abundantes nas áreas de regeneração (florestas secundárias).

Por outro lado, espécies de árvores de ciclo de vida longo e/ou madeira dura são atualmente raras, com relato verbal de intenso uso no passado (*e.g.* espécies de angico e maçarandubas). Na verdade, há relatos da existência, no passado, de várias manchas de florestas secas de maior porte do que a observada no presente, sobretudo em áreas com solos mais úmidos e férteis. Tratava-se de florestas com a presença de árvores como *Hymenaea martiana* (jatobá), *Manilkara salzmannii* (maçaranduba), *Cedrela fissilis* (cedro), *Ceiba glaziovii* (barriguda), *Libidibia ferrea* (pau-ferro), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), entre outras. Hoje, resta apenas uma única mancha dessa floresta com menos de 1 hectare na área do Parna do Catimbau. Em outras palavras: mesmo a floresta seca sem registro de corte e queima pode ter sua composição já alterada pelas perturbações crônicas.

Tabela 2 – Espécies de plantas exóticas à flora nativa do Parna do Catimbau e nativas com elevada abundância em áreas do Parna e de amortecimento antropizadas

Nome popular	Espécie	Família	Categorização
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	Fabaceae (Leguminosae)	exótica, naturalizada
Algodão-de-seda	<i>Calotropis procera</i> Airt.	Apocynaceae	exótica, naturalizada
Avelóz	<i>Euphorbia tirucalli</i> L.	Euphorbiaceae	exótica, naturalizada
Capim-elefante	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	Poaceae	exótica, naturalizada
Carrapicho	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae	exótica, naturalizada
Caruru	<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	exótica, naturalizada

continuação			
Espada-de-São-Jorge	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Asparagaceae	exótica, introduzida
Feijão-caupi	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Wall.	Fabaceae (Leguminosae)	exótica, introduzida
Leiteiro	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	exótica, naturalizada
Leucina	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit.	Fabaceae (Leguminosae)	exótica, naturalizada
Mamona	<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	exótica, naturalizada
Melão-de-São-Caetano	<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	exótica, naturalizada
Palma-forrageira	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	exótica, introduzida
Pega-pinto	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Nyctaginaceae	exótica, naturalizada
Pinhão-roxo	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Euphorbiaceae	exótica, naturalizada
Sisal	<i>Agave sisalana</i> Perring ex Engelm.	Asparagaceae	exótica, naturalizada
Tiririca	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	exótica, naturalizada

Fonte: Elaboração dos autores.

Em síntese, a perturbação antrópica resulta no estabelecimento e na persistência de manchas de vegetação que seguramente diferem da vegetação livre de perturbações antrópicas, tanto na escala local como no nível de paisagem. Podemos assim nos referir a uma floresta em processo de modificação ou transição do estado original para estados futuros, com múltiplas possibilidades em termos de trajetória sucessional, desde ecossistemas emergentes até mesmo a desertificação. A Foto 1C mostra um exemplo de área em processo de desertificação dentro do parque.

Se, de fato, poucas espécies de plantas estão adaptadas ou até mesmo respondem positivamente à perturbação, como sugere a onipresença do canzenzo (*Pityrocarpa moniliformis*) e do mecanismo de rebrota entre as espécies lenhosas, devemos esperar um processo de homogeneização taxonômica, filogenética, mas principalmente funcional da biota na escala de paisagem, embora do ponto de vista de biomassa e estrutura a perturbação mantenha a Caatinga como um mosaico vegetacional. Essas possibilidades estão sendo verificadas para outros grupos de plantas, incluindo as plantas herbáceas e anuais, componente sazonal que representa parte importante da diversidade vegetal da Caatinga, incluindo a maioria das espécies de plantas consideradas endêmicas dessa biota.

É razoável esperar, portanto, outras respostas similares para vertebrados e invertebrados, como efeito cascata deflagrado por mudanças nas assembleias de plantas, principalmente de herbívoros, como já reportado para as florestas Atlântica e Amazônica. Para suporte dessa hipótese de trabalho, já documentamos uma associação espacial íntima entre formigas saúvas e florestas em regeneração/roças abandonadas, com a alta densidade de colônias sugerindo um efeito importante na dinâmica florestal desses organismos considerados engenheiros de ecossistemas nas florestas neotropicais.

Os achados preliminares apontam para alguns dos mecanismos sugeridos inicialmente como responsáveis pelas alterações nas assembleias de plantas: 1) colapso populacional em resposta à coleta direta de indivíduos; 2) ampliação de filtros ambientais, principalmente os impostos pela degradação do solo; e 3) tempo reduzido de pousio ou corte frequente da vegetação em regeneração.

