

Análise das ameaças antropogênicas com base em laudos periciais criminais em espaços territoriais especialmente protegidos pela legislação ambiental no noroeste do estado de São Paulo

A.A. Costa ^a

^a Instituto de Criminalística, Superintendência de Polícia Técnico-Científica, São Paulo (SP), Brasil

*Endereço de e-mail para correspondência: aleaugustoc@gmail.com. Tel.: +55-17-996742345.

Recebido em 11/05/2020; Revisado em 31/10/2022; Aceito em 30/11/2022

Resumo

A partir de 2003, houve um avanço das áreas de exploração de cana-de-açúcar no estado de São Paulo em razão da demanda gerada pela entrada dos veículos bicompostíveis (*flex fuel*) no mercado consumidor brasileiro. Com base nisso, realizou-se o levantamento dos laudos periciais criminais produzidos entre os anos 2003 e 2009 na região noroeste do estado de São Paulo, objetivando analisar os impactos antrópicos em espaços territoriais especialmente protegidos pela legislação ambiental. A quantidade total de áreas degradadas foi variável ao longo dos anos e não houve correlação significativa entre o número de degradações e o tamanho das áreas degradadas. No total, foram registradas 325 áreas afetadas ao longo do período, das quais 86,9% inseridas em Áreas de Preservação Permanente, 12,2% em fragmentos florestais e 0,9% em Reservas Legais. A superfície total degradada atingiu 815,3 ha, sendo 72,4% em Áreas de Preservação Permanente, 21,9% em fragmentos florestais e 5,8% em Reservas Legais. Foram identificadas seis categorias de ameaças antrópicas: pecuária, agricultura, fogo, represamento, expansão urbana e depósito de inservíveis. A agricultura representou o uso mais extenso da terra, principalmente a canicultura. As áreas de influência com raio de 2 km ao redor dos locais degradados por pecuária, por agricultura e por depósito de material inservível apresentaram diferenças significativas na densidade de vegetação de entorno, bem como nas malhas hidrográfica e rodoviária. O predomínio de Áreas de Preservação Permanente em estágio pioneiro de regeneração sugere que os processos de sucessão ecológica são continuamente interrompidos.

Palavras-Chave: Perícia ambiental; Código Florestal; Crime Ambiental.

Abstract

Since 2003, in the state of São Paulo, Brazil, there was an increase in the areas used to explore the sugarcane cultivation. The reason was the rise in the demand generated by the entrance of flex fuel vehicles in the Brazilian consumer market. Based on that, there was surveys of expert reports made by the criminal investigators produced between 2003 and 2009 in the northwest region of the state of São Paulo, aiming of analyze the anthropic impacts in territories protected by the especial environmental legislation. The total amount of degraded areas was variable over the years and there was no significant correlation between degradation number and the size of the degrade areas. In total, 325 areas were affected in the role period: 86.9% were placed in permanent preservation areas, 12.2% in forest fragments and 0.9% in legal reserves. The total degraded area reached was 815.26 hectares: 72.4% were placed in permanent preservation areas, 21.9% in forest fragments and 5.8% in legal reserves. Six categories of anthropic threats were identified: livestock, agriculture, fire, damming, urban sprawl and storage of unserviceable waste. Agriculture represented the larger use of the ground, especially the sugar cane cultivation. The areas of influence in the range of 2 kilometers around the places degraded by livestock, by agriculture and by unserviceable waste showed significant differences in the density of surrounding vegetation, as well as in the hydrographic and road grid. The predominance of permanent preservation areas in primer stages of regeneration suggests that the process of ecological succession has continually been interrupted.

Keywords: Environmental forensics; Forest Code; Environmental Crime.

1. INTRODUÇÃO

Além de seu valor intrínseco como fonte de recursos naturais para o desenvolvimento das atividades humanas essenciais, a biodiversidade desempenha papel fundamental na manutenção dos processos ecológicos que viabilizam os serviços ecossistêmicos [1].

Entretanto, o crescimento desenfreado das populações humanas tem gerado a necessidade de implementação na produção de bens e serviços via economias de escala, exigindo, em razão disso, intensa exploração dos recursos decorrentes da biodiversidade. Assim, acentua-se o uso de áreas disponíveis para a expansão agrícola, urbana e energético-mineradora [2].

Frente ao desafio de ordenamento e planejamento territoriais suscitados pela necessidade de perpetuação dos recursos naturais, o estabelecimento de espaços especialmente protegidos constitui uma das ferramentas mais utilizadas para a conservação da biodiversidade [3].

A degradação ambiental tem aumentado as taxas de extinção das espécies, sendo que há projeções no sentido de que a extinção mediada pela espécie humana poderá ser ainda maior que o dobro caso não ocorra uma proteção efetiva de áreas prioritárias para a conservação, os *hotspots* de biodiversidade [4].

Na Declaração do Ambiente Humano, fruto da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano realizada em Estocolmo no ano de 1972, já constava, no princípio 2, que “os recursos naturais da terra incluídos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e especialmente amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservadas em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou ordenamento”.

Assim, alinhando-se às tendências internacionais, a proteção especial de espaços territoriais dotados de atributos ambientais relevantes foi incorporada ao ordenamento jurídico pátrio como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei 6.938/1981 (art. 9º, VI) [5].

Posteriormente, coube ao art. 225, § 1º, III, da Constituição Federal de 1988 [6], alçar *status* constitucional à criação de espaços territoriais especialmente protegidos em todas as unidades da federação como medida de defesa e preservação do direito transindividual ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

As áreas protegidas apresentam, ao menos, dois objetivos principais: representar a diversidade biológica de uma determinada área e separar esta biodiversidade dos processos que ameaçam sua persistência [7].

Por essa razão, a implantação de um sistema de áreas protegidas constitui uma das formas de conservação *in situ* previstas no artigo 8, a, da Convenção sobre

Diversidade Biológica firmada em 1992, no Rio de Janeiro, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento e promulgada pelo Decreto 2.519/1998 [8].

No Brasil, reconhecidamente palco de megadiversidade biológica originária, a situação de contínua degradação conclama imediata intervenção de todos os instrumentos que possibilitem a efetiva proteção dos diferentes ecossistemas. O desflorestamento e a exploração dos recursos naturais exigem esforços para garantir a proteção de áreas naturais [9].

Nesse sentido, o artigo 225, §3º, da Constituição Federal, consagra a tríplice responsabilização ambiental, na medida em que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitam os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Os espaços territoriais especialmente protegidos estão definidos em legislação ordinária. Entre tais modalidades, ressaltam-se as Áreas de Preservação Permanente, as Reservas Legais e os fragmentos florestais remanescentes de vegetação nativa.

