



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**CADASTRO AMBIENTAL RURAL: O QUE OS DADOS DESSA
POLÍTICA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL REVELAM?**

Carlos Henrique Pires Luiz
Tese de Doutorado

Brasília-DF: Julho / 2022

CARLOS HENRIQUE PIRES LUIZ

Cadastro Ambiental Rural: o que os dados dessa política de regularização ambiental revelam?

Tese de Doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial.

Orientador: Prof.: Dr. Valdir Adilson Steinke

Brasília-DF: Julho / 2022

CARLOS HENRIQUE PIRES LUIZ

Cadastro Ambiental Rural: o que os dados dessa política de regularização ambiental revelam?

Tese de Doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial.

Aprovado em 27 de julho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke, (UnB)

Prof. Dr. Rafael Rodrigues da Franca, (UnB)

Prof. Dr. Sergio Donizete Faria, (UFMG)
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Diógenes Félix da Silva Costa, (UFRN - Campus de Caicó)
(Examinador Externo)

Brasília-DF: Julho / 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

LUIZ, CARLOS HENRIQUE PIRES

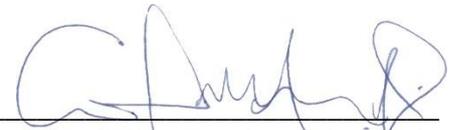
Cadastro Ambiental Rural: o que os dados desta política de regularização ambiental revelam?

120 p., 297 mm, (UnB-CDS, Doutor, Geografia, 2022).

Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Programa de Pós-graduação em Geografia.

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 1. Código Florestal | 2. Biomas |
| 3. Estrutura da Paisagem | 4. CAR |
| I. UnB-CDS | II. Título (série) |

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação (tese) e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado (tese de doutorado) pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Carlos Henrique Pires Luiz

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, Grande Arquiteto do Universo, que em sua soberana perfeição, permitiu e criou todas as condições para a realização deste trabalho. Em um cenário de pandemia, onde milhões de pessoas perderam a vida, é uma dádiva permanecer com saúde. Registro minha solidariedade a todas as famílias afetadas pelo COVID-19.

Aos meus pais, Nilzia e Pascoal que são os alicerces de toda minha trajetória. Mesmo tendo pouco conhecimento formal, em sua sabedoria, sempre incentivaram os estudos.

À minha amada esposa Daniela e ao meu querido filho Ítalo, por todo apoio, incentivo e compreensão das ausências nos momentos de concentração.

Ao meu orientador, Valdir Steinke, por acreditar no trabalho desde as primeiras conversas e por depositar em mim, total confiança.

Aos professores Sergio Donizete e Carlos Rosano pelas contribuições na etapa da qualificação.

Aos meus irmãos, Tássio e Goubert, por toda união e mútuo suporte.

Ao Programa de Pós-graduação da UnB, por proporcionar um curso estruturado e organizado, e mesmo diante de um cenário de grandes desafios, onde a ciência vem sendo questionada por teorias conspiratórias, permanecer desenvolvendo pesquisas.

Aos amigos e a instituição do Serviço Florestal Brasileiro por toda a colaboração, em especial Rejane Mendes e Lilianna Gomes.

Ao Thiago Alencar, pelo incentivo e torcida de sempre.

A todas as pessoas que ao cruzar minha trajetória, me incentivaram e mesmo de formar indireta contribuíram para a finalização de mais um ciclo na minha vida.

EPÍGRAFE

Reze e trabalhe, fazendo de conta que esta vida é um dia de capina com sol quente, que às vezes custa mais a passar, mas sempre passa. E você ainda pode ter muito pedaço bom de alegria... Cada um tem a sua hora e a sua vez: você há de ter a sua.

A hora e a vez de Augusto Matraga - Sagarana

João Guimarães Rosa, 1946

RESUMO

A legislação ambiental brasileira estabelece normas gerais de proteção, conservação e recuperação ambiental. Uma delas é o Código Florestal Brasileiro – CFB: Lei Federal 12.651/2012, que estabelece as Áreas de Preservação Permanente - APP; a Reserva Legal - RL; Uso Restrito; o Cadastro Ambiental Rural - CAR e ferramentas associadas, como o Programa de Regularização Ambiental - PRA e as Cotas de Reserva Ambiental - CRA. Embora, em teoria, a legislação brasileira seja avançada, a sua aplicação e cumprimento efetivo são insuficientes em diversos aspectos. O CFB, avançou no sentido de estabelecer ferramentas para aprimorar a fiscalização da adequação ambiental dos imóveis rurais no Brasil. Dentre essas, destaca-se o CAR, que é um registro eletrônico dos principais atributos ambientais dos imóveis rurais. Segundo dados do Serviço Florestal Brasileiro - SFB (2022), a adesão ao CAR é de aproximadamente de 6,9 milhões de imóveis, o que corresponde a 80% da área estimada como passível de cadastramento. Com essa adesão vislumbra-se uma melhoria no cumprimento da legislação ambiental, uma vez que foram estabelecidas normas para recuperação ambiental como o PRA, e de compensação como as CRA. O CAR concentra informações ambientais relevantes como as APP e as RL da maior parte dos imóveis rurais do Brasil, por esse motivo constitui-se com um banco de dados relevante para a gestão ambiental. Esses dados quando cruzados com outras bases, podem gerar informações para o conhecimento da situação ambiental dos biomas brasileiros, como por exemplo: a importância das RL e APP na conservação da vegetação nativa e na manutenção da estrutura da paisagem; a identificação da estrutura fundiária nos biomas e o estabelecimento de relações com os percentuais de vegetação nativa; e a simulação de cenários de implementação da recuperação ambiental prevista no PRA. Essa pesquisa, desenvolvida em formato de artigos, conta com cinco manuscritos. No primeiro manuscrito foi realizada uma avaliação da legislação ambiental brasileira e do potencial de contribuição que o CAR e no CFB têm para a diminuição da degradação ambiental. O segundo manuscrito abordou a evolução da legislação ambiental brasileira nos últimos 20 anos, associando os principais marcos e os números do CAR com os percentuais de desmatamento no Cerrado. No terceiro manuscrito, tendo como recorte espacial o Distrito Federal-DF, foi construído um modelo e realizada uma simulação de diferentes cenários de recuperação ambiental das APP e da RL. O quarto manuscrito avaliou, comparativamente, a importância das RL na estrutura da paisagem nos biomas brasileiros e estudou o padrão de uso e ocupação do solo dentro da estrutura fundiária a partir dos imóveis declarados no CAR. No quinto manuscrito foi realizada uma análise sobre a área que está no CAR, mas que não deveria, por exemplo: imóveis registrados em unidades de conservação que não admitem domínio privado - e identificadas áreas que não possuem restrição de cadastramento, mas que ainda não foram registradas. A condução da pesquisa permitiu constatar a importância do CAR, uma vez que através dessa política pública, será possível: aprimorar a gestão ambiental, implementar o CFB e viabilizando o alcance da regularidade ambiental no Brasil.

Palavras-chave: Código Florestal, Biomas, Estrutura da Paisagem

ABSTRACT

Brazilian environmental legislation provides general rules for environmental protection, conservation, and recovery. One of them is the Brazilian Forest Code - CFB (Law 12.651/2012), which establishes Permanent Preservation Areas - APP; the Legal Reserve - RL; Restricted Use areas; the Rural Environmental Registry - CAR and associated tools, such as the Environmental Regularization Program - PRA and the Environmental Reserve Quotas - CRA. Although, in theory, Brazilian legislation is advanced, its application and effective compliance are insufficient in several aspects. The Forest Code, of 2012, advanced in the sense of establishing tools to improve the monitoring of the environmental suitability of rural properties in Brazil. Among these, the CAR stands out, which is an electronic register of the main environmental attributes of rural properties. According to data from the Brazilian Forest Service - SFB (2022), adherence to the CAR is approximately 6.9 million properties, which corresponds to 80% of the area estimated to be eligible for registration. With this adhesion, an improvement in compliance with environmental legislation is envisaged, since standards were established for environmental recovery such as the PRA, and compensation such as the CRA. The CAR concentrates relevant environmental information such as APPs and RLs from most rural properties in Brazil, for this reason it constitutes a relevant database for environmental management. These data, when crossed with other bases, can generate information for knowledge of the environmental situation of Brazilian biomes, such as: the importance of RL and APP in the conservation of native vegetation and in the maintenance of the landscape structure; the identification of the land tenure structure of the biomes and the establishment of relationships with the percentage of native vegetation; the simulation of implementation scenarios of the environmental recovery foreseen in the PRA. This research, developed articles format, has five manuscripts. The first work focused on the evaluation of Brazilian environmental legislation and on the potential contribution that the CAR and the CFB have for the reduction of environmental degradation. The second manuscript addressed the evolution of Brazilian environmental legislation in the last 20 years, associating the main milestones and CAR numbers, with the percentages of deforestation in the Cerrado. In the third article, having the Federal District -DF as a study area, a model was built, and a simulation of different scenarios of environmental recovery of APP and RL was performed. The fourth work comparatively evaluated the importance of RL in the landscape structure in Brazilian biomes and studied the pattern of land use and cover within the land size structure based on the properties declared in the CAR. In the fifth manuscript, an analysis was carried out on the area that is in the CAR, but that should not, for example: land houses registration in conservation units that do not admit private domain - and identified voids in the CAR, that is, areas that do not have restriction of registration, but which have not yet been registered. Conducting the research made it possible to verify the importance of the CAR for environmental management, implementation of the CFB and for achieving environmental compliance in Brazil.

Keywords: Brazilian Forest Code, Biomes, Landscape Structure

Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
Manuscrito 1 - O Código Florestal pode contribuir para a diminuição da degradação ambiental?.....	5
Manuscrito 2 – Recent environmental legislation in Brazil and the impact on Cerrado deforestation rates	18
Manuscrito 3 - Análise e modelagem ambiental para simulação dos impactos do Código Florestal Brasileiro na estrutura da paisagem no DF	34
Manuscrito 4 - O papel das reservas legais na garantia da conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa nos biomas brasileiros	65
Manuscrito 5 - Cadastro Ambiental Rural - quanto falta e quanto sobra após 8 anos de implementação?	87
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
Referências	114

LISTA DE FIGURAS

Manuscrito 2	Página
Figura 1 - Methodology steps	21
Figura 2 - Trajectory of environmental legislation in Brazil and deforestation in Cerrado	23
Figura 3 - Distribution Protection UCs in the Cerrado x the accumulated deforestation area until 2020	24
Figura 4 - Rise in the number of type of pesticides from 2010 to 2020	26
Figura 5 - Increasing of deforestation in Cerrado 2000-2020	27
Figura 6 - Accumulated deforestation in the Cerrado at different time intervals	28
Figura 7 - Rate of deforestation in the Cerrado 2000-2020	28
Figura 8 - Annual deforestation after CAR regulation	29
Figura 9 - Number of landhouses in CAR x deforested area in Cerrado	30
Manuscrito 3	
Figura 1 - Cenários propostos para análise, modelagem e simulação dos impactos da mudança na legislação ambiental	40
Figura 2 - Fluxograma síntese da metodologia	41
Figura 3 - Avaliação da distância euclidiana para a mancha vizinha mais próxima	45
Figura 4 - Área de Preservação Permanente DF - Cenário Integral	47
Figura 5 - Percentual de APP não recuperada por faixa de tamanho de imóvel	49
Figura 6 - Dinâmica do uso e cobertura do solo entre 1995 e 2020. A figura também mostra comparativo entre uso do solo mapeado x simulado para o ano 2020	51
Figura 7 - Cobertura do solo no DF: 1995, 2015 e 2020	52
Figura 8 - Comparativo entre uso e cobertura do solo mapeada x simulada: 2020	53
Figura 9 - Uso do solo simulado para 2040 no DF, Cenários 1, 2 e 3	54
Figura 10 - Gráfico do uso do solo simulado para 2040 no DF: Cenários 1, 2 e 3	55
Figura 11 - Quantidade de remanescente de vegetação nativa por faixa de distância.	56
Figura 12 - Grau de isolamento das manchas de vegetação nativa	57

Manuscrito 4	Página
Figura 1 - Fluxograma metodológico	72
Figura 2 - Imóveis declarados no CAR classificados por faixa de tamanho	75
Figura 3 - Percentual representativo de área e quantidade dos imóveis declarados no CAR classificados por tamanho de imóvel	76
Figura 4 - Uso e cobertura do solo separado por faixa de tamanho dos imóveis	77
Figura 5 - Percentual médio de superfícies agropecuárias na área cadastrada no CAR de acordo com os limites dos biomas brasileiros	78
Figura 6 - Grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa dos biomas brasileiros. Cenários com e sem as áreas de reserva legal	79
Figura 7 - Número de manchas e área de remanescentes de vegetação nativa por intervalo de distância.	81
Figura 8 - Variação da quantidade de RVN em hectares para manchas localizadas a uma distância de até 100 m uma da outra	81
Manuscrito 5	
Figura 1 - Fluxograma metodológico geral	92
Figura 2 - Área Cadastrada (imagem da esquerda) x Superfície sem sobreposições (imagem da direita).	93
Figura 3 - Representação esquemática do procedimento de obtenção da área cadastrável	94
Figura 4 - Representação esquemática dos passos para obtenção da área ainda passível de cadastro no CAR	95
Figura 5 - Representação das áreas cadastradas no CAR e das áreas não passíveis de cadastramento	97
Figura 6 - Composição da área não cadastrável no CAR	98
Figura 7 - Área registrada no CAR em áreas não passíveis de cadastramento	100
Figura 8 - Distribuição da proporção de áreas registradas no CAR em locais não passíveis de cadastramento	101
Figura 9 - Percentual da área cadastrável já registrada no CAR e área ainda passível de cadastramento	102
Figura 10 - Percentual da área cadastrável já registrada no CAR e área ainda passível de cadastramento	103

LISTA DE TABELAS

Manuscrito 1	Página
Tabela 1 - Quantidade e área de imóveis que optaram pela adesão ao PRA e respectivo passivo em RL e APP	9
Tabela 2 - Principais mudanças entre o CFB anterior e o atual	13
Manuscrito 2	
Tabela 1 - CAR deadlines and number of properties registered in Cerrado	29
Manuscrito 3	
Tabela 1 - Cenários propostos para análise, modelagem e simulação dos impactos da mudança na legislação ambiental	39
Tabela 2 - Variáveis ambientais avaliadas quanto ao poder de explanação das mudanças observadas no uso e cobertura do solo	43
Tabela 3 - Faixas de APP a recompor	44
Tabela 4 - Quantidade de APP nas diferentes classes de tamanho de imóvel	46
Tabela 5 - Quantitativo de APP em área consolidada por faixa de tamanho de imóvel e área a recuperar	48
Tabela 6 - Avaliação da RL no DF	50
Tabela 7 - Resultado do teste Cramer-V	52
Tabela 8 - Quantidade de manchas de vegetação nativa por faixa de distância	58
Manuscrito 4	
Tabela 1 - Classificação do tamanho do imóvel de acordo com a quantidade de módulos fiscais	73
Tabela 2 - Reclassificação do uso e cobertura do solo MapBiomass	73
Tabela 3 - Percentual de imóveis que declararam RL	81
Manuscrito 5	
Tabela 1 - Área dos biomas e cálculo da área passível e não passível de cadastramento no CAR	96
Tabela 2 - Área cadastrada no CAR em áreas não passíveis de cadastramento em km ²	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP - Área de Preservação Permanente
BIRD - Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CAR - Cadastro Ambiental Rural
CFB - Código Florestal Brasileiro
CGU - Controladoria Geral da União
CNUC - Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CONACER - Comissão Nacional do Programa Cerrado Sustentável
CPDS - Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável
CRA - Cota de Reserva Ambiental
DEFRA - Department of Environment, Food and Rural Affairs
DF - Distrito Federal
EVN - Excedente de vegetação nativa
FNDF - Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal
FP - Florestas Públicas
FUNAI - Fundação Nacional do Índio
GEE - Gases do Efeito Estufa
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRD - International Bank for Reconstruction and Development
ICF - International Climate Fund
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFN - Inventário Florestal Nacional
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LCM - Land Change Modeler
MDE - Modelo Digital de Elevação
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MF - Módulo Fiscal
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MLPNN - Multi-Layer Perceptron Neural Network
PEC - Proposta de Emenda Constitucional
PNMC - Política Nacional de Mudanças Climáticas
PRA - Programa de Regularização Ambiental
RL - Reserva Legal
RVN - Remanescente de Vegetação Nativa
SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF
SFB - Serviço Florestal Brasileiro
SICAR - Sistema de Cadastro Ambiental Rural
SIG - Sistema de Informação geográfica
SINIMA - Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TI - Terra Indígena
UC - Unidade de Conservação
UFLA - Universidade Federal de Lavras

INTRODUÇÃO

A Lei Federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012), instituiu o Código Florestal Brasileiro - CFB e estabeleceu normas para implementação de políticas públicas ambientais. Essa legislação motiva diversas pesquisas voltadas para a comparação entre a versão atual do CFB e as versões de 1934 e 1965, como por exemplo, os trabalhos de Soares-Filho et al., (2014); Jung, et al., (2017) e Kroger, (2017).

A abordagem principal desses estudos ressalta a flexibilização de alguns aspectos como a intervenção em Áreas de Preservação Permanente - APP, e algumas anistias associadas à supressão irregular de vegetação nativa e desobrigação da manutenção da Reserva Legal - RL para todos os imóveis.

Embora essas análises sejam úteis, e por mais flexível que seja essa versão da Lei, em vigor desde 2012, é preciso ressaltar seus aspectos positivos. Dentre eles, destaca-se o Cadastro Ambiental Rural - CAR, que se tornou a porta de entrada para implementação e cumprimento do CFB, promovendo as etapas para alcance da regularidade ambiental dos imóveis rurais no Brasil.

A primeira etapa do CAR é de natureza declaratória. Nela são cadastradas as seguintes informações: limite do imóvel, cobertura do solo, APP, áreas de uso restrito, servidão administrativa e RL.

Essa primeira etapa possui algumas fragilidades, seja por uma má intenção do usuário em não declarar adequadamente a real situação ambiental do seu imóvel, ou seja, pelo nível de especificidade da ferramenta que exige conhecimentos de geoprocessamento e sensoriamento remoto para manuseio. Contudo, a segunda etapa consiste nas análises dessas declarações, sendo que cedo ou tarde o real estado de todos os imóveis rurais declarados no CAR será diagnosticado, sendo os passos para alcance da regularidade ambiental, endereçados em etapas posteriores como o Programa de Recuperação Ambiental - PRA.

O PRA é previsto no Artigo 59 do CFB e regulamentado pelo Decreto 7.830/12 (BRASIL, 2012). O PRA é composto pelo conjunto de ações a serem desenvolvidas pelos proprietários para a promoção da regularização ambiental dos imóveis.

Uma vez diagnosticado o passivo ambiental no CAR, através da firmação de termo de compromisso entre proprietário e Secretária Estadual de Meio Ambiente ou Órgão competente

nos estados e no DF, são definidas ações para a recuperação das áreas degradadas existentes no imóvel. Com isso, o proprietário rural pode regularizar as áreas degradadas em APP, RL e área de uso restrito por meio da recuperação, recomposição, regeneração natural ou compensação - essa última restrita à RL.

Além do PRA, o CFB viabilizou as Cotas de Reserva Ambiental - CRA, que permitem a aquisição de áreas de Remanescente de Vegetação Nativa - RVN, para compensação da RL nos casos de imóveis sem área disponível para cumprimento dos percentuais mínimos exigidos em Lei, desde que atendidos critérios como compensação em mesma bacia hidrográfica e bioma.

Segundo dados do Serviço Florestal Brasileiro - SFB, até maio de 2022, havia no Brasil, pouco mais de 6,6 milhões de imóveis cadastrados na base do SICAR, o que corresponde a uma área cadastrada de pouco mais de 492 milhões de hectares (já desconsiderando as sobreposições), que equivale a 80% da área territorial passível de cadastramento, que é de cerca de 613 milhões de hectares. Do total de imóveis cadastrados, 3,4 milhões de imóveis aderiram ao PRA.

Diante da extensão dos cadastros e da representatividade em termos de área, as informações do CAR permitem um diagnóstico sobre o estado dos remanescentes da vegetação nativa, das APP e sobre as áreas a recuperar no Brasil. Nesse sentido, o CAR, além de uma ferramenta de gestão pública, agrega dados, cujo potencial precisa ser explorado em pesquisas que contribuam para a gestão ambiental, diagnóstico dos ativos e passivos florestais no Brasil.

Nesse contexto, a implementação do CAR e das etapas posteriores como o PRA e as CRA poderá contribuir para a recuperação de áreas de RVN e de APP, e auxiliará no sequestro de carbono através do reflorestamento de áreas degradadas.

Embora exista expressiva adesão ao PRA, não há estimativas do sucesso e da garantia da execução dos termos de compromisso de recuperação ambiental a serem firmados, tendo em vista que esse instrumento ainda está sendo implementado. Diante disso, o uso de geotecnologias e modelos ambientais permite estimar diferentes cenários de recuperação ambiental e simular quais são os principais impactos associados às mudanças.

Nesse sentido, o uso de técnicas de geoprocessamento, modelos ambientais e simulações, podem ajudar a responder perguntas do tipo: qual o tamanho da área de recuperação ambiental da vegetação nativa e APP que os dados do CAR permitem estimar?

Por outro lado, existem lacunas no CFB como as anistias proporcionadas pelo Artigos 61-A e 67, onde o primeiro desobriga a recuperação integral das APP e o segundo isenta alguns imóveis

da constituição da RL. Diante disso, qual a quantidade de recuperação ambiental que o governo abre mão? Quanto em serviços ambientais é perdido quando um produtor é desobrigado de recuperar integralmente a APP ou de constituir a RL?

A resposta é complexa e envolve uma série de variáveis. Porém, estimativas como as desenvolvidas neste trabalho, que utilizando-se de dados que mensurem o grau de conectividade dos remanescentes de RVN em diferentes cenários de adesão ao PRA, e que estabeleça uma correlação entre o potencial de áreas de vegetação a serem recompostas e a importância das RL para a estrutura da paisagem, podem ser um passo na direção de avaliar os efeitos da implementação do CFB.

Dado o cenário de mudanças ambientais em escala global, onde as áreas nativas estão sendo substituídas por monoculturas, áreas urbanas e de exploração mineral, estimativas como essas podem ser úteis como fontes de direcionamento das ações de gerenciamento ambiental no sentido de prevenir os impactos ambientais associados.

Nesse contexto, como recorte territorial para o desenvolvimento desta pesquisa, optou-se por avaliar a adequação do CFB e da implementação do CAR sobre diferentes escalas e estratégias, uma vez que o trabalho realizado está estruturado em formato de artigos, onde estão sendo feitas publicações associadas ao objeto da pesquisa em periódicos de qualificação Qualis A¹.

O objetivo geral do trabalho é analisar e simular impactos ambientais positivos e negativos do CFB tendo como base de dados as informações registradas no CAR. Especificamente, buscou-se através da elaboração dos cinco artigos, traçar um panorama geral das versões do CFB; de discutir a legislação ambiental recente, comparando os principais marcos legais com o avanço da implementação do CAR; de estudar a composição da estrutura fundiária e sua relação com o cumprimento da legislação ambiental; e de simular os efeitos dos possíveis desdobramentos dessa política de regularização ambiental na estrutura da paisagem.

O primeiro artigo, já publicado na revista *Caminhos de Geografia*, da Universidade Federal de Uberlândia, abordou como o Código Florestal pode contribuir para a diminuição da degradação ambiental.

O segundo trabalho, publicado na revista *Sustainability*, busca traçar um paralelo entre a legislação ambiental dos últimos 20 anos e as taxas de desmatamento no Cerrado. Neste

¹ Conforme preconizado na Resolução n°1 do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UnB de 23 de setembro de 2013.

trabalho também é feita uma primeira tentativa de relacionar as taxas de desmatamento do Cerrado com o incremento de imóveis declarados no CAR.

No terceiro artigo desta pesquisa, foi realizado um estudo de caso, tendo como área de estudo o Distrito Federal. Neste trabalho foi construído um modelo ambiental para simulação de diferentes cenários de recuperação ambiental e seus impactos na quantidade de RVN e, conseqüentemente na estrutura da paisagem

O quarto artigo, busca avaliar o papel das RL na manutenção da conectividade dos RVN, através da aplicação de uma métrica de paisagem que mensura o grau de isolamento entre as manchas de RVN em dois cenários: com e sem as RL. Adicionalmente, tendo como base o tamanho dos imóveis registrados no CAR, foi conduzido um estudo para identificação da estrutura fundiária do Brasil. Essas duas análises foram realizadas de forma comparativa entre os biomas brasileiros.

O quinto artigo, que também teve como recorte espacial uma análise comparativa entre os biomas, aprofundou a análise sobre os dados registrados no CAR, procurando responder sobre o estágio de implementação dessa política e identificar onde estão as áreas ainda passíveis de registro no CAR; e as áreas que não deveriam estar registradas no CAR.

Manuscrito 1 - O Código Florestal pode contribuir para a diminuição da degradação ambiental?

O CÓDIGO FLORESTAL PODE CONTRIBUIR PARA A DIMINUIÇÃO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL?

Carlos Henrique Pires-Luiz

Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Geografia
Brasília, DF, Brasil
cpiresluiz@gmail.com

Valdir Adilson Steinke

Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia
Brasília, DF, Brasil
valdirsteinke@unb.br

RESUMO

A despeito do fato que é comum a todos os estudos sobre a mudança no Código Florestal Brasileiro (CFB): que o novo CFB é menos restritivo em termos ambientais e mais alinhado com o desenvolvimento econômico, é fato que mecanismos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), o Programa de Recuperação Ambiental (PRA) e as Cotas de Reserva Ambiental (CRA) são ferramentas que podem contribuir para recuperar parte do passivo ambiental gerado com a pouca fiscalização da legislação ambiental da versão anterior do CFB, que embora fosse mais conservacionista, apresentava baixa efetividade de cumprimento, sobretudo nos pequenos imóveis. Nesse sentido, o presente estudo não se dedicou exclusivamente em comparar as mudanças entre as versões do CFB, uma vez que a nova Lei já está em vigor há sete anos, mas também ressaltar os aspectos positivos que podem contribuir para melhorar a gestão dos passivos ambientais dos imóveis rurais. Nesse aspecto, foram apresentados números de adesão ao CAR e ao PRA, onde foi possível traçar um cenário de expectativa de recuperação de milhões de hectares relacionados a intervenções em Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal à medida que as etapas de análise, implementação do PRA e instrumentalização das CRA forem efetivadas.

Palavras-chave: Cadastro ambiental rural. Licenciamento ambiental brasileiro. Recuperação ambiental.

CAN BRAZILIAN FOREST CODE CONTRIBUTE FOR ENVIRONMENTAL DEGRADATION DECREASE?

ABSTRACT

Despite the fact that is common to all studies on the change in the Forest Code in Brazil (CFB): the new CBF is less environmentally restrictive and more aligned to economic development, it is a fact that mechanisms such as the Environmental Rural Registry (CAR), the Environmental Recovery Program (PRA) and the Environmental Reserve Quotes (CRA) are tools which can contribute to recover part of the environmental passive generated by the little inspection of the environmental legislation of the previous version of CFB, although it was more conservationist, presented low efficacy related to performance, especially in small properties. In this regard, the present study didn't focus exclusively on comparing changes among CFB versions, since the new Law has been in force for seven years, but also highlighting the positive aspects that can contribute to improve the management of environmental liabilities of rural properties. In this respect, CAR and PRA adherence numbers were presented, and was possible to trace a scenario of an expected recovery of millions of hectares related to interventions in Permanent Preservation Areas and Legal Reserve areas as the analysis, PRA implementation and instrumentalization stages of the CRA were realized.

Keywords: Rural environmental registry. Brazilian environmental licensing. Environmental recovering.

INTRODUÇÃO

O novo Código Florestal Brasileiro (CFB), Lei Federal 12.651/2012, estabeleceu novas normas para a proteção do meio ambiente, através da definição dos requisitos legais de proteção dos Remanescentes de Vegetação Nativa (RVN), das Áreas de Preservação Permanente (APP) e das Reservas Legais (RL). Contudo, houve uma flexibilização da legislação em relação às outras versões do CFB, que sobre a premissa de incentivar o desenvolvimento econômico, embora ainda tenha como objetivos principais a conservação e regularização de áreas já manejadas acabou beneficiando muitos imóveis com passivos ambientais (KROGER, 2016; JUNG, et al., 2017; VIEIRA et al., 2018).

A primeira versão do CFB foi promulgada em 1934 (Decreto 23.793), e embora não apresentasse de forma clara os conceitos atuais de APP e RL, já caracterizava as florestas como bem de interesse comum, sendo a responsabilidade de proteção compartilhada entre as esferas pública e privada. Pela primeira vez, uma parte não inferior a 25% da propriedade privada deveria ser preservada (RORIZ e FEARNside, 2015).

O CFB de 1965, Lei Federal 4.771, refletiu uma preocupação com os recursos naturais em um período de intensas transformações no Brasil, de expansão da fronteira agrícola e aumento do parque industrial. O resultado foi um Código Florestal de caráter conservacionista, a frente do seu tempo em diversos aspectos, porém, pouco funcional na prática, uma vez que a fiscalização e cumprimento da legislação ambiental nem sempre seguiu o definido em lei (BENJAMIN, 2000; BACHA, 2005; SPAVOREK et al., 2010; STICKLER et al., 2013; GIBBS et al., 2015). Pela primeira vez, houve uma valorização dos serviços ambientais, sendo criadas as faixas de APP e aumentado os percentuais de RL no bioma Amazônia (SANTIAGO et al., 2018).

O novo CFB é amplamente criticado em alguns aspectos por ser menos rigoroso em relação às exigências de proteção ambiental comparativamente a versão do CFB anterior. As principais críticas estão associadas a um maior alinhamento com os interesses do agronegócio, culminando na redução da faixa de restauração de áreas já manejadas em APP e na anistia na recuperação das áreas desmatadas dentro da RL (SOARES-FILHO et al., 2014; JUNG, et al., 2017; KROGER, 2017), resultando numa forma de legalizar as irregularidades do não cumprimento da lei anterior (SAUER, 2012). Por outro lado, a regulamentação do atual CFB apresenta aspectos positivos como a criação do CAR, sistema que permite um maior monitoramento das infrações à legislação ambiental e que também introduziu mecanismos de pagamento por serviços ambientais, como as Cotas de Reserva Ambiental – CRA (SOARES-FILHO et al., 2014). Assim sendo, o objetivo desse trabalho não é exclusivamente comparar as versões do CFB, mas, sobretudo, destacar os aspectos positivos que podem contribuir para uma maior efetividade do cumprimento da legislação ambiental, e conseqüentemente, contribuir para a diminuição da degradação ambiental. Nesse sentido, são avaliados os principais mecanismos do CAR, e, é feita através de revisão bibliográfica, um levantamento de como essas mudanças podem impactar as pequenas propriedades rurais do Brasil. Para isso são apresentados dados de adesão ao PRA e estimativa de número de imóveis e de área em APP e RL a serem recuperadas com o avanço da implementação do CFB.

O CAR, enquanto ferramenta de gestão ambiental, apresenta-se como mecanismo inovador para o controle e regularização dos passivos ambientais, uma vez que agrega informações georreferenciadas dos imóveis e possui mecanismos de verificação das informações ambientais prestadas. Com isso, o governo consegue mensurar os passivos das propriedades e estabelecer formas de recuperação ambiental (SOARES-FILHO et al., 2014; ALARCON et al., 2015; SPAROVEK et al., 2016; GIBBS et al., 2015). A recuperação ambiental no âmbito do novo CFB está prevista nos mecanismos atrelados ao CAR, como o Programa de Recuperação Ambiental – PRA e o CRA. Esses programas visam à recuperação de áreas desmatadas ilegalmente, contribuindo para a restauração da vegetação nativa e das APP. No PRA, o proprietário em débito com a legislação ambiental firma termos de compromisso de recuperação das áreas degradadas, e o mecanismo das CRA permite que proprietários que não conseguem realizar a recuperação dentro da sua propriedade adquiram cotas de proprietários que possuam excedentes de remanescentes de vegetação nativa, desde que dentro do mesmo bioma, para sanar o passivo de sua propriedade (BRANCALION, et al., 2016; SOARES-FILHO et al., 2016).

Embora a versão atual do CFB tenha anistiado diversas intervenções ilegais em APP e RL, resultando no aumento do isolamento dos remanescentes de vegetação nativa e diminuição de habitats (IPAM, 2011; Martinelli, 2011; Metzger et al., 2010; Soares-Filho et al., 2014; RORIZ et al., 2017), ferramentas como o CAR, PRA e CRA podem impactar positivamente no aumento do sequestro de carbono, na redução do isolamento dos RVN, na recuperação de APP e diminuição do desflorestamento, mesmo que em uma quantidade menor do que o CFB anterior. Uma vez que o CFB mudou, é melhor ter uma recuperação

ambiental menor e mais qualitativa, do que uma legislação muito conservacionista e pouco efetiva. Nesse sentido, o CAR pode contribuir decisivamente para diminuição do desmatamento ilegal, uma vez que a falta de um banco de dados nacional de declaração dos limites de propriedade tornou difícil vincular desmatamentos a proprietários de terras específicos. Nunes et al., (2018) e Azevedo et al., (2014) em estudo do desmatamento no Pará, analisando dados do PRODES, concluíram que a maior parte do desmatamento ocorreu em imóveis cujos limites não eram declarados em nenhuma base nacional. L'Roe et al. (2016) avaliando os resultados iniciais do CAR no estado do Pará constataram redução significativa no desmatamento para imóveis entre 100 a 300 ha, que são caracterizados como pequenas propriedades. No mesmo estado, Costa et al. (2018), observaram a efetividade do CAR na diminuição do desmatamento principalmente nas pequenas propriedades. Azevedo et al. (2014) também constataram uma redução significativa no desmatamento no Pará e no Mato Grosso para propriedades de até quatro módulos fiscais. Assim, é esperado que a adesão ao CAR propicie um aumento no monitoramento e controle dos passivos ambientais, tornando possível intervenções para programas de reflorestamento, contribuindo para diminuição do isolamento dos RVN, aumento do sequestro de carbono, recuperação das APP e consequente aumento da oferta de habitats.

Estudos como os de Azevedo et al. (2014), Nunes et al. (2018), L'Roe et al. (2016), Azevedo et al. (2014) e Costa et al. (2018) demonstraram a importância do CAR para o controle do desmatamento ilegal no bioma Amazônia. O que se percebe, é que a maioria dos trabalhos brasileiros tem enfoque nesse bioma. Embora o bioma amazônico de fato seja de grande relevância e o de maior extensão no Brasil, o Cerrado foi bem mais ocupado, mais desmatado e também possui uma grande importância ecológica associada principalmente a fatores de endemismo (OVERBECK et al., 2015). No Bioma Cerrado, as mudanças na cobertura do solo fazem parte de um conjunto de transformações iniciadas no período colonial, cujo potencial de interferência foi ampliado com o passar do tempo, principalmente pelo fato deste bioma abrigar a maior concentração de habitantes no Brasil. As formações do Cerrado recobrem 22% de toda a extensão territorial do Brasil, abrangendo 12 estados e abrigando bacias hidrográficas de importância estratégica como a do São Francisco e do Tocantins-Araguaia. Segundo dados do Projeto Terra Class Cerrado (MMA, 2015), cerca de 44 % da cobertura vegetal nativa do Cerrado foi suprimida, dando lugar a núcleos urbanos, superfícies agropecuárias, áreas de mineração e reflorestamentos com espécies não nativas.

Segundo Myers et al. (2000) e Mittermeier et al. (2005) o Cerrado é o segundo bioma que mais foi devastado, sofrendo menos modificações apenas do que a Mata Atlântica. Diante desse contexto, existe uma lacuna de informações da efetividade do CAR no Cerrado que necessita de atenção da comunidade científica. Estudos como de Vieira et al. (2018) apontam que o Cerrado com a versão atual do CFB tem um desmatamento legalizado potencial da ordem de 38,9 milhões de ha e 4,7 milhões de ha a recuperar. Assim, futuros estudos deveriam mensurar a efetividade do CAR na proteção do Cerrado.

Histórico e aspectos do CAR associados à recuperação ambiental

O Artigo 29 do novo CFB estabeleceu a criação CAR como o registro público de todos os imóveis rurais, constituindo um instrumento ímpar na agregação de informações ambientais desses imóveis, objetivando a regularização ambiental de todas as propriedades e posses rurais no Brasil no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente – SINIMA (BRASIL, 2012).

A partir da promulgação do Decreto Federal 7.830/2012, o CAR é regulamentado através do estabelecimento do Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR, cuja finalidade é armazenar e gerenciar, por meio de registro eletrônico, todas as informações ambientais dos imóveis associadas ao CAR. Essas informações ambientais se referem a: limite do imóvel, uso e cobertura do solo, APP, Áreas de Uso Restrito, Servidão Administrativa e RL. O armazenamento dessas informações em um banco de dados espacial permite ao governo o gerenciamento e definições de políticas públicas voltadas para o meio ambiente, uma vez que é possível obter um diagnóstico dos atributos ambientais dos imóveis em âmbito nacional (NEWTON et al., 2016).

O CAR surgiu em 2008 como uma política de combate ao desmatamento no bioma Amazônia nos estados do Mato Grosso e Pará, alvos de intensos desmatamentos (ARIMA et al., 2014; COSTA et al., 2018). Esse fato motivou o desenvolvimento de um sistema integrado voltado para o monitoramento das intervenções nas propriedades rurais. A necessidade da adequação ambiental em âmbito nacional frente ao novo CFB, fez com que o modelo de monitoramento fosse aprimorado e extrapolado em escala nacional.

Um dos principais benefícios do registro no CAR é a possibilidade da adesão ao PRA e às CRA, previstos no Artigo 59 e Artigo 44 do Código Florestal e regulamentados pelo Decreto 7.830/12. O PRA é composto pelo conjunto de ações a serem desenvolvidas pelos proprietários para a promoção da regularização ambiental dos imóveis. Uma vez diagnosticado o passivo ambiental no CAR, através da firmação de termo de compromisso entre proprietário e Secretária Estadual de Meio Ambiente ou órgão competente no estado, são definidas ações para a recuperação das áreas degradadas existentes no imóvel. Com isso, o proprietário rural pode regularizar as APPs, RL e áreas de uso restrito degradadas através da recuperação, recomposição, regeneração natural ou compensação – essa última restrita às RL. Também restrita a compensação das RL, a CRA é um instrumento que regulamenta a servidão ambiental. Com a instituição da CRA é possível que imóveis que possuam excedente de remanescentes de vegetação nativa, vendam cotas para imóveis que possuam déficit de vegetação nativa para a composição da RL, desde que ambos estejam inseridos no mesmo bioma (BRITO, 2017; NUNES et al., 2018; SOARES-FILHO et al., 2016).

Segundo dados disponibilizados pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), até julho de 2017 havia na base do SICAR 4.484.555 imóveis cadastrados, isso corresponde a uma área total de 496 milhões de ha, ou seja, pouco mais de 58 % de toda extensão territorial do Brasil (851 milhões de ha). A adesão ao CAR superou as expectativas baseadas no Censo Agropecuário do IBGE (2017), cuja área passível de cadastro prevista é pouco maior do que 350 milhões de ha (SICAR, 2018). Esse fato pode estar associado à capilaridade do programa, que abrangeu pequenas propriedades, inclusive aquelas cuja fração de parcelamento é inferior a um módulo fiscal. Com isso, vislumbra-se um diagnóstico do passivo ambiental das propriedades rurais do Brasil, resumidos nos itens da Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade e área de imóveis que optaram pela adesão ao PRA e respectivo passivo em RL e APP.