Mecanismos associados ao sobrepastoreio por caprinos representam outra força importante em vários níveis de organização biológica, mas só os futuros resultados do experimento de exclusão oferecerão evidências esclarecedoras. O que já sabemos é que os caprinos parecem preferir as áreas de vegetação em regeneração. Isso significa uma concentração espacial das fontes de perturbação antrópica, tanto aguda quanto crônica, associadas à presença e/ou distância dos assentamentos humanos.

A redução de precipitação prevista para todo o Semiárido deverá potencializar os impactos antrópicos diretos sobre essa biota, como sugere a redução de 1/3 na riqueza de plantas ao longo do gradiente de precipitação no Catimbau. Os efeitos sinérgicos e negativos da perturbação crônica e da redução na precipitação devem ser mais acentuados na velocidade de regeneração da vegetação e recuperação dos estoques de nutrientes do solo e na proliferação de espécies adaptadas à perturbação e ao declínio populacional daquelas sensíveis ao estresse hídrico e elevadas temperaturas no nível do solo. Com redução de precipitação e aumento de eventos climáticos extremos, é razoável propor que haverá considerável aumento na pressão sobre os recursos naturais, como o uso das “plantas da fome”.

IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E APLICADAS

É preciso conciliar populações humanas e recursos naturais, integrando esses componentes em abordagens socioecológicas, visando à sustentabilidade através de manejo adaptativo-mitigatório (HARVEY *et al.*, 2014). Embora essa abordagem tenha se tornado quase obrigatória no tratamento de questões que envolvem erosão de biodiversidade e degradação dos ecossistemas, ela ainda é uma novidade no Brasil.

A biota da Caatinga, como a de outras florestas secas e savanas, é extremamente vulnerável à degradação ambiental, além de permanecer pouco assistida pelos esforços de pesquisa e de desenvolvimento sustentável (MELO *et al.*, 2014), embora seja considerada como uma das “grandes regiões naturais do planeta”, com importância global no contexto dos serviços ecossistêmicos, e abrigue elevados níveis de endemismo (LEAL *et al.*, 2005). É importante ressaltar que a Caatinga é uma parte biológica-

mente única da metacomunidade americana e global das florestas secas (PENNINGTON *et al.*, 2009).

Os resultados e as observações preliminares de nosso programa de pesquisa no Parna do Catimbau suportam a hipótese de que a biota da Caatinga, principalmente sua vegetação, passa por um processo de transformação em diferentes escalas espaciais em resposta a um conjunto de pressões antrópicas agudas e crônicas.

Dado o enorme conjunto de investigações sendo realizadas no Catimbau (Tabela 1), em breve poderemos apresentar evidências mais robustas sobre tal transformação. Todavia, essas evidências somam-se à evidência incontestável de que a Caatinga vem experimentando há muito tempo um processo drástico de erosão biológica e degradação do ecossistema, pois boa parte da sua área encontra-se em processo de desertificação, em resposta a atividades agropastoris. Estudos recentes, examinando sobre a invasão e o papel de plantas exóticas, a homogeneização de assembleias de plantas, as mudanças nas interações planta-animal e a perda de funções e serviços ecossistêmicos, também suportam a ideia de que a Caatinga, embora ainda possa reter 55% de sua vegetação nativa (MMA; IBAMA, 2011), está passando por um processo de mudanças drásticas. Em síntese, há evidências empíricas e teóricas em favor de uma transformação da Caatinga em diferentes escalas espaciais, mantidos os regimes de perturbação antrópica aguda e crônica associados à agricultura de base familiar de baixa tecnologia e com elevado consumo de bens e serviços florestais.

Do ponto de vista teórico, os achados na Caatinga suportam ideias importantes: 1) pressões antrópicas crônicas impõem impactos negativos severos sobre a diversidade biológica, principalmente quando associadas com agricultura de coivara; 2) diferente das florestas tropicais úmidas, cobertura ou quantidade de vegetação remanescente na Caatinga indicam muito pouco sobre as transformações sofridas pela vegetação original e sobre a capacidade das paisagens antrópicas de reter biodiversidade e oferecer serviços ecossistêmicos às populações humanas; 3) florestas secas são tão sensíveis à degradação quanto florestas úmidas.