As Áreas de Preservação Permanente são, nos termos do art. 2º, II, da Lei 4.771/1965 – Código Florestal [10], substituído pelo art. 3º, II, da Lei 12.651/2012 [11], áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, sendo permitido o acesso de pessoas e animais nestas áreas para obtenção de água, desde que não exija a supressão e não comprometa a regeneração e a manutenção a longo prazo da vegetação nativa. Tais áreas são delimitadas em regiões de elevada fragilidade e relevância ambiental em função da necessidade de manutenção da cobertura vegetal, como florestas ripárias, topos de morros e encostas com declives superiores a 45º.

No âmbito da tutela penal, o artigo 38 da Lei 9.605/1998 [12] criminaliza a conduta de destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção.

As Reservas Legais são, nos termos do artigo 2º, III, da Lei 4.771/1965 – Código Florestal, substituído pelo artigo 3º, III, da Lei 12.651/2012, áreas localizadas no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

Nesse sentido, por serem objeto de regime de proteção especial previsto entre os artigos 17 a 24 da Lei 12.651/2012, as Reservas Legais encontram guarida penal no artigo 50 da Lei 9.605/1998.

Já os fragmentos florestais correspondem aos remanescentes do bioma Mata Atlântica constituídos por vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração cujo corte, exploração e supressão são proibidos pelo artigo 1º, do Decreto Federal 750/1993 [13], substituído pelo artigo 11 da Lei 11.428/2006 [14].

No que se refere à tutela penal, a Lei 11.428/2006 incluiu o artigo 38-A na Lei 9.605/1998 considerando ilícito penal a prática de destruição ou de dano em vegetação primária ou secundária, em estágio avançado ou médio de regeneração, do Bioma Mata Atlântica, ou sua utilização com infringência das normas de proteção.

Ainda que, por força do artigo 225, § 1º, III, da Constituição Federal, a alteração e a supressão de vegetação nos espaços territoriais especialmente protegidos somente sejam permitidas através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção, parte considerável da vegetação nativa tem sido perdida em virtude de permanente conflito pelo uso e ocupação do solo.

Neste contexto, torna-se relevante a determinação dos riscos e ameaças antrópicas às quais estão submetidos os espaços especialmente protegidos pela legislação ambiental, de modo que as informações possam subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação ou a adoção de medidas que viabilizem a recuperação da função ambiental de tais espaços.

Afinal, a implementação de políticas públicas e o aperfeiçoamento da legislação ambiental dependem da avaliação contínua da eficácia das estratégias de conservação adotadas, sobretudo em face das recentes alterações [15] promovidas pela revogação da Lei 4.771/1965, quando do início de vigência da Lei 12.651/2012 – lei de proteção da vegetação nativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Da área objeto de estudo

O objeto de estudo corresponde à área de atendimento do Núcleo de Perícias Criminalísticas de São José do Rio Preto (NPCSJRP), o qual está subordinado ao Instituto de Criminalística da Superintendência da Polícia Técnico-Científica, órgão subordinado à Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo, tendo, como atribuição, a realização de exames periciais em locais e em objetos relacionados com crimes [16].

A referida área abrange 31 municípios da região noroeste do estado de São Paulo, estendendo-se por uma

superfície aproximada de 9.708 km² (3,9% do território paulista), na qual, de acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE [17], vivem 741.505 habitantes (1,8% da população paulista).

A precipitação anual da área de estudo varia de 1.200 a 1.600 mm (± 120 mm) e concentra-se de 71 a 90% na estação chuvosa que ocorre entre os meses de outubro e março. As médias de temperatura do ar oscilam entre 27°C ($\pm 0,7^\circ\text{C}$) em fevereiro e 21°C ($\pm 1,0^\circ\text{C}$) em julho [18].

A região apresenta, portanto, clima tropical de savana com chuvas de verão (Aw), de acordo com a classificação proposta por Köppen-Geiger [19].

A vegetação nativa era originalmente constituída por manchas de Mata Atlântica e Cerrado [20], ambos considerados *hotspots* para a conservação da biodiversidade [21] e cujos biomas, conforme dados do IBGE [22], correspondem, respectivamente, a 85,3% e 14,7% da área de estudo (Figura 1).

A vegetação remanescente apresenta-se intensamente devastada, sendo que restam apenas pequenos e dispersos fragmentos florestais [23].

A hidrografia da área de estudo está inserida no sistema do Alto rio Paraná, componente da Bacia Platina, sendo delimitada, ao norte, pelo rio Grande, e, ao sudoeste, pelo rio Tietê. Além disso, apresenta-se intensamente irrigada pelos rios Turvo, São José dos Dourados e seus respectivos tributários [24].

2.2 Da metodologia empregada

No presente trabalho, procedeu-se ao levantamento retrospectivo dos laudos periciais elaborados pelo NPCSJRP no período compreendido entre os anos de 2003 e 2009.

No levantamento de dados, foram analisados todos os laudos periciais referentes aos casos de degradação em áreas especialmente protegidas pela legislação ambiental.

Cada um dos laudos foi examinado individualmente, sendo seu conteúdo avaliado quanto à natureza e localização georreferenciada da área periciada, a superfície total atingida, o estágio de desenvolvimento da vegetação, bem como a atividade causadora da degradação.

Para a definição dos estágios de regeneração da vegetação em Mata Atlântica, adotou-se a Resolução Conjunta SMA/IBAMA 1, de 17 de fevereiro de 1994 [25].

As coordenadas geográficas das áreas degradadas foram convertidas para o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 22 S, adotando-se o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas na realização 2000,4 (SIRGAS2000), referencial geodésico oficial no Brasil desde 25 de fevereiro de 2015 [26].