Situação no CAR	Quantidade	Área (ha)
Adesão ao PRA	2.851.286	~324 milhões
Imóveis com RL a regularizar	4.942.720	~173 milhões
Imóveis com APP a recompor	1.735.584	~4,6 milhões

Fonte – SICAR (dados cadastrados até 31/07/2019).

Diante da extensão dos cadastrados e da representatividade em termos de área, as informações do CAR permitem um diagnóstico sobre o estado dos remanescentes da vegetação nativa, das APPs e sobre as áreas a recuperar no Brasil (SOARES-FILHO et al., 2014; TANIWAKI et al., 2018). Nesse sentido, o CAR, além de uma ferramenta de gestão pública, agrega uma gama de dados ambientais, cujo potencial precisa ser explorado pela ciência a fim de que as pesquisas também contribuam para a solução e gestão ambiental no Brasil.

Potencial impacto ambiental positivo do CAR no sequestro de carbono e diminuição do isolamento

Com o aumento das concentrações de CO₂, muitas pesquisas têm direcionado seus esforços na obtenção de estimativas sobre a contribuição de cada ecossistema na absorção do carbono atmosférico, uma vez que o aumento da temperatura global é tema constante de reuniões entre lideranças mundiais, sendo firmados diversos tratados de redução de emissão de gases do efeito estufa - GEE. Uma das estratégias de enfrentamento do problema é a diminuição do desmatamento e investimento em projetos de redução das emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal, sobretudo em países como o Brasil, onde ainda existem remanescentes de vegetação nativa e grandes áreas passíveis de recuperação (BROWN, 2002; BATTLE-BAYER et al., 2010). Nesse cenário, o PRA, desponta como uma política de restauração ambiental que pode contribuir para o sequestro de carbono.

Como no Cerrado ocorrem elevados índices de desmatamento, é importante quantificar a sua biomassa, que é uma medida que guarda relação direta com a quantidade de carbono emitida na atmosfera, em caso da conversão dos remanescentes de vegetação nativa em uso alternativo do solo (HOUGHTON et al., 2012). A biomassa é obtida a partir de medidas alométricas, como o diâmetro a altura do peito e altura total mensuradas em parcelas amostrais, que quando extrapoladas com o uso de modelos de regressão, indicam medidas da quantidade de biomassa em determinada área (OVERMAN et al., 1994; PARRÉSOL, 1999; KETTERINGS et al., 2001).

A quantidade de biomassa, e conseqüentemente de carbono, guarda estreita relação com o porte da vegetação. O Cerrado apresenta diferentes fitofisionomias, desde gramíneas, passando pelo Cerrado típico até o Cerradão e Floresta de Galeria (EITEN, 1982).

No Brasil, estudos como os de Rezende et al. (2006), Scolforo et al. (2008), Paiva et al. (2011) e IFN (2016) abordaram uma metodologia para mensuração do estoque de carbono acima e abaixo do solo em áreas de Cerrado a partir de medidas alométricas em diferentes formações florísticas, estabelecendo uma relação entre as características e o porte da vegetação e a quantidade de carbono em estoque por hectare de Cerrado.

Rezende et al. (2006), avaliando apenas a biomassa acima do solo encontraram para Cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal, uma produtividade média de 1,65 ton./ha de biomassa e de 0,54 ton./ha de carbono. Scolforo et al. (2008) em estudo mais amplo, encontram distintos valores para as diferentes fitofisionomias de Cerrado: para o Campo Cerrado foram encontrados valores de 5,34 ton./ha de carbono em uma área de 1.600 ha, onde foram distribuídas 188 parcelas amostrais; para o Cerrado *sensu stricto*, o valor médio do carbono foi de 14,21 ton./ha cuja área amostral foi de 32.000 ha, distribuídos em 1.418 parcelas de 1.000 m²; para o Cerradão, foi encontrado 31,78 ton./ha em uma área amostral de 2.512 ha distribuídas em 157 parcelas amostrais. Paiva et al. (2011) em amostragem de 18 parcelas, com dimensões de 20 x 50 m cada, analisando área de Cerrado *sensu stricto*, encontraram uma relação de 8,6 ton./ha para carbono acima do solo e 22,38 ton./ha abaixo do solo. IFN (2016) em análise que envolveu 277 parcelas de 20 x 50 m no Distrito Federal, encontrou valores médios de carbono de 9,83 ton./ha acima do solo e de 12,7 ton./ha de carbono abaixo do solo.

Diante desses números médios de tonelada de carbono por hectare apresentados nos estudos acima, é possível fazer uma breve estimativa do potencial de carbono a ser recuperado no Cerrado. Considerando que o Cerrado ocupa aproximadamente 24% de todo território do Brasil, e que o número de adesões ao PRA apenas em áreas a serem recuperadas em RL para todo o Brasil ultrapassa 172 milhões de hectares (SICAR, 2018), o Cerrado, proporcionalmente possui 41,28 milhões de hectares a serem recuperados em RL. Tomando como base os valores médios obtidos por Scolforo et al. (2008), 14,21 ton./ha, para as áreas de Cerrado *sensu stricto*, cuja amostragem foi mais extensiva, o potencial de recuperação de carbono é de aproximadamente 586 milhões de toneladas de carbono.

Além do retorno de carbono, programas como o PRA podem impactar de forma positiva na diminuição da fragmentação da estrutura da paisagem. Métricas que mensuram a forma, tamanho, posição e conectividade dos elementos de uma paisagem permitem avaliar o seu grau de fragmentação, sendo possível estabelecer relações para a conservação e para a recuperação ambiental. Nesse sentido, a aplicação de análises apoiada em técnicas de ecologia de paisagem (FORMAN e GODRON, 1986) a partir de informações ambientais declaradas no CAR, pode servir como um importante diagnóstico para o estabelecimento de corredores ecológicos e áreas para recuperação.

O processo de fragmentação da paisagem é associado a alterações na matriz original, sendo essa transformada em numerosas manchas menores e isoladas uma das outras, culminando na redução de habitats (FAHRIG, 2003). A maior parte dos estudos dedicados a avaliar o grau de fragmentação da estrutura da paisagem no Cerrado é associada aos efeitos desse processo na perda de habitats (CARVALHO et al., 2009). Nesse contexto, as RL a serem recuperadas pelo PRA podem desempenhar um papel fundamental na redução do isolamento das manchas de vegetação, através do estabelecimento de corredores ecológicos com unidades de conservação e fragmentos de remanescentes de vegetação nativa preservados. Por outro lado, a maior parte dos imóveis possui excedente de RVN, e com isso, um potencial de conversão dessas áreas em uso alternativo do solo, o que pode resultar no aumento do isolamento dos RVN.

Siqueira et al. (2016), em análise sobre o papel das propriedades rurais privadas na conservação da vegetação nativa, estudaram a contribuição das RL para a preservação, analisando três biomas: Cerrado, Amazônia e Pantanal. Adotando métricas de paisagem como o número de manchas e a área total, os autores traçaram um panorama comparativo entre os três biomas, chegando as seguintes conclusões:

- Em um intervalo de 25 anos, o número de manchas aumentou aproximadamente 5.000% na Amazônia, passando de 1.051 para 46.028, no Cerrado passou de 488 manchas para 60.024 e no Pantanal de 235 para 6.947;
- Na Amazônia, as RL preservam 21,8% da vegetação, sendo a maior parte dos remanescentes contida em unidades de conservação e terras indígenas;
- No Cerrado, as RL preservam 12,2 % dos RVN, sendo esse percentual mais representativo do que os RVN contidos em unidades de conservação, 8,3 %.
- O Pantanal, é o bioma com maior proporção de remanescentes nativos fora das áreas protegidas (72% ou 2,9 milhões de ha), foi também o que apresentou a menor redução da área de cobertura original (24,7%). As RLs desempenham um papel importante no Pantanal, protegendo 12,1% dos fragmentos restantes, seguidos pela UC (14,8%).

Impacto do CAR para pequenos proprietários

O CAR contribui para um processo de conscientização da sociedade em relação à legislação ambiental brasileira, impactando no comportamento dos proprietários rurais, sobretudo dos donos de pequenas propriedades, cuja consciência acerca do CFB era pequena. Estudos como os de Freitas et al. (2017), Rasmussen et al. (2017) e Jung et al. (2017) se dedicaram a traçar as principais mudanças impostas pelo CFB e o CAR na vida dos proprietários de imóveis rurais. De modo geral a um consenso entre os autores que o impacto da mudança do CFB e do CAR depende do passivo ambiental inicial do imóvel. Proprietários com necessidade de recuperação em áreas de RL e APP tendem a sofrer mais com a necessidade de adequação a Lei. Dentre os principais aspectos que podem afetar pequenos imóveis rurais, é possível destacar alguns, como:

- diminuição dos requisitos legais em termos de APP e RL caso o imóvel tivesse áreas consolidadas até 22 de julho de 2008;
- - gastos financeiros com a recuperação de áreas ou compra de terras para compensação ambiental;
- eventuais gastos financeiros para fazer o CAR nos casos em que o proprietário não dispõem de conhecimentos técnicos para fazê-lo ou não é filiado a um sindicato rural que faça o cadastro de forma gratuita para seus afiliados;
- possível diminuição de serviços ecossistêmicos pela recuperação proporcionalmente menor do que a versão do CFB anterior;
- acesso a linhas de crédito;
- maior compartilhamento de técnicas de restauração ambiental e acesso a novas conexões de trabalho.

Além dos pontos levantados anteriormente, L’Roe et al. (2016) estudaram o impacto do CAR sobre o comportamento do desmatamento no Pará. Como o CAR no Pará teve início em 2008 (SIMLAM, 2008), os autores utilizaram o expediente de em 2013, mais da metade dos imóveis do Pará já estarem registrados na plataforma, e analisaram o comportamento do desmatamento, chegando à conclusão que o registro no CAR teve influência na redução do desmatamento de pequenas propriedades na faixa entre 100 a 300 ha, cuja redução de desmatamento foi de 5,3%, mas pouca relação de efeitos significativos sobre as grandes propriedades, 1,3% . Esse fato pode estar relacionado a dois aspectos principais: 1) ao tratamento diferenciado que a legislação ambiental confere às pequenas propriedades, como o apoio para inscrição no CAR e apoio para instauração de programas de regularização ambiental; 2) a expectativa que pequenos proprietários têm ao associar o CAR à regularização fundiária, o que é uma visão equivocada.

Rasmussen et al. (2017), em estudo conduzido nos estados da Bahia e Piauí, aplicaram questionários sobre a expectativa dos produtores em relação ao CAR logo após o registro via um programa de auxílio ao cadastramento executado pelo *International Climate Fund* (ICF) em 2016, para imóveis caracterizados

como pequenos, até 4 módulos fiscais. O questionário visou traçar características que poderiam culminar em maior ou menor desmatamento, como a expectativa de expansão da produção e o que os produtores esperavam fazer com o excesso de RVN. Para isso, critérios como o percentual de RVN, o tipo de propriedade (posse, arrendada ou proprietário), a existência de empréstimo, a idade, o número de dependentes e o sexo, foram utilizados como variáveis para traçar o comportamento em relação ao desmatamento. O excesso de RVN foi de 31% para os imóveis da Bahia e de 81% para os imóveis do Piauí. Nos imóveis com excesso de RVN, o percentual de proprietários que responderam sim à intensão de desmate foi de 36% na Bahia e 41% no Piauí. O modelo de regressão Probit mostrou que:

- existe uma relação diretamente proporcional entre o excesso de RVN e a intensão de conversão de novas áreas para uso alternativo do solo. Esse fato pode indicar pouco conhecimento sobre as CRA;
- proprietários que contraíram empréstimos e que as terras são arrendadas estão mais propensos a desmatar;
- A idade dos proprietários é um fator associado ao desmate, quanto mais jovem, maior a probabilidade de desmate, sendo mais alta em proprietários com menos de 44 anos e menor para aqueles com mais de 60 anos.

CONCLUSÃO

Em relação às versões anteriores do CFB, o CFB atual é menos conservacionista (Tabela 2). Sua aprovação em 2012 está associada aos interesses políticos de determinado seguimento da sociedade e sob a necessidade de aumento da produção agrícola. O principal ponto é a legalização das intervenções ilegais ocorridas até 22 de julho de 2008, criando o conceito de área consolidada e anistiando milhões de hectares de áreas que deveriam ser recuperadas. Esse precedente foi instruído pelos Artigos 61-A e 67, onde no primeiro houve anistia das áreas consolidadas em APP, sendo necessária a recuperação de uma faixa de tamanho proporcional ao porte do imóvel, e no segundo, aplicado estritamente aos imóveis de até 4 módulos fiscais, foi considerada como RL, os remanescentes de vegetação nativa existentes em 22 de julho de 2008, mesmo que em percentuais inferiores ao exigido no bioma. A data 22/07/2008 foi adotada no CFB como referência para o reconhecimento de área rural consolidada, por ser dessa mesma data, a aprovação do Decreto Federal 6.514/2008, que dispõe sobre as definições de infrações e sanções administrativas ao meio ambiente. Na tabela a seguir é apresentado um comparativo entre a proteção exigida entre a versão anterior do CFB e a versão atual.

Embora o novo CFB seja menos restritivo em termos ambientais, alguns mecanismos como o CAR, ampliam o potencial de cumprimento da legislação ambiental, uma vez que esse é uma ferramenta de gestão ambiental capaz de agregar em uma base única, um raio-x da adequação ambiental do imóvel. Com isso os órgãos de gestão ambiental conseguem monitorar os passivos ambientais e o cumprimento ou não da legislação. Nesse sentido, é preciso pesar os benefícios de uma legislação mais conservadora na teoria e pouco efetiva na prática ou uma legislação menos restritiva, mas com ferramentas capazes de mensurar o real cumprimento da legislação. Mecanismos como o PRA e o CRA são fundamentais para o sucesso da recuperação ambiental e podem contribuir para o sequestro de carbono e diminuição do isolamento dos remanescentes de vegetação nativa.

Segundo dados do SICAR (2018), o número de adesões ao CAR superam 5,1 milhões de imóveis até maio de 2018. Nas declarações foi contabilizada uma superfície cadastrada superior a 441 milhões de hectares, sendo que 64 % dessa área está localizada em RVN, APP, ou RL. O número de nascentes cadastradas supera 1,6 milhão. As áreas de RL são de aproximadamente 100 milhões de hectares, sendo que 71% está em RVN e os outros 29% em áreas a serem recompostas. Mais de 57% dos imóveis cadastrados optou pela adesão ao PRA, o que revela duas coisas: 1) a baixa efetividade do cumprimento da legislação anterior, uma vez que mais da metade dos imóveis possuem áreas a serem regularizadas; e, 2) vislumbra-se um cenário de recuperação ambiental de RL e APP que pode impactar positivamente na recuperação ambiental.

Tabela 2 – Principais mudanças entre o CFB anterior e o atual.

Novo Código Florestal					Versão anterior
APP					
Referencial para delimitação nos casos de curso d'água é a borda do leito regular.					Referencial para delimitação nos casos de curso d'água era o nível mais alto da planície de inundação.
Mantém mesmas faixas de delimitação, mas faixas de recuperação variando de acordo com o tamanho do imóvel, conforme listado a seguir:					Recuperação integral.
Tamanho do imóvel	1 MF	1 a 2 MF	2 a 4 MF	> 4MF	Independente do tamanho do imóvel
Curso d'água	5 m	8 m	15 m	20 m ou 50% largura, desde que Min = 20 m e máx. = 100 m	Recomposição integral, variando de acordo com a largura do rio, cuja relação, largura x faixa de APP não foi modificada.
Nascente	20 m	20 m	20 m	20 m	50 m
Lagos e lagoas naturais	5 m	8 m	15 m	30 m	100 m em zonas rurais
Veredas	30 m	30 m	30 m	50 m	50 m
RL					
No caso de imóveis rurais com até 4 MF, a área da RL é equivalente aos RVN pré-existentes a 22/07/2008, mesmo que o percentual remanescente seja inferior ao estabelecido para o Bioma.					Não há imóvel rural dispensado de cumprir exigência de RL.
Permite a sobreposição de APP com a RL, desde que isso não implique em conversão de novas áreas para uso alternativo do solo.					Permitida sobreposição de APP e RL apenas em casos específicos, regidos pelo Art. 16, parágrafo 6°.
Mecanismo permite compensação em outro Estado, desde que seja área equivalente em extensão e no mesmo bioma.					Permite compensar RL em área equivalente, desde que no mesmo ecossistema e localizada na mesma micro bacia.
Anistias					
Suspensão de multas decorrentes de supressão irregular em APP, RL e uso restrito cometidas até 22/07/2008 em caso de adesão ao PRA					Não previa anistia de multas

O número de informações e inscrições no CAR constituem um acervo de dados até então nunca existente para os órgãos ambientais. Com isso, uma efetiva fiscalização e cumprimento da legislação é uma realidade cada vez mais acessível. Com a instituição do CAR, somada ao avanço das geotecnologias e das ferramentas de sensoriamento remoto, é cada vez mais facilitada a tarefa de monitorar e fiscalizar a regularidade ambiental em um país de dimensões continentais como o Brasil.

Algumas críticas ao CAR estão relacionadas ao fato das informações prestadas serem oriundas de um ato declaratório, contudo, está em curso uma fase de análise, onde cada unidade da federação, via secretaria estadual de meio ambiente, realiza a análise das informações prestadas. Ou seja, embora possam existir informações falsas, os técnicos de meio ambiente, paramentados com o uso da geotecnologia como um Sistema de Informações Geográficas (SIG) próprio, denominado "Módulo de Análise" desenvolvido pelo LEMAF - Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal, da Universidade de Lavras – UFLA, é capaz de avaliar a adequação do imóvel frente à legislação ambiental.

A maior parte dos estudos de avaliação do impacto do CAR é para o bioma Amazônia. Existem poucas pesquisas sobre o CAR no Cerrado. Alguns estudos como Freitas et al. (2017), Rasmussen et al. (2017) e Jung et al. (2017), apontam os primeiros impactos do CAR na redução do desmatamento e na mudança de comportamento dos proprietários. Entre os aspectos mais relevantes, além da redução do

desmatamento, é o aumento da conscientização e conhecimento do novo CFB após o lançamento do CAR, o que pode ser um diferencial no cumprimento da legislação ambiental.

A efetividade do sucesso dos programas de recuperação ambiental irá depender de vontade política, do incentivo do governo, da participação dos proprietários e de organizações de apoio e fomento ao meio ambiente. O fato é que os pequenos proprietários, que constituem a maior parte dos imóveis no Brasil (pouco mais de quatro milhões, segundo dados do último Censo Agropecuário do IBGE, em 2017), não possuem conhecimento técnico necessário para implementação das ações firmadas nos termos de compromisso do PRA. Além do apoio técnico, outros custos como a contratação de profissionais capacitados, aquisição de mudas, sementes e insumos podem onerar o pequeno proprietário, inviabilizando o sucesso da recuperação ambiental. Nesse sentido, é necessário que o governo crie mecanismos de apoio ao pequeno proprietário, que pode contemplar desde cursos de capacitação técnica, doação de mudas e sementes, à contratação de empresas para realização e acompanhamento da recuperação ambiental.

Diante desse cenário, os mecanismos previstos na nova versão do CFB podem contribuir para a diminuição da degradação ambiental dentro da legalidade dos limites estabelecidos na Lei, que embora sejam mais brandos em relação às versões anteriores, desponta com ferramentas que permitem uma melhor fiscalização, gestão e definição de políticas públicas de meio ambiente. Através das informações declaradas no CAR, após a análise e validação das mesmas por parte do poder público, tem-se um grande diagnóstico a cerca da regularidade ambiental dos imóveis no país. Com base nessas informações e em ferramentas como o PRA e as CRA, é possível alcançar a regularização ambiental dos passivos e conseqüentemente, recuperar áreas de RVN, APP e RL, o que pode contribuir para a diminuição da degradação ambiental. Por outro lado, trabalhos como o de Vieira et al. (2018) demonstraram que atualmente, a maior parte dos imóveis possuem excedente de RVN e que a conversão de parte dessas áreas em uso alternativo do solo, mesmo respeitando as APP e RL podem impactar significativamente o meio ambiente. É preciso então que as políticas públicas voltem sua atenção para a necessidade do desenvolvimento sustentável através do incentivo a manutenção dos serviços ecossistêmicos, aumento da eficiência produtiva, evitando novas conversões de RVN em áreas produtivas sem necessidade.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, G. G., AYANU, Y., FANTINI, A. C., FARLEY, J., FILHO, A. S., KOELLNER, T. Weakening the Brazilian legislation for forest conservation has severe impacts for ecosystem services in the Atlantic Southern Forest. **Land Use Policy**, v. 47, p. 1–11, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.011>
- ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, p. 465–473, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.06.026>
- AZEVEDO A A, Rajao R L, Costa M, Stabile M C C, Alencar A.; Moutinho P. Cadastro Ambiental Rural e sua influencia na dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal. **Boletim Amazônia em Pauta**, IPAM, 2014.
- BACHA, C. J. C. Eficácia da política de reserva legal no brasil. **Teoria e Evidência Econômica**, v.13, p. 9–27, 2005.
- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 137. p. 47–58, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.02.003>
- BENJAMIN, A. H. V. A proteção das florestas brasileiras: ascensão e queda do Código Florestal. **Revista de Direito Ambiental**, v. 5, p. 21–37, 2000.
- BRANCALION, P. H. S., GARCIA, L. C., LOYOLA, R., RODRIGUES, R. R., PILLAR, V. D., LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): Updates and ongoing initiatives. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. 1–15, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.003>
- BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. **DOU**, Brasília, DF: PR, 1934.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **DOU**, Brasília, DF: PR, 1965.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **DOU**, Brasília, DF: PR, 2012.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. **DOU**, Brasília, DF: PR, 2012.

BRITO, B. Potential trajectories of the upcoming forest trading mechanism in Pará State, Brazilian Amazon. **PLoS ONE**. v. 12 n.4, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174154>

BROWN, S. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 116. p. 363-372, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00212-3)

CARVALHO, F. M. V.; JÚNIOR, P. M.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**. v. 142, p. 1392–1403, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.031>

COSTA, M.A, et al. Epidemiologically inspired approaches to land-use policy evaluation: The influence of the Rural Environmental Registry (CAR) on deforestation in the Brazilian Amazon. **Elementa-science of the Anthropocene**, v. 6, p. 1-17, 2018. <https://doi.org/10.1525/elementa.260>

EITEN, G. Brazilian “savannas”. In: Huntley, B.J., Walker, B.H. (Eds.), *Ecological Studies, Ecology of Tropical Savannas*, vol. 42. **Springer-Verlag**, New York, pp. 25–47, 1982. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68786-0_3

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 34, p. 487–515, 2003. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FORMAN, R. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.

FREITAS, F. L. M.; SPAROVEKB, G.; MÖRTBERGA, U.; SILVEIRA, S.; KLUGD, I.; BERNDSESE, G. Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. **Land Use Policy**. v. 68, p. 189–199, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.014>

GIBBS, H.K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D.C.; NOOJIPADY, P.; Soares-Filho, B.; BARRETO, P.; MICOL, L.; WALKER, N.F. Brazil's soy moratorium. **Science**, v. 347, p. 377–378, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.aaa0181>

HOUGHTON, R. A.; HOUSE, J. I.; PONGRATZ, J.; WERF, G. R. V.; DEFRIES, R. S. HANSEN, M. C.; QUÉRÉ, C.; RAMANKUTTY, N. Carbon emissions from land use and land-cover change. **Biogeosciences**, v. 9, p. 5125–5142, 2012. <https://doi.org/10.5194/bg-9-5125-2012>

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**, 2017.

IFN - Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Distrito Federal /Serviço Florestal Brasileiro (SFB). – Brasília: **SFB**, 2016. (Série Relatório Técnico), 72 p.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Reforma do Código Florestal: qual o caminho para o consenso? **IPAM**, Brasília, DF, Brasil, p 14. (2011) <http://ipam.org.br/bibliotecas/reformado-codigo-florestal-qual-o-caminho-para-o-consenso/>

JUNG, S.; RASMUSSEN, L. V.; WATKINS, C.; NEWTON, P.; AGRAWAL, A. Brazil's National Environmental Registry of Rural Properties: Implications for Livelihoods. **Ecological Economics**, v. 136. p. 53-6, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.004>

KETTERINGS, Q.M., COE, R., NOORDWIJK, M., VAN AMBAGAU, Y., PALM, C.A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting aboveground tree biomass in mixed secondary forests. **For. Ecol. Manage.** v. 146, p. 199-209, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00460-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00460-6)

KROGER, M. Inter-sectoral determinants of forest policy: the power of deforesting actors in post-2012 Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 77. p. 24-32, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.06.003>

L'ROE, J., RAUSCHB, L., MUNGERB, J., GIBBS, H. K. Mapping properties to monitor forests: Landholder response to a large environmental registration program in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**. v. 57, p. 193–203, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.029>

MARTINELLI, L.A. Block changes to Brazil's forest code. **Nature**, v. 474. p. 579–579, 2011. <https://doi.org/10.1038/474579a>

METZGER J. P., LEWINSOHN, T. M., JOLY, C. A., VERDADE, L. M., MARTINELLI, L.A., RODRIGUES, R.R. Brazilian law: full speed in reverse? **Science**, v. 329. p. 276–277, 2010. <https://doi.org/10.1126/science.329.5989.276-b>

MITTERMEIER, R.A.; ROBLES GIL, P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J. & DA FONSECA, G.A.B. (eds.). 2005. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. **CEMEX/Agrupación Sierra Madre**, Mexico City. 392p.

MMA - Ministério do Meio Ambiente . Mapeamento do uso e cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado. **SFB**. Brasília: MMA, 2015.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>

NEWTON, P.; GOMEZ, A. E. A.; JUNG, S et al. Overcoming barriers to low carbon agriculture and forest restoration in Brazil: the Rural Sustentável Project. **World Development Perspectives**, v. 4. p. 5–7, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2016.11.011>

NUNES, M. H.; TERRA, M. C. N.; OLIVEIRA, I. R. C.; BERG, E. V. The influence of disturbance on driving carbon stocks and tree dynamics of riparian forests in Cerrado. **Journal of Plant Ecology**. v. 11, p. 401-410, 2018. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtx007>

OVERBECK G.E., VÉLEZ-MARTIN E., SCARANO F.R., LEWINSOHN T.M., FONSECA C.R., MEYER S.T., MÜLLER S.C., CEOTTO P., DADALT L., DURIGAN G., GANADE G., GOSSNER M.M., GUADAGNIN D.L., LORENZEN K., JACOBI C.M., WEISSER W.W., PILLAR V.D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, 21, 1455–1460, 2015. <https://doi.org/10.1111/ddi.12380>

OVERMAN, J.P.M., WITTE, H.J.L., SALDARRIAGA, J.G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. **J. Trop. Ecol.** v. 10, p. 207–218, 1994. <https://doi.org/10.1017/S0266467400007859>

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Rev. Árvore**. v. 35, n.3, pp.527-538, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300015>

PARRESOL, B.R. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. **For. Sci.** v. 45, p. 573–593, 1999.

RASMUSSEN, L. V.; JUNG, S.; BRITES, A. D.; WATKINS, C.; AGRAWAL, A. Understanding smallholders' intended deforestation behavior in the Brazilian Cerrado following environmental registry. **Environ. Res. Lett.** v. 12, 2017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7ee5>

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETA, C. R.; FILHO, A. F.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Florestalis**, v. 71, p. 65-76, Ago, 2006

RORIZ, P. A. C.; FEARNESIDE, P. M. The construction of the Brazilian Forest Code and the diferente. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18. p. 51-65, 2015. <https://doi.org/10.5801/ncn.v18i2.1866>

RORIZ, P. A. C.; YANAI, A. M.; FEARNESIDE, P. M. Deforestation and Carbon Loss in Southwest Amazonia: Impact of Brazil's Revised Forest Code. **Environmental Management**, v. 60, p. 367-382, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0879-3>

SANTIAGO, T. M. O.; CAVIGLIA-HARRIS, J.; REZENDE, J. L. P. Carrots, Sticks and the Brazilian Forest Code: the promising response of small landowners in the Amazon. **Journal of Forest Economics**, v. 30, p. 38–51, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.12.001>

SAUER, S.; FRANÇA, S. C. Código Florestal, função socioambiental da terra e soberania alimentar. **Caderno CRH**, v. 25, n. 65, p. 285-307, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-49792012000200007>

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.(Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, 2008. cap. 8, p. 361-438.

SICAR - Sistema de Cadastro Ambiental Rural. **Boletim Informativo**. Edição especial de 4 anos do CAR Dados declarados até 29 de maio de 2018.

SIMLAM – Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental do Pará. **Manual Técnico**. Belém: Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2008. 35 p.

SIQUEIRA, A.; RICAURTE, L. F.; BORGES, G. A.; NUNES, G. M.; WANTZEN, K. M. The role of private rural properties for conserving native vegetation in Brazilian Southern Amazonia. **Reg Environ Change**, v. 18, p. 21–32, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0824-z>

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., RODRIGUES, H., ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**. v. 344, p. 363–364, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1246663>

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MERRY, F., RODRIGUES, H., DAVIS, J., LIMA, L., SANTIAGO, L. Brazil's market for trading forest certificates. **PLoS ONE**, 11, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152311>

SPAROVEK, G.; BERNDDES, G.; KLUG, I.L.F.; BARRETTO, A.G.O.P. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environ. Sci.Technol.** 44, 6046–6053, 2010. <https://doi.org/10.1021/es1007824>

SPAROVEK, G., ANTONIAZZI, L. B., BARRETTO, A., BARROS, A. C., BENEVIDES, M., BERNDDES, G., NOGUEIRA, M. P. Sustainable bioproducts in Brazil: Disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 10, p. 204–221, 2016. <https://doi.org/10.1002/bbb.1636>

STICKLER, C.M., NEPSTAD, D.C., AZEVEDO, A.A., MCGRATH, D.G. Defending publicinterests in private lands: compliance, costs and potential environmentalconsequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. **Phil. Trans. R. Soc. B :Biol. Sci.** 368, 2013. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0160>

TANIWAKI, R. H.; FORTE, Y. A.; SILVA, G. O.; BRANCALIONA, P. H. S.; COGUETOC, C. V.; FILOSO, S.; FERRAZA, S. B. The Native Vegetation Protection Law of Brazil and the challenge for first-order stream conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**. v. 16, p. 49–53, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.007>

VIEIRA, R. R. S.; RIBEIRO, B.; RESENDE, F. M.; BRUM, F. T.; MACHADO, N.; SALES, L. P.; MACEDO, L.; SOARES-FILHO, B.; LOYOLA, R. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Diversity and Distributions**, v. 24, p. 434-438, 2018. <https://doi.org/10.1111/ddi.12700>

Recebido em: 30/08/2018

Aceito para publicação em: 26/11/2019

**Manuscrito 2 – Recent environmental legislation in Brazil and the impact on Cerrado
deforestation rates**

Article

Recent Environmental Legislation in Brazil and the Impact on Cerrado Deforestation Rates

Carlos Henrique Pires Luiz * and Valdir Adilson Steinke 

Graduate Program in Geography, Department of Geography, University of Brasília, Brasília 70.910-900, Brazil; valdirsteinke@gmail.com

* Correspondence: cpiresluiz@gmail.com

Abstract: This study aims to relate the recent trajectory of Brazilian environmental policies with the last 20 years deforestation rates observed in the Cerrado through the PRODES-Cerrado monitoring initiative. The main hypothesis is that the improvement of environmental legislation in Brazil, mainly during the period between 2005 and 2012, influenced the decrease in deforestation rates. In addition, policies to control environmental compliance, such as the Rural Environmental Registry (CAR) also influenced the reduction of deforestation. In the early 2000s, there was a significant increase in public environmental policies and implementation of an environmental management structure with the creation of conservation, protection, and management agency for conservation units (ICMBio), the Brazilian Forest Service for the management of public forests and Rural Environment Registry (CAR). Comparing the annual deforestation rate, it was observed that between 2000 and 2005, when 12.60% of the Cerrado was deforested, the annual deforestation average rate was 2.52%. Between 2006 and 2012, the period that precedes the revision of the Forest Code, the total deforestation is equivalent to 7.98%, which results in an annual average rate of 1.33%. After the enactment of the new Forest Code, between 2013 and 2020, there was a deforestation of 7.03% of the Cerrado area, which is equivalent to a deforestation annual average rate of 1.00%. One of the positive aspects of the new legislation was the creation of CAR, which obliges rural landowners to make an environmental attributes declaration of their property, this program being the main environmental management tool created in Brazil recently. After CAR regulation in 2014, there was a decrease in deforestation from 10,904 km² to 7905 km² in 2020. On the other hand, since 2016, changes occurred in the political scenario that increased agribusiness influence and the rise of a more conservative agenda, which jeopardizes the future of environmental quality in Brazil (illustrated, for example, by the increased release of pesticides from 104 in 2010 to 493 in 2020). As the main conclusion of this research, we showed that the state's commitment to environmental management can contribute to deforestation reduction. The regulation of programs such as CAR can also contribute to the reduction of deforestation since it is one more tool for monitoring and ensure compliance of environmental regularization and recovery vegetation programs. At the same time, is necessary to keep on monitoring deforestation once the influence of the agricultural lobby has gained strength.



Citation: Luiz, C.H.P.; Steinke, V.A. Recent Environmental Legislation in Brazil and the Impact on Cerrado Deforestation Rates. *Sustainability* **2022**, *14*, 8096. <https://doi.org/10.3390/su14138096>

Academic Editors: Ayyoob Sharifi, Baojie He, Chi Feng and Jun Yang

Received: 19 April 2022

Accepted: 21 June 2022

Published: 2 July 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Keywords: Cerrado; deforestation; CAR; PRODES Cerrado; Brazil environmental policy



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The Cerrado formations in Brazil cover about 22% of the territorial extension of the country, covering 12 states and housing strategic watersheds such as São Francisco and Tocantins-Araguaia [1]. According to [2], about 43% of the Cerrado's native vegetation cover has been suppressed since the Brazil colonial period, giving rise to urban centers, agricultural surfaces, mining areas, and reforestation with non-native species. The Cerrado is the second most devastating biome in Brazil, undergoing less modification only than the Atlantic Forest [3,4]. The changes in land cover are part of a set of transformations that

began in the colonial period, whose potential for interference has been expanded over time (mainly since this Biome concentrates the majority of inhabitants in Brazil).

While much attention has been placed on the Brazilian Amazon, the native vegetation suppression in Cerrado is higher [5]. Studies such [6,7], found that the causes of the increase in deforestation, is related to the growth of livestock, increase in the number of highways and effectiveness of conservation policies, such as the fact that Cerrado has five times less protected areas than the Amazon.

Before this scenario, concerns about the advance of deforestation have assumed a prominent role in research and also in governance actions of Brazil's environmental agenda. Changes in government and the direction of environmental policies in recent times prove the importance of this concern, especially with the increase in deforestation rates. The composition of the Brazilian Congress since 2014 has been dominated by a powerful lobby of the ruralist contingent and the political instability that Brazil faces in recent years threatens the environmental progress, achieved especially in the 2000s [8].

The relation between policy and deforestation, had been calling attention of many studies, such [9], that related deforestation to the recent weakening of the Ministry of the Environment's deforestation enforcement actions. Ref. [10], has associated the recent burning crisis in Amazon with deforestation and the fact that while government's claims that the Amazon fire situation in August 2019 was "normal", the deforestation in 2019 was almost four times the average from 2016–2018. Ref. [11], published a document denouncing that the current Brazilian political and socio-environmental scenario demonstrates the result of the dismantling carried out by the actual government, the constant attacks against socio-environmental bodies and entities, and speeches against the performance of servers and environmental standards.

Since the beginning of the government's agenda, they observed an increase in the number and extent of forest fires, expansion of deforestation, and decrease in field inspection actions [11].

Although discussion of changes in legislation is pertinent, the exhaustive comparison of the Forest Code versions since its first promulgation in 1934 does not necessarily effectively contribute to the reflection on environmental impacts, bearing in mind that while earlier versions were more restrictive for Cerrado areas, its compliance was not effective [12]. This lack of compliance with environmental legislation in previous versions of the Forest Code is related to the development of mechanisms for monitoring.

The Brazilian Forest Code of 2012 [13] has been in effect since April 2012 and environmental changes and amnesties, addressed in the studies by [14–18], show the need to improve the effectiveness of law enforcement through actions such as increasing monitoring, inspection, and effectiveness of administrative and/or criminal penalties for infringers.

In this context, the Environmental Rural Registry or 'CAR' (Cadastro Ambiental Rural, in Portuguese) is the main tool in environmental management in Brazil, where the owners of rural properties make the declaration of the environmental attributes of their property.

The goal of this CAR declaration is to provide a way to enable the land houses to achieve compliance with environmental legislation. After this declaration, the validation of the information provided is a role of the environmental state secretariats. While this declaration is not validated by the government, it can be a problem since sometimes the information does not fit with the real environmental compliance of the property. Within the scope of the CAR, the information that must be declared by the landowners is the boundary of the property, the vegetation coverage, the permanent preservation areas (APP), areas with restricted use, and legal reserve areas (RL).

According to data from the Brazilian Forest Service [19] until December 2020 there were just over 6.9 million rural properties registered across the country, and in the Cerrado this number is almost 1 million properties. Adherence numbers to the CAR, a program regulated in 2014, exceeded the initial expectations of the registrable area by just under 20%, with 397.8 million ha expected and currently there is already 489.2 million ha. Given

these numbers, the CAR has the potential to be used as a governance tool since its database concentrates so much environmental information.

The regulation of CAR through Normative Ruling No. 2 from Ministry of Environment (MMA) of 6 May 2014 [20], established an initial term of adhesion of one year, so the landowners would have until 5 May 2015, for registration in CAR. However, the deadline has been postponed five times. This procrastination reflects the growing influence of agribusiness on environmental policy, the low initial adherence to the program and also is related to environmental behaviors, such as: motivational, moral, context and habit [21]. In this case, the motivation for CAR registration is predominantly normative [22] and not necessarily due to a belief in the importance of environmental preservation [23].

Given this scenario of relatively recent changes in legislation with the implementation of the 2012 Forest Code and the instrumentalization of the CAR, is it possible to trace any relationship between the deforestation rates of the Cerrado and the most recent legal instruments in Brazil? Is it possible to find any relationship between the behavior of the country's environmental policy and deforestation rates? To answer these questions, the present study aims to develop a comparison between the deforestation rates mapped by PRODES Cerrado from 2000 to 2020 [24], the main frameworks of environmental legislation and the adherence incremented in CAR.

2. Methodology

The methodological steps followed, showed in Figure 1, started with a review of the main milestones of environmental legislation from 2000 to 2020. Then, based on deforestation data from Cerrado [24], the main regulatory frameworks were superimposed on the timeline along with the trajectory of deforestation. The objective of this approach is to study, in an exploratory way, how the stronger presence of the State, through the creation of laws and regulatory agencies, can influence the decline in deforestation rates.

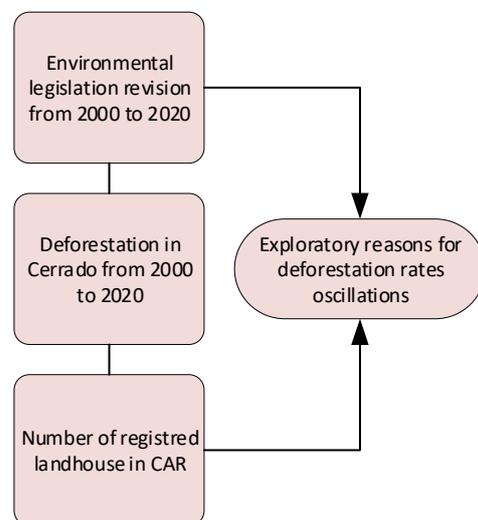


Figure 1. Methodology steps.

As the CAR is the main public policy to control environmental compliance in Brazil [25], also in an exploratory way, a correlation analysis was proposed between the increasing number of land houses registered in CAR over the years and the rates of deforestation from PRODES.