De fato, mecanismos especializados de polinização, geralmente sensíveis às perturbações antrópicas, não são tão raros na Caatinga como poderia ser empiricamente esperado para uma comunidade com vegetação aberta e condições climáticas semiáridas, com baixas precipitações pluviométricas e chuvas irregularmente distribuídas. Exemplos incluem a existência na Caatinga de alto percentual de espécies com flores de óleo (9%), alta porcentagem de polinização por vertebrados (28%) e também alto número de espécies com recompensas florais de mais difícil acesso (43%), restringindo alguns grupos de visitantes (representados pelos tipos florais: tubo, goela e estandarte).

De acordo com as lições obtidas para a Floresta Atlântica e os dados inéditos para a Caatinga, a distribuição empobrecida de guildas de polinização deve resultar em uma redução na diversidade funcional de atributos reprodutivos e dos sistemas de polinização, ainda que os habitats alterados apresentem todos os atributos reprodutivos observados em áreas não perturbadas (porém com baixas abundâncias). Desse modo, as comunidades de plantas em áreas perturbadas devem apresentar um conjunto reduzido de atributos florais e de sistemas de polinização, especialmente de polinizadores como mamíferos e esfingídeos. Independente do mecanismo subjacente, conforme Girão *et al.* (2007), essa restrição pode: 1) promover o colapso de populações de polinizadores; 2) restringir a amplitude de grupos ecológicos de plantas e animais capazes de colonizar fragmentos de floresta remanescentes ou até transformá-los em habitats sumidouros para plantas e seus polinizadores e 3) alterar o curso da regeneração natural ou a dinâmica dos fragmentos florestais no sentido do estabelecimento de assembleias empobrecidas em termos de riqueza de espécies, composição ecológica e estrutura trófica.

Do ponto de vista aplicado ao manejo das unidades de conservação, pelo menos duas diretrizes básicas emergem. Primeiro, os rebanhos domésticos precisam ser removidos das unidades. Na verdade, é necessário apressar o processo de indenização das famílias, livrando as unidades de perturbações antrópicas. Essa é uma realidade comum às áreas protegidas da Caatinga, e sua perpetuidade beneficia-se da ausência de estudos sobre o impacto de perturbações antrópicas crônicas. Segundo, as atividades agropecuárias necessitam adotar “melhores práticas”, medidas mitigatórias e adaptativas às condições de provável desertificação do Semiárido nordestino. O modo de produção agropecuário “extrativista” historicamente adotado não parece ser sustentável, tanto do ponto de vista social quanto econômico e ecológico.

Embora em um futuro distante as unidades de conservação de proteção integral na Caatinga até possam estar livres de perturbações antrópicas decorrentes da presença de populações humanas, a degradação da paisagem nos seus entornos continuará reduzindo os serviços de conservação da unidade e da própria paisagem. O cerco promovido a unidades de conservação por populações rurais dependentes de recursos florestais na Índia oferece um exemplo didático das ameaças à biodiversidade e do conflito gerado por modos de produção não alinhados com o conceito de sustentabilidade.

Em síntese, as poucas unidades de conservação de proteção integral da Caatinga necessitam urgentemente da elaboração e execução de planos de manejo ambiciosos, de forma a garantir que elas cumpram seus objetivos, considerando um cenário de

mudanças climáticas e de uso do solo, no qual a oferta de água se tornará ainda mais crítica. Diferente da Floresta Atlântica, por exemplo, os serviços ambientais e a importância social da vegetação de Caatinga permanecem desconhecidos e à margem das tomadas de decisão públicas.

O CAMINHO A SEGUIR

Embora bastante negligenciada, a Caatinga oferece oportunidades, informações e lições importantes sobre os efeitos combinados de perturbações antrópicas agudas e crônicas causadas por populações dependentes de recursos florestais para seu sustento ou melhoria da qualidade de vida das populações humanas.

Como mencionado anteriormente, este é um debate bastante recente e de relevância global, visto que grande parte das florestas secas e savanas está submetida a esse contexto socioecológico. A Caatinga abriga cerca de 28 milhões de pessoas, uma das mais altas densidades demográficas observadas em regiões semiáridas (26 hab./km²), e muitas das populações mais pobres do continente americano (INSA, 2012). O “sertanejo”, como indivíduo rural, altamente dependente da vegetação nativa para satisfação de suas necessidades, é um agente de transformação que povoa vastas extensões do mundo tropical (*e. g.*, as florestas secas do Miombo Africano abrigam milhões de pessoas dependentes dos recursos florestais para satisfação de suas necessidades). Independente da biota, hoje há um apelo global em favor da consolidação de paisagens antrópicas capazes de conciliar necessidades humanas, retenção de biodiversidade e prestação de serviços.