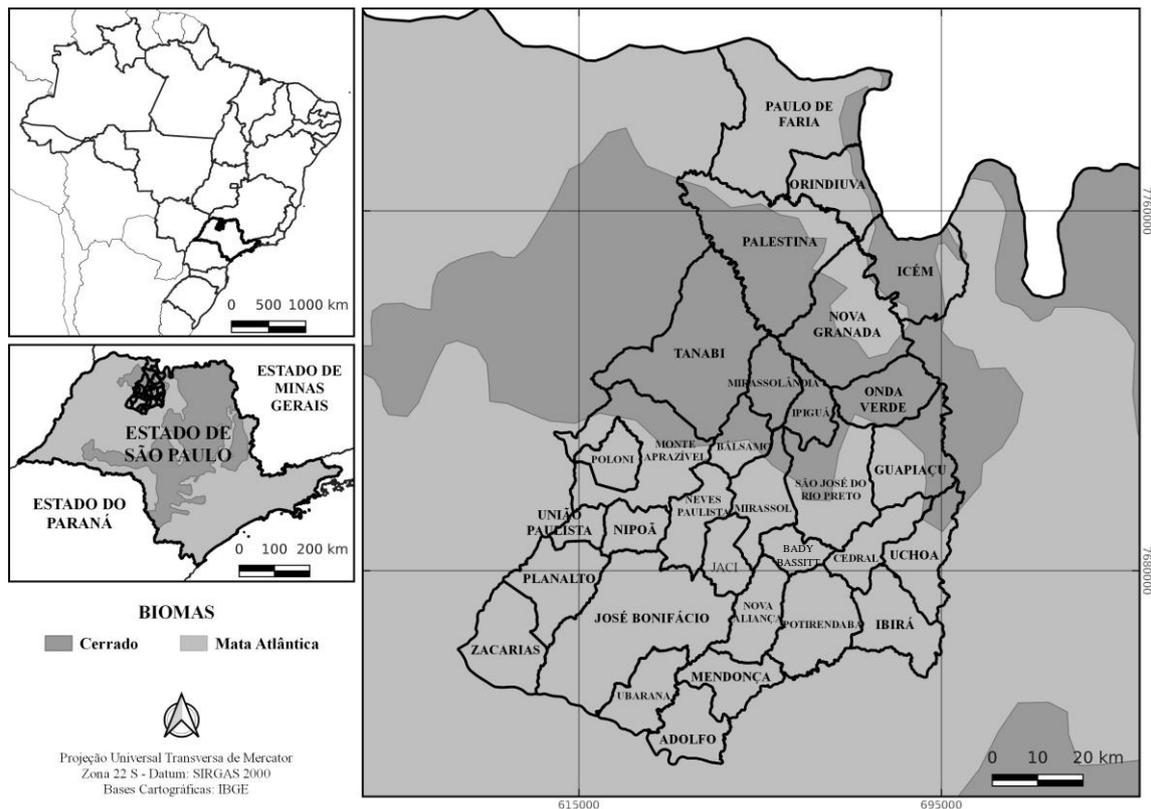


Figura 1. Localização dos 31 municípios abrangidos na área de estudo em relação aos biomas nativos do estado de São Paulo.

Nas degradações promovidas por agricultura, pecuária e depósito de inservíveis, estabeleceu-se uma área de influência circular em torno de cada uma das feições pontuais georreferenciadas (*buffers*) com raio de dois quilômetros.

O raio da área de influência foi escolhido arbitrariamente pela ausência de estudos prévios sobre o tamanho estimado de áreas de influência de tais impactos ambientais.

Utilizando-se o programa de geoprocessamento Qgis versão 3.10.9 – A Coruña, realizou-se a intersecção entre o mapa de áreas de influência gerado e os mapas vetoriais temáticos de rede hidrográfica, rede rodoviária e remanescentes de vegetação.

Assim, comparou-se a densidade de rios, rodovias e cobertura vegetal utilizando análises estatísticas realizadas através do programa SigmaStat for Windows.

Foram determinados os padrões de distribuição espacial dos locais degradados por pecuária e por agricultura, empregando-se uma grade subdividida em cem unidades amostrais sobrepostas ao mapa com os pontos georreferenciados.

O índice de dispersão (I) foi calculado pela relação entre a variância e a média do número de pontos em cada unidade amostral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Quantificação das áreas degradadas

Entre os anos de 2003 e 2009 foram realizadas 325 perícias criminais relacionadas com degradação de áreas especialmente protegidas pela legislação ambiental, sendo que tais degradações atingiram um total de 815,3 ha, correspondendo a aproximadamente 0,08% da superfície da área de estudo.

Do total degradado, 590,1 hectares (72,4%) estavam inseridos em Áreas de Preservação Permanente, 178,3 ha (21,9%) em fragmentos florestais e 46,9 ha (5,8%) em Reservas Legais.

Não houve correlação significativa entre o número de crimes ambientais e a superfície total degradada ao longo dos anos ($r=0,65$, $p=0,117$).

Comparando-se os valores anuais de degradação, observou-se que a quantidade de crimes ambientais e a área total degradada mostraram-se variáveis no período estudado (Figura 2).

O decréscimo do número de crimes ambientais entre os anos de 2004 e 2008 na área de estudo poderia sugerir, em princípio, uma resposta positiva em face da aplicação da lei penal vigente. No entanto, as intervenções antrópicas em espaços territoriais especialmente protegidos enquadram-se, na maioria das vezes, no crime do artigo 48 da Lei nº 9.605/1998 que consiste em impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação.

Não obstante divergências pontuais, tanto a jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça [27] quanto a do Supremo Tribunal Federal [28] têm-se inclinado no sentido de que o aludido delito é permanente, assim entendido como aquele cuja consumação perdura no tempo até que ocorra a cessação da atividade lesiva ao meio ambiente.

Dessa forma, o registro de ocorrência do crime ambiental em determinado ano não significa, necessariamente que os atos iniciais da atividade criminosa tenham sido perpetrados naquele mesmo ano.

Logo, as diferenças no número de ocorrências poderiam refletir tão somente os níveis de intensidade da fiscalização por parte dos órgãos ambientais competentes.

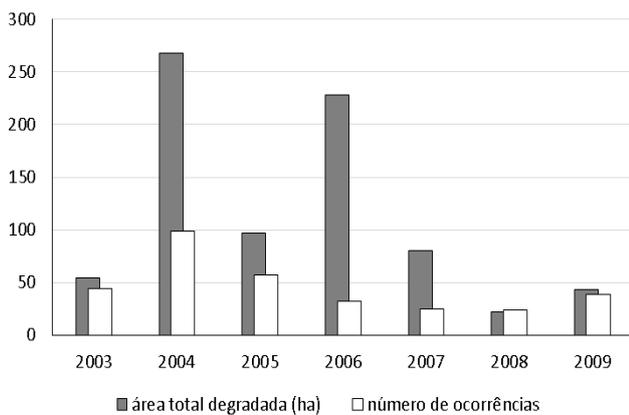


Figura 2. Distribuição do número de ocorrências de crimes ambientais contra espaços territoriais especialmente protegidos e a área total degradada em hectares entre os anos de 2003 a 2009 na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil.

Ainda que a proteção penal seja uma importante ferramenta para a conservação da biodiversidade, as áreas naturais estudadas estão sob intensa pressão das ameaças antrópicas circundantes.

Com elevada densidade populacional e constituindo a maior riqueza econômica do Brasil, o estado de São Paulo tem sido continuamente comprometido pelas mudanças na cobertura do solo e por perdas da vegetação nativa.

No ano de 1910, apresentava 64,7% de sua área coberta por florestas primitivas. No entanto, tem-se observado perdas, sobretudo, em função da exploração agrícola desordenada, não levando em consideração a capacidade de uso das terras, mas somente os fatores de pressão econômica [29].

De acordo com o Inventário da Cobertura Vegetal Nativa do Estado de São Paulo [23], restam 5.670.532 ha de fitofisionomias florestais e campestres nativas, o que corresponde a 22,9% do território paulista.