The intervals chosen to present some results are related to important milestones for Brazilian environmental policy: 2012–2020, the impact of Brazilian Forest Code change; 2005–2012, the impact of the Cerrado Biome Conservation and Sustainability Program; 2000–2005, period with available deforestation data and before an increase in the implementation of environmental policies.

The database used in this research is composed of deforestation data obtained from PRODES [24], which is the official basis for monitoring deforestation in Brazil. Following the same methodology as PRODES Amazônia, PRODES Cerrado [24] uses TM/Landsat5, ETM+/Landsat7, OLI/Landsat8 and LISS-III/RESOURCESAT2 images to calculate the rate of deforestation from 2000 [26]. We decided to use PRODES deforestation data, since it has the largest monitoring data information available of deforestation in Cerrado from 2000 to 2020, and this information is used by public agencies such as Ministry of the Environment, Ministry of Agriculture, Brazilian Forestry Service, Chico Mendes Institute for the Biodiversity Conservation and Brazilian Institute for the Environment and Natural Resources for public policies decision.

To carry out the assessment of deforestation inside and outside protected areas, data were collected from ICMBio [27], which is the institution responsible for managing protected areas in Brazil.

To contextualize the political-environmental scenario of the last 20 years, a search was carried out in the environmental legislation for the main political landmarks that is presented in Section 3.

The data recorded in the CAR were used in an exploratory way to identify any correlation in deforestation rates and adherence to this public policy.

3. The Trajectory of Environmental Legislation in Brazil since the Year 2000 and the Environmental Political Context

To further relate the Cerrado deforestation rates with the main legislative and contextual frameworks associated with the environment, it is necessary to construct the trajectory of these political frameworks from 2000, period which initiated the monitoring deforestation by INPE in the Cerrado. In Figure 2 a timeline is presented with the main political frameworks of the period and the amount of observed deforestation in Cerrado.

In 2000, the Law 9985/2000 [28] established the National Conservation Units System (SNUC). This law regulated the categories of protected areas (PA), and established criteria and norms for the creation, implementation and management of protected areas. In the Cerrado Biome there are currently 133 PA of the integral protected category and 158 of the sustainable use, as illustrated in Figure 3.

The Integral protected conservation unit category prevents areas from deforestation, based on use restriction. Together these areas protect the equivalent of 49,934 km², which is about 2.45% of the entire area of the Cerrado, considering that this Biome has 2,036,448 km². Comparing to Amazon biome, where the protected areas proportion cover 10.20% of biome, Cerrado has few areas for protection which represents a risk for a global biodiversity hotspot [4]. In the Sustainable Protected conservation units, there are fewer restrictions concerning the conversion of the forest and are allowed the presence of the traditional population and some land-use activities, such as extractivism. Consequently, the amount of deforestation (13,550 km² until 2020) inside that area is 23 times bigger than inside the Restricted Protected conservation units (589 km²) [24].

In 2002, there was the Rio+10 Conference, whose main objective was to monitor compliance with the actions planned at Eco-92 (United Nations Conference on Environment and Development). Besides, it discussed social and quality of life aspects such as sustainable development, poverty, water use, renewable energy sources and management of natural resources. This conference also focused on climate change—especially the Clean Development Mechanism (MDL) and the Kyoto Protocol. The signatory countries reaffirmed their commitments to the Agenda 21 goals. However, the document did not set deadlines, which gave the conference not effective results.

Also in 2002, the planning phase of Agenda 21 was completed by the Commission for Sustainable Development Policies and National Agenda 21 (CPDS). The construction of this plan involved participative management, with the collaboration of more than 40,000 people [29], whose objective was to expand participatory planning focused on the priorities set for achieving sustainable development. Its implementation began in 2003, and

coincided with the election of President Lula, who established a Multi-annual Action Plan. The document reflected an analysis of the main environmental problems. However, the planning has been running out of steam as a result of new priorities and recent changes in environmental policy [30].

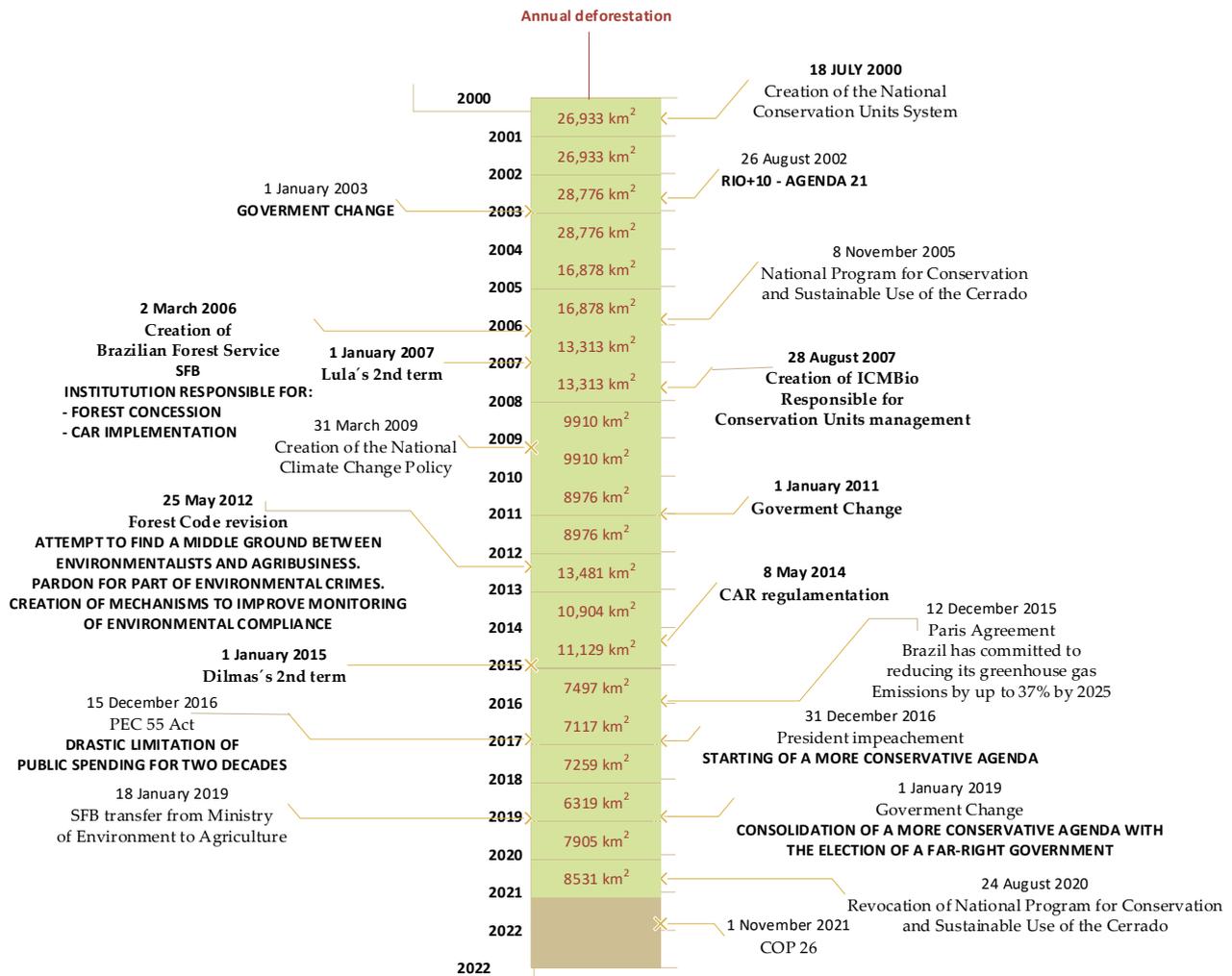


Figure 2. Trajectory of environmental legislation in Brazil and deforestation in Cerrado.

By Decree 5577 [31], in 2005, the National Program for Conservation and Sustainable Use of the Cerrado biome was created (i.e., Sustainable Cerrado Program, whose purpose is to promote the conservation, restoration, recovery and sustainable management of the Cerrado biome ecosystems through the appreciation and recognition of their traditional populations). Within this Program, CONACER (the National Commission of the Sustainable Cerrado Program) was created, a collegiate made up of representatives of various government agencies, the main one being the MMA, to monitor the implementation of the Program's actions and other government policies, such as the National Environment Policy, the SNUC, the National Biodiversity Policy, and the National Policy on Climate Changes.

In 2006, through Federal Law 11,284 [32], the legislation of public forest management for sustainable production was established; and establishes, within the structure of the MMA, the Brazilian Forest Service (SFB), an agency that in 2014 was responsible for implementing the CAR; and created the National Forest Development Fund (FNDF). The FNDF's mission is to instigate the development of sustainable forestry activities in Brazil and to promote technological innovation in the sector.

Thereafter, Federal Law 11,428/2006 [33] established criteria for the use and protection of native vegetation in the Atlantic Forest Biome, which indirectly increased pressure on the Cerrado. This law has created more barriers to Atlantic Forest suppression.

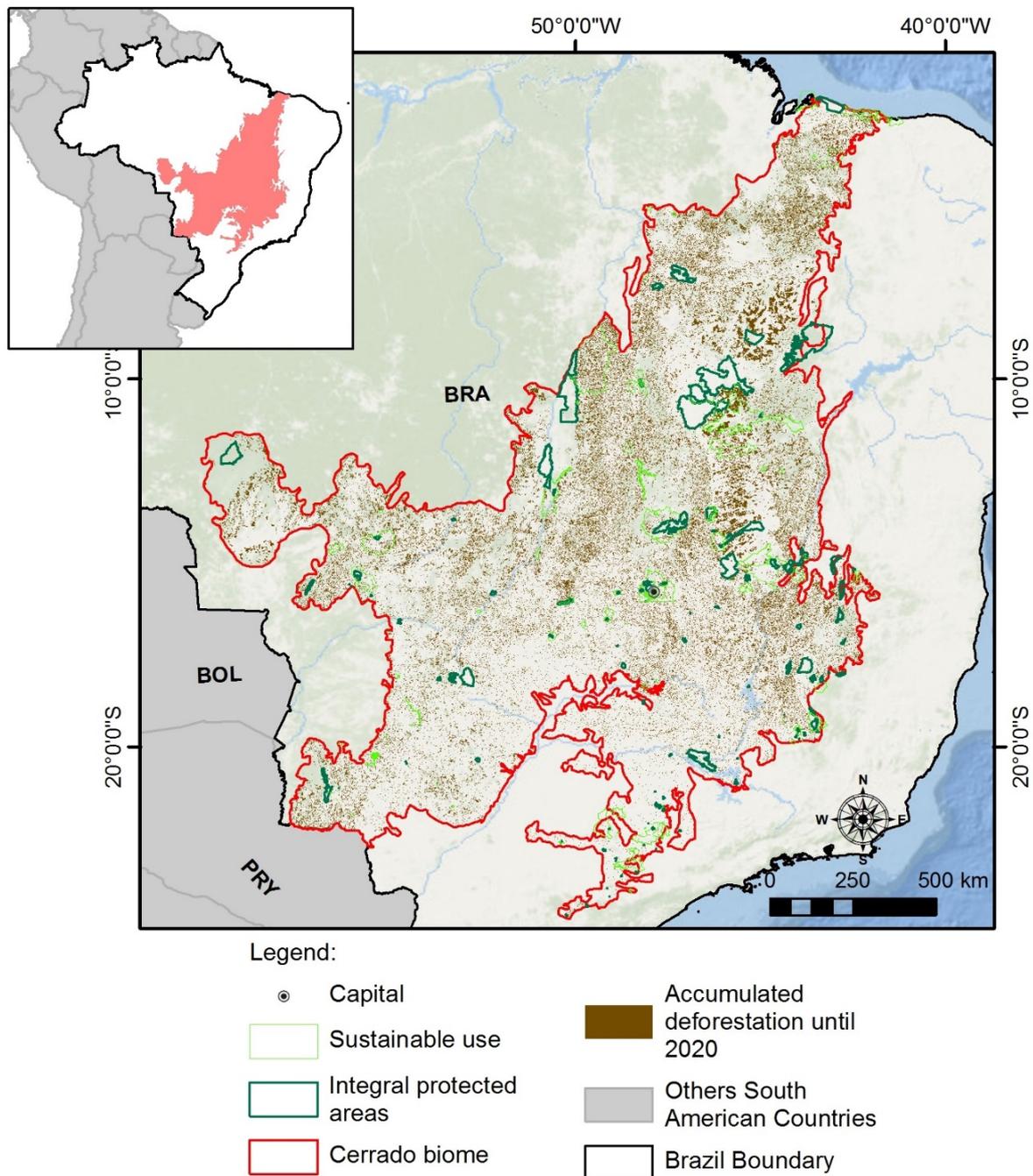


Figure 3. Distribution Protection UCs in the Cerrado x the accumulated deforestation area until 2020. Source: prepared by the authors, based on [24,27].

In 2007, by Federal Law 11,516 [34], Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) was created, linked to the MMA, responsible for the management of SNUC, with the difficult task of overseeing and managing over 800 conservation units. This institute also promotes and runs programs for research, protection, preservation and conservation of biodiversity.

In 2008, the government, through Federal Law 11,828 [35], established the legal taxation applicable to donations received by Brazilian Development Bank (BNDES), and

intended to prevent, monitor and combat deforestation to promote the conservation and sustainable use of Brazilian forests. This law regulates donations received from international funds to combat deforestation.

In 2009, with regard to the consequences of deforestation, special attention was given to the topic of climate change, with the enactment of the laws establishing the National Climate Change Fund (Federal Law 12.114) [36], and the National Climate Change Policy (PNMC) (Law 12.187) [37]. The National Fund for Climate Change aims to raise funds to support projects or studies and financing of ventures aimed at mitigating climate change and adapting to climate change and its effects. The PNMC seeks to establish actions to reconcile economic and social development in line with the protection of the climate system, and its main objective is to reduce greenhouse gas emissions. To achieve these objectives, one of the strategies is to combat deforestation and encourage reforestation.

One of the strategies to combat deforestation is to provide financial compensation to producers without financial resources, so in 2011, Law 12,512 established the Environmental Conservation Support Program and the Rural Productive Activities Promotion Program [38]. These programs aimed to integrate families in extreme poverty who develop conservation activities in areas of national forests, extractive reserves and federal sustainable development reserves, forest settlement projects, sustainable development projects or agro-extractive settlement projects instituted by the national colonization institute for Agrarian Reform (INCRA) and territories occupied by riverside dwellers, extractivists, indigenous, quilombolas, and other traditional communities.

In 2012, the Rio+20 Conference aimed to renew the commitments made at Eco-92 and to evaluate what was carried out after 20 years. Topics such as the real economy, actions to guarantee sustainable development, ways to eradicate poverty and the role of international governance in sustainable development were also discussed. With an economic scenario of recent recovery from the global economic crisis of 2008, the final document of the Conference reflected some intentions, but did not advance the next steps and at practical measures do guarantee environmental protection.

The major change in the Brazilian environmental scenario in recent times was the revision of the CFB, Law 12.651/2012 [13], which established new standards for the protection of the environment, through a policy of encouraging the sustainable use of natural resources. Central themes with APP and RL have undergone some changes, which generated criticism from environmentalists. APP is a permanent preservation area that protects special areas, such as rivers, lakes, steep areas, hilltops, among other characteristics. RL is a legal reserve area, which is a piece of land within a property, that must be preserved. This new version is less strict concerning environmental protection requirements compared to the previous CFB version. The main criticisms are associated with greater alignment with agribusiness interests, culminating in the reduction of APP based on the property size, and amnesty in the recovery of deforested areas within the legal reserve, for lands with an area smaller than 4 fiscal modules, and that were deforested before 2008 [14,39,40]. This resulted in a way of legalizing the irregularities of non-compliance with the previous law [41]. On the other hand, the CFB regulation presents positive aspects such as the creation of CAR, implemented in 2014, a system that allows greater monitoring of violations of environmental legislation and that also introduced payment mechanisms for environmental services such as Environmental Reserve Quotes—CRA and environmental recovery, such as the Environmental Recovery Program—PRA [13].

In 2014, a cooperation program was signed among Brazil, the United Kingdom, and the World Bank to reduce deforestation and burning in the Brazilian Cerrado—Federal Cerrado Project. Initiatives such as the Federal Cerrado Project aim to minimize the adverse effects of climate changes in the Cerrado through environmental management, rural environmental regularization, and forest fire prevention and control. The Project, which is funded by the UK Government's Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) and administered by the International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) from

World Bank Group, has received \$4.3 million to finance actions divided into components for: prevention and control of deforestation, fire and the promotion of CAR [42].

Still, in 2014, a turning point began in the Brazilian political context, breaking a cycle of economic growth and greater action in environmental causes initiated in 2003.

The trigger for this change was the reelection of President Dilma Roussef with 51.64% of valid votes, this being the closest difference in history. In the face of this, opposing blocs articulated a weakening strategy of the government, which combined with an unstable economic scenario, and the support of the elite, middle class, and press sectors, culminated in the acceptance of the impeachment process in 2016.

From the dismissal of President Dilma Roussef, there has been an increase in the influence of conservative sectors, such as the popularly known ruralist contingent—Parliamentary Front of Agriculture. This sector, which since 2016 holds the majority in the House of Representatives, 225 of the 513 deputies, representing 44% of the total seats and 32 senators of the 81 that make up the Senate, defends the interests of large landowners and policies to stimulate agribusiness, at the same time, are strongly opposed to environmental legislation and land reform.

As a way of illustrating this influence, since 2016, was observed a rise in the amount of the number of type of pesticides approved by the Ministry of Agriculture, increasing 104 in 2010 to 493 in 2020 (Figure 4).

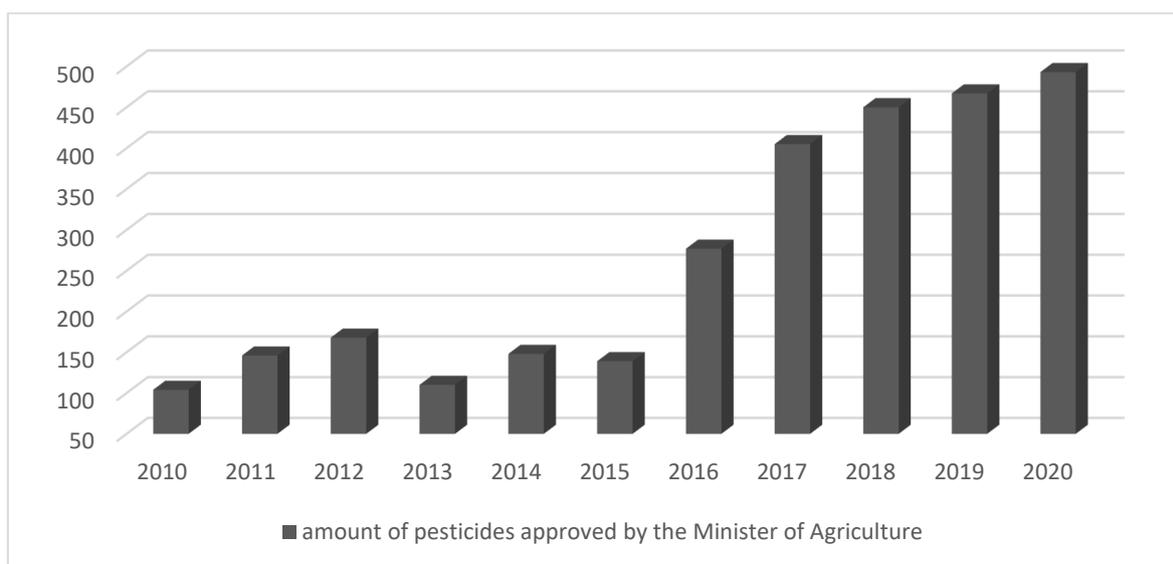


Figure 4. Rise in the number of type of pesticides from 2010 to 2020. Source: prepared by the authors, based on [43]. In addition to the growing influence of the ruralist contingent, in 2016, the proposal for Constitutional Amendment (Law Project that modifies the constitution, resulting in specific changes to the constitutional text of Brazil, preserving its immutable clauses.) (PEC) N^o. 55 [44] was approved, which established budget limit and spending freeze for 20 years in all sectors except education and health. Thus, we envisage a scenario of investment containment that can increase deforestation rates and put at risk sustainable development and the goals assumed by the country in international agreements.

4. PRODES Cerrado and the Rate of Deforestation in the Bioma

Figure 5 shows the evolution of deforestation in the Cerrado in four years: 2000, 2005, 2012, and 2020.

Rates of deforestation have declined since 2015, which may reflect the implementation of CAR in the previous year.

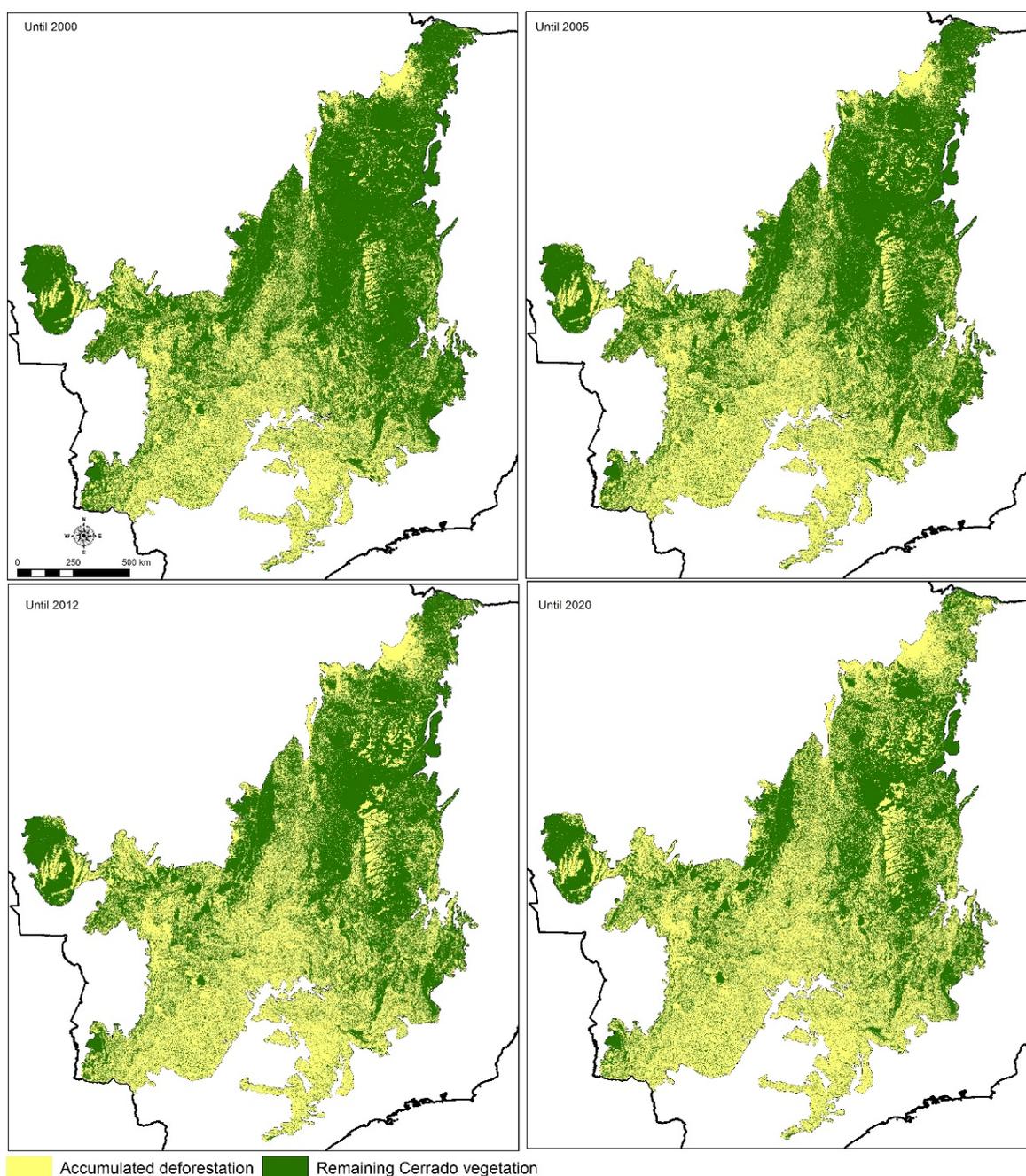


Figure 5. Increasing of deforestation in Cerrado 2000–2020. Source: prepared by the authors, based on [24]. Of all deforestation in Cerrado until 2020, approximately 72%, about 737,310 km² of deforested area, occurred till 2000, mainly in the southern portion. Between 2000 and 2005, the accumulated deforested area increased to 865,588 km², which represents an increase of 12.6% (128,278 km²) in the deforested area. From 2006 to 2012 it was 946,867 km², increasing 7.98% (81,279 km²) in accumulated deforested area. In the period from 2012 and 2020, the total accumulated deforested area was 1,018,481 km², which represents 7.03% (71,613 km²) of all deforestation in the Cerrado. Note that during this period there was an expansion of deforestation in the preferential northeast direction. By the year 2000, regarding total deforestation the year 2020, there was over 72% of all biome deforestation. After five years, this percentage increased to 85%. In 2012, the accumulated total deforestation was 92.97% of total deforestation in 2020. The graph in Figure 6 illustrates the percentage of deforestation in the different periods of analysis.

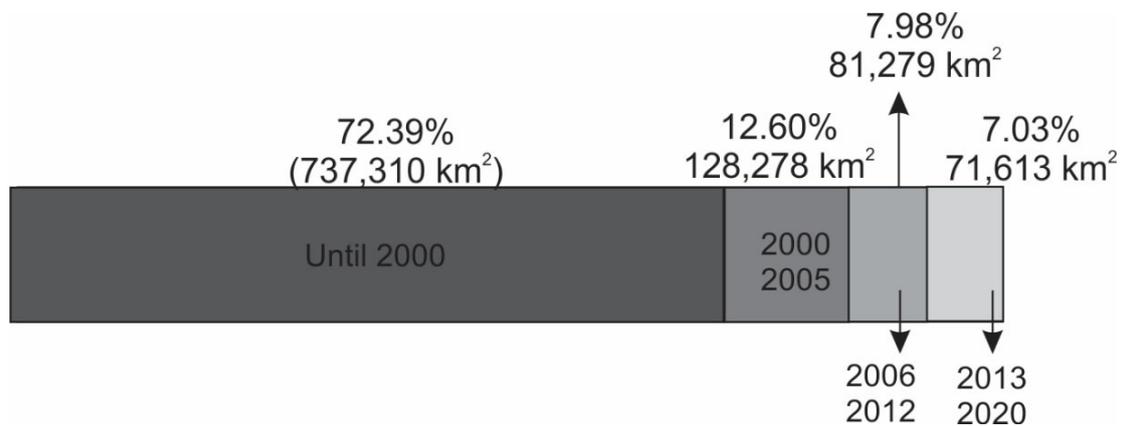


Figure 6. Accumulated deforestation in the Cerrado at different time intervals. Source: prepared by the authors, based on [24]. When assessing deforestation in these periods and comparing deforestation rates with the implementation of public policies it is possible to infer, that after 2005, when there was a greater presence of the state, through the creation of laws and programs to regulate actions to combat deforestation, incentives for recovery and monitoring, there were also a decrease on deforestation rates, as Figure 7. The National Program for the Conservation and Sustainable Use of the Cerrado Biome (2005), the SFB (2006), the Public Forest Management Law for Sustainable Production, the ICMBio (2007) the PNMC (2009) were created during this period.

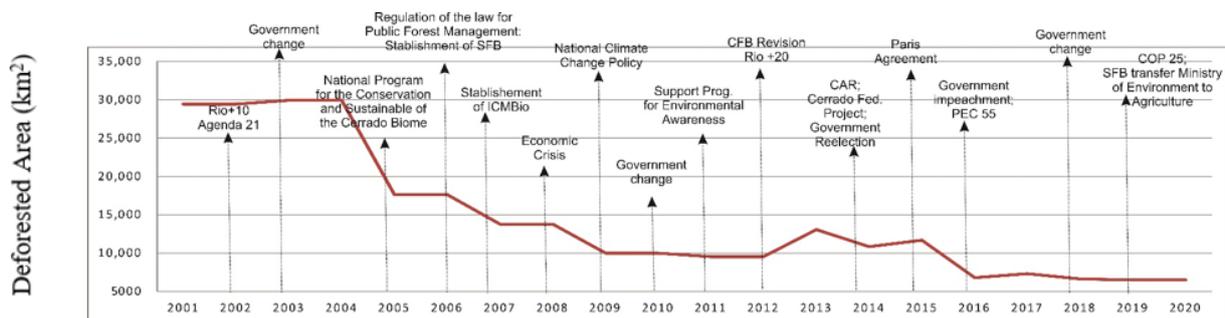


Figure 7. Rate of deforestation in the Cerrado 2000–2020. Source: prepared by the authors, based on [24]. After the implementation of CFB (2012), there was a general trend of a slight resumption of deforestation after a long period of decline (2004–2012). This may reflect both the less restrictive character of the new version of the law, the beginning of a growing influence of the ruralist contingent, or just a deforestation rate fluctuation. Once the law changed, the recomposition of illegal APP deforested, no longer needs to be recomposed in its entirety, but only in a width that varies according to the size of the rural property. Some landhouses (i.e., those whose size is classified as small) according to law, were exempt from the need to maintain the RL if, until 22 July 2008, they did not have enough native vegetation to compose the preservation area according to the biome. Besides, the new legislation allowed the overlap between the RL and APP areas, which was not allowed in the previous version.

5. The CAR and Its Contribution as a Management Tool for Controlling Deforestation

CAR is the main focus of CFB as the main instrument for management, control and monitoring of the level of adequacy of environmental legislation in rural properties in Brazil. Until December 2020, 973,061 landowners joined the CAR in the Cerrado. This number, which exceeded initial expectations, was reached after five deadline extension (Table 1).

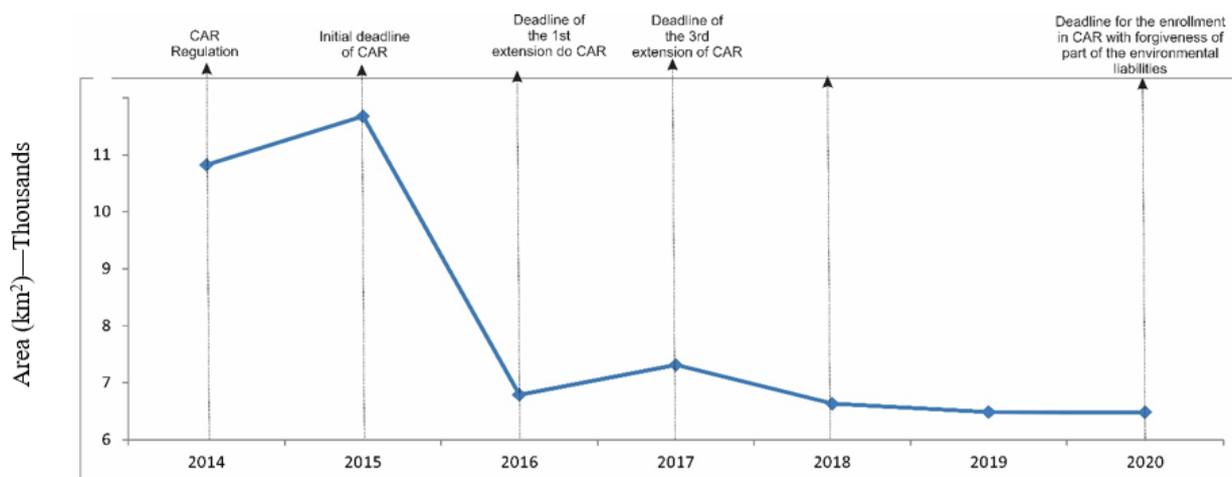
Table 1. CAR deadlines and number of properties registered in Cerrado.

Type	Date	Number of CAR	Cumulative Number of CAR	% Accumulated of CAR
1st year of CAR implementation	31 December 2014	74,912	-	7.69
Initial Deadline	6 May 2015	93,862	168,774	17.34
1st Extension	5 May 2016	220,206	295,118	30.33
2nd Extension	31 May 2017	150,308	445,426	45.78
3rd Extension	31 December 2017	66,573	511,999	52.62
4th Extension	30 May 2018	43,650	555,649	57.10
Deadline	31 December 2018	58,804	614,453	63.15
Landhouse registered till	31 December 2019	216,095	830,548	85.35
Deadline for research data	31 December 2020	142,513	973,061	100.00
Overall	-	973,061	973,061	-

Source: [19] Organized by authors.

The need for postponing deadlines is related to the landowners' level of access to information, their environmental awareness and the government itself, which has been reducing investments in the environment each year (from R\$2.6 billion in 2013 to 1.9 billion in 2020, according to Comptroller General of the Union—CGU, 2020), which may have influenced the disclosure of CAR. On the other hand, one aspect that may have resulted in increased adherence to the CAR was the binding obligation of registration for granting rural credit to finance agricultural activities. With the registration the deadline on 31 December 2018, from 1 January 2019, farmers without CAR cannot access agricultural credit lines. Adherence to the CAR after the deadline does not entail any penalty for the landowner, only access to financing is prohibited, until the property is registered.

Assessing CAR implementation, in these early first years, there is a predominant trend of decreasing deforestation (as shown in Figure 8).

**Figure 8.** Annual deforestation after CAR regulation. Source: [19] Organized by authors.

In the first year of the CAR, there was a slight increase in the amount of deforestation, from 10,904 km² to 11,129 km². There is a hypothesis that some farmers deforested parts of their land, including it as a consolidated area, as if those areas had been deforested before 2012, hoping to be forgiven. This increase may also be related to low initial adherence. From the second year, there is a sharp drop in deforestation, of almost 17 thousand km² to 7497 km² in 2016.

The comparative analysis between the number of landhouses registered in the CAR year by year and the deforested area, shown in Figure 9, shows that there is a trend that the increase in the adhesion to the CAR is related to the decrease of deforestation in the Cerrado. Pearson's correlation coefficient between the deforested area and the number of rural properties registered in the CAR has a moderate negative correlation; $r(10) = -0.81$, $p = 0.025854$. Such a has already been identified in deforestation studies in the Brazilian Amazon [45,46].



Figure 9. Number of landhouses in CAR x deforested area in Cerrado. Source: [19]; Organized by authors.

Although there are other variables related to the reduction of deforestation, the implementation of the CAR may be contributing to the reduction of deforestation in the Cerrado since the electronic record of the environmental regularity of the property, once analyzed by the State, may inhibit illegal deforestation. This trend should be confirmed in future evaluations, since the CAR has only been in operation for seven years.

6. Discussion and Conclusions

Brazil is experiencing a turbulent moment in the political scenario, which may put the goals of sustainable development and deforestation control at risk. The rise of political groups aligned with agribusiness interests may result in further changes in legislation to benefit the expansion of the sector. This may put at risk the advances experienced mainly between 2003 to 2012, when several laws were created and the current Ministry of the Environment structure was set up, who is responsible for stabilizing a period of constant decline in deforestation rates (2005–2012). After the Forest Code review in 2012, even with the amnesties granted to violators, there was a slight resumption of the increase in deforestation rates, which may be related to the rise of the influence of the agricultural sector on the policy. The approval of PEC 55/2016, which sets the spending ceiling and the investment freeze for 20 years, puts at risk the monitoring and environmental control actions. Besides, the presidential election of 2018 elected a candidate whose political basis is composed of conservative sectors, including agriculture. One of the first actions in its mandate, established through Provisional Measure No. 870, was to remove SFB, the agency that manages the CAR, from the Ministry of the Environment to the Ministry of Agriculture. This change may represent a clear conflict of interest, as ruralists will be in control of the main program responsible for the environmental recovery of rural property liabilities. This

fact has been increased environmentalists' concern, once the influence of the agricultural lobby has gained strength in recent times (illustrated, for example, by the increased release of pesticides, as showed in Figure 4).

The next steps that are part of the instruments foreseen in the Forest Code review, together with the CAR, are the Environmental Recovery Program (PRA) and the Environmental Reserve Quotes (CRA). While the first envisages actions for recovering environmental liabilities in real estate such as native vegetation suppression and improper interventions in permanent preservation areas (APP) and legal reserve (RL), the second is an environmental compensation instrument that allows producers to hold in their property a deficit of RL, acquire areas in other properties, as long as they are in the same biome, for environmental compensation.

As shown in Figure 3, protected areas in Cerrado play an important role in preventing deforestation. Once (only in 2020) inside restricted protected conservation units areas the total accumulated deforestation was 589 km² against 6483 km² in non-protected areas. However, the restricted protection areas occupy only 2.5% of the biome, which puts at risk the maintenance of the remnants of native vegetation, since the proportion of the protected area is very small—four times smaller than the number of areas protected in the Amazon, biome which has 10.5% of its territory occupied by restricting protect areas.

Through the studies developed in this work, it was possible to associate the deforestation rates with legislation changes from 2000 to 2020. As shown in Figure 5, it is possible to observe that mainly from 2005 onwards, with the creation of the Brazilian Forest Service and ICMBio, the institution responsible for the management of protected areas, there was a reduction in deforestation rates.

We divided this period into three intervals: until 2005, before the implementation of National Program for Conservation and Sustainable Use of the Cerrado Biome; a period pre-Forest Code review, until 2012; and the period after Forest Code review, after 2012 until 2020. In the first period there were 12.6% of the whole Cerrado deforestation and some legislation related to combat deforestation in Cerrado. After this period, due to the change of the political context, a tendency of resuming deforestation is ratified by 7.03% of the whole Cerrado native vegetation suppression after 2012, as illustrated in Figure 4. Especially after 2014, there was a decrease in annual deforestation rates from 1.33 to 1%, and this can be related to the growth of monitoring and implementation of CAR.

Although the program is still in its first seven years, and most of the reported information has not yet been analyzed, it was possible to speculate a relationship between the increase in property registration and the reduction of deforestation in the Cerrado from 2014 to 2020 (as shown in Figure 9).

This shows that environmental management policies such as CAR can deliver positive results even in short term. The number of information and entries in the CAR is a previously unavailable data collection for environmental management bodies. Thus, effective inspection and compliance of legislation is an increasingly accessible reality. With the establishment of CAR, which adds up to the advancement of geotechnologies and remote sensing tools, the task of monitoring and enforcing environmental compliance in a country of continental dimensions such as Brazil is becoming increasingly less difficult.

For the CAR policy to become more effective, it is necessary that the environmental agencies to advance in the analysis of the environmental regularity of properties declared in CAR. This involves greater government investment in hiring public servants and in strategies to engage farmers to comply with CAR notifications. With this, a scenario is envisioned in which the mechanisms of environmental recovery and the market for environmental reserve quotas are gaining more and more strength in Brazil, contributing to the increase of environmental regularity.