Na escala do programa de pesquisa no Parna do Catimbau, é preciso avançar na direção de: 1) quantificar a retirada de biomassa e de nutrientes decorrentes das atividades humanas, de forma a identificar o impacto de cada fonte de perturbação e, assim, oferecer medidas mitigatórias efetivas; 2) examinar os impactos sobre a biodiversidade no nível genético; 3) realizar modelagens macroecológicas, objetivando fazer previsões de cenários futuros em escala local e regional, considerando mudanças no uso do solo e no regime de precipitação; e 4) modelar a viabilidade econômica e a sustentabilidade dos sistemas socioecológicos considerando a adoção de manejo adaptativo-mitigatório.

Na escala regional, é preciso fomentar pesquisa, formação de recursos humanos e transferência de informações para a sociedade, no sentido de reduzir a degradação do semiárido nordestino e a vulnerabilidade dessa região às mudanças climáticas.

Como acontece nos países filiados à rede ILTER (International Long Term Ecological Research), a Caatinga precisa de uma rede de sítios devotada às pesquisas ecológicas de longa duração com abordagem socioecológica, capaz de subsidiar as políticas públicas necessárias no contexto de intensificação do uso do solo e das mudanças climáticas. Nesse sentido, as unidades de conservação no Semiárido constituem um aliado-chave, mas precisam estar definitivamente implementadas, com infraestrutura pessoal condizentes com seus objetivos e perspectivas futuras. Esse é um desafio, mas também uma nova oportunidade para que a sociedade reconheça a importância das áreas protegidas.

Esperamos que o nosso programa de pesquisa no Parna do Catimbau possa contribuir nessa direção. Nesse contexto, a Chamada CNPq/ICMBio nº 13/2011 foi fundamental como um *seed funding*, a partir do qual iniciativas e programas de pesquisas de maior musculatura estão se estabelecendo na Caatinga, com impactos que extrapolam as unidades de conservação por abordarem processos fundamentais para a sustentabilidade do Semiárido.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Francisco Araújo, diretor do Parna do Catimbau e eterno entusiasta da conservação da Caatinga. O programa de pesquisas do Catimbau tem apoio financeiro do CNPq (CNPq-ICMBio 552054/2011-9, Edital Universal: 470480/2013-0, 476135/2013-3; 470574/2013-5, 479485/2013-5, 481755/2013-6, CNPq-DFG: 490450/2013-0; PELD: 403770/2012-2), da Capes (PVE: 88881.030482/2013-01, 405693/2013-3) e da Facepe (APQ: 0738-2.05/12; PRONEX: 0138-2.05/14). Também somos gratos ao Cepan, pelo apoio logístico durante a realização dos estudos.

CAPÍTULO 5

RESPOSTAS DE PEQUENOS MAMÍFEROS TERRESTRES A UM EVENTO CLIMÁTICO EXTREMO NA CAATINGA

Alexandre Ramlo Torre Palma
Paulo Henrique Asfora Lopes Peres
Anna Ludmila da Costa Pinto Nascimento
Lara Mariani de Lima
Paula Fernanda Arruda Maia
Rafael de Albuquerque Carvalho
Rebeca Pedrosa de Vasconcelos
Diego Astúa de Moraes
Enrico Bernard

INTRODUÇÃO

A Caatinga está entre os mais ricos, menos conhecidos e mais ameaçados ecossistemas brasileiros. Seus 735.000 km² cobrem vários estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e ainda a parte nordeste de Minas Gerais, com faixas de contato com a Amazônia, a Mata Atlântica e o Cerrado. Ela contém ambientes que vão desde um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas até enclaves de florestas mais úmidas historicamente relacionadas à Floresta Atlântica, os chamados brejos de altitude (PRADO, 2003). Não é um ambiente pobre e tem a maior biodiversidade entre as áreas semiáridas do planeta (LEAL *et al.*, 2005, e referências lá contidas). Seus níveis de endemismo vão de 3% para aves a 57% para peixes. Ainda assim, é o ambiente terrestre brasileiro menos conhecido. Seu número real de espécies é provavelmente ainda maior, uma vez que 41% da região nunca foi investigada e 80% permanece subamostrada (TABARELLI; VICENTE, 2004).

As chuvas – ou a falta delas – têm forte influência sobre a Caatinga, e por serem escassas e irregulares esse ambiente mais seco reflete-se em uma vegetação xerofítica adaptada. A média anual de chuva varia de 240 mm a 1.500 mm, mas cerca de metade da região recebe menos de 750 mm, com algumas áreas centrais recebendo menos