Ademais, o reduzido tamanho e a intensa fragmentação dos remanescentes de vegetação nativa já se mostram insuficientes para sobrevivência a longo prazo, exigindo urgente implementação de medidas de conservação e de ações de restauração que permitam mitigar a situação de ameaça [30].

3.2. Causas da degradação

Em relação às causas de degradação, foram identificadas seis categorias de ameaças antropogênicas (Tabela 1).

Embora a agricultura tenha sido responsável pelo maior número de impactos (41,2%), a pecuária causou a degradação de quase metade da área total atingida (49,1%), sugerindo tratar-se de pecuária extensiva cuja gravidade dos danos ambientais atinge maior extensão da superfície territorial.

Os dados obtidos no noroeste do estado de São Paulo apontam que os espaços especialmente protegidos pela legislação ambiental são ameaçados pelas atividades humanas circunvizinhas.

A situação é ainda mais preocupante se considerado que a degradação anual total registrada em áreas protegidas está, provavelmente, subestimada em relação à real extensão de danos.

Os casos objetos de exames periciais criminais podem não representar a totalidade de degradações ambientais realmente existentes, restringindo-se tão somente àquelas que efetivamente chegaram ao conhecimento dos órgãos estatais de repressão penal, seja pela manifestação de particulares seja pelo esforço da fiscalização e do policiamento na esfera administrativa de responsabilização ambiental.

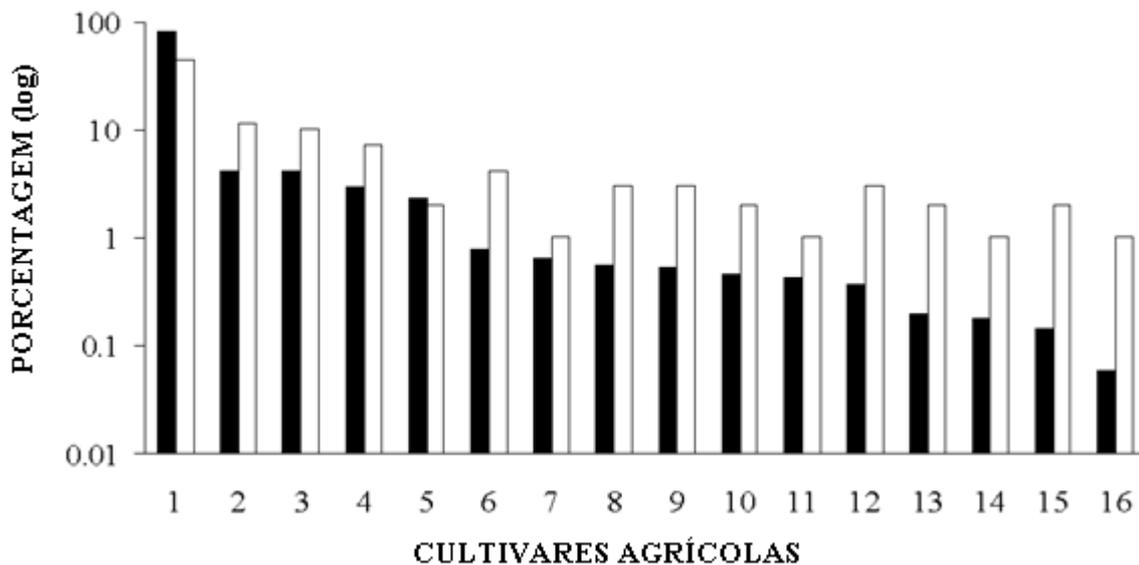
No que se refere à atividade agrícola, a análise comparativa dos laudos revela prevalência das plantações de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (Figura 3).

As práticas agropecuárias regionais que desconsideram os limites dos espaços territoriais especialmente protegidos mostram-se nocivas e imediatistas ao atingirem predominantemente Áreas de Preservação Permanente e, dessa forma, ameaçam não apenas a biodiversidade como, ainda, a preservação dos recursos hídricos que são indispensáveis à manutenção de níveis economicamente viáveis de produtividade das próprias atividades agropecuárias.

A participação da cultura canavieira como principal responsável pela degradação dos espaços territoriais especialmente protegidos durante o período compreendido entre 2003 e 2009, sobretudo em virtude do pico de degradações ocorrido no ano de 2004 (Figura 2), reflete a fase de rápida expansão das áreas de cana-de-açúcar ocorrida no interior do estado de São Paulo.

Tabela 1. Número de crimes ambientais (n) e extensão da área atingida (ha) em relação às categorias de ameaças antrópicas e ao tipo de espaço territorial especialmente protegido entre os anos de 2003 e 2009 na região noroeste do estado de São Paulo.

AMEAÇAS ANTRÓPICAS	ESPAÇOS TERRITORIAIS ESPECIALMENTE PROTEGIDOS			
	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	FRAGMENTOS FLORESTAIS	RESERVAS LEGAIS	TOTAL
pecuária	n=87 289ha	n=20 82,9ha	n=0	n=107 372ha
agricultura	n=117 267ha	n=11 75,9ha	n=1 33,9ha	n=129 377ha
fogo	n=12 12,1ha	n=5 18,7ha	n=1 13,0ha	n=18 43,8ha
represamento	n=14 7,5ha	n=1 0,1ha	n=0	n=15 7,6ha
expansão urbana	n=26 7,1ha	n=2 0,68ha	n=0	n=28 7,7ha
depósito de inservíveis	n=28 5,5ha	n=0	n=0	n=28 5,5ha
TOTAL	n=284 590,1ha	n=39 178ha	n=2 46,9ha	n=325 815ha

**Figura 3.** Ocupação de cultivares agrícolas nos espaços territoriais especialmente protegidos na região noroeste do estado de São Paulo entre os anos de 2003 e 2009. As barras brancas indicam a frequência relativa e as barras pretas indicam a área relativa. Os cultivares agrícolas são: 1. cana-de-açúcar (*Saccharum* sp), 2. milho (*Zea mays* L.), 3. citros (*Citrus* sp), 4. seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. et Arg.), 5. amendoim (*Arachis hypogea* L.), 6. hortaliças, 7. eucalipto (*Eucalyptus* sp), 8. capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), 9. sorgo (*Sorghum bicolor* Moench.), 10. mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), 11. soja (*Glycine max* Merr.), 12. arroz (*Oryza sativa* L.), 13. melancia (*Citrullus lanatus* Matsum. & Nakai), 14. morango (*Fragaria* sp), 15. feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), 16. abóbora (*Cucurbita pepo* L.).