Author Contributions: Conceptualization, C.H.P.L.; methodology, C.H.P.L.; software, Not applicable.; validation, V.A.S.; formal analysis, C.H.P.L. and V.A.S.; investigation, C.H.P.L. and V.A.S.; resources, C.H.P.L. and V.A.S.; data curation, C.H.P.L.; writing—original draft preparation, C.H.P.L.; writing—review and editing, C.H.P.L. and V.A.S.; visualization, C.H.P.L. and V.A.S.; supervision, V.A.S.; project administration, C.H.P.L. and V.A.S.; funding acquisition, V.A.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: <https://drive.google.com/drive/folders/1qafiqTYT6mRyTKuCG4IISBjr3N4zMgV7?usp=sharing> (accessed on 26 June 2022).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Vegetação do Brasil*; 1:5.000.000, 3rd ed.; IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro, Brazil, 2004. Available online: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/10872-vegetacao.html?=&t=acesso-ao-produto> (accessed on 26 June 2022).
2. Scaramuzza, C.D.M.; Sano, E.E.; Adami, M.; Bolfe, E.L.; Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Maurano, L.E.P.; Narvaes, I.D.S.; de Oliveira Filho, F.J.B.; Rosa, R.; et al. Land-use and land-cover mapping of the Brazilian cerrado based mainly on landsat-8 satellite images. *Rev. Bras. Cartogr.* **2017**, *69*, 15.
3. Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; da Fonseca, G.A.B.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **2000**, *403*, 853–858. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Mittermeier, R.A.; Robles Gil, P.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C.G.; Lamoreux, J.; Da Fonseca, G.A.B. *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*; CEMEX/Agrupación Sierra Madre: Mexico City, Mexico, 2005; 392p.
5. Overbeck, G.E.; Vélez-Martin, E.; Scarano, F.; Lewinsohn, T.; Fonseca, C.R.; Meyer, S.T.; Müller, S.; Ceotto, P.; Dadalt, L.; Durigan, G.; et al. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Divers. Distrib.* **2015**, *21*, 1455–1460. [[CrossRef](#)]
6. Ganem, R.S.; Drummond, J.A.; Franco, J.L.D.A. Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado biome. *Ambient. Soc.* **2013**, *16*, 99–118. [[CrossRef](#)]
7. Espírito-Santo, M.M.; Leite, M.E.; Silva, J.O.; Barbosa, R.S.; Rocha, A.M.; Anaya, F.C.; Dupin, M.G.V. Understanding patterns of land-cover change in the Brazilian Cerrado from 2000 to 2015. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **2016**, *371*, 20150435. [[CrossRef](#)]
8. Fearnside, P.M. Brazilian politics threaten environmental policies. *Science* **2016**, *353*, 746–748. [[CrossRef](#)]
9. Silva-júnior, C.H.L.; Pessôa, A.C.M.; Carvalho, N.S.; Reis, J.B.C.; Anderson, L.O.; Aragão, L.E.O.C. The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. *Nat. Ecol. Evol.* **2020**, *5*, 144–145. [[CrossRef](#)]
10. Barlow, J.; Berenguer, E.; Carmenta, R.; França, F. Clarifying Amazonia's burning crisis. *Glob. Chang. Biol.* **2019**, *26*, 319–321. [[CrossRef](#)]
11. ASCEMA—Associação Nacional dos Servidores de Meio Ambiente. Cronologia de um Desastre Anunciado: Ações do Governo Bolsonaro para Desmontar as Políticas de Meio Ambiente no Brasil. Available online: <https://go.nature.com/39pfY29> (accessed on 20 June 2021).
12. Roriz, P.A.C.; Fearnside, P.M. The construction of the Brazilian Forest Code and the diferente. *Novos Cad. NAEA* **2015**, *18*, 51–65.
13. BRASIL. Decree-Law No. 12.651, of 25th May 2012. Brasília, DF: PR, 2012. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm (accessed on 26 June 2022).
14. Soares-filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. Cracking Brazil's Forest Code. *Science* **2014**, *344*, 363–364. [[CrossRef](#)]
15. Castelo, T.B. Brazilian forestry legislation and to combat deforestation government policies in the Amazon (Brazilian Amazon). *Ambiente Soc.* **2015**, *18*, 215–234.
16. Stefanos, M.; Roque, F.O.; Lourival, R.; Melo, I.; Renaud, P.C.; Quintero, J.M.O. Property size drives differences in forest code compliance in the Brazilian Cerrado. *Land Use Policy* **2018**, *75*, 43–49. [[CrossRef](#)]
17. Santiago, T.M.O. Carrots, Sticks and the Brazilian Forest Code: The promising response of small landowners in the Amazon. *J. For. Econ.* **2018**, *30*, 38–51. [[CrossRef](#)]
18. Vieira, R.R.S.; Ribeiro, B.; Resende, F.M.; Brum, F.T.; Machado, N.; Sales, L.P.; Macedo, L.; Soares-Filho, B.; Loyola, R. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. *Divers. Distrib.* **2018**, *24*, 434–438. [[CrossRef](#)]
19. Sfb—Serviço Florestal Brasileiro. Consulta Pública. 2021. Available online: <http://www.car.gov.br/publico> (accessed on 26 June 2022).

20. MMA—Ministério Do Meio Ambiente. Normative Instruction n° 2 6th May 2014. Dispõe Sobre os Procedimentos para a Integração, Execução e Compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural-SICAR e DEFINE os Procedimentos Gerais do Cadastro Ambiental Rural-CAR. Available online: https://www.car.gov.br/leis/IN_CAR.pdf (accessed on 26 June 2022).
21. Steg, L.; Vlek, C. Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *J. Environ. Psychol.* **2009**, *29*, 309–317. [CrossRef]
22. Stern, P.C. Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *J. Soc. Issues* **2000**, *56*, 407–424. [CrossRef]
23. Pacheco, R.; Rajão, R.; Soares-Filho, B.; Van Der Hoff, R. Regularization of Legal Reserve Debts: Perceptions of Rural Producers in the State of Pará and Mato Grosso in Brazil. *Ambiente Soc.* **2017**, *20*, 181–200. [CrossRef]
24. Inpe—Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Coordenação Geral de Observação da Terra. Prodes-Incremento Anual de Área Desmatada no Cerrado Brasil. 2021. Available online: <http://www.obt.inpe.br/cerrado> (accessed on 26 June 2022).
25. Roitman, I.; Vieira, L.C.G.; Jacobson, T.K.B.; Bustamante, M.M.D.C.; Marcondes, N.J.S.; Cury, K.; Estevam, L.S.; Ribeiro, R.J.D.C.; Ribeiro, V.; Stabile, M.C.; et al. Rural Environmental Registry: An innovative model for land-use and environmental policies. *Land Use Policy* **2018**, *76*, 95–102. [CrossRef]
26. Assis, L.F.F.G.; Ferreira, K.R.; Vinhas, L.; Maurano, L.; Almeida, C.; Carvalho, A.; Rodrigues, J.; Maciel, A.; Camargo, C. TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic Mapping. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2019**, *8*, 513. [CrossRef]
27. ICMBio—Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Mapa de Unidades de Conservação*; ICMBio: Brasília, Brazil, 2019. Available online: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/servicos/geoprocessamento/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais> (accessed on 26 June 2022).
28. BRASIL. Decree-Law No. 9.985, of 18th July 2000; PR: Brasília, Brazil, 2000. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm (accessed on 26 June 2022).
29. Mma—Ministério Do Meio Ambiente. Comissão de Política de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Brasileira. 2019. Available online: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/comissao-de-politica-de-desenvolvimento-sustentavel-e-da-agenda-21-brasileira.html> (accessed on 26 June 2022).
30. Moura, A.M.M. *Governança Ambiental no Brasil: Instituições, Atores e Políticas Públicas*; IPEA: Brasília, Brazil, 2016.
31. BRASIL. Decree-Law No. 5.577, of 8th November 2005; PR: Brasília, Brazil, 2005. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5577.htm (accessed on 31 December 2021).
32. BRASIL. Decree-Law No.11.284, of 2nd March 2006; PR: Brasília, Brazil, 2006. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111284.htm (accessed on 31 December 2021).
33. BRASIL. Decree-Law No.11.428, of 22nd December 2006; PR: Brasília, Brazil, 2006. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm (accessed on 31 December 2021).
34. BRASIL. Decree-Law No. 11.516, of 28th August 2007; PR: Brasília, Brazil, 2007. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111516.htm (accessed on 31 December 2021).
35. BRASIL. Decree-Law No. 11.828, of 20th November 2008; PR: Brasília, Brazil, 2008. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111828.htm (accessed on 31 December 2021).
36. BRASIL. Decree-Law No. 12.114, of 9th December 2009; PR: Brasília, Brazil, 2009. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112114.htm (accessed on 31 December 2021).
37. BRASIL. Decree-Law No. 12.187, of 29th December 2009; PR: Brasília, Brazil, 2009. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm (accessed on 31 December 2021).
38. BRASIL. Decree-Law No. 12.512, of 14th October 2011; PR: Brasília, Brazil, 2011. Available online: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112512.htm (accessed on 31 December 2021).
39. Jung, S.; Rasmussen, L.V.; Watkins, C.; Newton, P.; Agrawal, A. Brazil's National Environmental Registry of Rural Properties: Implications for Livelihoods. *Ecol. Econ.* **2017**, *136*, 53–56. [CrossRef]
40. Kröger, M. Inter-sectoral determinants of forest policy: The power of deforesting actors in post-2012 Brazil. *For. Policy Econ.* **2017**, *77*, 24–32. [CrossRef]
41. Sauer, S.; França, S.C. Código Florestal, função socioambiental da terra e soberania alimentar. *Cad. CRH* **2012**, *25*, 285–307. [CrossRef]
42. Luiz, C.H.P.; Mendes, R.; Trovão, B.; Rocha, J.A. Rural environmental registry in the priority municipalities for Cerrado deforestation combating, in Brazil. In Proceedings of the 2019 World Bank Conference on Land and Poverty, Washington, DC, USA, 24–27 March 2019; The World Bank: Washington, DC, USA, 2019.
43. Mapa—Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Informações Técnicas Sobre Pesticidas. 2020. Available online: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas> (accessed on 1 March 2022).
44. BRASIL. *Proposed Constitutional Amendment No. 55, of 15th December 2016*; PR: Brasília, Brazil, 2016.
45. Alix-garcia, J.; Rausch, L.L.; L'roe, J.; Gibbs, H.K.; Munger, J. Avoided Deforestation Linked to Environmental Registration of Properties in the Brazilian Amazon. *Conserv. Lett.* **2017**, *11*, e12414. [CrossRef]
46. Costa, M.A.; Rajão, R.; Stabile, M.C.C.; Azevedo, A.A.; Correa, J. Epidemiologically inspired approaches to land-use policy evaluation: The influence of the Rural Environmental Registry (CAR) on deforestation in the Brazilian Amazon. *Elem. Sci. Anthr.* **2018**, *6*, 1. [CrossRef]

**Manuscrito 3 - Análise e modelagem ambiental para simulação dos impactos do Código
Florestal Brasileiro na estrutura da paisagem no DF**

Análise e modelagem ambiental para simulação dos impactos do Código Florestal Brasileiro na estrutura da paisagem no DF

Resumo. Neste trabalho foram avaliados os impactos das mudanças na legislação ambiental e da implementação do Código Florestal Brasileiro - CFB, na estrutura da paisagem. Para isso são utilizados dados do Cadastro Ambiental Rural - CAR, mapas de uso e cobertura do solo, além de outras variáveis ambientais para a construção, calibração e validação de um modelo ambiental para simular os impactos das mudanças da Lei sob a estrutura da paisagem, em três cenários: 1) recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APP e percentuais das Reservas Legais - RL em acordo com o CFB vigente, mantendo os excedentes de vegetação nativa - EVN que estão fora dessas áreas; 2) aplicação do CFB vigente e supressão de todas EVN que não estão localizadas em áreas protegidas; 3) recuperação integral das faixas de APP e de RL, independentemente do tamanho do imóvel e manutenção dos EVN. Como principais resultados, foi identificado que no Distrito Federal, em relação as APP, a mudança na Lei representa uma perda de 5.285 ha que deixarão de ser recuperados. A maior parte dessa área não recuperada, 53%, está localizada em imóveis acima de 15 módulos fiscais - as grandes propriedades. A anistia em relação às RL é de 2.459 ha devido principalmente as exceções do Artigo 67 do CFB. Em relação à estrutura da paisagem, o Cenário 3 possui maior concentração de manchas de vegetação nativa - 95,80% em uma distância de até 100 m, cobrindo uma área de 271.971 ha nessa faixa de distância. No Cenário 2 que considera a legislação vigente, mais a supressão de tudo que é legalmente possível, apresenta 151.076 ha de manchas de vegetação nativa em uma distância de até 100 m, o que representa uma área 44,45% menor do que o Cenário 3. No Cenário 1, que considera o CFB atual, a manutenção dos EVN, possui 259.851 ha de vegetação nativa, área 4,45% menor do que o Cenário 3, que considera a recuperação integral. Como o Cenário 3 é pouco viável, uma vez que o CFB já está em vigor, é necessário estimular formas de incentivo para projetos que compensem o produtor rural que possua excedente de vegetação nativa para além dos requisitos legais, com intuito de frear a supressão vegetal e manter a estrutura da paisagem.

Palavras Chaves: Cadastro Ambiental Rural, Programa de Regularização Ambiental - PRA, simulação

Abstract: In this paper, we study the impacts of changes in environmental legislation and the implementation of the Brazilian Forest Code - CFB, on the landscape structure. For this, data from the Rural Environmental Registry - CAR, land cover maps were used, in addition to a series of other environmental variables for the construction, calibration and validation of an environmental model capable of simulating the impacts of changes in the Law, in the Landscape structure, from the perspective of three distinct scenarios. Scenario 1 considers the recovery of Permanent Preservation Areas - APP and percentages of Legal Reserves - RL in accordance with the current CFB, maintaining the surplus of native vegetation - EVN that are outside these areas; Scenario 2 considers the application of the current CFB and suppression of all EVNs that are not located in protected areas; Scenario 3 considers the full recovery of the APP and RL ranges, regardless of the size of the property and maintenance of the EVN. As main results, it was identified that in the Federal District, in relation to APP, the change in the Law represents a loss of 5,285 ha that will no longer be recovered. Most of this unrecovered area, 53%, is located in properties with more than 15 fiscal modules - the large properties. The amnesty in

relation to RL is 2,459 ha, mainly due to the exceptions of Article 67 of the CFB. Regarding the landscape structure, Scenario 3 proved to be the most cohesive, with the highest concentration of patches of native vegetation - 95.80% at a distance of up to 100 m, covering an area of 271,971 ha in this distance range. In Scenario 2, which considers the current legislation, plus the suppression of everything that is legally possible, presents 151,076 ha of patches of native vegetation at a distance of up to 100 m, which represents an area 44.45% smaller than Scenario 3. In Scenario 1, which considers the current CFB, but the maintenance of the EVN, it has 259,851 ha of native vegetation, an area 4.45% smaller than Scenario 3, which considers full recovery. As Scenario 3 is not very viable, since the CFB is already in force, it is necessary to create forms of incentive for projects that reward rural producers who have a surplus of native vegetation beyond the legal requirements, in order to stop the suppression vegetation and maintain the structure of the landscape.

Key words: Rural Environmental Registry, Environmental Regularization Program, simulation

1. Introdução

A paisagem é simultaneamente uma realidade de ordem física e resultante de uma construção social (BERTRAND, 1978). Portanto, está sujeita não apenas aos processos de ordem natural, mas também às transformações associadas às interferências humanas. Nesse contexto, as políticas públicas, em especial as legislações de regramento do uso e ocupação do solo e da proteção da vegetação nativa, influenciam na dinâmica da paisagem (COSGROVE, 1985); (COSGROVE, 2017).

Nessa perspectiva, se faz relevante observar as normas legais e políticas que podem direcionar o processo de transformação da paisagem em diferentes escalas e cenários, uma vez que o planejamento de gestão do território passa pela análise dos seus elementos (MATA et. al. 2009); (MATA, 2012); (SANZ et. al. 2018); (YACAMÁN et. al. 2020).

No Brasil, o Código Florestal Brasileiro - CFB, Lei Federal 12.651/2012, determina a proteção de áreas de Reserva Legal - RL e Áreas de Preservação Permanente - APP, além de regulamentar mecanismos de compensação ambiental e de recuperação ambiental. Esse fato confere a esse instrumento legal um papel definidor na modelagem da paisagem e seus elementos constituintes.

O CFB, completa em 2022, dez anos de implementação. Nesse período, o Cadastro Ambiental Rural - CAR se destaca como a principal política pública de gestão ambiental desenvolvida. O CAR possibilitou um diagnóstico, mesmo que em um primeiro momento de natureza

declaratória, dos atributos ambientais das propriedades e posses rurais em escala nacional (SOARES-FILHO et al., 2014; TANIWAKI et al., 2018).

Sendo reservada para uma segunda etapa, a análise das informações declaradas e implementação de dispositivos de recuperação ambiental como o Programa de Regularização Ambiental - PRA e de reconhecimento dos ativos ambientais, com as Cotas de Reserva Ambiental - CRA. No SICAR estão armazenadas além do limite dos imóveis, informações de uso e cobertura do solo, das APP e de RL.

Segundo dados do SICAR (2022), até dezembro de 2021 havia, pouco mais de 6,9 milhões de inscrições na plataforma, o que corresponde a uma área cadastrada de aproximadamente 492 milhões de hectares (já desconsiderando as sobreposições), que equivale a 80% da área territorial passível de cadastramento. Diante da extensão dos cadastrados e da representatividade em termos de área, as informações do CAR permitem um diagnóstico sobre o estado dos remanescentes da vegetação nativa, das APP e sobre as áreas a recuperar no Brasil. Nesse sentido, o CAR, enquanto ferramenta de gestão pública, agrega uma gama de dados ambientais, cujo potencial precisa ser explorado através do desenvolvimento de pesquisas que também contribuam para a gestão ambiental no Brasil (SOARES-FILHO et al., 2014).

Como o CFB ainda está em implantação, o cumprimento das obrigações legais, principalmente relacionadas à recuperação de passivos ambientais ainda não foi efetivada na maior parte dos imóveis (SICAR, 2022). Assim sendo, o uso de modelos ambientais pode auxiliar na simulação dos impactos das alterações que o CFB, o CAR e os mecanismos como o PRA e as CRA podem impactar nas APP, na cobertura do solo e na estrutura da paisagem.

Nesse contexto, o uso de modelos ambientais pode contribuir com simulações das alterações no uso e cobertura do solo e seus respectivos impactos na estrutura da paisagem (YANG et al., 2016; GOUNARIDIS et al., 2019; MILLINGTON et al., 2021), com o mapeamento e o conhecimento dos impactos na estrutura da paisagem decorrentes das possíveis alterações ambientais - positivas e negativas - oriundas da implementação do CFB, em diferentes cenários.

O uso de modelos computacionais auxilia na compreensão das dinâmicas das mudanças na cobertura do solo, possibilitando explorar variáveis relacionadas com os processos de mudanças

e realizar projeções baseadas em diferentes cenários (ARONOFF, 1989); (IONGLEY & BATTY, 1997); (CHRISTOFOLETTI, 1999); (GOODCHILD, 2000) (JELOKHANI-NIARAK, 2021).

A partir da abordagem integrada da construção de modelos, simulação e análise da paisagem, algumas questões relacionadas a impactos futuros de recuperação ou do aumento do desmatamento podem ser respondidas, como por exemplo:

I) qual o impacto que a recuperação das faixas de APP desmatadas podem ter no grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa? II) como a anistia outorgada pelo CFB impactou na estrutura da paisagem? III) quais os impactos para a estrutura da paisagem associadas a um cenário hipotético de desmatamento de tudo que é legalmente possível de acordo com CFB vigente?

Cabe ressaltar, porém, que a construção de modelos busca representar de forma simplificada a realidade, baseando-se em suposições, e que, portanto, possui fragilidades inerentes ao processo de representar variáveis complexas em ambiente computacional. Nesse sentido, as simulações dos diferentes cenários não podem ser encaradas como uma profecia, mas como um exercício, valendo-se desse tipo de análise para prever efeitos adversos e procurar traçar ações para sua mitigação, bem como reforçar os efeitos dos impactos positivos (JAKEMAN et al., 2008); (IWANAGA et al., 2021).

Como há mais de 6,9 milhões de imóveis na base do SICAR, é inviável a análise, modelagem e simulação dos dados para todo o Brasil. Por essa limitação, e considerando também que o Distrito Federal - DF é a unidade federativa que abriga a capital do país, foi selecionado como recorte territorial para exercício de como a simulação pode contribuir para o planejamento ambiental.

Segundo dados disponíveis no SICAR (2021), até dezembro de 2020 havia 15.091 imóveis no DF. A avaliação dos dados declarados desses imóveis, mostra que existe pouco mais de 2.500 ha de APP a recompor em um cenário de recuperação integral das faixas previstas no CFB. Por outro lado, cerca de 3.900 ha estão sendo anistiados em função de sobreposição com áreas consolidadas, conforme Artigo 61 do CFB. Do mesmo modo, a anistia prevista nas áreas de RL é da ordem de 2.012 ha, conforme previsto no Artigo 67 do CFB.

Como forma de mensurar o impacto das anistias do CFB no DF e de como seria a estrutura da paisagem caso não houvesse a mudança na lei, o presente trabalho propõe um modelo baseado em três cenários como forma de simular as mudanças na cobertura do solo e os possíveis impactos na estrutura da paisagem nos próximos anos.

Os cenários propostos, detalhados na **Figura 1** e **Tabela 1**, consideram mensurar o impacto na estrutura da paisagem para o ano 2040, a partir da construção de um modelo que utiliza redes neurais Multi-Layer Perceptron Neural Network - MLPNN (TIUMENTSEV, Y. e EGORCHEV, M., 2019), para associar os padrões de mudanças observadas na cobertura do solo com variáveis ambientais explanatórias das mudanças e na legislação ambiental.

Tabela 1 - Cenários propostos para análise, modelagem e simulação dos impactos da legislação ambiental

Cenário	APP	RL	RVN
Cenário 1	Recuperação proporcional das faixas de APP previstas de acordo com o Artigo 61 do CFB vigente	Recuperação das áreas de RL de acordo com a anistia prevista no Artigo 67 do CFB	Manutenção dos remanescentes de vegetação nativa atuais - RVN excedente
Cenário 2	Recuperação proporcional das faixas de APP previstas de acordo com o Artigo 61 do CFB vigente	Recuperação das áreas de RL de acordo com a anistia prevista no Artigo 67 do CFB	Desmatamento da área legalmente passível - excedente de RVN
Cenário 3	Recuperação integral das faixas de APP	Recuperação integral das faixas da RL	Manutenção dos remanescentes de vegetação nativa atuais - RVN excedente

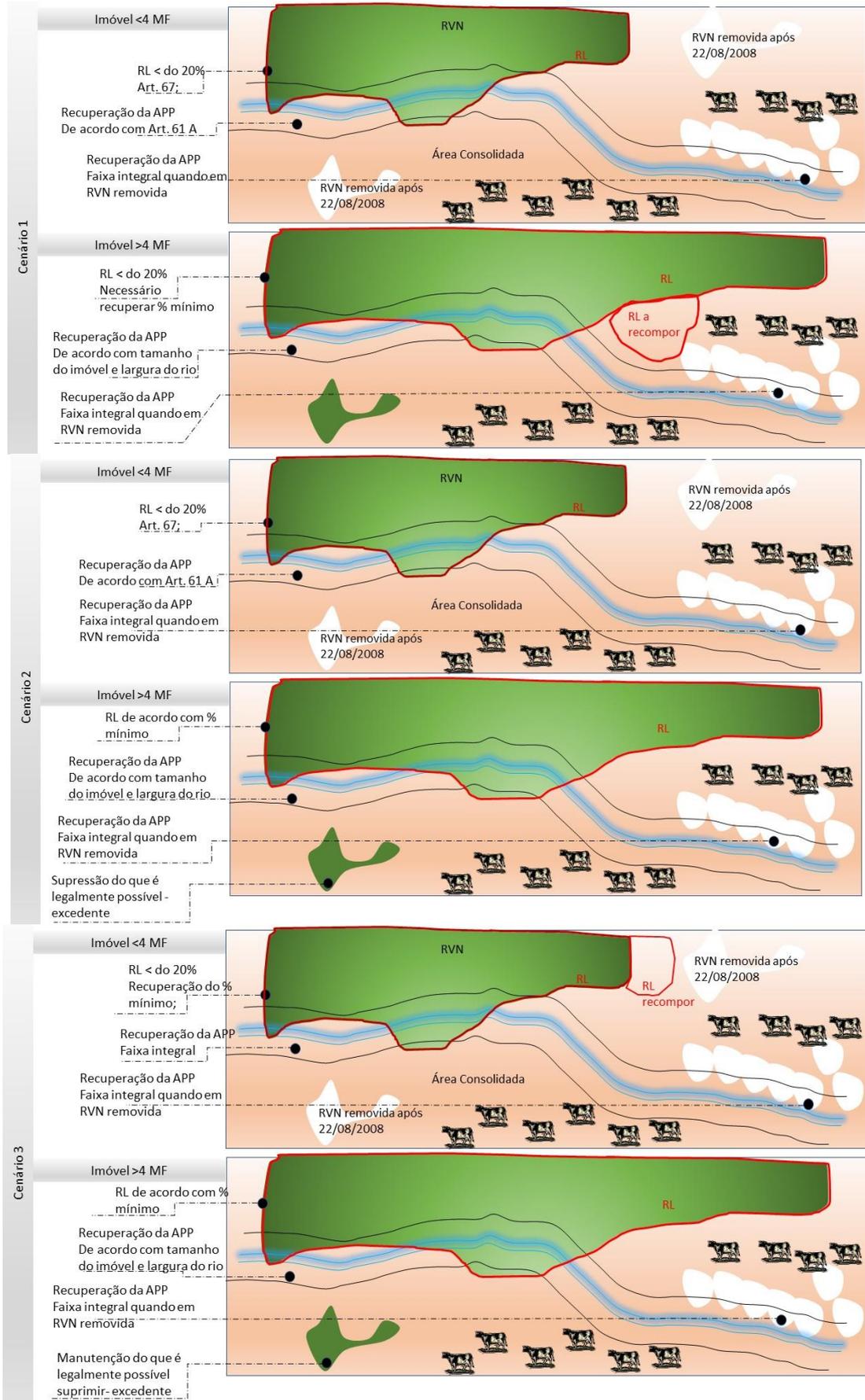


Figura 1 - Cenários propostos para análise, modelagem e simulação dos impactos da legislação ambiental

2. Metodologia

A metodologia proposta, consiste em analisar sobre diferentes cenários, o impacto na estrutura da paisagem do DF. Na **Figura 2** é apresentado o fluxograma metodológico síntese do estudo.

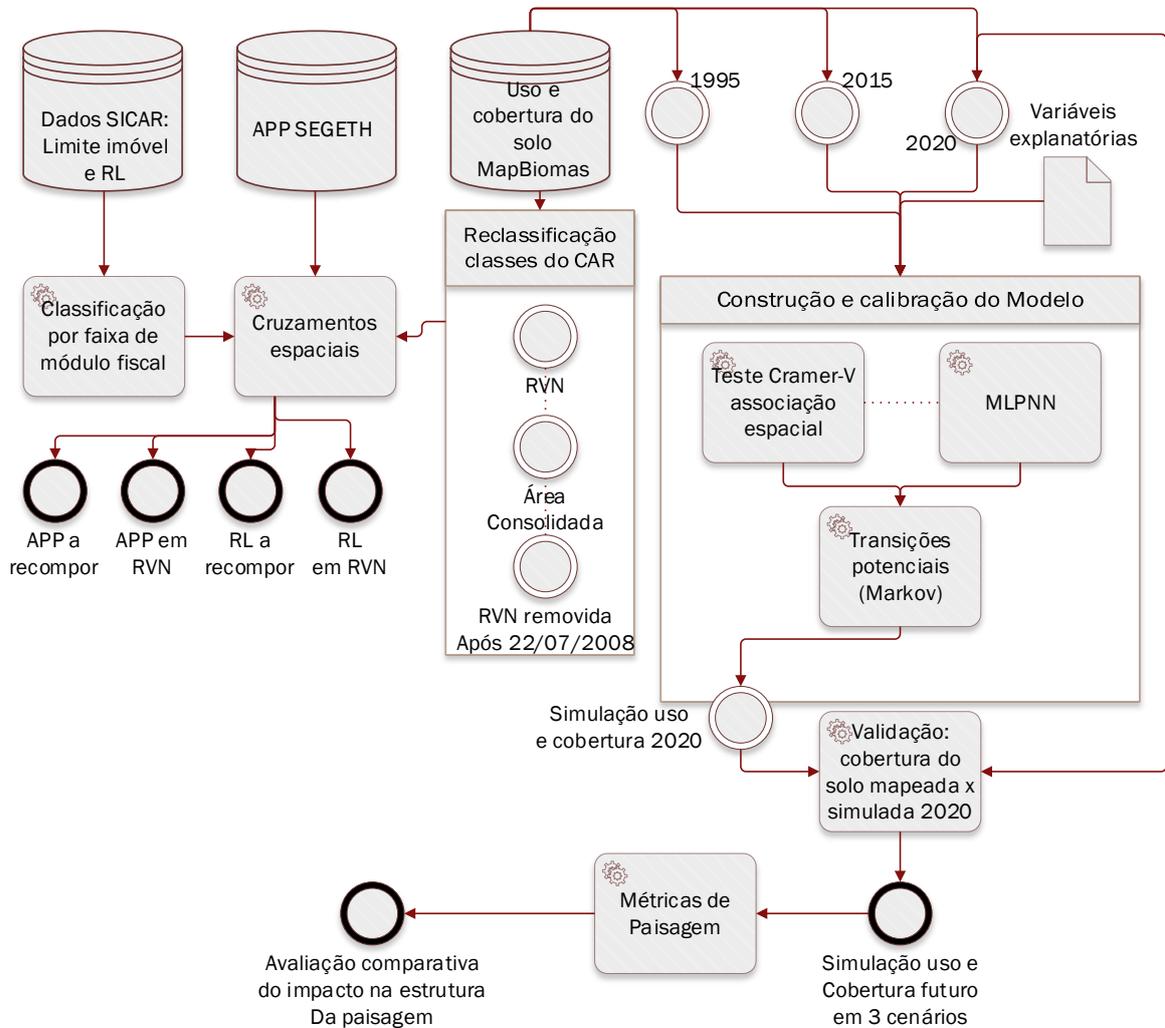


Figura 2 - Fluxograma metodológico

Dados

Para obtenção dos dados dos imóveis rurais no DF foi feita uma busca no SICAR, sendo obtidas as camadas: limite do imóvel, área líquida do imóvel e reserva legal. Dados como APP e uso e cobertura do solo não foram considerados, uma vez que por serem de natureza declaratória, podem conter inconsistências que prejudicariam a análise. Por esse motivo, para a cobertura do solo foi considerado o mapeamento do MapBiomas (2021), coleção 5.

O mapeamento de uso e cobertura, foi obtido para o ano 2020, de onde extraiu-se os remanescentes de vegetação nativa; e para o ano de 2008, de onde obteve-se a área consolidada. A partir da comparação entre os remanescentes nativos dos mapas de 2020 e 2008, foi obtida a vegetação nativa removida após 22 de julho de 2008, marco temporal estabelecido no Decreto Federal 6.514 que definiu as infrações e sanções administrativas relacionadas no âmbito da regularização ambiental.

Adicionalmente, foram obtidas do MapBiomas, a cobertura do solo para os anos 1995, 2015 e 2020. Sendo essas três datas utilizadas para construção, calibração e validação do modelo de predição de mudanças da cobertura do solo.

Para avaliação das APP foram utilizadas aquelas mapeadas pela SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF, sendo observadas todas as tipologias e características previstas no Artigo 4º do CFB.

Construção, calibração e validação do modelo de predição de mudanças

Utilizando-se a plataforma de construção de modelos LCM - Land Change Modeler (CLARCKS LABS, 2009), é construído um modelo baseado nos padrões de mudanças identificados da cobertura do solo de 1995 e 2015 com variáveis explicativas. As variáveis explicativas podem ser limitantes, quando restringem as mudanças na cobertura do solo, como por exemplo, a existência de áreas de proteção integral; ou estimuladoras às mudanças, como por exemplo, a existência de uma rodovia ou de zonas de expansão urbana ou agropecuária (EASTMAN, 2009).

Os diferentes padrões de mudança e as variáveis explicativas são utilizadas para treinamento de uma MLPNN, o que permite a obtenção dos mapas de transição potencial, que subsidiaram a simulação baseada em cadeias de Markov (BAKER, 1989).

Como forma de avaliar o poder explicativo das variáveis ambientais explicativas, foi realizado um teste de associação espacial, teste Cramer-V (LIEBERTRAU, 1983), para selecionar aquelas mais correlacionadas às mudanças no uso e cobertura do solo. As variáveis testadas são apresentadas na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Variáveis ambientais avaliadas quanto ao poder de explicativo das mudanças observadas na cobertura do solo

Variável	Descrição	Unidade /tipo	Fonte
Altitude	MDE ALOS Palsar (intervalos de 100 m.)	m	Alaska Satellite Facility
Declividade	Processada a partir do MDE ALOS Palsar	%	Alaska Satellite Facility
Distância de vias	Mapa de distância de vias	m	IBGE (2019)
Distância de cursos d'água	Mapa de distância dos cursos d'água	m	SEGETH-DF (2021)
Tipos de solo	Mapa de solos	m	IBGE (2019)
Distância das unidades de conservação	Obtida a partir do mapa de unidades de conservação	m	CNUC (2020)
Distância de núcleos urbanos	Obtida a partir do mapa de uso e cobertura do solo	m	MapBiomias (2020)
Áreas de mudança	Mapa comparativo da cobertura do solo (2020-1995)	m	MapBiomias (2020)
Distância das reservas legais	Obtida a partir das reservas legais	m	SICAR (2021)
Zoneamento Ecológico Econômico	Mapa de Zoneamento Ecológico Econômico	m	SEGETH-DF (2021)
Áreas de recarga hídrica	Mapa de áreas de mananciais do DF		SEGETH-DF (2021)

Na etapa de calibração do modelo foram testados diversos conjuntos de variáveis, considerando as mudanças identificadas entre 1995 e 2015. Diferentes combinações foram testadas e realizadas simulações para o uso do solo de 2020, onde é feita a etapa de validação, a partir da comparação entre o uso do solo simulado e o uso do solo mapeado para 2020. Quando o modelo simulado atingiu 90% de acerto, foi então gerada a simulação do uso e cobertura do solo para 2040, considerando os três cenários propostos.

Identificação das APP a recompor

Para determinar a faixa de APP a recompor, é feito um cruzamento da base de dados de APP com as áreas consolidadas² extraídas do uso do solo e com o módulo fiscal de cada imóvel, obtido no SICAR. Nas APP em área consolidada, é aplicado o Artigo 61 do CFB, sendo a faixa a ser recomposta determinada de acordo com o tamanho do imóvel, conforme apresentado na **Tabela 3**.

² Área de imóvel rural com ocupação antrópica (resultante da ação humana) preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris.

Tabela 3 - Faixas de APP a recompor

Tipo	Até 1 MF	Até 2 MF	2 a 4 MF	> 4 MF
Curso d'água	5 m	8 m	15 m	Respectiva faixa de APP, observando o mínimo de 20 m
Lago/Lago	5 m	8 m	15 m	Respectiva faixa de APP, observando o mínimo de 30 m
Nascente	15 m	15 m	15 m	15 m
Vereda	30 m	30 m	30 m	50 m
Declividade >45°, chapadas, topo de morro e altitude > 1.800 m	Permitida a manutenção do uso consolidado em toda a APP, sendo desnecessária qualquer recomposição			

Avaliação das Reservas Legais

Cada imóvel é avaliado quanto à adequação de sua RL dentre dois critérios: em relação ao percentual exigido no Bioma e em relação ao uso do solo dentro da RL. A partir dessa avaliação, é possível identificar as áreas de déficit de RL, as áreas de RL anistiadas pelo Artigo 67 do CFB e as RL adequadas aos critérios legais do CFB.

Métricas para avaliação dos impactos potenciais dos diferentes cenários na estrutura da paisagem

A cobertura do solo simulada, considerando os três cenários escolhidos, são analisadas comparativamente com uma abordagem da Ecologia da Paisagem através da aplicação de métricas (FORMAN e GODRON, 1986; TURNER E GARDNER, 1991). Esse arcabouço teórico metodológico possibilita a avaliação de impactos em sua estrutura através do emprego de métricas de paisagem que visam mensurar as possíveis alterações em seus elementos componentes: matriz, mancha e corredor (FORMAN e GODRON, 1986).

As métricas escolhidas são a distância euclidiana para o vizinho mais próximo, que visa mensurar o grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa, conforme representação esquemática da **Figura 3**; e o número de manchas da paisagem, utilizadas como forma de avaliar o quão coesa é a paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009).

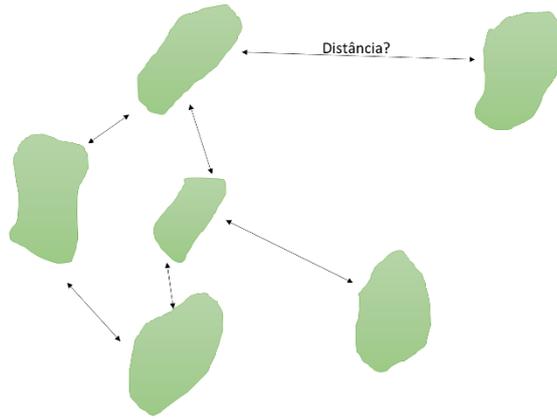


Figura 3 - Avaliação da distância euclidiana para a mancha vizinha mais próxima

3. Resultados

Até dezembro de 2020, considerando apenas os CAR com *status* ativo, havia 15.091 imóveis do DF cadastrados na base do SICAR. Desse total, 11.319 são pequenas propriedades de até 2 MF; 1.281 entre 2 e 4 MF; 1.444 entre 4 e 15 MF, e, 1.047 acima de 15 MF. Diante desse cenário, a estrutura fundiária do DF é composta majoritariamente por pequenas propriedades (até 4 MF), e por esse motivo, estão mais aptas a gozar do perdão de infrações ambientais cometidas até 22/07/2008, como as intervenções em APP e a conversão dos remanescentes de vegetação nativa em uso alternativo do solo, o que pode culminar na inexistência de área para composição da RL de forma integral ou parcial.

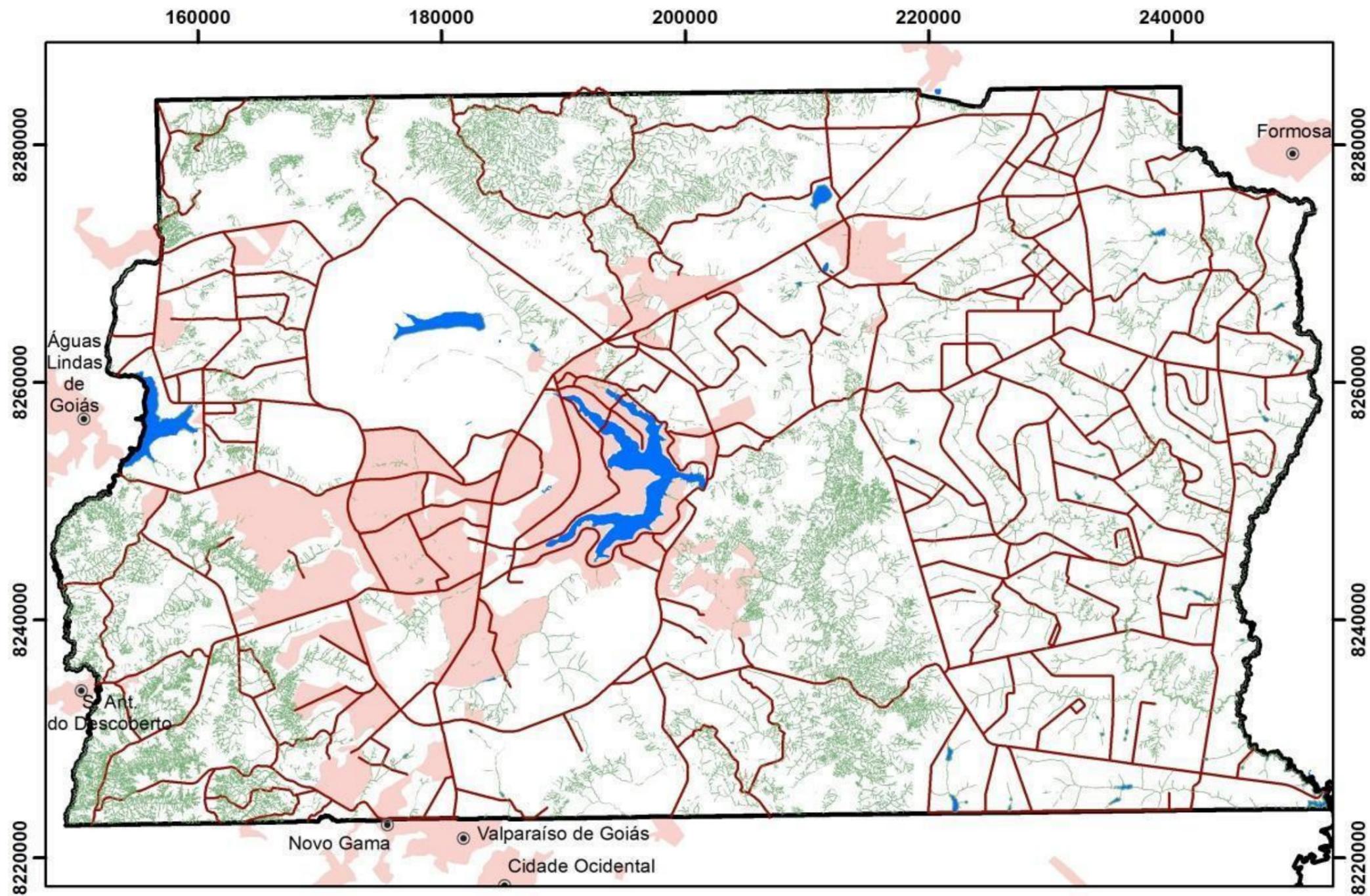
Diagnóstico do Passivo ambiental e Estabelecimento do Cenário Integral - APP

As APP no cenário integral recobrem uma área de 45.639,87 ha, conforme representado na **Figura 4** e quantificado (por diferentes faixas de tamanho de imóveis e total) na **Tabela 4**, que mostra que a maior concentração de APP ocorre nos imóveis maiores que 15 MF.

A avaliação da cobertura do solo nas APP indica que a maior parte é coberta por RVN, aproximadamente 74%, sendo os maiores percentuais encontrados nos imóveis acima de 15 MF. No DF, 22,66% das APP estão em área consolidada, sendo os imóveis acima de 15 MF os que detém a maior parte do passivo ambiental. A área de APP em área consolidada nessa faixa de imóvel é de cerca de 6 mil ha, o que corresponde a 64,25% dos pouco mais de 10 mil ha de APP em área consolidada do DF.

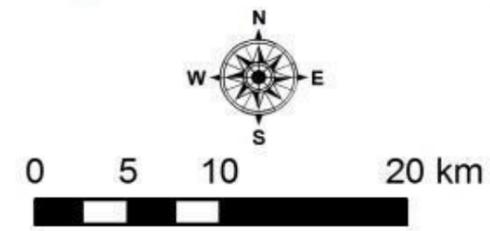
Tabela 4 - Quantidade de APP nas diferentes classes de tamanho de imóvel

Tamanho do Imóvel	Área de APP (ha)	Área de APP em RVN (ha)	APP em RVN (%)	Área de APP Consolidada (ha)	APP Consolidada (%)
Até 1 MF	1.900,80	1.377,10	3,02	528,75	1,16
1 a 2	1.465,95	1.049,57	2,30	416,38	0,91
2 a 4	2.384,92	1.716,60	3,76	668,31	1,46
4 a 15	7.598,21	5.510,82	12,07	2.082,34	4,56
>15	32.289,99	25.645,64	56,19	6.644,36	14,56
	45.639,87	35.299,73	74,33	10.340,14	22,66



Legenda:

- Sede Municipal
- APP em superfície do CAR
- Área urbanizada
- Rodovia
- Lagos e Reservatórios
- Limite Estadual



Fonte:
IBGE (2017), CRH (2016)

Figura 4 - Áreas de Preservação Permanente no DF: Cenário Integral

Considerando os Cenários 1 e 2, a área a recuperar das APP varia de acordo com o tamanho do imóvel e a quantidade de APP em área de uso consolidado. Conforme dados da **Tabela 4**, considerando a recuperação integral – Cenário 3, o DF possui pouco mais de 10 mil ha de APP em áreas consolidadas. Desse total, considerando as anistias do Cenário CAR/CFB, a área a recuperar é de 2.527,32 ha.

Tabela 5 - Quantitativo de APP em área consolidada por faixa de tamanho de imóvel e área a recuperar

Tamanho do Imóvel (MF)	APP em área Consolidada	Faixa a recuperar (m)	Área a recuperar (ha)	Área que não será recuperada
Até 1 MF	528,75	5	221,84	306,91
1 a 2	416,38	8	239,24	177,14
2 a 4	668,31	15	515,13	153,18
4 a 15 MF	2.082,34	20 ³	1.772,95	309,39
>15 MF	6.644,36	20	5.574,74	1.069,62
Total	10.340,14	-	8.323,90	2.016,24

Diante dos dados apresentados na **Tabela 5**, observa-se que mais de 2 mil hectares de APP não serão recuperados, o que representa quase 20% das APP em área consolidada.

Ainda em relação aos dados apresentados na **Tabela 5**, o gráfico **Figura 5** a seguir mostra que considerando o percentual de área que não será recuperada por faixa de tamanho do imóvel, as propriedades acima de 15 MF são responsáveis por mais de 53% da área de APP que não será recuperada. Os imóveis entre 4 e 15 MF, consideradas de médio porte, são responsáveis por pouco mais de 15% das APP não recuperadas, e os imóveis abaixo de 4 MF, considerados pequenos, são responsáveis por aproximadamente 31% da área de APP não recuperada.

³ Para imóveis acima de 4 MF, 20 m é a faixa mínima a ser recomposta de APP em área consolidada

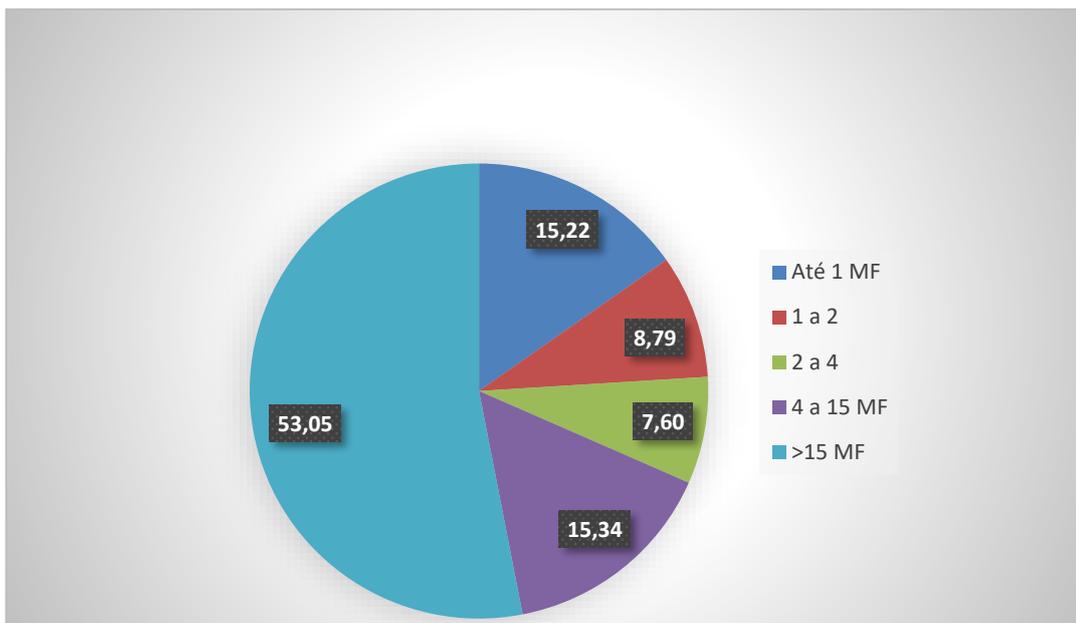


Figura 5 - Percentual de APP não recuperada por faixa de tamanho de imóvel.

Diagnóstico do Passivo ambiental e Estabelecimento do Cenário Integral - RL

Em relação às RL, dos 15.091 imóveis, a área líquida coberta pelo CAR (eliminando sobreposições), soma um total de 380.948,46 ha.

Tendo em vista que o percentual de RL exigido para o Bioma Cerrado, de acordo com a Lei Federal 12.651/2012, é de 20% do tamanho do imóvel, o DF em cenário integral deveria possuir no mínimo 76.189,69 ha de RL. Pelos dados declarados no SICAR – descontando as sobreposições – atualmente tem-se 85.934,64 ha destinados a RL no DF. Embora exista uma área de RL maior do que a exigida, esse número não reflete a realidade de muitos imóveis, pois enquanto alguns possuem excedente, outros possuem déficit de RL.

O déficit de RL atual pode ser dividido conforme dados apresentados na **Tabela 6**. A anistia para recuperação de RL prevista no CFB é relacionada aos imóveis abaixo de 4 MF e que em 22/07/2008 possuíam vegetação nativa em percentuais inferiores ao mínimo exigido. Nesse contexto, foram identificados 1.958 imóveis que são totalmente compostos de áreas consolidadas, ou seja, anistiados completamente de constituírem RL, conforme previsto no Artigo 67 do CFB. A área desses imóveis é de 5.790,46 ha, o que significa que na versão anterior do CFB haveria a necessidade de recompor a RL em 1.158,09 ha.

Tabela 6 - Situação da RL no DF

Situação	Quant.	Área dos imóveis (ha)	Área de RL (ha) a recuperar Cenário Integral	Área de RL (ha) a recuperar Cenário CAR
Imóveis < 4 MF e que não declararam RL e não há RVN disponível - Art. 67	1.958	5.790,46	1.158,09	0
Imóveis < 4 MF e que não declararam RL e há RVN disponível, mas abaixo do % mínimo	1.637	12.973,01	2.594,60	1.293,65
Total	3.595	18.763,47	3.752,69	1.293,65

Em 1.637 imóveis foi identificado o lançamento da RL abaixo do percentual mínimo. Nesse caso, na versão atual do CFB a RL é constituída de RVN pré-existente em 2008, que no caso do DF equivale a 1.293,65 ha. No cenário de recuperação integral, esses imóveis deveriam somar 2.594,60 ha de RL.

Considerando a área de RL a recuperar no cenário do CFB atual e a que era exigida na versão anterior, perde-se uma área de 2.459,04 ha de RL.

Modelagem e Simulação de Cenários Futuros

Avaliando a dinâmica de alteração da cobertura do solo, representados na **Figura 6** e na **Figura 7**, observa-se que no período entre 1995 e 2020, as principais transformações estão relacionadas à expansão das áreas urbanizadas. Neste período houve uma expansão de 26% nesta classe de cobertura. A pressão da expansão urbana tem causado a supressão de áreas de Savana e de Campo Natural, cuja superfície diminuiu aproximadamente 10% e 16%, respectivamente, neste período. As áreas de Floresta, por estarem relacionadas às áreas protegidas de APP, sofreram pouca variação. Padrão semelhante é observado em relação à classe de Superfície Agropecuária, que se manteve estável no período.

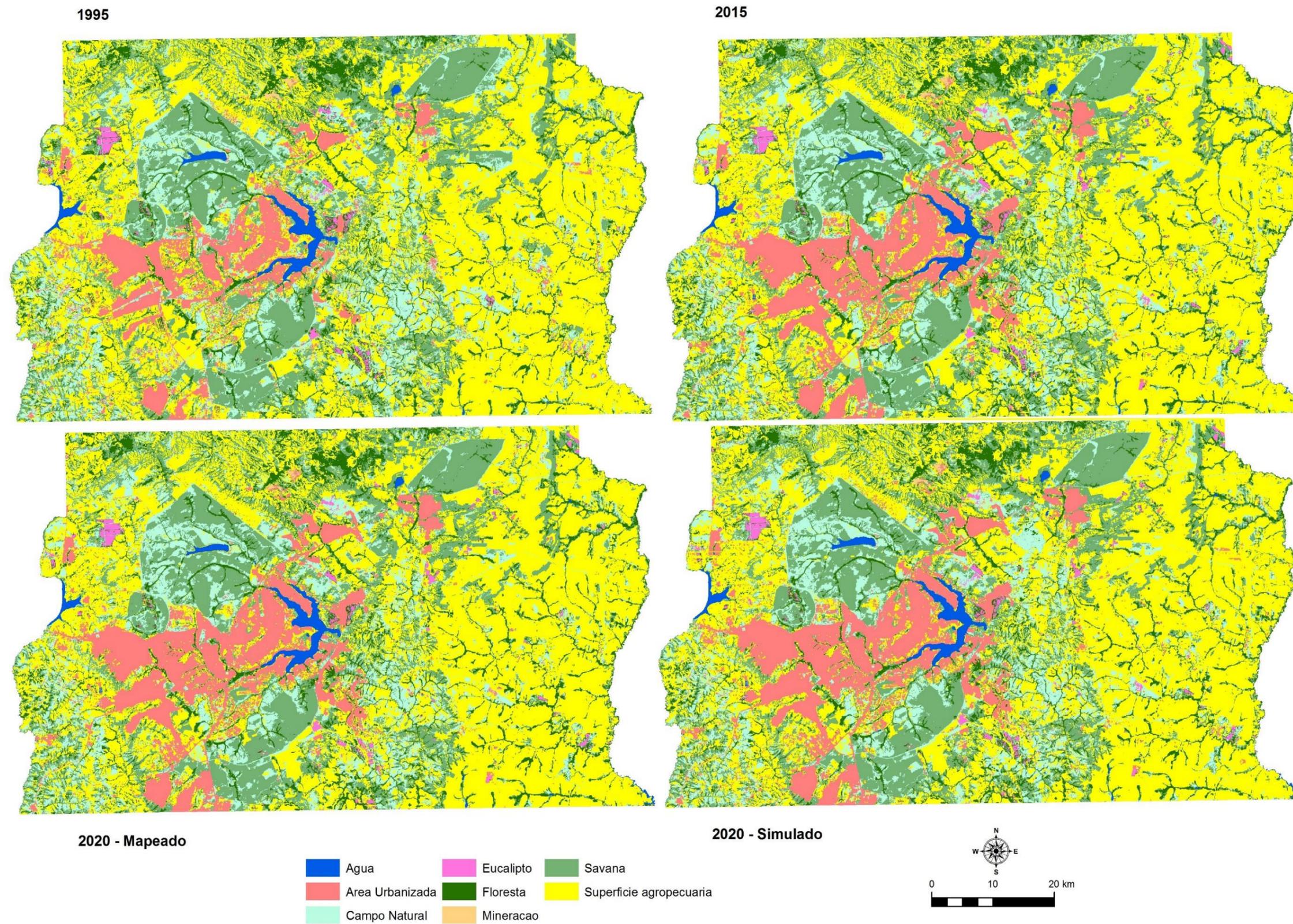


Figura 6 - Dinâmica do uso e cobertura do solo entre 1995 e 2020. A figura também mostra comparativo entre uso do solo mapeado x simulado para o ano 2020. Fonte: Uso e cobertura do solo mapeada dos anos 1995, 2015 e 2020: MapBiomias (2021). Uso e cobertura simulados para 2020, elaborado pelos autores (2021)

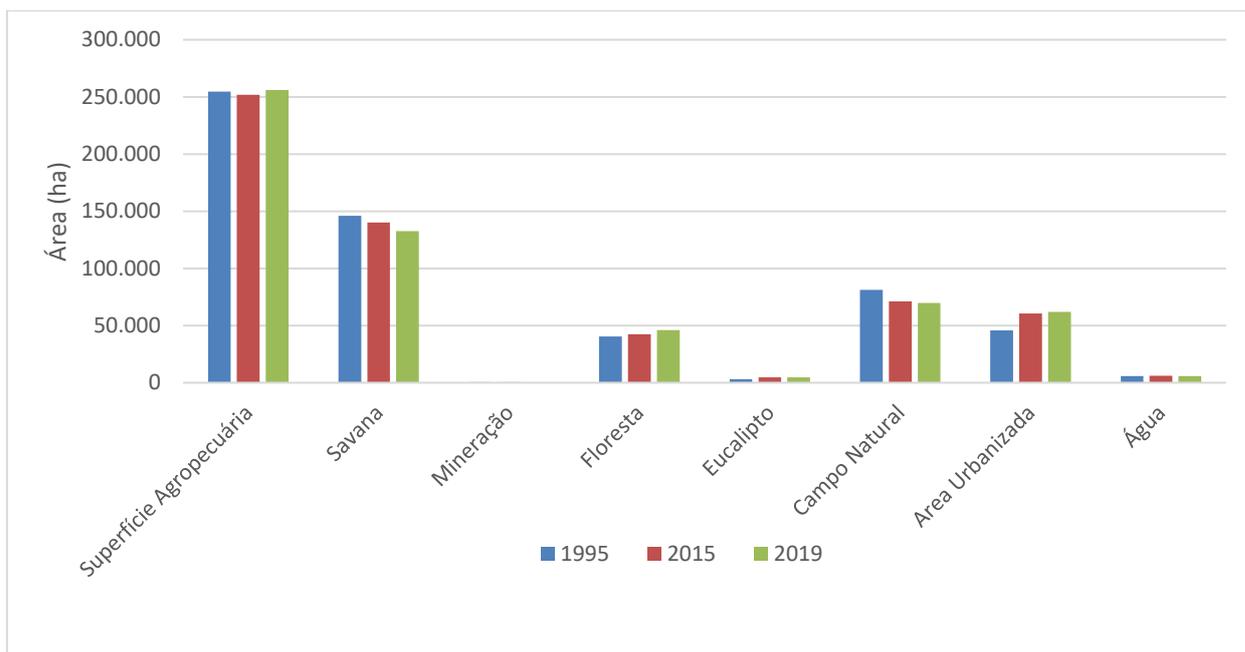


Figura 7 - Cobertura do solo no DF: 1995, 2015 e 2020. Fonte: MapBiomias (2021)

A partir da avaliação da dinâmica da cobertura do solo no período selecionado, foi construído um modelo para simulação da cobertura do solo. Para isso, conforme descrito no capítulo da metodologia, é necessário associar o padrão das mudanças da cobertura do solo às variáveis explicativas através de uma rede neural MLPNN. Como forma de testar quais variáveis ambientais estão mais relacionadas às mudanças é realizado um teste de associação espacial Cramer-V, cujo resultado é apresentado na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Resultado do teste Cramer-V

Variável	Cramer-V	Unidade	Status de Seleção
Altitude	0,68	m	Selecionada
Declividade	0,16	%	Não Selecionada
Distância de vias	0,62	m	Selecionada
Distância de cursos d'água	0,15	m	Não Selecionada
Tipos de solo	0,09	m	Não Selecionada
Distância das unidades de conservação	0,64	m	Selecionada
Distância de núcleos urbanos	0,54	m	Selecionada
Áreas de mudança	0,62	m	Selecionada
Distância das reservas legais	0,11	m	Não Selecionada
Zoneamento Ecológico Econômico	0,64	m	Selecionada
Áreas de recarga hídrica	0,69	temático	Selecionada

As variáveis com o valor de Cramer-V maior são selecionadas para treinamento da MLPNN. Segundo Eastman (2009), um valor de Cramer maior ou igual a 0,10 é recomendável para que a variável seja adicionada como explicativa no modelo de transição potencial, embora isso não

garanta um desempenho ótimo ao modelo, que depende das iterações entre as diferentes camadas de sobreposição da rede neural de multicamadas - MLPNN. Após 15.000 iterações, o melhor resultado para treinamento da MLPNN foi de 99%, conforme gráfico apresentado na **Figura 8**, considerando a simulação da cobertura do solo para o ano 2020 e realizando uma comparação com o mapeamento real para o mesmo ano.

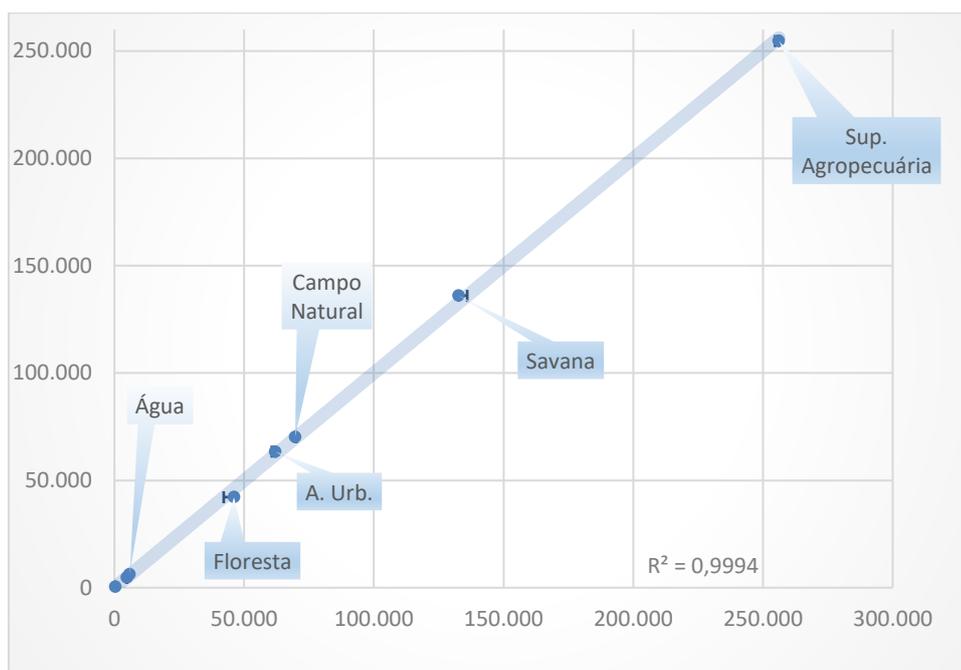
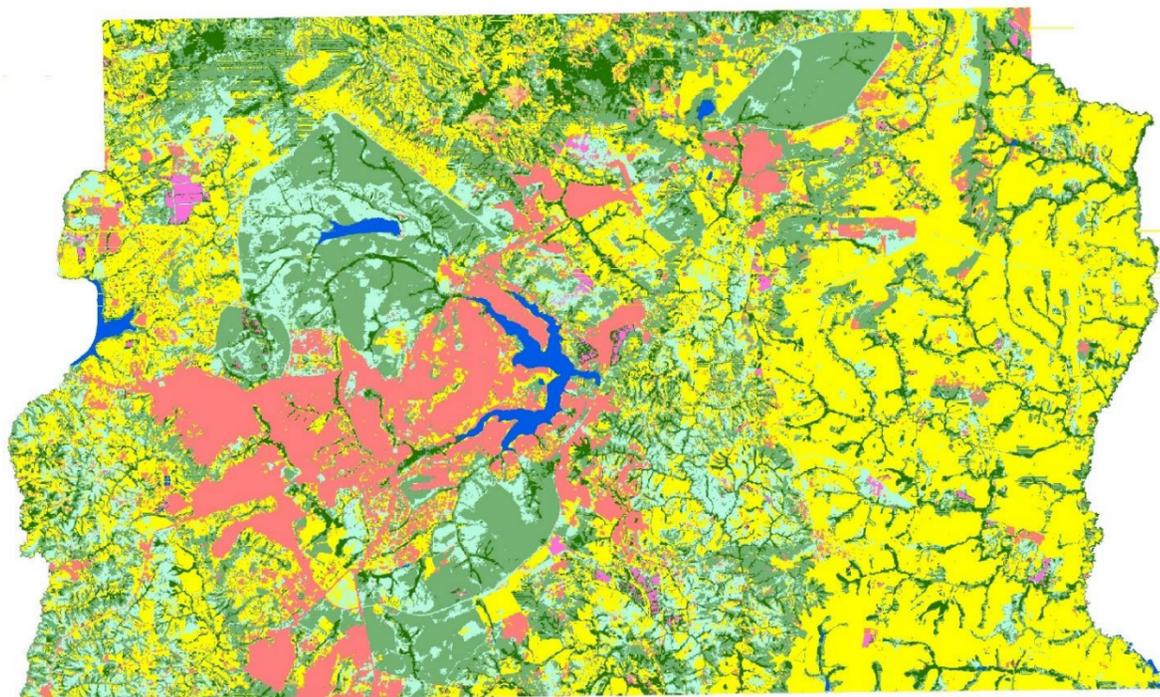


Figura 8 - Comparação entre a cobertura do solo mapeada x simulada: 2020

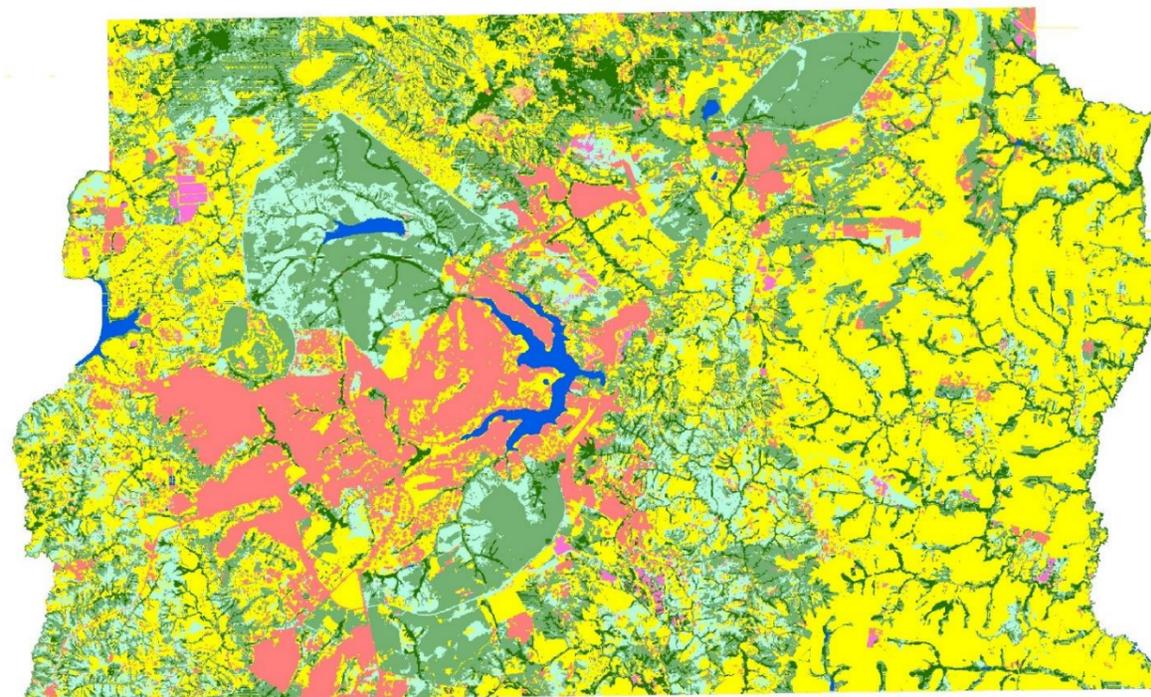
Alcançado esse índice de acerto do modelo, foram gerados os três cenários futuros do uso e cobertura do solo para 2040, apresentados na **Figura 9** e na **Figura 10**, considerando os pressupostos assumidos na metodologia.

O Cenário 1 considera a aplicação das anistias do CFB vigente e manutenção da vegetação nativa atual; O Cenário 2 considera as mesmas anistias, porém, com a supressão da vegetação nativa localizada fora de áreas legalmente protegidas; no Cenário 3 foi considerada a manutenção da vegetação nativa atual e recuperação das faixas integrais de APP e de RL.

Cenário 1



Cenário 2



Cenário 3

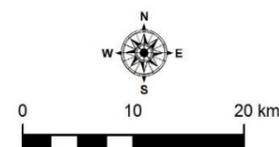
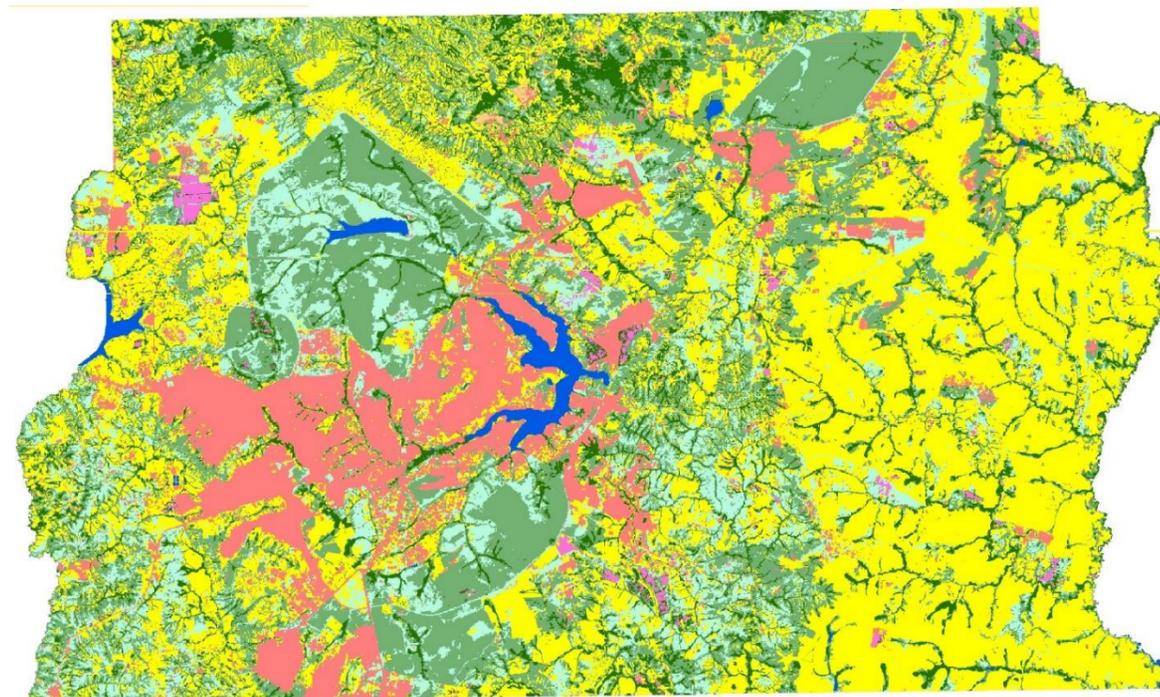


Figura 9 - Uso do solo simulado para 2040 no DF, Cenários 1, 2 e 3.

A classe mais representativa em todos os cenários é a Superfície Agropecuária, ocupando, 38,03 %, 55,50 % e 37,40 %, nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente. No Cenário 2, essa classe possui a maior área em função desse cenário considerar a possibilidade do CFB a supressão dos remanescentes de vegetação nativa fora das áreas legalmente protegidas.

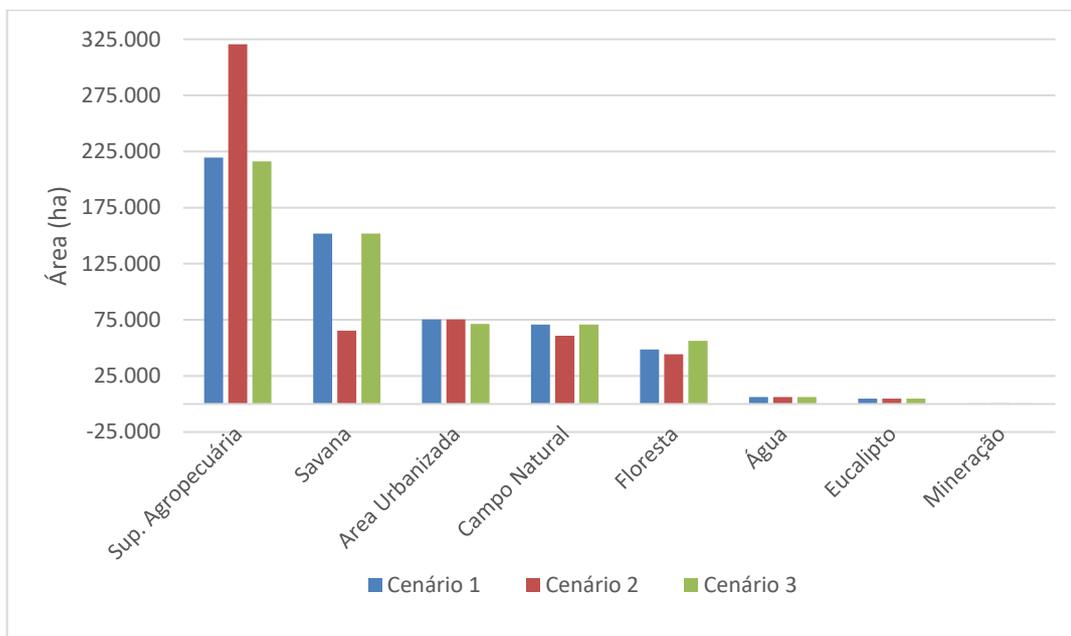


Figura 10 - Uso do solo simulado para 2040 no DF: Cenários 1, 2 e 3.

As coberturas naturais de Savana, Floresta e Campo apresentam redução significativa no Cenário 2. Enquanto no Cenário 1 e 3 essas classes de cobertura representam 46,97 % e 48,27 %, respectivamente; no Cenário 2, o percentual é de 29,50 %.

A consolidação do Cenário 2 significaria uma redução significativa na cobertura vegetal nativa, impactando a estrutura da paisagem, que passaria a possuir manchas mais isoladas uma das outras, o que por sua vez apresenta consequências para a manutenção da fauna e diversidade florística. Como forma de medir em que grau seria o isolamento dos remanescentes de vegetação nativa, a seguir é apresentada uma avaliação comparativa do impacto na estrutura da paisagem nos três cenários.

Grau de isolamento da estrutura da paisagem - Avaliação comparativa

Ao avaliar o grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa nos três cenários, é possível analisar o impacto na estrutura da paisagem ao contabilizar a área de vegetação nativa

acumulada em diferentes intervalos de distância, conforme representado na **Figura 11** e **Figura 12**.

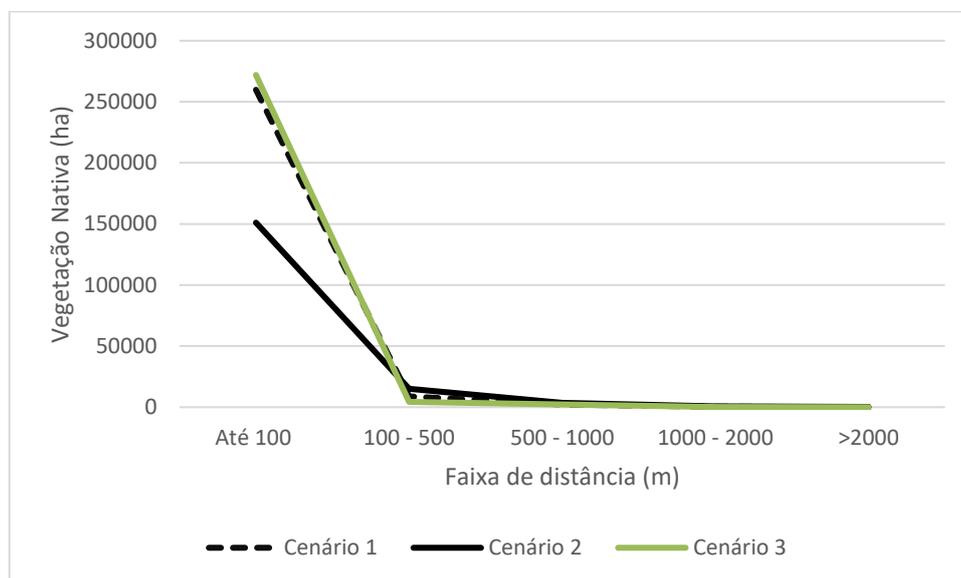


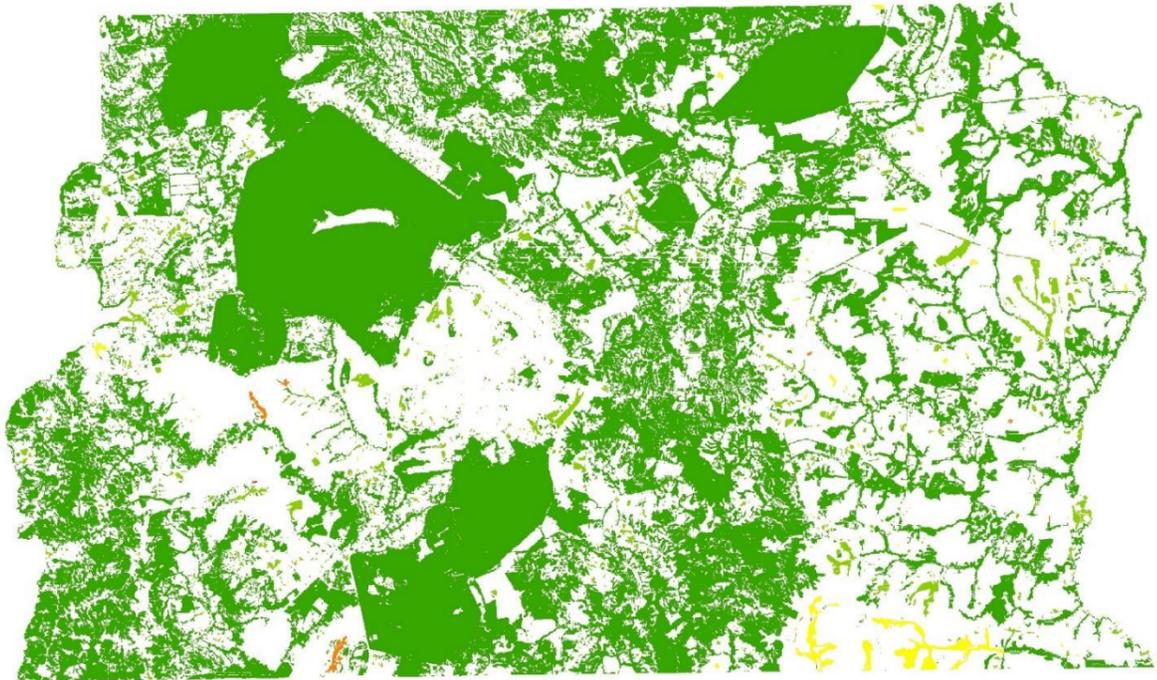
Figura 11 Área de remanescente de vegetação nativa por faixa de distância.

A principal diferença entre os cenários é a quantidade de vegetação nativa numa distância de até 100 m, faixa adotada como mínima para manutenção da conectividade entre duas manchas distintas (McGARIGAL e MARKS, 1995; RIBEIRO, 2010).