A área cultivada de cana-de-açúcar na região de São José do Rio Preto passou de 226.500 hectares em 2003/2004 para 568.700 hectares em 2008/2009, substituindo 43,6% da cobertura de áreas antes destinadas a outros cultivares agrícolas e 51,4% das áreas que eram ocupadas por pastagem voltada à pecuária extensiva.

Isso ocorreu em resposta ao aumento na demanda de etanol para a frota de veículos automotores *flex fuel* que

ingressaram no mercado brasileiro a partir de 2003 [31].

Os biocombustíveis surgiram como alternativa ecológica aos combustíveis fósseis que são fontes de energia não renováveis e cuja queima tem ocasionado o deslocamento de grandes quantidades de carbono para atmosfera, ensejando discussões acerca do suposto agravamento do efeito estufa e, por consequência, do aquecimento global [32].

No entanto, para que o rápido incremento na produção de matérias primas para os biocombustíveis não ameace a biodiversidade, é necessário que as práticas agrícolas sejam ambientalmente seguras.

Do ponto de vista ecológico, a substituição dos combustíveis fósseis justifica-se pela capacidade de os biocombustíveis promoverem um balanço de carbono atmosférico negativo ou, pelo menos, neutro ao longo de todo ciclo de produção.

Todavia, as consequências negativas resultantes da rápida expansão das plantações de cana-de-açúcar podem comprometer as vantagens ambientais do etanol biocombustível sobre outras formas de combustível [33].

Considerando que a região noroeste do estado de São Paulo abriga remanescentes de dois *hotspots* de biodiversidade (Mata Atlântica e Cerrado), a expansão das plantações de cana-de-açúcar para a produção de combustível às custas da destruição de áreas ambientalmente relevantes anula as vantagens ecológicas deste combustível alternativo renovável.

Com mais de 500 milhões de toneladas anuais, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de seus principais derivados: açúcar e etanol. São Paulo é responsável por mais da metade da produção, o que torna o produto relevante para o desenvolvimento econômico do país [34].

Porém, para que não comprometa as metas ambientais de conservação da biodiversidade e de sustentabilidade dos recursos naturais, é necessário que a produção de cana-de-açúcar para o mercado interno seja submetida às mesmas exigências impostas pelas certificações socioambientais de países importadores em potencial.

Em grande parte, fundadas nos modelos de manejo insustentáveis, as práticas agropecuárias exploratórias e imediatistas promovem a contínua redução da qualidade do solo.

Com isso, a manutenção dos altos níveis de produtividade econômica exige a implementação de insumos (fertilizantes, herbicidas, pesticidas e culturas geneticamente modificadas), ou, ainda, a expansão da superfície de plantio para as áreas protegidas.

A escassez de terras produtivas aliada ao desconhecimento da população em geral acerca das funções dos ecossistemas naturais consolidam o discurso de que a preservação de espaços naturais representa um entrave ao desenvolvimento agrícola e econômico do país.

Em razão disso, surgem propostas de alterações legislativas que enfraquecem os instrumentos jurídicos de proteção ambiental, mesmo que comprovada a desnecessidade de ampliação das áreas de cultivo agrícola frente à demanda de alimentos e biocombustíveis [35].

3.3. Áreas de influência de entorno das áreas degradadas

Em relação às áreas de influência em torno dos pontos

georreferenciados de degradação (*buffers*), nos locais degradados por agricultura a densidade hidrográfica apresentou valores significativamente menores (Figura 4A) que os observados em locais degradados por pecuária ou por depósito de inservíveis (ANOVA, $F = 5,64$ $p = 0,05$, seguido por Holm-Sidak).

Não houve diferença significativa na densidade hidrográfica das áreas de influência dos locais degradados por pecuária e por depósito de inservíveis ($p < 0,05$).

Analisando as bases científicas do Código Florestal, Metzger aponta a conservação da biodiversidade como um dos fatores mais limitantes na definição das larguras mínimas das áreas de preservação permanente [36].

Nesse sentido, o autor entende que o predomínio de degradações em tais áreas que avançam até os limites marginais dos corpos d'água pode promover intensa fragmentação na paisagem, impedindo ou dificultando a formação de corredores para o fluxo de animais entre os remanescentes florestais.

A densidade de vegetação remanescente foi significativamente maior (Kruskal-Wallis $H = 10,213$, $p = 0,006$, seguido por Dunn, Figura 4B) entre as áreas de influência de locais degradados por pecuária do que por depósito de inservíveis ($Q = 3,193$, $p < 0,05$).

Independentemente da causa de degradação, a porcentagem de cobertura vegetal em cada área de influência foi relativamente baixa, com valores entre 0 e 43% da superfície da área.

Com base no índice de dispersão, verificou-se que a distribuição espacial dos locais degradados por pecuária apresentava-se mais agregada ($I = 9,00$) que aqueles degradados pela agricultura ($I = 1,76$).

Na condição de ecótonos, as florestas ripárias ou Matas Ciliares desempenham função reguladora na transferência de matéria e de energia entre os ecossistemas terrestres e aquáticos. Portanto, quando presentes e limítrofes a áreas perturbadas, são capazes de prevenir ou minimizar a movimentação de sedimentos provenientes dos processos erosivos [37].

Além de restringir o deslocamento da fauna pela fragmentação da paisagem, a substituição da cobertura das Áreas de Preservação Permanente por vegetação predominantemente herbácea tende a diminuir a resistência do ambiente às perturbações externas [38].

Logo, os danos ambientais decorrentes da ocupação por atividades agropecuárias não se restringem a dificultar ou a impedir a regeneração natural da vegetação nativa, mas, ainda, sobrecarregam o volume de sedimentos e de eventuais contaminantes que, conduzidos aos corpos hídricos, afetam negativamente a estrutura das comunidades bióticas aquáticas [39].

A supressão ou a alteração nas florestas ripárias ocasionam consequências ecológicas negativas que afetam não apenas a comunidade vegetal, mas também a comunidade animal tanto da própria floresta quanto dos

corpos hídricos adjacentes. Por essa razão, o uso agrícola das terras tem sido identificado como fonte primária do excesso de nutrientes, da sedimentação generalizada e da poluição em rios de diferentes regiões do planeta [40].

A degradação de zonas ripárias tem sido relacionada à diminuição das composições taxonômica e funcional de comunidades ictiofaunísticas de bacias hidrográficas da região de São José do Rio Preto, sobretudo pela disponibilidade de habitat, recursos alimentares e condições físico-químicas que restringem a ocorrência de espécies especializadas em benefício de espécies tolerantes e generalistas [41].

Em cultivo de cana-de-açúcar na bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu, estado de São Paulo, foram observadas maiores concentrações de metais e de compostos organoclorados nos córregos com margens destituídas de vegetação ripária quando comparadas àqueles com margens florestadas [42].