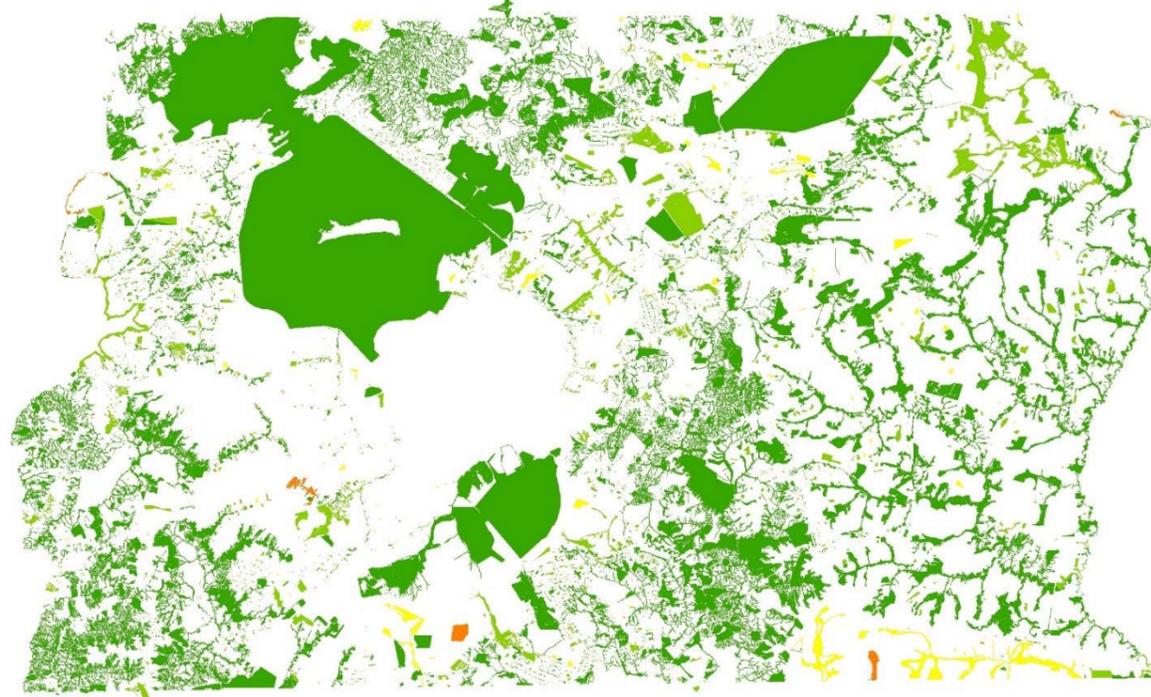
No Cenário 1 e Cenário 3, 259.851 ha e 271.971 há, respectivamente, da área de remanescentes de vegetação nativa, está localizada numa distância de até 100 m. No Cenário 2, nessa mesma faixa de distância estão concentrados 151.076 ha, área de vegetação nativa 41 % menor que o Cenário 1 e 44 % menor que o Cenário 3.

O Cenário 3 é o que apresentou maior proporção área de vegetação nativa numa distância de até 100 m. Isso se deve, principalmente, ao impacto da recuperação integral das faixas de APP e RL simuladas nesse cenário.

Cenário 1



Cenário 2



Cenário 3

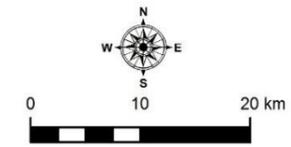
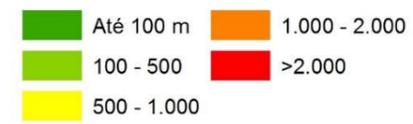
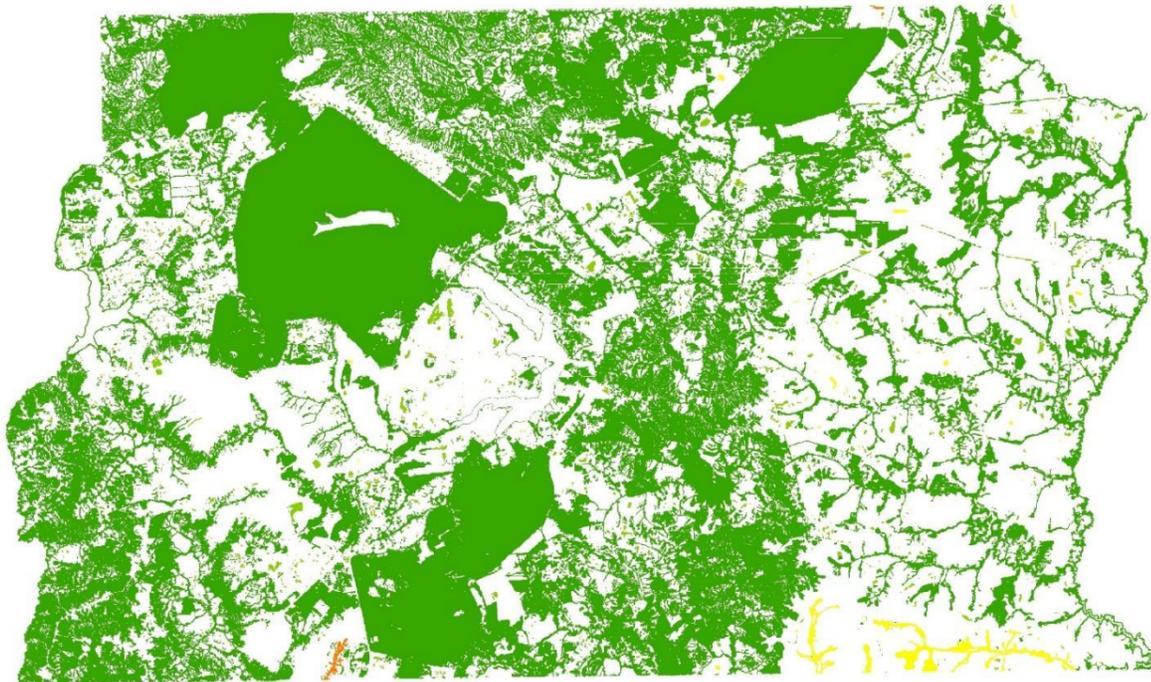


Figura 12 - Grau de isolamento das manchas de vegetação nativa.

Como forma de avaliar os efeitos da fragmentação na paisagem, além da área por faixa de distância, foi estudada a quantidade de manchas por faixa de distância os três cenários e os resultados são apresentados na **Tabela 8**.

Tabela 8 - Quantidade de manchas de vegetação nativa por faixa de distância

Distância	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Quant. de manchas	Área (ha)	Quant. de manchas	Área (ha)	Quant. de manchas	Área (ha)
Até 100	3.476	259.851,79	5.207	151.076,11	2.186	271.971,15
100 - 500	1.496	8.829,75	2.107	14.927,12	1.129	4.256,12
500 - 1000	109	2.197,00	183	3.428,68	82	2.282,18
1000 - 2000	22	358,50	38	704,84	14	246,58
>2000	2	5,75	7	227,89	0	0,00
-	5.105	271.242,79	7.542	170.364,65	3.411	278.756,03

O quantitativo de manchas que compõem a paisagem indica o quão coesa é cada uma das paisagens simuladas, quanto maior o número de manchas, mais fragmentada é a paisagem.

Observa-se que a paisagem simulada mais fragmentada é a do Cenário 2, com maior quantidade de manchas, porém com áreas pequenas. Ao avaliar o tamanho médio das áreas das manchas que compõem cada uma das três paisagens simuladas, observa-se que a área média do Cenário 1 é de 53,13 ha; 22,58 ha no Cenário 2 e 81,72 ha no Cenário 3. Ou seja, em relação ao Cenário 2, o tamanho médio das manchas no Cenário 1 é 57% maior; e em relação ao Cenário 3 é 72% maior. O Cenário 3 possui manchas 35% maiores em relação ao Cenário 1, mostrando ser o Cenário mais coeso em relação ao nível de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa.

A avaliação da quantidade de manchas sobre diferentes faixas de distância mostra que em todos os cenários simulados a quantidade de manchas é maior numa distância de até 100 m. Porém, com uma variação significativa na quantidade de manchas e áreas entre os cenários. Embora o Cenário 2 tenha apresentado a maior quantidade de manchas nesse intervalo de distância - 5.207, a área de vegetação é a menor (151.076,11 ha) entre os três cenários. O Cenário 3, apresenta a menor quantidade de manchas, 2.186, e a maior área, 271.971,15 ha, nesse intervalo de distância, demonstrando que essa paisagem simulada é a mais coesa. O Cenário 1, apresenta 3.476 manchas e área de 259.851,79 ha, valor intermediário entre os cenários simulados.

4. Conclusões

Neste trabalho foi construída uma metodologia integrada de geoprocessamento, ecologia de paisagem e modelagem ambiental para simulação dos impactos das mudanças na legislação ambiental, nos remanescentes de vegetação nativa e na estrutura da paisagem. Foram utilizados dados de limite dos imóveis e de RL (SICAR), dados de cobertura do solo (MapBiomias) e de APP (SEGETH-DF).

Foi possível identificar sobre três cenários, o balanço entre perdas e ganhos da aplicação do CFB em relação à versão anterior da legislação. Foi identificado que em relação as APP, o DF ainda conta com quase 75% da área em remanescentes de vegetação nativa e pouco mais de 22% em área consolidada. Essas APP em área consolidada foram distribuídas por tamanho de imóvel e avaliadas as faixas a recompor sobre a ótica do CFB atual e da versão anterior, sendo identificado que considerando a Lei atual, há 2.527,32 ha de APP a recompor no DF. Em relação a legislação anterior a área a recuperar seria de 7.812,82 ha, o que resulta numa perda de 5.285,50 ha de APP. Essa perda anistiada de APP a recompor pode ter impactos diretos e indiretos sobre a fauna, flora e recursos hídricos.

A distribuição das APP em área consolidada por tamanho de imóvel mostrou que o passivo de APP é maior nas propriedades maiores (acima de 15 MF), que concentram mais de 53% das APP em área consolidada; ao passo que os imóveis pequenos (abaixo de 4 MF) são responsáveis por 31 % da APP em área consolidada e os imóveis de médio porte (entre 4 e 15 MF), são responsáveis por aproximadamente 15% das APP em área consolidada.

No diagnóstico do passivo ambiental também foi avaliado o impacto das anistias nas áreas de RL, sendo identificada a anistia de 2.459,04 ha, devida principalmente a aplicação do Artigo 67 do CFB nos imóveis de até 4 MF.

Através da modelagem e simulação, utilizando dados de cobertura do solo e variáveis ambientais, foi produzido um modelo e realizada a simulação de cenários de uso do solo futuro relacionados a aplicação da legislação ambiental, para o ano 2040.

Através da simulação do uso e cobertura do solo para os três cenários foi possível obter um prognóstico das consequências de diferentes aplicações da legislação e seus impactos para a estrutura da paisagem para 2040. Em todos os cenários a classe de cobertura do solo mais representativa é a superfície agropecuária. No Cenário 2, que avalia a possibilidade de

supressão em toda a área legalmente possível de ser suprimida, essa classe de cobertura ocuparia 55,50% de toda a paisagem e nos outros cenários esse percentual é de 38,03 % para o Cenário 1 e de 37,40 % para o Cenário 3.

As áreas de remanescentes de vegetação nativa apresentam o menor percentual no Cenário 2, com 29,50%. No Cenário 1 e Cenário 3 essas classes de cobertura representam 46,97 % e 48,27 %, respectivamente.

A análise da estrutura da paisagem a partir da aplicação de métricas, possibilitou avaliar os impactos na conectividade e na coesão da paisagem. Através do grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa foi identificado que a uma distância de até 100 m está concentrada a maior quantidade de área nos três cenários, porém com número de manchas e áreas diferentes. A quantidade de manchas nesse intervalo de distância no Cenário 2 é 41% menor que no Cenário 1 e 44% menor que o Cenário 3.

O Cenário 3 é o que se mostra menos fragmentado, possuindo maior quantidade de área e menor número de manchas nessa faixa de até 100 m, com 271.971 ha e 2.186 manchas; no Cenário 1 a área é de 259.851 ha e 3.476 manchas e no Cenário 2 de 151.076 ha e 5.207 manchas. Esse padrão indica que no Cenário 3, nesse intervalo de distância, a área média de cada mancha é de 74,75 ha; no Cenário 2 de 29,01 ha; e no Cenário 3 de 124,41 ha.

Essas análises permitem concluir que o Cenário 3 seria mais ambientalmente restritivo, por considerar a recuperação integral APP e RL. Como a legislação ambiental foi por outro caminho (Cenário 1), esse cenário serve apenas para mensurar o quanto de APP e RL se perdeu com a mudança na lei.

No Cenário 1 são considerados: a recuperação das faixas de APP e percentuais de RL de acordo com o CFB vigente, mas mantendo os excedentes de vegetação nativa que estão fora dessas áreas. Isso resulta num cenário intermediário, porém pouco provável de se manter de forma integral, uma vez que, possivelmente, haverá nos próximos anos, aumento da pressão da expansão das áreas urbanas, sobretudo, considerando o déficit habitacional. Para evitar um aumento da pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa, localizados fora das áreas protegidas, é preciso o direcionamento de novas áreas de expansão urbana para as áreas de superfície agropecuária ao invés de abertura de novas áreas com supressão da vegetação nativa.

O Cenário 2 considera a aplicação do CFB vigente e supressão de todas as áreas excedentes de vegetação nativa que não estão localizadas em áreas protegidas. Nesse cenário, o impacto no grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa é maior, resultando em uma paisagem mais fragmentada e conseqüentemente com mais impactos associados como redução de habitats, afugentamento da fauna, perda de espécies raras, endêmicas e ameaçadas, diminuição da diversidade florística.

A prevenção da consolidação do Cenário 1 passa por incentivo a medidas de conservação e recuperação de áreas. É fundamental que sejam criadas políticas públicas de pagamento por serviços ambientais, remunerando os produtores que mantenham os excedentes de vegetação nativa, uma vez que a supressão dessas áreas tem um impacto significativo na estrutura da paisagem e em toda uma cadeia de relações ambientais.

Referências

- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, Ont., Canada : WDL Publications, 294 p., 1989
- BAKER, W. L. A review of models of landscape change. **Landscape Ecology**, v. 2, p. 111-133, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00137155>.
- BERTRAND, G. Le paysage entre la nature et la société. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 49, p. 16-26, 1978. DOI: <https://dx.doi.org/10.3406/rgpso.1978.3552>.
- BRASIL. 2008. Decreto Federal 6.514 de 22 de julho de 2008. Brasília, DF: PR, 2008.
- BRASIL. 2012. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. DOU, Brasília, DF: PR, 2012.
- CLARCK LAB. The land change modeler for ecological sustainability. Worcester, 2009. Catálogo. Disponível em: <http://clarklabs.org/applications/upload/Land-Change-Modeler-IDRISI-Focus-Paper.pdf>
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1999. 240 p.
- CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>
- COSGROVE, D. Prospect, perspective and the evolution of the landscape idea. **Transactions of the Institute of British Geographers**, 45-62, 1985. DOI: <https://doi.org/10.2307/622249>.
- COSGROVE, D. Cultural landscapes. In: **A European Geography** (pp. 65-81). Routledge, 2017.
- EASTMAN, J. R. **IDRISI Taiga: guide to GIS and image processing**: Clarcks Lab, 2009. 342 p.
- FORMAN, R. T. T., GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.
- GOODCHILD, M. F. Part 1 Spatial analysts and GIS practitioners: The current status of GIS and spatial analysis. **Journal of Geographical Systems**, v. 2 p. 5-10, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/s101090050022>.
- GOUNARIDIS, D.; CHORIANOPOULOS, I.; SYMEONAKIS, E.; KOUKOULAS, S. A Random Forest-Cellular Automata modelling approach to explore future land use/cover change in Attica (Greece), under different socio-economic realities and scales. **Sci Total Environ**. v. 646, p. 320-335, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.302>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica Continua do Brasil, Escala 1:250.000 - BC250.

IWANAGA, T.; WANG, H. H.; HAMILTON, S. H.; GRIMM, V.; KORALEWSKI, T. E.; SALADO, A.; LITTLE, J. C. Socio-technical scales in socio-environmental modeling: Managing a system-of-systems modeling approach. **Environmental Modelling & Software**, v. 135, 104885. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104885>.

JAKEMAN, A.; HAMILTON, S.; RIZZOLI, A.; CHEN, S. H. Modelling and software as instruments for advancing sustainability. In: **Environmental modelling, software and decision support: state of the art and new perspectives**. Holanda: Elsevier, 2008. cap. 1, p. 1-12.

JELOKHANI-NIARAKI, M. Collaborative spatial multicriteria evaluation: A review and directions for future research. **International Journal of Geographical Information Science**, 35(1), 9-42, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1776870>.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

LIEBETRAU, A. M. **Measures of association**. Beverly Hills: Sage Publications, 1983. 96 p.

LONGLEY, P. A., & BATTY, M. (EDS.). **Spatial analysis: modelling in a GIS environment**. John Wiley & Sons, 1997. 400 p.

MATA, R., GALIANA, L., ALLENDE ÁLVAREZ, F., FERNÁNDEZ, S., LACASTA, P., LÓPEZ, N.; SANZ, C. Evaluación del paisaje de la Comunidad de Madrid: de la protección a la gestión territorial. **Urban**. 14, 34-57, 2009.

MATA, R. **Retorno al paisaje mediterráneo**. Cultura territorial, conflictos y políticas. Asociación de Geógrafos Españoles; Colegio de Geógrafos de España; Universidad de Alicante, p. 17-68, 2012.

McGARIGAL, K.; MARKS, B. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Forest Service General, US. (Technical Report PNW: 351), 1995.

MILLINGTON, J.D.A.; KATERINCHUK, V.; SILVA, R. F. B.; VICTORIA, D. C.; BATISTELLA, M. Modelling drivers of Brazilian agricultural change in a telecoupled world, **Environmental Modelling & Software**, Volume 139, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105024>.

MapBiomias - **Coleção 5** da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em maio de 2021 através do link: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

RIBEIRO, M. C. Modelos de simulação aplicados à conservação de paisagens fragmentadas da Mata Atlântica brasileira. 2010. 277 p. **Tese** (Doutorado em Ecologia) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde.../Ribeiro_2010.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SANZ, E.; YACAMÁN, C.; MATA, R. Sistemas agroalimentarios: apropiación del territorio a través de la alimentación. Los ejemplos de Aviñón y de Madrid. Cultura territorial e innovación social. ¿Hacia un nuevo modelo metropolitano en Europa del sur. Valencia: **Publicacions de la Universitat de Valencia**, 453-476, 2018.

SEGETH - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>

SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Dados Disponíveis em: <https://www.car.gov.br/#/>

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., RODRIGUES, H., ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**. v. 344, p. 363-364, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1246663>.

TANIWAKI, R. H.; FORTE, Y. A.; SILVA, G. O.; BRANCALIONA, P. H. S.; COGUETOC, C. V.; FILOSO, S.; FERRAZA, S. B. The Native Vegetation Protection Law of Brazil and the challenge for first-order stream conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**. v. 16, p. 49-53, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.007>.

TIUMENTSEV, Y.; EGORCHEV, M. **Neural Network Modeling and Identification of Dynamical Systems**. Academic Press, 2019. 332 p.

YACAMÁN, O.; C., FERRER, J. D.; MATA O. R. Green infrastructure planning in metropolitan regions to improve the connectivity of agricultural landscapes and food security. **Land**, 9(11), 414, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9110414>.

YANG, X.; CHEN, R.; ZHENG, X. Q. Simulating land use change by integrating ANN-CA model and landscape pattern indices, **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 7:3, p. 918-932, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/19475705.2014.1001797>.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. (Ed). **Quantitative methods in landscape ecology**. New York: Springer, 1991. 536 p.

Manuscrito 4 - O papel das reservas legais na garantia da conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa nos biomas brasileiros

O papel das reservas legais na garantia da conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa nos biomas brasileiros

Resumo. Este estudo tem como objetivo principal avaliar, a partir de dados do Cadastro Ambiental Rural - CAR e de uso e cobertura do solo do MapBiomas, o perfil fundiário dos biomas brasileiros e a participação que as reservas legais - RL exercem sobre a estrutura da paisagem, em especial na conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa. Para isso, os imóveis declarados no CAR são classificados conforme o tamanho dos Módulos Fiscais - MF, em pequena, média e grande propriedade. Os imóveis classificados de acordo com os MF são recortados para os limites de cada bioma e analisados comparativamente entre si, sendo observada a proporção, em termos de área e quantidade de imóveis em cada uma dessas faixas de tamanho. A cobertura do solo dentro desses recortes também foi avaliada. Para estudar a participação das RL na estrutura da paisagem é utilizada a métrica de distância euclidiana para a mancha vizinha mais próxima. Nessa abordagem, é simulada o grau de isolamento entre as manchas remanescentes de vegetação nativa considerando dois cenários: com e sem as RL. Como principais resultados foi identificado a partir de dados declarados no CAR, que a estrutura fundiária do Brasil ainda é, majoritariamente, concentrada. Com exceção da Caatinga, em todos outros biomas observa-se que embora existam um número elevado de pequenos imóveis, as grandes propriedades ainda correspondem à maior proporção de terras. Em relação a cobertura do solo foi identificado as propriedades grandes têm forte participação tanto na conservação ambiental - por ter a maior concentração de RVN (42% contra 14% das pequenas propriedades), como na degradação - por ter a maior proporção de áreas convertidas em uso alternativo do solo (22% contra 11% das pequenas propriedades). A análise do grau de conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa - RVN mostrou que as RL têm grande influência na conectividade da estrutura da paisagem. Considerando o cenário com RL, 92,28% das manchas estão em uma distância de até 100 m umas das outras, na média dos biomas. No cenário sem RL, esse percentual cai para 78,76%.

Palavras Chave: Módulos fiscais, vegetação nativa, estrutura da paisagem

Abstract. The main objective of this study is to evaluate, based on data from the Rural Environmental Registry - CAR and on land use and cover from MapBiomas, the land tenure profile of Brazilian biomes and the participation that legal reserves - RL have on the landscape structure, especially in the connectivity between the remnants of native vegetation. For this, the properties declared in the CAR are classified according to the size of the Fiscal Modules - MF, into small, medium and large properties. The properties classified according to the MF are cut to the limits of each biome and analyzed comparatively among themselves, observing the proportion, in terms of area and number of properties in each of these size ranges. The landcover within these clippings was also evaluated. To study the participation of RL in the landscape structure, the Euclidean distance metric for the nearest neighbor patch is used. In this approach, the degree of isolation between the remaining patches of native vegetation is simulated considering two scenarios: with and without RL. As main results, it was identified from data declared in the CAR, that the land structure in Brazil is still mostly concentrated. With the exception of the Caatinga, in all other biomes it is observed that although there are a high number of small properties, large properties still correspond to the largest proportion of land. Regarding to landcover, it was identified that large properties have a strong participation both in environmental conservation - because they have the highest concentration of RVN (42% against 14% of small properties), and in degradation - because they have the largest proportion

of areas converted into alternative land use (22% against 11% for small properties). The analysis of the degree of connectivity between the remnants of native vegetation showed that the RL have a great influence on the connectivity of the landscape structure. Considering the scenario with RL, 92.28% of the patches are at a distance of up to 100 m from each other, in the average of the biomes. In the scenario without RL, this percentage drops to 78.76%.

Keywords: Fiscal modules, native vegetation, landscape structure

1. Introdução

O Brasil é um país de extensão continental e por isso abriga diversos ambientes e ecossistemas que são sintetizados em seis biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa (IBGE, 2019). Essa variedade de ambientes proporciona diferentes formações vegetais com estratos florestados, arborizados e gramíneo-lenhosos (EITEN, 1983).

Cada bioma teve uma forma diferente de ocupação e apresenta sua própria dinâmica de alteração da cobertura do solo. Com base nos dados do MapBiomas (2021), a soma dos remanescentes de vegetação nativa - RVN, nos biomas brasileiros, mostra que o mais conservado é a Amazônia (83% da área preservada), seguido do Pantanal (81%) e Caatinga (62%). O Cerrado, com 53% de cobertura vegetal nativa remanescente ocupa posição intermediária neste quesito e os dois biomas que mais sofreram modificações foram os Pampas e a Mata Atlântica, com percentuais de 32% e 31%, respectivamente, de RVN.

Considerando a avaliação da série de imagens do acervo do MapBiomas, que conta com dados desde 1985, Souza Jr. et al. (2020) mostraram que a maior parte das mudanças na cobertura do solo é associada a expansão das atividades agrícolas e pecuárias, aproximadamente 46% nas áreas de pastagem e 172% nas áreas de agricultura.

Segundo estudos de Pereira et al., (2019) e Rausch et al., (2019), Amazônia e Cerrado são os biomas que mais sofrem alterações recentemente. Na Caatinga, há grandes extensões de florestas secundárias, por uma característica de pecuária extensiva que degrada as formações nativas (Sobrinho et al., 2016). O Pantanal também sofre com a pecuária e com a expansão de monoculturas, como a cana de açúcar, que ameaçam as planícies alagáveis e as áreas de campo natural.

Em relação ao Pampa, Overbeck et al., (2007); (2015) alertam que tem ocorrido a substituição das áreas campestres naturais por pastagens. A Mata Atlântica é o bioma que mais sofreu supressão da sua cobertura nativa, sendo fragmentado por um complexo mosaico de superfícies agropecuárias, centros urbanos e densa malha viária (TABARELLI et al., 1999).

O Brasil conta com diversos instrumentos legais para conservação, preservação e recuperação da vegetação nativa. Dentre esses, destaca-se a Lei Federal 12.651/2012, que trata da proteção da vegetação nativa. Esta legislação estabelece como principais mecanismos para a conservação dos remanescentes de vegetação nativa dois instrumentos principais: as Áreas de Preservação Permanente - APP e a Reserva Legal - RL.

As APP são áreas especiais onde são determinadas faixas de proteção da vegetação nativa com a função de preservar elementos relevantes para o equilíbrio ecológico, como: entorno de cursos d'água, nascentes, lagoas, veredas; área com declividade acima de 45°, topos de morro, tabuleiros, chapadas, pantanais e manguezais.

As áreas de RL são porções do imóvel rural onde deve ser mantida a vegetação nativa, com percentuais estipulados de acordo com cada bioma brasileiro.

A exigência da preservação e recuperação das APP e RL é um tema amplamente debatido na sociedade brasileira, uma vez que juridicamente existe o conflito de interesses entre gozar plenamente da propriedade privada ou deixar parte da sua propriedade em prol do bem comum, preservando o meio ambiente. O direito à propriedade privada e o direito ao meio ambiente são direitos fundamentais, contudo, o interesse da coletividade deve se sobrepor ao interesse individual, uma vez que o direito e o dever de preservar o meio ambiente é tarefa de todos (CAMPOS JUNIOR, 2002).

Nesse contexto, comparando a legislação ambiental brasileira com alguns países, observa-se que o nível de exigência da proteção ambiental no Brasil é um dos mais elevados. Segundo estudos de Valverde (2010) e Chiavari e Lopes (2017), que se dedicaram a comparar a legislação do Brasil com a de outros países (Argentina, China, Alemanha, França, Canadá e Estados Unidos), é possível identificar alguns mecanismos similares a APP, que no Brasil varia de 30 a 500 m, porém, nenhum idêntico a instituição da RL, o que denota à Lei de Proteção da Vegetação Nativa Brasileira caráter ímpar.

Em relação às APP, a maior parte dos países estabelece faixas mais estreitas de preservação, como na Alemanha e na França, cuja faixa mínima é de 5 m; no Canadá e nos Estados Unidos varia entre 10 e 15 m; na China, onde existe a necessidade de proteção no entorno das áreas ripárias, a lei não estabelece as faixas e não determina as sanções legais em caso de descumprimento (CHIAVARI e LOPES, 2017).

No caso da RL, em nenhum desses países existe menção da necessidade de manutenção de uma faixa de vegetação dentro das áreas privadas. O único país que possui um instrumento similar à RL é o Paraguai (CHIAVARI e LOPES, 2017).

No Brasil os percentuais de RL variam entre 20 % e 80 % do imóvel, dependendo do bioma e de algumas ressalvas expressas na Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Recentemente, o Projeto de Lei 2.362/2019 (BRASIL, 2019), foi apresentado ao Senado, com intuito de remover

completamente a exigência de RL, sob o argumento da necessidade de aumento da produção agrícola.

Estudos como os de Lira et al., (2012) e Oliveira et al., (2017) ressaltam o papel da RL na manutenção das condições mínimas para garantia do equilíbrio ecológico. Dentre esses, o papel central na manutenção dos fluxos gênicos através do estabelecimento de corredores ecológicos (METZGER e BRANCALION, 2016; ROTHER et al., 2018), evitando o isolamento entre manchas remanescentes de vegetação nativa. Paolucci et al., (2019) ressaltam, inclusive, o papel das RL na dispersão de sementes, contribuindo também para a restauração ecológica de áreas degradadas.

Estimativas de Freitas et al., (2018) indicam que as RL são responsáveis por 21,5% do estoque de carbono acima do solo no Brasil. Desse total, 77,47 % estão concentrados em grandes propriedades, 37,83 % em pequenas propriedades e 1,62 % em médias propriedades.

Dada a importância da RL para a preservação dos RVN, e considerando os dados disponíveis na plataforma do Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR, neste estudo é proposto identificar, para cada bioma brasileiro, o papel das RL para garantia da conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa, bem como identificar qual a composição da estrutura fundiária de cada bioma e se existe alguma correlação entre o tamanho da propriedade e a quantidade de remanescente de vegetação nativa.

O SICAR é uma base de dados que concentra dados do Cadastro Ambiental Rural - CAR no Brasil, e é apontado como principal mecanismo de implementação do Código Florestal (SOARES-FILHO et al, 2014; GIBBS et al., 2015; L'ROE et al., 2016). Nessa plataforma, proprietários e posseiros de imóveis rurais devem declarar além do limite do imóvel, informações ambientais como: as APP, as RL, a cobertura do solo, as áreas de uso restrito e as de servidão administrativa.

Essa base de dados, que atualmente conta com aproximadamente 7 milhões de registros (SICAR, 2022), constitui-se um repositório de informações que possibilita que pesquisadores e gestores realizem análises ambientais que podem ser aproveitadas no gerenciamento da implementação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa no Brasil (BRASIL, 2012).

Em relação ao tamanho das propriedades, a classificação em pequena, média ou grande é estabelecida na Lei Federal 8.629 de 1993 (BRASIL, 1993). Essa definição é baseada no

módulo fiscal - MF⁴, que varia de acordo com cada município. A pequena propriedade tem no máximo 4 MF; a propriedade de tamanho médio tem entre 4 e 15 MF; grandes propriedades possuem mais de 15 MF.

A pesquisa está organizada de modo a responder qual é o perfil fundiário dos biomas a partir de dados declarados no CAR, verificando também o padrão da cobertura do solo em diferentes faixas de tamanho de imóveis; e analisando comparativamente o impacto da RL na conectividade dos remanescentes de vegetação nativa em cada bioma, considerando o grau de isolamento das manchas em dois cenários: com e sem as RL.

⁴ Estabelecido pela Lei Federal 6.746 de 1979

2. Metodologia

A **Figura 1** apresenta de forma sintetizada os passos seguidos nas análises desenvolvidas.

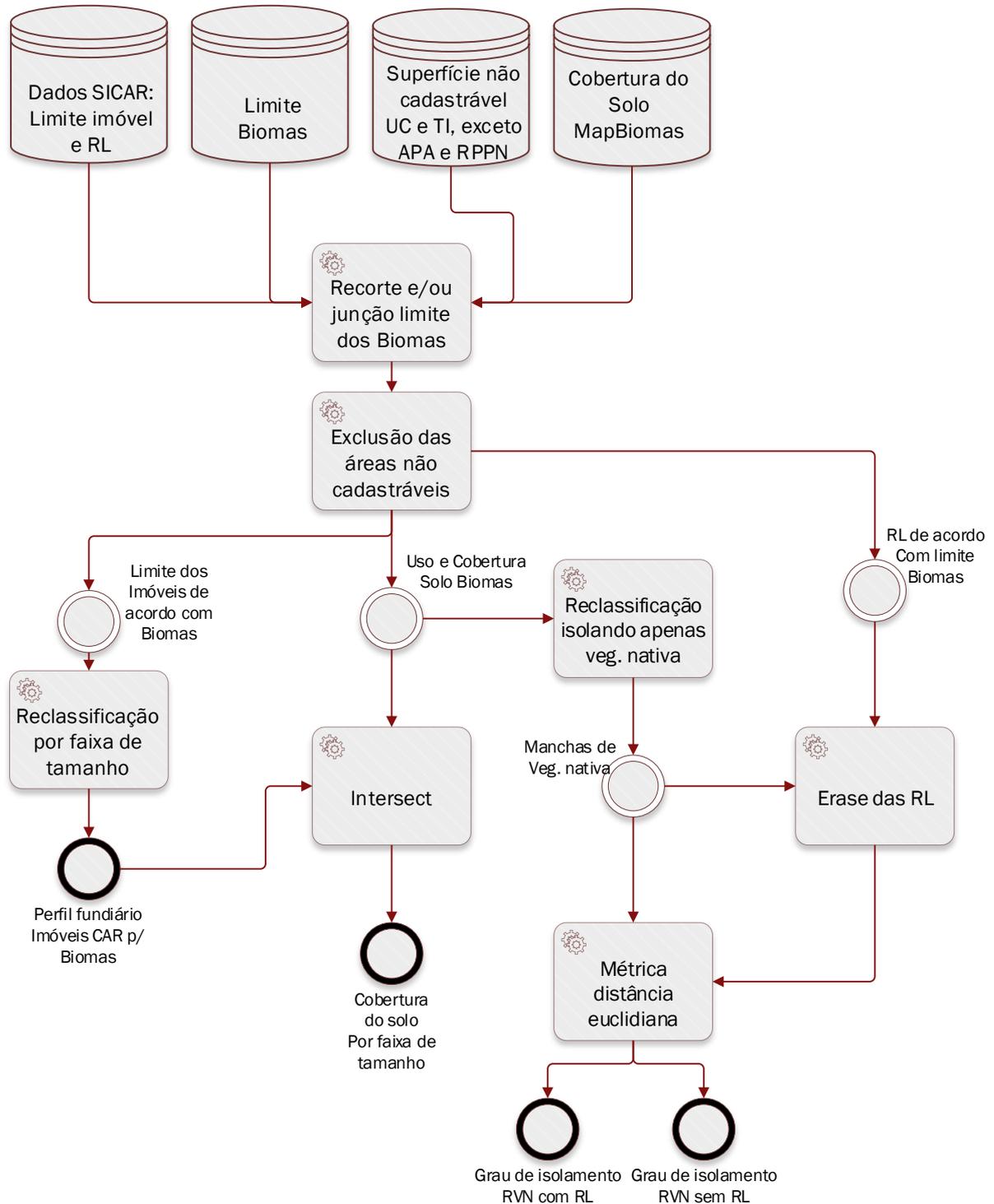


Figura 1 - Fluxograma metodológico

Os dados utilizados no presente trabalho são da base de dados do SICAR (limites dos imóveis e das RL cadastradas) e do MapBiomas (cobertura do solo).

Os limites dos imóveis e RL são recortados para o limite dos biomas; as sobreposições dos limites de imóveis declarados no CAR são eliminadas; e as áreas não passíveis de cadastramento no CAR, como as terras indígenas e as unidades de conservação que não admitem domínio privado, conforme estabelecido na Lei Federal 9.985/2000 (BRASIL, 2000).

I) Perfil Fundiário dos biomas conforme dados declarados no CAR

No caso do limite dos imóveis, é feita uma classificação quanto à classe fundiária de acordo com o estabelecido na Lei Federal 8.629/1993 (BRASIL, 1993), sintetizada na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Classificação do imóvel quanto ao tamanho em módulos fiscais.

Tamanho do Imóvel em Módulos Fiscais	Classificação do Imóvel
Até 4	Pequeno
Mais que 4 e até 15	Médio
Maior que 15	Grande

II) Cobertura do solo por categoria do imóvel quanto ao tamanho;

Para avaliar a cobertura do solo por categoria do imóvel quanto ao tamanho é realizado um cruzamento da superfície de imóveis que efetuaram o registro no CAR, para o limite dos biomas, com a cobertura do solo do MapBiomas (2021). Para simplificação da análise, as classes de cobertura do solo foram reclassificadas, conforme parâmetros apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Reclassificação do uso e cobertura do solo MapBiomas

Classe de cobertura do solo do MapBiomas	Reclassificação
Formação Florestal	Remanescentes de vegetação nativa (RVN)
Formação Campestre	
Savana	
Mangue	
Pastagem	Superfície Agropecuária
Agricultura	
Lavoura temporária e perene	
Apicum	Outros usos
Afloramento Rochoso	
Praia e Duna	
Infraestrutura urbana	
Mineração	
Corpo d'água	

III) Impacto das RL para conectividade dos remanescentes de vegetação nativa nos biomas

Baseado nos pressupostos da Ecologia de Paisagem (FORMAN e GODRON, 1986; TURNER e GARDNER, 1991), é realizada a análise do grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa, buscando avaliar-se o impacto das RL, utilizando-se para isso, métrica de paisagem da distância euclidiana em relação a mancha vizinha mais próxima (LANG e BLASCHKE, 2009), em dois cenários: com e sem as RL. Os remanescentes de vegetação nativa são obtidos a partir de reclassificação da cobertura do solo extraídos do MapBiomas, conforme apresentado na **Tabela 2**.

3. Resultados

Perfil Fundiário dos biomas conforme dados declarados no CAR

De acordo com os resultados apresentados na **Figura 2** e **Figura 3** há o predomínio, em número de imóveis, das pequenas propriedades no biomas brasileiros, que na média, representam 84% dos imóveis cadastrados no CAR, conforme gráfico da **Figura 2** e mapa da **Figura 3**. A maior proporção de pequenos imóveis é encontrada na Caatinga, onde 98,09 % dos imóveis cadastrados no CAR encontram-se nessa categoria. O bioma com a maior proporção de médias e grandes propriedades é o Pantanal, com 16,94 % e 29,18%, respectivamente.

Embora exista o predomínio de pequenos imóveis, a extensão territorial, na maior parte dos biomas, é formada majoritariamente por grandes propriedades. Analisando a média geral do Brasil, 53,93 % da área dos imóveis declarados no CAR é formada por grandes imóveis, 27,77 % por pequenos imóveis e 18,30 % por imóveis de médio porte.

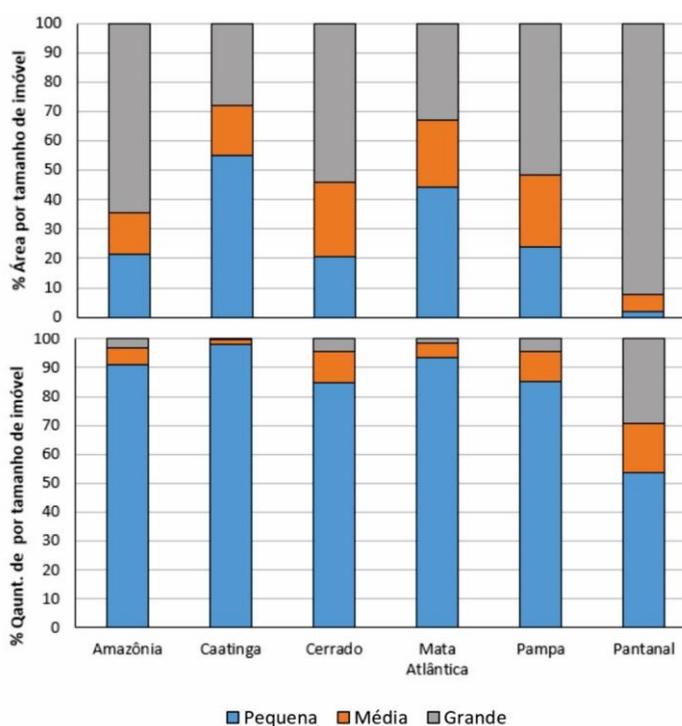


Figura 2 - Percentual representativo de área e quantidade dos imóveis declarados no CAR classificados por categoria de tamanho de imóvel

Caatinga e Mata Atlântica são os biomas onde há maior participação na área por imóveis pequenos, que representam 55,07 % e 44,13 %, respectivamente. O Pantanal é o bioma com a menor participação de imóveis pequenos na área cadastrada no CAR, apresentando 1,89 % da área. Pampa, Amazônia e Cerrado apresentam valores similares de participação dos pequenos imóveis com 23,79 %, 21,31 % e 20,43 %, respectivamente.