Como a maior frequência de danos ambientais na área de estudo ocorreu em Áreas de Preservação Permanente, localizadas nas adjacências de ambientes lóticos e como a presença de corpos hídricos representa condição indispensável à manutenção dos cultivos agrícolas, infere-se que os baixos valores de densidade hidrográfica observados nas áreas de influência degradadas pela agricultura decorrem do fato de que tais áreas estão localizadas predominantemente às margens de canais de primeira ordem (nascentes) que, em virtude de suas reduzidas dimensões, não estão representados na escala do mapa temático hidrográfico utilizado nas análises (1:50.000).

Tendo em vista que a perda de florestas ripárias prejudica a manutenção dos serviços ambientais e da biodiversidade, a substituição das Áreas de Preservação Permanente por pastagens ou cultivos agrícolas configura uma situação alarmante na região.

As Áreas de Preservação Permanente estão, em grande parte, inseridas em propriedades rurais privadas, de modo que, em virtude de suas condições propícias, tais áreas são constantemente sujeitas às pressões exercidas pela expansão agrícola estimulada por um mercado consumidor que ainda não demonstra perfil de sustentabilidade.

A falta crônica de controle governamental sobre as terras públicas e sobre os usos de terras privadas é uma tendência institucional histórica no Brasil que afeta profundamente a eficácia da legislação ambiental contemporânea [43].

A densidade rodoviária apresentou valores significativamente maiores nas áreas de influência de locais degradados por depósito de inservíveis (Kruskall-Wallis $H = 12,969$, $p = 0,002$, seguido por Dunn; **Figura 4C**) do que os observados em locais degradados por pecuária ($Q = 2,523$, $p < 0,05$) e por agricultura ($Q = 3,229$, $p < 0,05$).

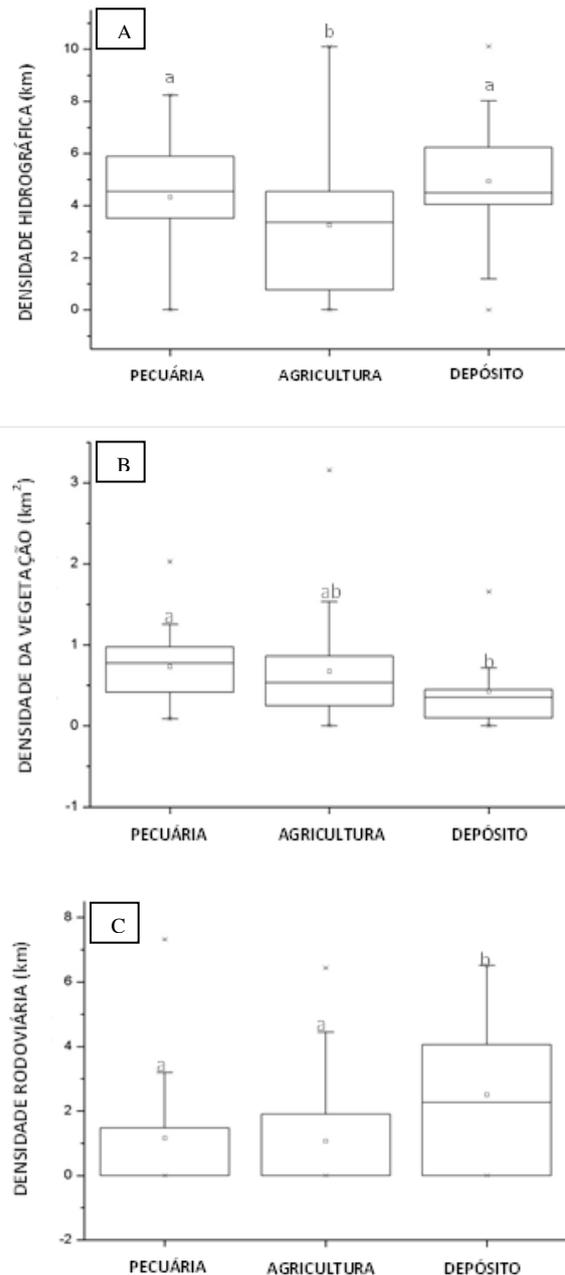


Figura 4. Comparação entre os diagramas de caixa construídos a partir dos valores de densidades hidrográfica (A), da vegetação (B) e rodoviária (C) nas áreas de influência (raio de 2 km) de locais degradados por pecuária, por agricultura e por depósito de inservíveis em espaços territoriais especialmente protegidos da região noroeste do estado de São Paulo, Brasil, entre os anos de 2003 e 2009. Em cada diagrama de caixa: mediana (linha dentro da caixa), média (ponto dentro da caixa), quartis superior e inferior (respectivamente bordos superior e inferior da caixa), 1,5 x amplitude interquartil (linhas verticais) e valores atípicos, ou seja, maiores que 1,5 x amplitude interquartil (pontos fora da caixa). Letras distintas indicam diferenças estatísticas significativas.

A presença de rodovias constitui uma ameaça direta à biodiversidade, tanto pelo tráfego de veículos e pelas emissões de gases, quanto pelo aumento do acesso de pessoas às regiões nas quais as áreas naturais estão inseridas. As principais consequências negativas da presença humana nas proximidades de áreas naturais são

o empobrecimento da biodiversidade causada pelo aumento da caça ilegal ou pelo risco de deflagração de incêndios florestais e, ainda, a contaminação da água e do solo em função do depósito de inservíveis [44].

Os depósitos de inservíveis são constituídos principalmente por resíduos sólidos provenientes da construção civil transportados por caminhões. Em razão disso, as áreas degradadas por essa atividade encontram-se dispostas principalmente nas adjacências de rodovias, justificando, assim, a maior densidade de malha viária nas suas áreas de influência.

Diferentemente, as atividades de pecuária desenvolvem-se em locais com distância superior a dois quilômetros das rodovias e com acesso por vias de trânsito não pavimentadas, conforme corroboram os valores de densidade de vegetação estatisticamente superiores quando comparadas às áreas degradadas por depósitos de inservíveis.

3.4. Estágio de regeneração das áreas degradadas

Nos remanescentes de vegetação em Áreas de Preservação Permanente houve predomínio do estágio inicial (Kruskal-Wallis $H = 14,694$, $p \leq 0,001$, seguido por Tukey). Em contrapartida, os fragmentos florestais eram representados principalmente por vegetação em estágio avançado de regeneração (Figura 5).

Nos fragmentos florestais estudados prevaleceu o estágio avançado de regeneração natural da vegetação justamente pelo fato de que a proteção jurídica do Decreto Federal nº 750/1993 e, posteriormente, da Lei nº 11.428/2006, limitam-se aos estágios avançado e médio de regeneração dos remanescentes do bioma Mata Atlântica, os quais se configuram como objetos materiais do tipo penal do artigo 38-A da Lei nº 9.605/1998.