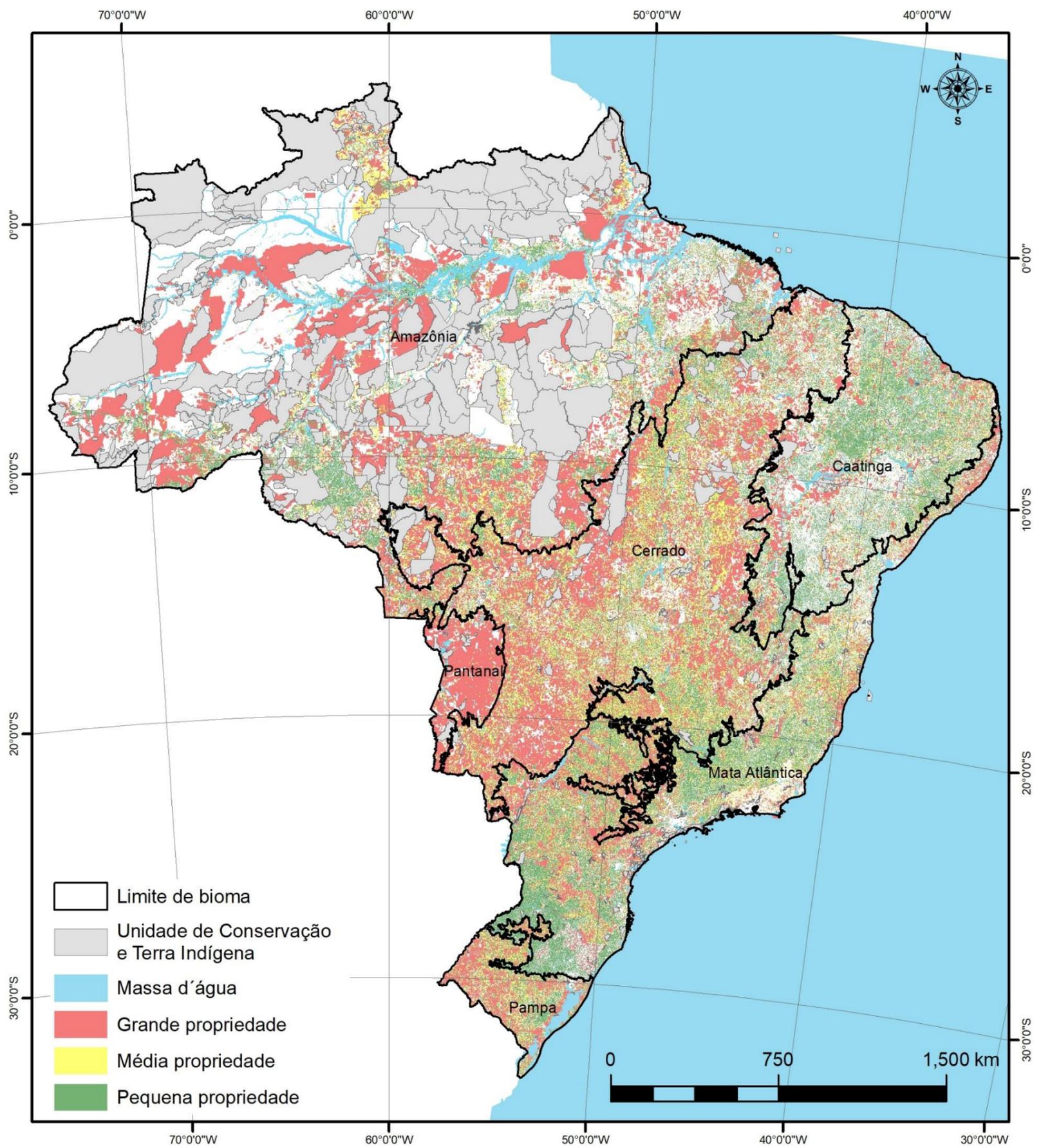


Figura 3 - Imóveis declarados no CAR classificados por categoria de tamanho

Em relação a participação da área dos grandes imóveis, essa é mais significativa no Pantanal, onde essa categoria de tamanho representa 92,25 % da área cadastrada no CAR. Esse número é seguido pela Amazônia, com 64,44 %; Cerrado, com 54,22 % e Pampa, com 51,69 %. Os menores percentuais são encontrados na Caatinga e na Mata Atlântica, com 27,87 % e 33,10 %, respectivamente.

Cobertura do solo por categoria de tamanho de imóvel

Dos imóveis cadastrados no CAR, a cobertura do solo de acordo com os dados do MapBiomas (2021), é apreseto nos gráficos da **Figura 4**. De modo geral, observa-se que há maior concentração proporcional de remanescentes de vegetação nativa e de superfícies agropecuárias nos grandes imóveis. Ou seja, essa categoria de tamanho, com exceção daqueles da Caatinga, apresentam os maiores percentuais de vegetação nativa e também de áreas a recompor, conforme corroborado por estudos de D'Antona et al.,(2006; 2011); Brondízio et al., (2009), Michalski et al., (2010) para o bioma Amazônia; de Guidotti et al., (2017) para todos os biomas.



Figura 4 - Cobertura do solo separado por categoria de tamanho dos imóveis.

No caso da Caatinga, proporcionalmente, existe maior concentração de remanescentes de vegetação nativa e de superfícies agropecuárias nas propriedades pequenas, conforme pode ser observado no gráfico da **Figura 2**, uma vez que esse bioma é formado majoritariamente, em número de imóveis e em área, por pequenas propriedades (MORAIS, 2019). As pequenas propriedades representam mais de 50% da área e mais de 95% do número de imóveis rurais.

Em relação ao Pantanal, como mais de 90 % da sua área é formada por grandes propriedades - gráfico da **Figura 2**, é esperado que a maior concentração de vegetação nativa ocorra nessa categoria de imóvel. O mesmo padrão foi encontrado nos estudos de Braz et al., (2020). Segundo estudos de Melo et al, (2020) e Araújo et al., (2018), a extensão territorial do Pantanal é ocupada predominantemente por imóveis grandes ou por latifúndios, que representam 93% da área desse bioma.

Avaliando-se a proporção de superfícies agropecuárias encontradas nos imóveis cadastrados no CAR, apresentados no gráfico da **Figura 5**, é possível estabelecer um ranqueamento do nível de alteração da cobertura vegetal nativa relativa entre os biomas, sendo observado que Mata Atlântica, Pampa e o Cerrado apresentam maior proporção média de superfícies agropecuárias, 48,11%, 50,39 % e 58,38 %, respectivamente.

Pantanal, Amazônia e Caatinga possuem imóveis com áreas mais conservadas, apresentado os menores índices de superfícies agropecuárias: 16,94 %, 25,37 % e 38,88%, respectivamente.

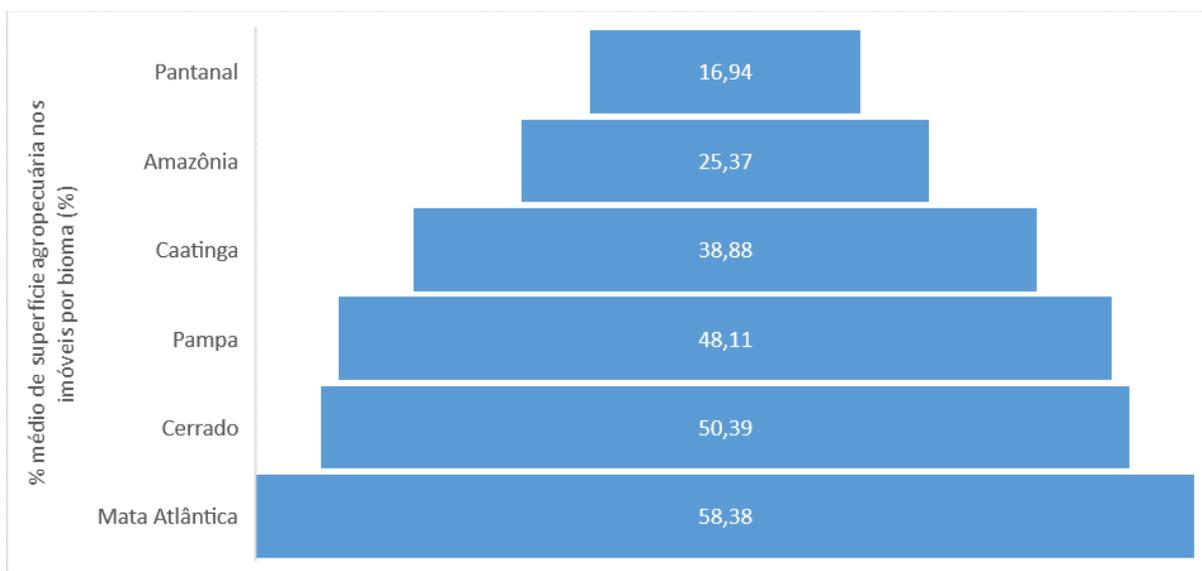


Figura 5 - Percentual médio de superfícies agropecuárias da área cadastrada no CAR nos biomas brasileiros.

Conectividade dos remanescentes de vegetação nativa nos biomas: Impacto das RL

Considerando o grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa, observa-se que em todos os biomas, a maior parte das manchas estão a uma distância de até 100 m uma das outras, em ambos os cenários avaliados: com e sem as RL, conforme representado no mapa da **Figura 6**.

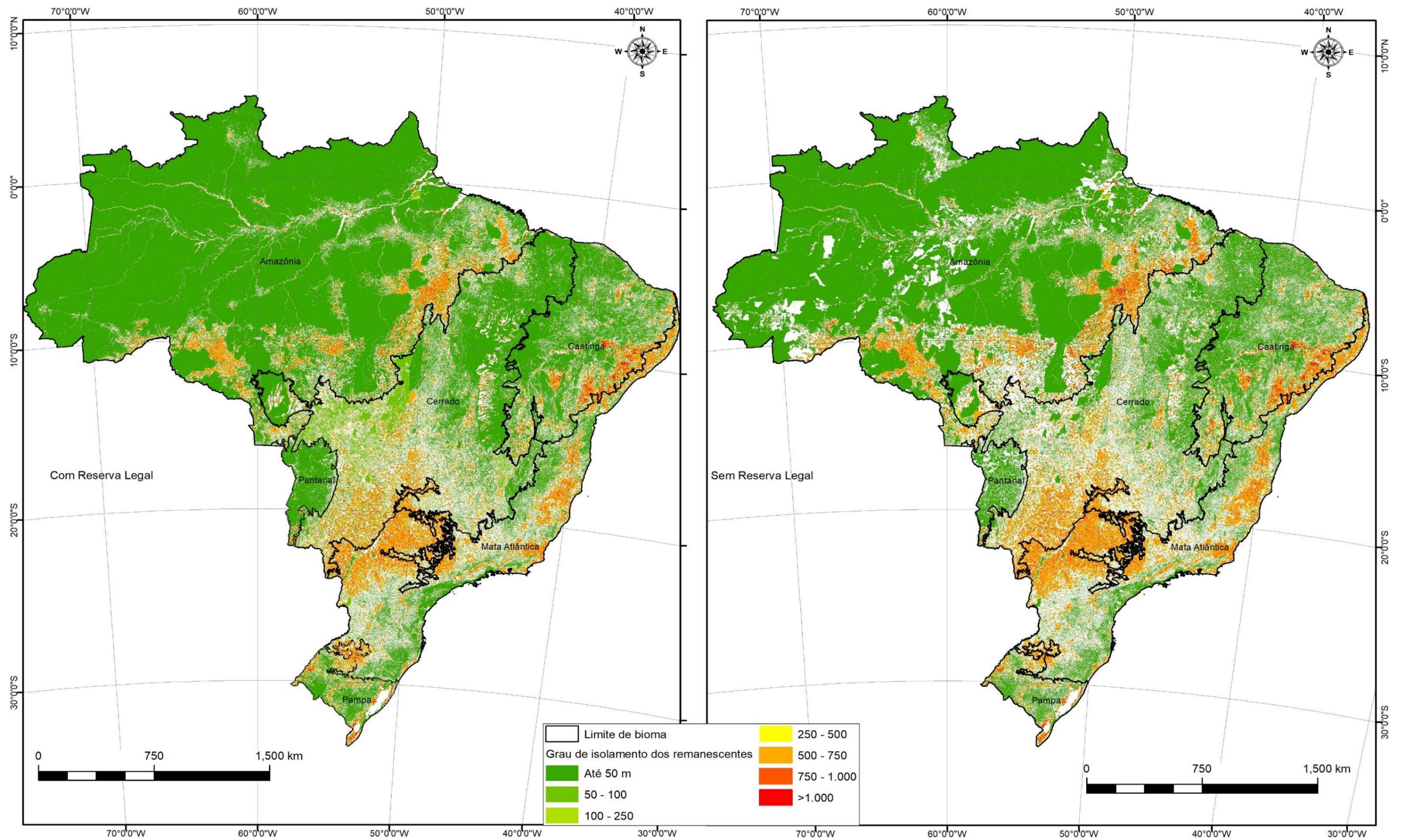
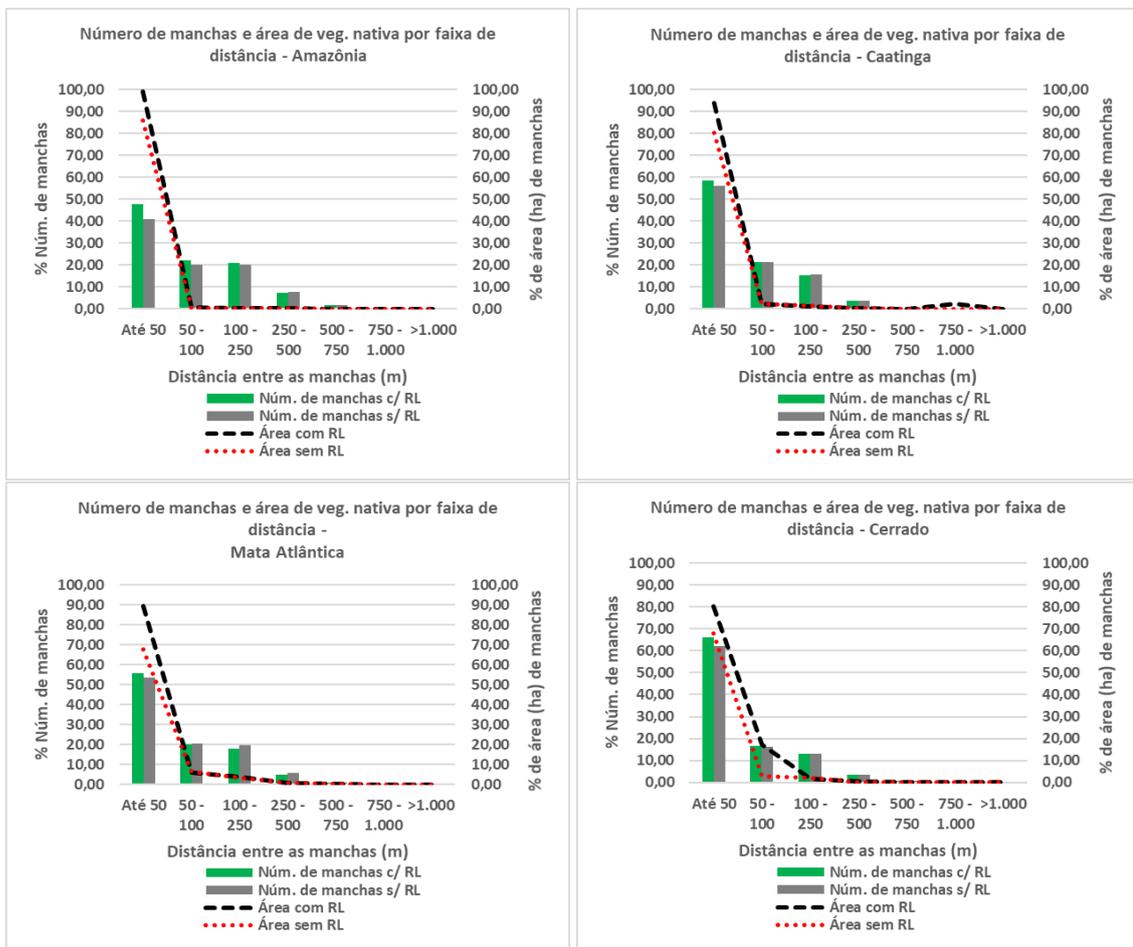


Figura 6 - Grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa dos biomas brasileiros: Cenários com e sem as áreas de reserva legal

Nos gráficos da **Figura 7** é apresentada, para cada bioma, a quantidade de manchas e a área de remanescentes de vegetação nativa por intervalo de distância considerado na aplicação da métrica de distância euclidiana.

De modo geral, a concentração de área no intervalo para manchas com distância de até 100 m tende a diminuir no cenário que não considera as RL. Na média, no cenário com RL, 97,28 % das manchas estão a uma distância de até 100 m umas das outras, contra 78,76 % no cenário sem as RL. Há uma variação média de 18,52 % de área nesse intervalo de distância.

As maiores variações da quantidade de manchas de vegetação nativa - em termos de área, no intervalo de até 100 m foram observadas no Cerrado, Pantanal e na Mata Atlântica: 26,78 %, 26,44 % e 21,75 %, respectivamente, conforme dados apresentados no gráfico da **Figura 8**. Amazônia e Caatinga apresentam variação intermediária nos cenários com e sem RL, com percentuais de 13,19 % e 13,94 %, respectivamente. O Pampa apresentou a menor variação, 9,75 %.



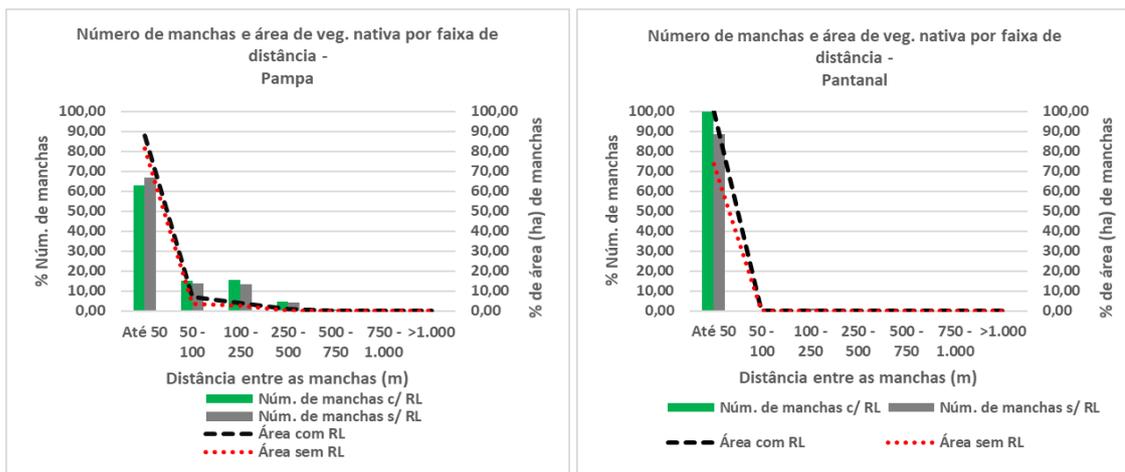


Figura 7 - Número de manchas e área de remanescentes de vegetação nativa por intervalo de distância.

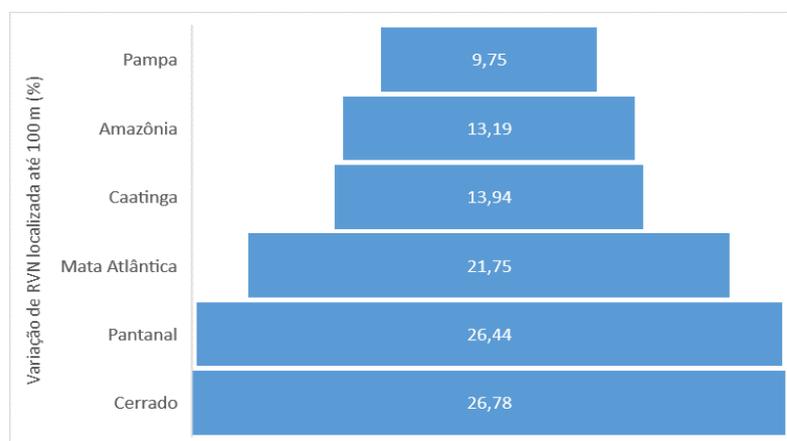


Figura 8 - Variação da quantidade de RVN em hectares para manchas localizadas a uma distância de até 100 m uma da outra

Cabe ressaltar que a avaliação dos cenários com e sem RL sofre influência da declaração correta no CAR. Conforme dados apresentados na **Tabela 3**, existe uma variação no número de imóveis que declararam RL entre os biomas. Sem considerar as ressalvas previstas no Código Florestal, como os Artigos 67 e 68, em 93,11 % dos imóveis, houve declaração de RL no Pampa, bioma com maior proporção de declaração de RL. No bioma Mata Atlântica, que é o bioma com a menor proporção de remanescentes de vegetação nativa, é encontrado o menor percentual de declaração de RL em relação ao número de imóveis.

Tabela 3 - Percentual de imóveis que declararam RL

Bioma	% de imóveis que declararam RL
Mata Atlântica	63,15
Pantanal	69,44
Caatinga	70,42
Cerrado	77,30
Amazônia	82,56
Pampa	93,11

4. Conclusões

Neste trabalho foi mapeado o perfil fundiário dos biomas brasileiros a partir dos dados declarados no CAR, constatado que embora exista um número expressivo de pequenas propriedades, na maioria dos biomas, a área é formada por médias e grandes propriedades. Apenas na Caatinga a maior proporção da área advém das pequenas propriedades. Esses dados vão de encontro a um antigo problema fundiário do Brasil: a concentração de terra - sendo que a maior parte dessas terras são improdutivas (DEININGER e BYERLEE, 2012; PAULINO, 2014; REYDON et al., 2015).

As grandes propriedades, por ocuparem maior extensão de terra, tem grande influência na conservação dos remanescentes de vegetação nativa e nas áreas de uso alternativo do solo. Com exceção da Caatinga, em todos os demais biomas há, simultaneamente, maior concentração de remanescentes de vegetação nativa e de superfícies agropecuárias nas grandes propriedades.

Nas grandes propriedades estão concentrados, considerado o bioma Amazônia, 46,72 % das superfícies agropecuárias; e 70,68 % dos remanescentes de vegetação nativa. No Cerrado, 52,05 % de toda superfície agropecuária; e 55,28 % dos remanescentes de vegetação nativa. Na Mata Atlântica, 48,87 % das superfícies agropecuárias; e 46,02 % dos remanescentes de vegetação nativa. No Pampa, 51,97 % de toda superfície agropecuária e 49,35 % dos remanescentes de vegetação nativa. No Pantanal, 87,77 % das superfícies agropecuárias e 93,79 % dos remanescentes de vegetação nativa. Na Caatinga, as pequenas propriedades é que concentram, simultaneamente, as maiores área de vegetação nativa (48,09 %) e de superfícies agropecuárias (65,05%).

Considerando a avaliação do grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa, observa-se que a exclusão das RL, conforme intenção de alguns projetos, como o Projeto de Lei 2.362/2019 (BRASIL, 2019), implica na redução do número de manchas e da área de vegetação nativa principalmente entre os fragmentos em uma distância de até 100 m. Esse impacto seria maior no Pantanal, Mata Atlântica e no Cerrado, que perderiam 26,44%, 21,75 % e 26,78 %, respectivamente de RVN. Somado, isso representa aproximadamente 39 milhões de hectares a menos, apenas nesses três biomas e nessa faixa de distância de até 100 m. No Amazonas, a redução seria de 13,20 %, o que representa aproximadamente 47 milhões de hectares de RVN. No Pampa a redução seria de 9,74%, o que representa aproximadamente 1 milhão de hectares.

O cenário de exclusão das RL, impactaria de forma significativa a estrutura da paisagem e o grau de conectividade entre os remanescentes de vegetação nativa. Com isso, outros impactos seriam percebidos, como aumento das emissões de carbono e a perda de habitats. Além disso, outros efeitos como perda de solo e alteração nos regimes climáticos, impactariam inclusive as produções agrícolas que tanto pressionam essas áreas protegidas. Nesse sentido, fica latente o papel da propriedade privada na conservação dos RVN, contribuindo para manutenção do equilíbrio ecológico e garantia das produções.

A análise comparativa da legislação ambiental brasileira com outros países, evidenciou que a Lei ambiental brasileira é uma das mais avançadas e rigorosas, contudo, carece de mecanismos de implementação e fiscalização. Nesse cenário, o CAR desponta como a principal ferramenta de implementação do Código Florestal Brasileiro.

Nessa pesquisa, que teve como base de dados as informações disponibilizadas no SICAR, ficou evidenciada a importância dessa política pública no melhor conhecimento do perfil fundiário do país e na simulação de impactos ambientais considerando cenários com e sem as RL e seus desdobramentos.

Referências

- ARAÚJO, A. G. J.; MONTEIRO, A. M. V.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, L. T.; GRILO, L. M.; TEIXEIRA, D. L. S.; SOUZA, M. T. Beef cattle production systems in South Pantanal: considerations on territories and integration scales. **Land**, 7(4), 1-14, 2018.
- BRAZ, A. M.; MELO, D. S.; BONI, P. V.; DECCO, H. F. A estrutura fundiária do Pantanal brasileiro. **Finisterra**, v. 113, p. 157-174, 2020.
- BRONDÍZIO, E. S. et al. Small farmers and deforestation in Amazonia. In: KELLER, M.; BUSTAMENTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Eds.). **Geophysical Monograph Series**. Washington, D. C.: American Geophysical Union, 2009. v.1, 186p., pp.117-143.
- CAMPOS JUNIOR, R. A. O conflito entre o direito de propriedade e o meio ambiente e a questão da indenização das áreas de preservação florestal. Dissertação
- CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. Forest and land use policies on private lands: an international comparison. **INPUT: Iniciativa para o Uso da Terra**.
- D'ANTONA, A.; VANWEY, L.; HAYASHI, C. Property Size and Land Cover Change in the Brazilian Amazon. **Population and Environment**. v.27. p. 373-396, 2006. 10.1007/s11111-006-0031-4.
- D'ANTONA, A.; VANWEY, L.; HAYASHI, C. Polarização da estrutura fundiária e mudanças no uso e na cobertura da terra na Amazônia. **Acta Amazonica**. v. 41. p. 223-232, 2011.
- DEININGER, K.; BYERLEE, D. The Rise of Large Farms in Land Abundant Countries: Do They Have a Future? **World Development**. 2012, v. 40, p. 657-864.
- EITEN, G. 1983. **Classificação da vegetação do Brasil** Brasília, CNPq.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.
- GIBBS, H.K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D.C.; NOOJIPADY, P.; Soares-Filho, B.; BARRETO, P.; MICOL, L.; WALKER, N.F. Brazil's soy moratorium. **Science**, v. 347, p. 377-378, 2015.
- GUIDOTTI, V.; FREITAS, F. L. M.; SPAROVEK, G.; PINTO, L. F. G.; HAMAMURA, C.; CARVALHO, T.; CERIGNONI, F. Números detalhados do novo código florestal e suas implicações para os PRAs: **Sustentabilidade em Debate 5: IMAFLORA**, 2017.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- LIRA, P.K.; TAMBOSI, L.R.; EWERS, R.M.; METZGER, J.P.; 2012. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **For. Ecol. Manage**. v. 278, p. 80-89, 2012.
- L'ROE, J., RAUSCHB, L., MUNGERB, J., GIBBS, H. K. Mapping properties to monitor forests: Landholder response to a large environmental registration program in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**. v. 57, p. 193-203, 2016.
- METZGER, J.P., BRANCALION, P.H.S. **Landscape Ecology and Restoration Processes**. In: M.A., Zedler, P., Falk, J.B.D. (Eds.), **Foundations of Restoration Ecology**. Island Press, Washington, D.C. pp. 90-120, 2016.

- MICHALSKI, F.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Rural property size drives patterns of upland and riparian forest retention in a tropical deforestation frontier. **Global Environmental Change**, v.20, n.4, p.705-712, 2010.
- MORAIS, J. R. G. Estabelecimentos Rurais Camponeses no Bioma Caatinga de clima semiárido e os: perspectivas e desafios na atualidade. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.1, p.29-47, 2019.
- OLIVEIRA, T.E.; FREITAS, D.S., GIANEZINI, M., RUVIARO, C.F., ZAGO, D., MÉRCIO, T.Z. Agricultural land use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. **Land Use Policy**. v. 63, p. 394-400, 2017.
- Overbeck, G.E.; Müller, S.C.; Fidelis, A.; Pfadenhauer, J.; Pillar, V.D.; Blanco, C.C.; Boldrini, I.I.; Both, R.; Forneck, E.D. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.** 2007, 9, 101-116.
- OVERBECK, G.E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; SCARANO, F.R.; LEWINSOHN, T.M.; FONSECA, C.R.; MEYER, S.T.; MÜLLER, S.C.; CEOTTO, P.; DADALT, L.; DURIGAN, G.; GANADE, G.; GOSSNER, M. M.; GUADAGNIN, D. L.; LOREZEN, K.; JACOBI, C. M.; WOLFGANG, W. W.; PILLAR, V. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**. 2015, v. 21, p. 1455-1460.
- PAOLUCCI, L.N.; PEREIRA, R.L.; RATTIS, L.; SILVÉRIO, D.V.; MARQUES, N.C.S.; MACEDO, M.N. Lowland tapirs facilitate seed dispersal in degraded Amazonian forests. **Biotropica**. v. 51, p. 245-252, <http://dx.doi.org/10.1111/btp.12627>.
- PAULINO, E. T. The agricultural, environmental and socio-political repercussions of Brazil's land governance system. **Land Use Policy**. 2014, v. 36, p. 134-144.
- PEREIRA, E.; FERREIRA, P.; RIBEIRO, L. C.; CARVALHO, T.; PEREIRA, H. Policy in Brazil (2016-2019) threaten conservation of the Amazon rainforest. **Environmental Science & Policy**. 2019, v. 100. P. 8-12. 10.1016/j.envsci.2019.06.001.
- Projeto MapBiomas - Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, acessado em dezembro de 2021 através do link: <https://mapbiomas.org/download>
- RAUSCH, L.; GIBBS, H.; SCHELLY, I. BRANDÃO JUNIOR, A.; MORTON, D.; CARNEIRO FILHO, A.; STRASSBURG, B.; WALKER, N.; NOOJIPADY, P.; BARRETO, P.; MEYER, D. Soy expansion in Brazil's Cerrado. **Conservation Letters**. 2019, v. 12. 10.1111/conl.12671.
- REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land tenure in Brazil: The question of regulation and governance. **Land Use Policy**. 2015, v. 42, p. 509-516.
- ROTHER, D.C.; VIDAL, C.Y.; FAGUNDES, I.C.; METRAN DA SILVA, M.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. How Legal-Oriented Restoration Programs Enhance Landscape Connectivity? Insights From the Brazilian Atlantic Forest. **Tropical Conservation Science**. v. 11, 2018
- SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., RODRIGUES, H., ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**. v. 344, p. 363-364, 2014.

SOBRINHO, M.S.; TABARELLI, M.; MACHADO, I.C.; SFAIR, J.C.; BRUNA, E.M.; LOPES, A.V. Land use, fallow period and the recovery of a Caatinga forest. **Biotropica**. 2016, v. 48, p. 586-597

SOUZA, C.; ZANIN SHIMBO, J.; ROSA, M.; PARENTE, L.; ALENCAR, A.; RUDORFF, B.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.; OLIVEIRA, S.; ROCHA, W.; FONSECA, A.; BALZANI, C.; DINIZ, C.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E.; VÉLEZ-MARTIN, E.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**. 2020, v. 12. 10.3390/rs12172735.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**. 1999, v. 91, p. 119-127.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. (Ed). **Quantitative methods in landscape ecology**. New York: Springer, 1991. 536 p.

VALVERDE, S. R.; SOUZA, D. N.; OLIVEIRA, R. P.; FONSECA, E. M. B. Estudo comparativo da legislação florestal sobre áreas de preservação permanente e reserva legal. **Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico**. Viçosa, 2010.

**Manuscrito 5 - Cadastro Ambiental Rural - quanto falta e quanto sobra após 8 anos de
implementação?**

Cadastro Ambiental Rural - quanto falta e quanto sobra após 8 anos de implementação?

Resumo. Este estudo tem como objetivo investigar os dados do Cadastro Ambiental Rural - CAR, procurando responder o quanto falta para cadastramento e o quanto de áreas que não deveriam estar registradas no CAR. Para alcançar esses objetivos é necessário extrair os dados referentes a área cadastrada no CAR e determinar, para todo o território nacional, qual é a área passível de cadastramento e a área não passível de cadastramento. Uma vez delimitada essas áreas, é identificado o quanto falta - área passível de registro no CAR que ainda não foi cadastrada; e o quanto sobra - áreas que não deveriam estar registradas no CAR e que por algum motivo foram declaradas na plataforma, como exemplo, registros de imóveis em unidades de conservação que não admitem domínio privado e em florestas públicas não destinadas. Essa avaliação tem como recorte territorial os limites dos biomas, sendo possível analisar comparativamente o estágio de implementação dessa política pública entre os biomas. Foi que os biomas Pampa, Pantanal possuem mais de 80% da área passível de cadastramento registrada no CAR; Cerrado e Mata Atlântica estão próximos a 80% de área registrada; Amazônia e Caatinga com menos de 60% da área passível de cadastramento registrada no CAR. Sobre as áreas registradas no CAR em áreas não passíveis de cadastramento, foi observado que na Amazônia está concentrada mais de 82%. A composição dessas áreas cadastradas ilegalmente advém de registros em florestas públicas não destinadas, que representam 145.117 km² ou 49% do total das áreas registradas no CAR em locais não passíveis de cadastramento; e em unidades de conservação que não admitem domínio privado, equivalem a 135.200 km² ou 45%. Ações de fomento ao registro no CAR devem ser incentivadas na Amazônia e na Caatinga. As ações de investigação e cancelamento de cadastros em áreas não passíveis de cadastramento devem se concentrar na Amazônia.

Palavras-chave: Código Florestal Brasileiro; florestas públicas não destinadas; Biomas

Abstract. This study aims to investigate the data from the Rural Environmental Registry - CAR, trying to answer how much is missing for registration and how many areas that should not be registered in the CAR. In order to achieve these objectives, it is necessary to extract the data referring to the area registered in the CAR and determine, for the entire national territory, which is the area subject to registration and the area not subject to registration. Once these areas are delimited, how much is missing is identified - area subject to registration in the CAR that has not yet been registered; and how much is left over - areas that should not be registered in the CAR and that for some reason were declared on the platform, for example, registrations in conservation units that do not admit private domain and in public forests that are not destined. This evaluation has the limits of the biomes as a territorial study area, making it possible to comparatively analyze the stage of implementation of this public policy between the biomes. It was observed that the Pampa and Pantanal biomes have more than 80% of the area subject to registration, registered in the CAR; Cerrado and Atlantic Forest are close to 80% of the registered area; Amazônia and Caatinga with less than 60% of the area eligible for registration registered in the CAR. Regarding the areas registered in the CAR in areas not subject to registration, it was observed that in the Amazon it is concentrated more than 82%. The composition of these illegally registered areas comes from registrations in non-destined public forests, which represent 145,117 km² or 49% of the total areas registered in the CAR in places that cannot be registered; and in conservation units that do not admit private domain, they are equivalent to 135,200 km² or 45%. Actions to promote CAR registration should be encouraged in the Amazon and Caatinga. Actions to investigate and cancel registrations in areas that cannot be registered should focus on the Amazon.

Keywords: Brazilian Forest Code; unintended public forests; biomes

1. INTRODUÇÃO

As políticas de gestão ambiental de um território passam necessariamente pelo reconhecimento específico e detalhado desse território em todas as escalas (ESCOBAR, 2008); (JASIEWICZ e STEPINSKI, 2013); (VANDER MEER e MOREL, 2019). O Brasil, ensaiou um programa pontual e útil de reconhecimento territorial nos anos de 1960 com o Projeto RADAM-Brasil, material útil naquele momento e utilizável até os tempos atuais (GUTBERLET, 2002); (CHAGAS e RABELO, 2015).

No contexto atual, uma das principais políticas de regularização ambiental do Brasil, o CAR - Cadastro Ambiental Rural, completa, em 2022, 8 anos do início de sua implementação. Desde seu lançamento, os esforços se concentraram no cadastramento dos imóveis rurais do Brasil, pois a adesão ao programa é considerada a porta de entrada para a implementação do Código Florestal Brasileiro - CFB, alcançando a regularização e monitoramento da regularidade ambiental dos imóveis rurais (ROITMAN et al., 2018).

Nos últimos anos, há também uma preocupação crescente com a análise das informações declaradas pelos produtores rurais, pois a partir dessa conferência é que será possível identificar com precisão, as áreas de passivos e ativos de vegetação nativa (ANTONACCIO, et al., 2018). Após a análise, o produtor rural poderá acessar as outras às próximas etapas de implementação previstas no CFB, como: as Cotas de Reserva Ambiental - CRA e ao Programa de Regularização Ambiental - PRA (PACHECO, et al., 2021).

Segundo o Boletim informativo do CAR (SFB, 2022), dos 6,5 milhões de cadastros até abril de 2022, 22% passaram por algum tipo de análise - que envolve análises automatizadas e de equipe. Contudo, atualmente, apenas 28.631 imóveis ou 0,43 % do total cadastrado tem a regularidade ambiental analisada e validada pelos órgãos estaduais de meio ambiente.

Os motivos para essa demora são diversos e precisam de um estudo específico, porém, é possível elencar como principais razões: a complexidade das análises envolvidas que demandam conhecimentos de geoprocessamento, sensoriamento remoto e de legislação ambiental; a inexistência de insumos cartográficos atualizados e de qualidade para subsidiar as análises; o nível de aparelhamento dos órgãos estaduais de meio ambiente - tanto em recursos

humanos quanto de equipamentos; a dificuldade do produtor rural em responder às notificações do CAR; a não exigência legal de se ter o CAR analisado.

No CAR é feito o registro dos atributos ambientais dos imóveis, como a cobertura do solo, as áreas de preservação permanente - APP e as áreas de reserva legal - RL. Com isso, essa política pública, resultou em um banco de dados com informações sobre a regularidade ambiental dos imóveis cadastrados (ROITMAN et al., 2018).

Embora a qualidade das informações declaradas no CAR careça da análise e validação dos órgãos estaduais de meio ambiente (SOUZA, 2016; DANTAS, 2020; APARECIDO, 2021), este estudo não pretende avaliar a qualidade dessas informações, mas usar os limites dos imóveis declarados para verificar lacunas de áreas ainda passíveis de cadastramento e identificar onde estão os conflitos - ou seja, áreas que não deveriam estar no CAR, por não admitirem domínio privado.

Saber quais áreas passíveis de cadastramento ainda não estão no CAR, constitui-se em uma informação útil e que pode direcionar ações de fomento ao registro de imóveis na plataforma. Nesse mesmo contexto, mapear o cadastramento de áreas no CAR em locais não passíveis de cadastramento, como por exemplo, unidades de conservação que não admitem domínio privado e florestas públicas não destinadas, pode ser um dado utilizado como um indicador de conflitos ambientais e/ou fundiários.

Conforme abordado anteriormente, como as etapas posteriores ao registro no CAR não avançaram, em função do estágio da análise, das dificuldades das secretarias estaduais de meio ambiente na análise e do produtor no atendimento às notificações, o foco deste estudo é na etapa de cadastro, que após 8 anos e diversas extensões de prazo para adesão, ainda não atingiu 100% da área passível de cadastramento, como será demonstrado adiante.

Segundo dados disponíveis na plataforma do SICAR (2022), até abril de 2022, havia aproximadamente 6,5 milhões de imóveis rurais cadastrados no CAR, totalizando uma área de 616 milhões de hectares. Essa área representa aproximadamente 72% da área do território brasileiro, que possui 851 milhões de hectares.

Dos 851 milhões de hectares do Brasil, apenas uma parte é passível de cadastramento no CAR, uma vez que se deve excluir áreas como unidades de conservação - UC que não admitem domínio privado, terras indígenas - TI e florestas públicas não destinadas, que são territórios não passíveis de cadastramento (AZEVEDO-RAMOS e MOUTINHO, 2018; SPAVOREK et al., 2019; AZEVEDO-RAMOS, et al., 2020).