Os levantamentos periciais indicaram que o bosqueamento, que consiste na supressão da vegetação arbustiva de subosque com o objetivo de permitir o acesso e livre trânsito do gado, constituiu uma das formas mais frequentes de degradação dos fragmentos florestais remanescentes.

Nas formações florestais em estágio médio de regeneração, os danos ambientais ocorreram justamente pelo livre acesso do gado bovino que, mediante pisoteio e forrageio, provocam a compactação do solo, a supressão dos estratos herbáceo e arbustivo, bem como a eliminação do banco de plântulas, prejudicando, dessa forma, a dinâmica sucessional das formações florestais degradadas.

A prevalência significativa de Áreas de Preservação Permanente em estágio pioneiro de regeneração natural é indicativo de que tais áreas se encontram intensamente exploradas em virtude do longo histórico de perturbações contínuas. Por isso, são profundamente desequilibradas, possivelmente apresentando solos pobres e desprovidos de banco de sementes ou, quando presentes, constituídos de espécies irrelevantes à conservação.

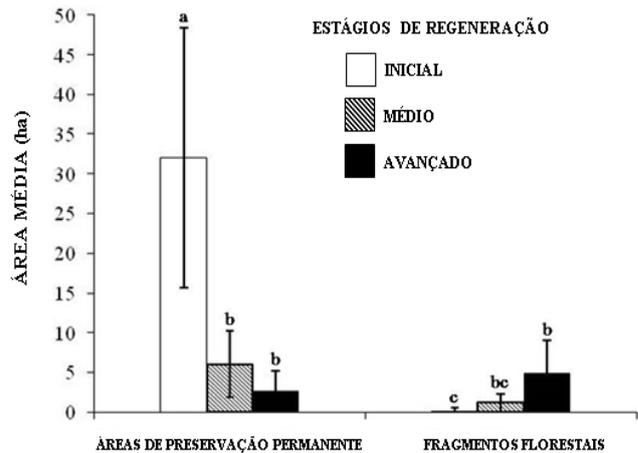


Figura 5. Comparação da área ocupada por vegetação em diferentes estágios de regeneração em áreas de preservação permanente e fragmentos florestais relacionados com crimes ambientais em espaços territoriais especialmente protegidos na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil, entre os anos de 2003 e 2009. As letras distintas indicam diferenças estatísticas significativas.

Baseando-se na análise da composição do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar, Gasparino *et al.* [45] afirmam que a capacidade e a velocidade de regeneração de áreas originalmente cobertas por vegetação ciliar dependem do histórico de ocupação destas áreas.

Em grande parte, as Áreas de Preservação Permanente na região noroeste do estado de São Paulo suportam biomassa vegetal de pequeno porte e de baixa diversidade, representada por espécies herbáceas e arbustivas quase sempre invasoras de ambientes perturbados.

A baixa densidade de vegetação nas adjacências das áreas degradadas sugere que mesmo que as atividades antrópicas sejam abandonadas, os locais perturbados apresentarão profundas dificuldades de regeneração natural da vegetação nativa a partir de propágulos oriundos de remanescentes de entorno.

O baixo potencial regenerativo em áreas naturais protegidas e em suas adjacências tem sido comumente observado em fragmentos de florestas tropicais [46] e de savanas [47], nas quais o pastoreio afeta o desenvolvimento e a sobrevivência de plântulas.

Assim, a compactação do solo decorrente do pisoteio do gado aliado ao empobrecimento do banco de sementes resultante da ausência de fontes de propágulos representam barreiras para a regeneração natural das florestas e demais formas de vegetação [48].

Com a permanência do gado bovino nos espaços territoriais especialmente protegidos pela legislação ambiental, o pastoreio contínuo ocasiona um estado de perturbação persistente, de modo a interromper o ciclo reprodutivo das espécies de plantas nativas e, por isso, impedir o avanço da sucessão ecológica [49].

4. CONCLUSÕES

Apesar do regime especial de proteção imposto pelo texto constitucional e pela legislação ordinária a determinados espaços territoriais, as pressões econômicas regionais refletem-se em ameaças antrópicas à conservação dos atributos ambientais de tais espaços, comprometendo a viabilidade jurídica de manutenção das áreas protegidas.

O aumento considerável do número de crimes ambientais e da área total degradada na região noroeste do estado de São Paulo no ano de 2004, como resposta à demanda de álcool combustível em face da entrada no mercado consumidor brasileiro dos veículos *flex fuel* a partir de 2003, indica a insuficiência dos instrumentos jurídicos vigentes de repressão penal para coibir tais degradações ambientais.

A situação se revela ainda mais preocupante na medida em que o modelo de exploração canavieira na região está baseado em contratos de arrendamento nos quais os proprietários transferem a posse de imóveis rurais a usinas produtoras de açúcar e álcool, as quais, visando ao maior lucro possível, geralmente negligenciam as práticas agrônômicas de conservação da água e do solo, principalmente em Áreas de Preservação Permanente ocupadas por vegetação em estágio inicial de regeneração.

Nesse sentido, as políticas públicas fundadas nas estratégias de conservação da biodiversidade *in situ* não podem se sustentar tão somente no esforço repressivo resultante da atuação dos órgãos ambientais de fiscalização, sobretudo quando consideradas as deficiências de recursos humanos e financeiros do Estado.

Resta evidente, porém, que os benefícios gerados pelas ações de conservação devam ser significativamente maiores que os decorrentes de exploração das terras pela atividade agropecuária ou qualquer outra modalidade de exploração comercial.

AGRADECIMENTOS

À Diretoria Técnica de Serviço do Núcleo de Perícias Criminalísticas de São José do Rio Preto, por permitir acesso aos laudos relacionados com perícias criminais ambientais.

Aos avaliadores pelas relevantes sugestões que em muito contribuíram com o aperfeiçoamento do presente artigo.

À perita criminal Adriana Lemes da Silva Ferrari pela versão do resumo em abstract.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C.J.R. Alho. The value of biodiversity. *Brazilian Journal of Biology* **68**, 1115-1118, 2008.

[2] P.M. Vitousek; H.A. Mooney; J. Lubchenco; J.M. Melillo. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* **277**, 494-499, 1997.

[3] N. Bensusan. Conservação da biodiversidade em áreas protegidas. FGV, Brasil, 2006, 176p.

[4] S.L. Pimm; P. Raven. Biodiversity: extinction by numbers. *Nature* **403**, 843-845, 2000.

[5] Brasil. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. República Federativa do Brasil, 1981.

[6] Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. República Federativa do Brasil, 1988.

[7] C.R. Margules; R.L. Pressey. Systematic conservation planning. *Nature* **405**, 243-253, 2000.

[8] BRASIL. Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. República Federativa do Brasil, 1998.

[9] R. Medeiros; M. Irving; I. Garay. Proteção da Natureza no Brasil: evolução e conflitos de um modelo em construção. *Revista de Desenvolvimento Econômico* **5**, 83-93, 2004.

[10] Brasil. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1941. Institui o novo Código Florestal. República Federativa do Brasil, 1965.

[11] Brasil. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. República Federativa do Brasil, 2012.

[12] Brasil. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. República Federativa do Brasil, 1998.

[13] Brasil. Decreto n. 750, de 10 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências. República Federativa do Brasil, 1993.

[14] Brasil. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. República Federativa do Brasil. Brasília, 2007.

[15] A. R. Rodrigues; C. J. Matavelli. As principais alterações do Código Florestal Brasileiro. *Revista Brasileira de Criminalística* **10**(1), 64-71, 2021.

[16] São Paulo. Decreto n. 48.009, de 11 de agosto de 2003. Dispõe sobre o detalhamento das atribuições das unidades que especifica do Instituto de Criminalística e do

- Instituto Médico-Legal, ambos da Superintendência da Polícia Técnico-Científica, da Secretaria da Segurança Pública. Estado de São Paulo, 2006.
- [17] Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. <<https://cidades.ibge.gov.br>>. 2020.
- [18] Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. <www.ciiagro.sp.gov.br>. 2012.
- [19] Köppen, W.; Geiger, R. *Handbuch der klimatologia*. Gerdrulier Borntraeger. v. 1 Part C, Berlin, 1936.
- [20] A.N. Ab'Saber. *Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. Ateliê Editorial, Brasil, 2003.
- [21] N. Myers; R.A. Mittermeier; C.G. Mittermeier; G.A. Fonseca; J. Kent. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853-858, 2000.
- [22] Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Biomass*. <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomass.html?=&t=o-que-e>>. 2020.
- [23] São Paulo (Estado) Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente; Subsecretaria de Meio Ambiente; Instituto de Pesquisas Ambientais. *Inventário da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo*. São Paulo: SIMA/IPA, 2022, 238p.
- [24] São Paulo (Estado) Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo; Coordenadoria de Planejamento Ambiental. *Mapa da rede de drenagem do estado de São Paulo*. <<https://www.infrastrukturameioambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-da-rede-de-drenagem-do-estado-de-sao-paulo/>>. 2022.
- [25] São Paulo (Estado) Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Resolução Conjunta n. 1, de 17 de fevereiro de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração de Mata Atlântica e orienta os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa em São Paulo, 1994.
- [26] Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução da Presidência n. 1, de 24 de fevereiro de 2015. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. República Federativa do Brasil, 2015.
- [27] STJ, 5ª T., AgRg-REsp 1.503.896. Rel. Min. Gurgel de Faria. DJE, 2015.
- [28] STF. 2ª T, ARE 923296 AgR. Rel. Min. Gilmar Mendes. DJE, 2015.
- [29] D. Bertolini; F. Lombardi-Neto. Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. In: *Manual técnico de manejo e conservação de solo e água*. ed. F. Lombardi-Neto; M.I. Drugowich., vol. I. CATI, Brasil, 1994.
- [30] M.C. Ribeiro; J.P. Metzger; A.C. Martensen; F.J. Ponzoni; M.M. Hirota. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* **142**, 1142-1143, 2009.
- [31] B.F.T. Rudorff; D.A. Aguiar; W.F. Silva; L.M. Sugawara; M. Adami; M.A. Moreira. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using landsat data. *Remote Sensing* **2**, 1057-1076, 2010.
- [32] A.Zecca; L. Chiari, Fossil-fuel constraints on global warming. *Energy Policy* **38**(1), 1-3, 2010.
- [33] M.J. Groom; E.M. Gray; P.A. Townsend. Biofuels and biodiversity: principles for creating better policies for biofuel production. *Conservation Biology* **22**, 602-609, 2008.
- [34] J. Goldenberg. Ethanol for a sustainable energy future. *Science* **315**, 808-810, 2007.
- [35] P.H.S. Brancalion; R.R. Rodrigues. Implicações do cumprimento do Código Florestal vigente na redução de áreas agrícolas: um estudo de caso da produção canieira no Estado de São Paulo. *Biota Neotropica* **10**(4), 63-66, 2010.
- [36] J.P. Metzger. O Código Florestal tem base científica? *Natureza & Conservação* **8**(1), 1-5, 2010.
- [37] T.M. Addiscott. A critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool. In: *Buffer zones: Their processes and potential in water protection*. ed. N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding, G. Pinay, Edgewater: Smithsonian Environmental Research Center. p. 236-243, 1997.
- [38] F.S.R. Holanda; L.G.C. Santos; C.M. Santos; A.P.B. Casado; A. Pedrotti; G.T. Ribeiro. Riparian vegetation affected by bank erosion in the lower São Francisco River, Northeastern Brazil. *Revista Árvore* **29**(2), 327-336, 2005.
- [39] Dala-Corte, RB, Melo, AS, Siqueira, T, et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology* **57**, 1391-1402, 2020.
- [40] C.M. Riseng; M.J. Wiley; R.W. Black; M.D. Munn. Impacts of agricultural land use on biological integrity: a causal analysis. *Ecological Applications* **21**, 3128-3146, 2011.
- [41] F.B. Teresa; L. Casatti; M.V. Cianciaruso. Functional differentiation between fish assemblages from forested and deforested streams. *Neotropical Ichthyology* **13**(2), 361-370, 2015.
- [42] J.J. Corbi; S.T. Strixino; A. Santos; M.D. Grande. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar

- (Estado de São Paulo, Brasil). *Química Nova* **29**, 61-65, 2006.
- [43] J. Drummond; A.F. Barros-Plataiu. Brazilian environmental laws and policies, 1934-2002: a critical review. *Law & Policy* **28(1)**, 83-108, 2006.
- [44] R.T.T. Forman; L.E. Alexander. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**, 207-231, 1998.
- [45] D. Gasparino; U.C. Malavasi; M.M. Malavasi; I. Souza. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos em área de domínio ciliar. *Revista Árvore* **30(1)**, 1-9, 2006.
- [46] P.J. Weisberg; H. Bugmann. Forest dynamics and ungulate herbivory: from leaf to landscape. *Forest Ecology and Management* **181**, 1-12, 2003.
- [47] D.R. Courtois; B.L. Perryman; H.S. Hussein. Vegetation change after 65 years of grazing and grazing exclusion. *Journal of Range Management* **57**, 574-582, 2004.
- [48] J. Janicke. Ecological effects caused by the grazing of cattle on public lands. *The Honors Journal* **13**, 76-82, 2008.
- [49] T.T.Schulz; W.C. Leininger. Differences in riparian vegetation structure between grazed areas and exclosures. *Journal of Range Management* **43(4)**, 295-299, 1990.