Conforme demonstrado em alguns estudos, como os de Oliveira e Brugnara (2018); Cazula (2021), existe imóveis registrados no CAR em setores não cadastráveis, refletindo ações de grilagem de terras e conflitos fundiários. Saber exatamente a quantidade de área registrada no CAR nesses territórios, permite a obtenção de uma estimativa da quantidade de conflitos e de como se dá a sua distribuição no Brasil.

Ainda nesse contexto, é sabido que a área registrada no CAR (616 milhões de ha) apresenta sobreposições, sendo necessários procedimentos de eliminação dessas sobreposições para estimar a área real da superfície cadastrada no CAR.

A identificação da superfície cadastrada no CAR sem sobreposições é o ponto de partida para as análises que são conduzidas neste trabalho: identificação de áreas passíveis de cadastramento que ainda não estão no CAR e identificação de áreas não passíveis de cadastramento que estão no CAR.

Como recorte territorial optou-se pela avaliação por biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Essa avaliação por bioma visa identificar como está a adesão ao CAR nos biomas e responder quais biomas tem áreas em conflito. Os procedimentos metodológicos adotados para o diagnóstico são detalhados Seção 2.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos envolvem análises geoespaciais e são sintetizados de forma esquemática na **Figura 1**. A partir do cruzamento entre os limites dos imóveis obtidos no SICAR, o limite dos biomas IBGE (2019) e as áreas não cadastráveis CNUC (2022), SFB (2022) e FUNAI (2022), são obtidas a superfície de imóveis registrados no CAR sem sobreposições; a área passível de cadastramento no CAR em cada bioma, a área cadastrada em área passível de cadastramento e a área cadastrada em áreas não passíveis de cadastramento.

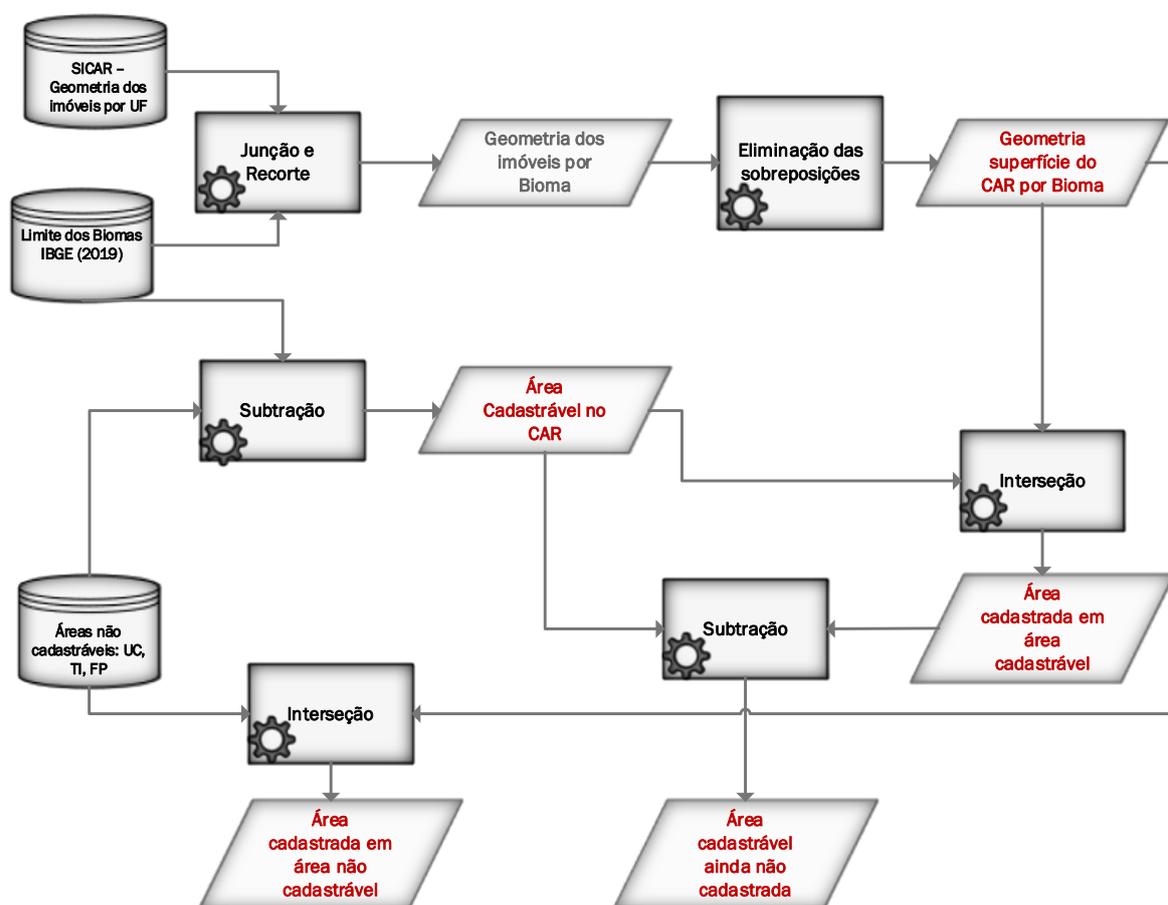


Figura 1 - Fluxograma metodológico geral

Obtenção da Área Cadastrada no CAR

Para obtenção da área cadastrada no CAR, faz-se uma consulta dos limites dos imóveis das 27 unidades federativas - UF do Brasil, no banco de dados do SICAR, sendo obtida a área dos imóveis por UF, que corresponde ao limite geométrico dos imóveis registrados no CAR. A seguir os dados são agregados de acordo com o limite dos biomas brasileiros publicados pelo

IBGE (2019). São considerados apenas os imóveis nas seguintes condições: ativos, pendentes e suspensos. Imóveis cancelados não são considerados.

Por se tratar de dados declaratórios, ainda não totalmente analisados, existem algumas inconsistências associadas às sobreposições. Como forma de obter-se a área da superfície cadastrada no CAR sem sobreposições, é realizado um processamento para eliminar essas sobreposições, conforme ilustrado na **Figura 2**, obtendo-se ao final, um único polígono para toda a área cadastrada do CAR por bioma.



Figura 2 - Área Cadastrada (imagem da esquerda) x Superfície sem sobreposições (imagem da direita).

Área cadastrável, área não passível de cadastramento e conflitos do CAR

No presente estudo, a área não passível de cadastramento no CAR é composta pelos seguintes territórios:

- Unidades de Conservação que não admitem domínio privado: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional, Estadual ou Municipal e Reserva de Fauna (CNUC, 2022);
- Terras Indígenas (FUNAI, 2022);
- Áreas densamente ocupadas (IBGE, 2021);
- Massa d'água (IBGE, 2021);
- Florestas públicas sem destinação definida (SFB, 2022).

Para obtenção da área cadastrável para cada bioma, é realizada uma subtração entre a geometria dos biomas e as áreas não cadastráveis, conforme ilustrado na **Figura 3**.

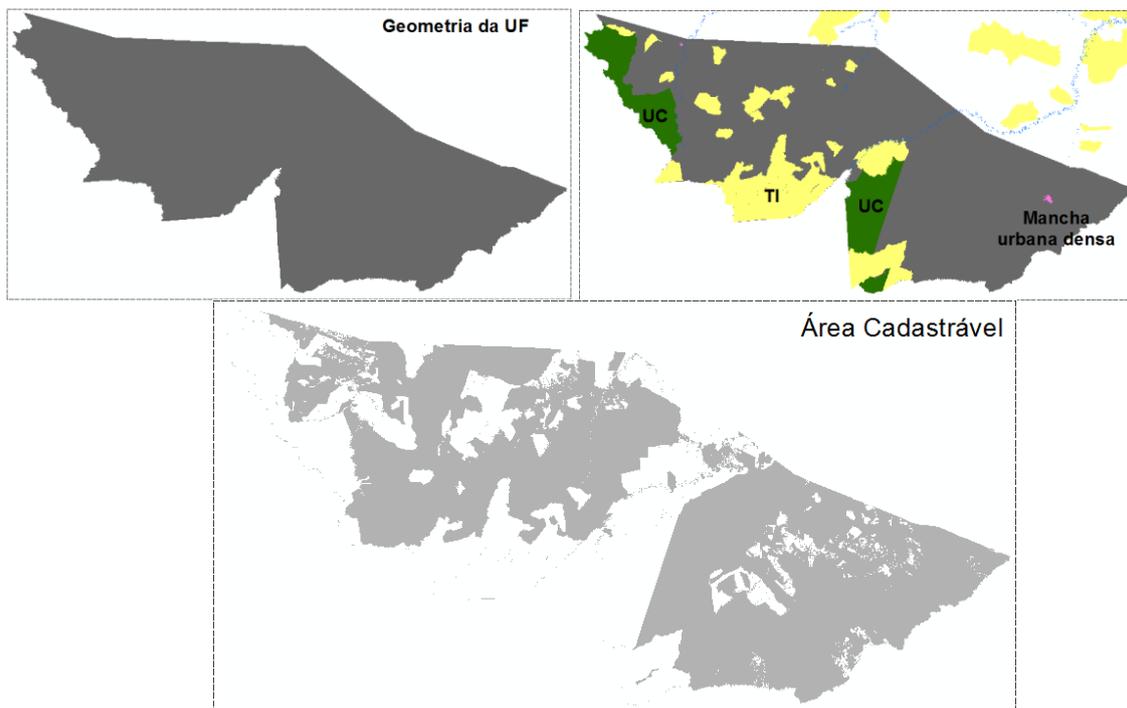


Figura 3 - Representação esquemática do procedimento de obtenção da área cadastrável.

Área não cadastrável registrada no CAR

A área não passível de cadastramento registrada no CAR é obtida a partir da sobreposição entre a área não cadastrável com a área registrada no CAR. Com isso, obtém-se a área de imóveis em áreas de UC, TI e terras públicas não destinadas.

Área Cadastrável ainda não registrada no CAR

A obtenção da área ainda passível de cadastramento no CAR é alcançada a partir da subtração entre a área cadastrável e a superfície cadastrada, conforme representação esquemática apresentada na **Figura 4**.

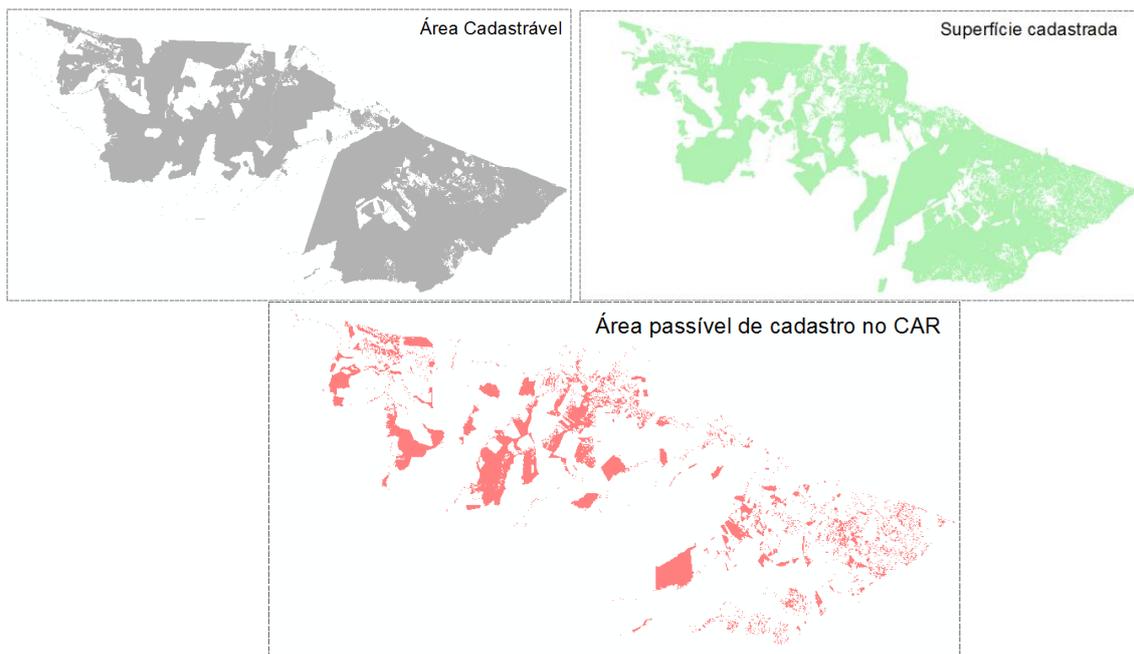


Figura 4 - Representação esquemática da obtenção da área ainda passível de cadastro no CAR.

O resultado das operações geométricas entre a área cadastrável e a superfície cadastrada, resulta na área passível de cadastramento no CAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do cálculo das áreas cadastráveis e não cadastráveis no CAR, apresentado na **Figura 5** e na **Tabela 1**, mostra que a maior parte dos biomas brasileiros apresenta mais de 90% de sua área como passível de cadastramento no CAR. Apenas a Amazônia, que possui muitas UC e florestas públicas não destinadas, apresenta um percentual menor do que 50%.

Tabela 1 - Áreas dos biomas e áreas passíveis e não passíveis de cadastramento no CAR por bioma.

Bioma	Área do Bioma (ha)	Área não cadastrável (ha)	Área Cadastrável (ha)	% Área do Bioma x área passível de cadastramento
Caatinga	862.633,02	33.769,84	828.863,18	96,09
Amazônia	4.215.410,34	2.340.881,32	1.874.529,03	44,47
Mata Atlântica	1.106.842,62	58.326,69	1.048.515,93	94,73
Cerrado	1.984.545,72	162.719,00	1.821.826,73	91,80
Pantanal	150.960,93	11.692,31	139.268,61	92,25
Pampa	193.947,57	18.238,52	175.709,05	90,60

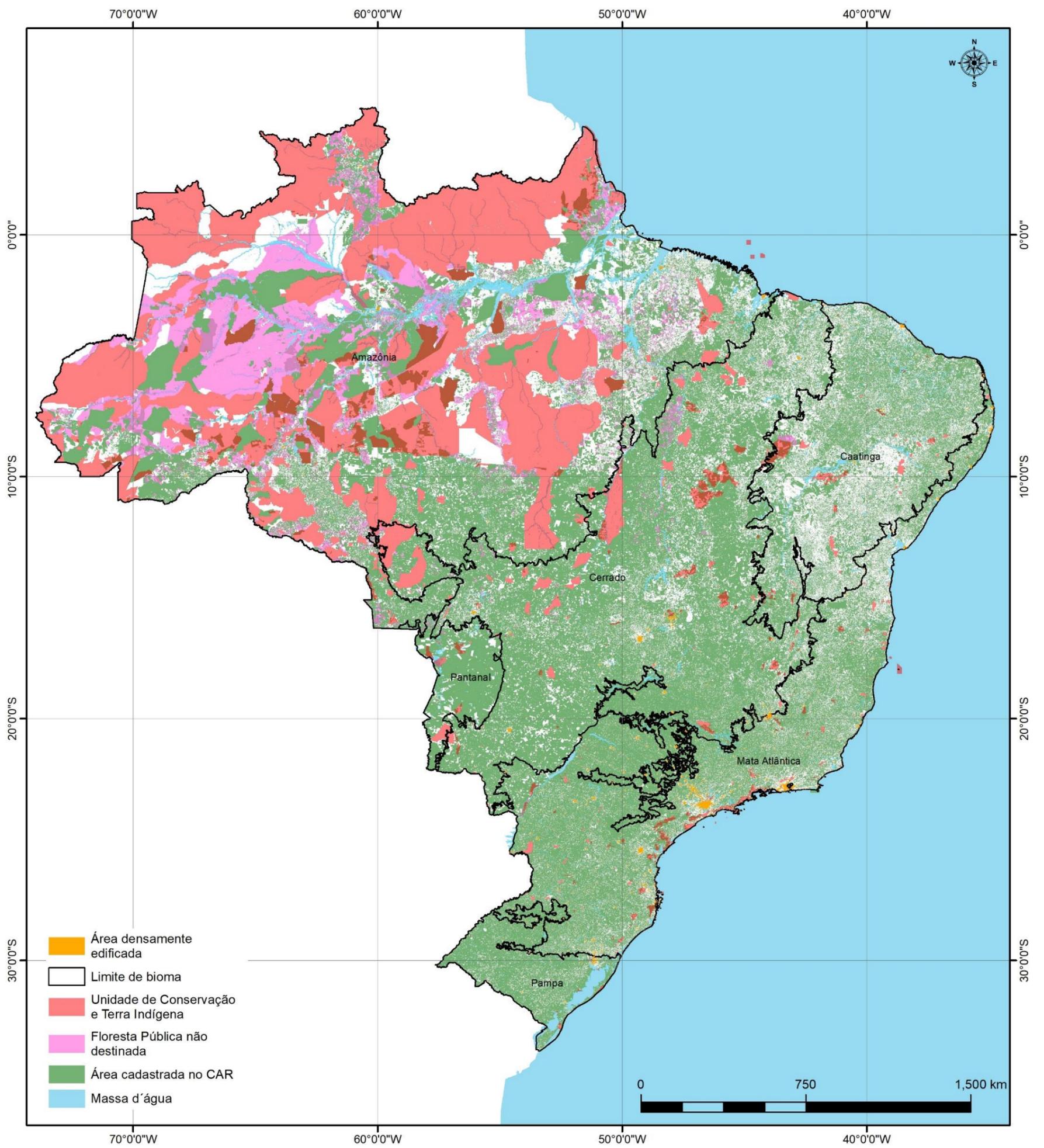


Figura 5 - Representação das áreas cadastradas no CAR e das áreas não passíveis de cadastramento

A Caatinga é o bioma com a maior área passível de cadastramento no CAR. Esse fato está associado a uma baixa ocorrência de UC e outras áreas não passíveis de cadastramento neste bioma.

A composição das áreas não passíveis de cadastramento no CAR, por bioma, é apresentada nos gráficos da **Figura 6**.

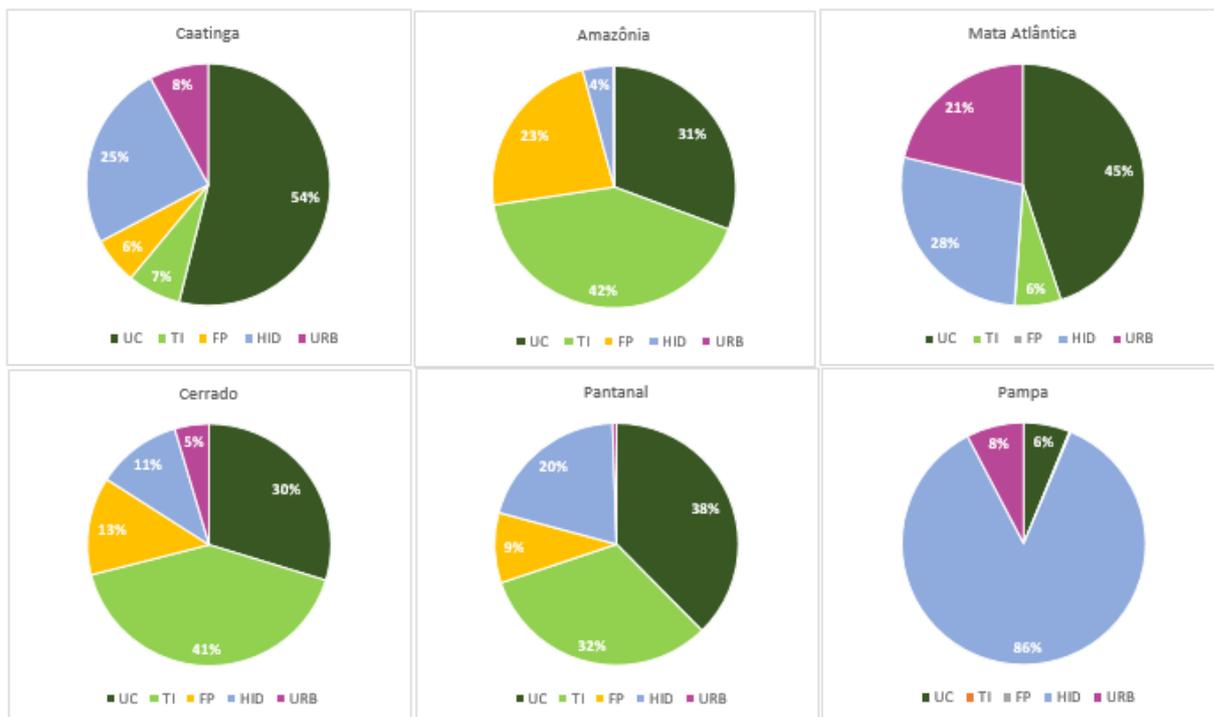


Figura 6 - Composição das áreas não cadastráveis no CAR por bioma brasileiro

Observa-se que na maioria dos biomas, a maior parte de área não cadastráveis é associada às UC e TI. Apenas no Pampa esse fato não ocorre, onde a maior proporção de áreas não cadastráveis é relacionada a grandes corpos d'água, que correspondem a 86 % da área não passível de cadastramento no CAR.

A proporção de UC e TI é mais significativa na Amazônia, onde somadas equivalem a 73%; seguido do Cerrado com 71% e Pantanal com 70%. Na Caatinga, UC e TI equivalem a 61% da área não cadastrável. Na Mata Atlântica o percentual de UC e TI somados é 51%, cabendo destaque para ocorrência de áreas densamente edificadas (21%) e grandes massas d'água (28%).

A composição da área não cadastrável é importante para entendimento da análise das áreas registradas em áreas não cadastráveis. São áreas onde não é prevista a existência de domínio

privado, e que, portanto, não deveriam estar declaradas no CAR. Essas áreas são representadas no mapa da **Figura 7** e detalhadas na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Área cadastrada no CAR em áreas não passíveis de cadastramento por bioma

Bioma	Área Cadastrada em Área Não Cadastrável (km²)	UC (km²)	TI (km²)	FP (km²)	HID (km²)	URB (km²)
Caatinga	11.884	1.711	13	1.458	1.917	6.785
Amazônia	300.145	135.200	6.685	145.117	12.997	146
Mata Atlântica	6.732	4.071	77	25	1.696	864
Cerrado	41.166	21.582	496	14.411	4.060	617
Pantanal	3.032	2.150	100	0	781	1
Pampa	1.166	389	2	0	730	45
	364.126	165.102	7.372	161.011	22.182	8.458

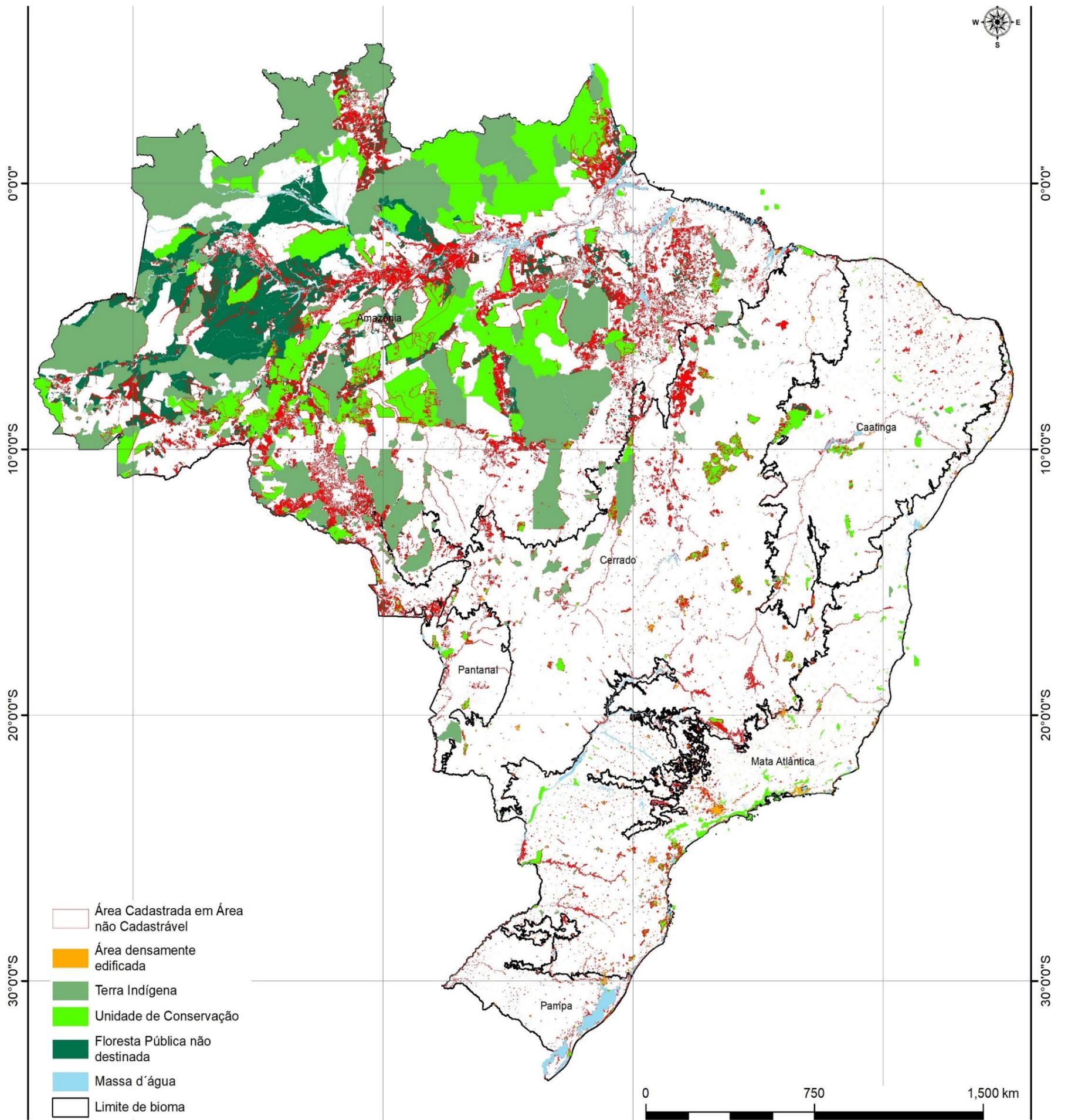


Figura 7 - Área registrada no CAR em áreas não passíveis de cadastramento

Conforme os dados disponíveis no SICAR, em abril de 2022, havia 364.126 km² de áreas registradas no CAR em áreas não passíveis de cadastramento. Desse total, na Amazônia ocorre 300.145 km², o que equivale a 82,42% de toda área registrada em locais não passíveis de cadastramento no SICAR, conforme gráfico apresentado na **Figura 8**. As áreas cadastradas em florestas públicas não destinadas representam 145.117 km² ou 49%; as registradas no CAR em UC equivalem a 135.200 km² ou 45%.

Na maior parte dos biomas, os cadastramentos indevidos em UC e FP representam a maior ocorrência de registros em áreas não passíveis de cadastramento. A sobreposição com UC é mais significativa no Pantanal (71%), Cerrado (52%) e Mata Atlântica (61%).

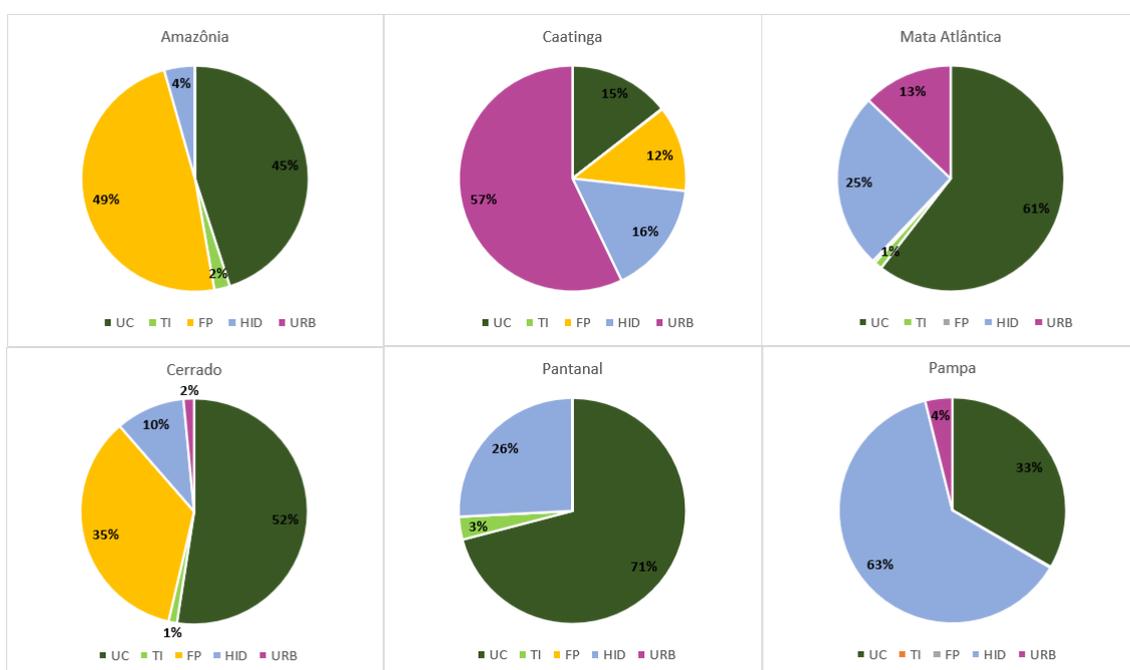


Figura 8 - Distribuição da proporção de áreas registradas no CAR em locais não passíveis de cadastramento

Na Caatinga e no Pampa, biomas onde proporcionalmente há baixa cobertura de áreas protegidas, observa-se que o registro no CAR em áreas não passíveis de cadastramento ocorre majoritariamente em áreas edificadas e em massas d'água.

Em relação à área passível de cadastramento e não cadastrada - as lacunas do CAR, observa-se, conforme dados apresentados no mapa da **Figura 9** e no gráfico da **Figura 10**, que a Caatinga e a Amazônia são os biomas que necessitam de maior estímulo ao registro no CAR, uma vez que há 42,19 % e 40,92 % de área cadastrável e não registrada no CAR.

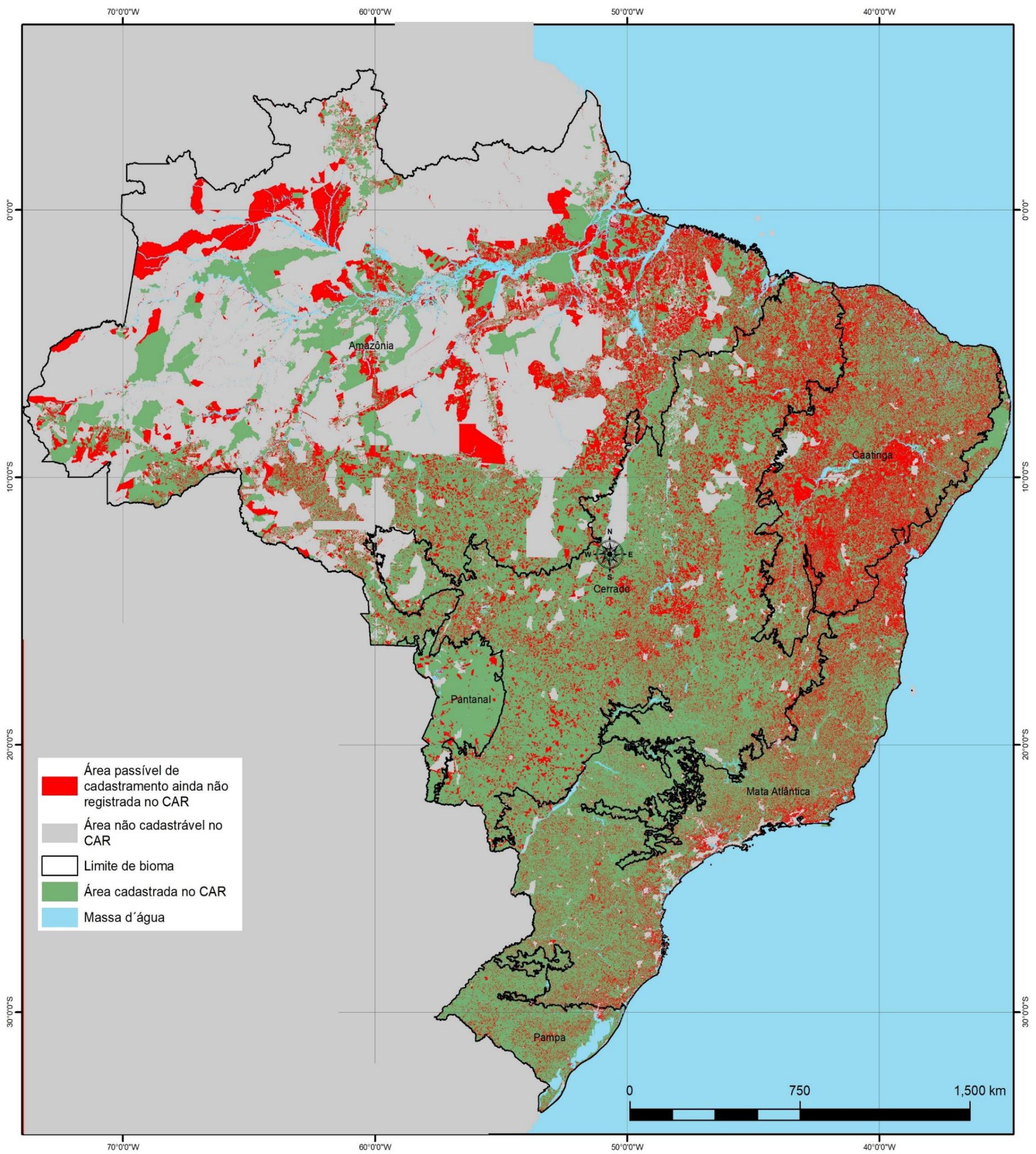


Figura 9 - Mapa das áreas cadastráveis registradas no CAR e das áreas cadastráveis não registradas no CAR, por bioma

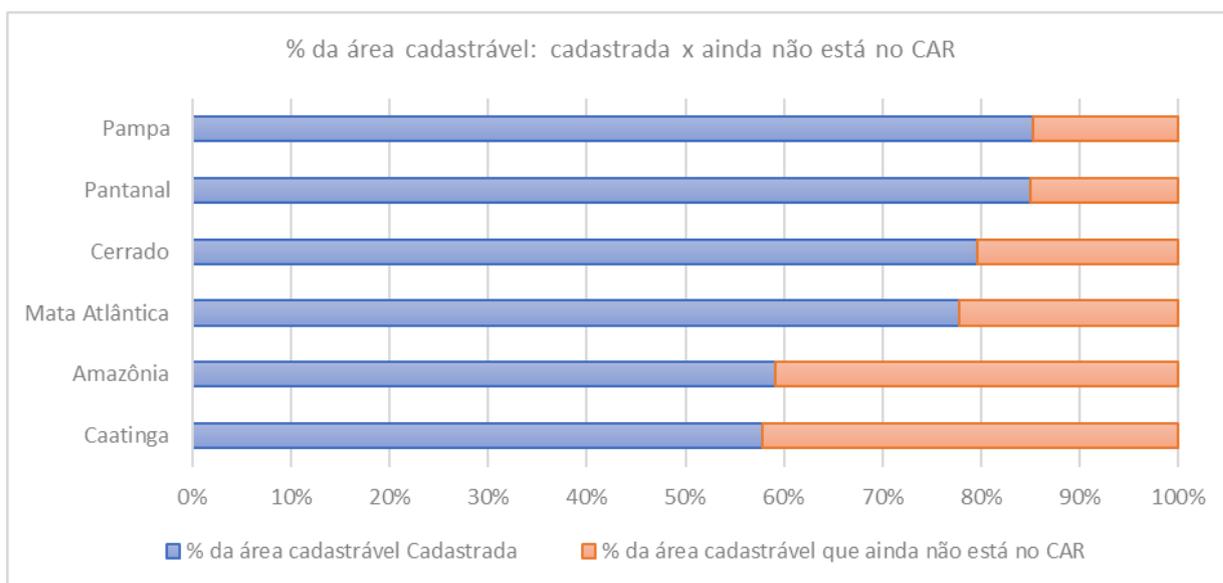


Figura 10 - Percentuais das áreas cadastráveis registradas no CAR e das áreas cadastráveis não registradas no CAR, por bioma.

Em relação à área já registrada no CAR, a maior adesão ocorreu no Pampa, Pantanal e Cerrado, com registro no CAR de 85,30 %, 84,94 % e 79,57 %, respectivamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Esta investigação permitiu obter a superfície da área cadastrada no CAR dos biomas brasileiros, o que é passível de cadastramento e o que não é, e identificar as áreas onde o SFB, em parceria com os órgãos estaduais de meio ambiente, poderá atuar para cancelar cadastros irregulares e direcionar ações de fomento à adesão ao CAR.

Em relação à área passível de cadastramento, foi constatado que a Caatinga, com 96,09% de área cadastrável é o bioma que proporcionalmente possui mais áreas passíveis de cadastramento no CAR. Por outro lado, esse fato indica que esse bioma apresenta poucas áreas não cadastráveis, como por exemplo, UC e TI que são áreas importantes do ponto de vista da conservação. Nesse contexto, um segundo resultado dessa pesquisa foi a baixa incidência de UC e TI na Caatinga - que ocupam pouco mais de 20.000 km². Na Amazônia esse valor é de quase 1,7 milhão de km²; no Cerrado de 115.516 km² e na Mata Atlântica de quase 30.000 km². O valor de UC e TI na Caatinga é, portanto, 85 vezes menor que o da Amazônia, quase seis vezes menor que no Cerrado e 44% menor que na Mata Atlântica.

O percentual de 96,09% de áreas passíveis de cadastramento na Caatinga contrasta com apenas 42,19% de área cadastrada. Isso significa que ainda há muitos produtores rurais fora do CAR neste bioma. Neste sentido, como o CAR é uma ferramenta chave no monitoramento da regularidade ambiental, é preciso que seja estimulada a adesão de quem ainda não fez seu cadastro.

A menor proporção de áreas passíveis de cadastramento ocorre na Amazônia (44,57%), que apresenta 55,43% de área não cadastrável. Esse fato coloca o bioma Amazônia com a maior proporção de áreas protegidas e, ao mesmo tempo, o bioma mais passível de conflitos, uma vez que existe também maior concentração de áreas registradas no CAR em UC, TI e florestas públicas. Na Amazônia também há baixa adesão ao CAR, apenas 40,92% da área total passível de cadastramento.

Ao avaliar a composição das áreas não passíveis de cadastramento no CAR, observa-se que com exceção do Pampa, as UC e TI correspondem às maiores restrições. Cabe destaque a participação das terras públicas não destinadas, que são mais representativas na Amazônia, Cerrado, Pantanal e Caatinga, com 23%, 13%, 9% e 6%, respectivamente. Essas áreas devem ser fiscalizadas e monitoradas constantemente pelos órgãos estaduais de meio ambiente, uma vez que são alvo de ações de grilagem.

As áreas registradas no CAR em áreas não passíveis de cadastramento somam 364.126 km², sendo que 45,34% estão localizadas em UC e 44,21% em florestas públicas não destinadas. Essas áreas representam quase 90% da área registrada em locais não passíveis de cadastramento, e, que, portanto, deverão ser alvo de ações de regularização fundiária ou de cancelamento do CAR por parte do órgão competente de análise do CAR no âmbito estadual.

Os resultados do presente estudo podem ser aproveitados pelo SFB e órgãos ambientais de meio ambiente para direcionamento de ações de fomento para entrada de beneficiários no CAR e de análise, fiscalização e monitoramento de possíveis irregularidades de áreas registradas em locais não passíveis de cadastramento.

Os esforços para adesão ao CAR devem ser concentrados principalmente na Amazônia e Caatinga, onde há menor área cadastrada atualmente. Como a adesão ao CAR é etapa fundamental na efetiva implementação do CFB, sendo ainda ferramenta para verificar a adequação ambiental das propriedades e posses rurais no Brasil, é necessário que sejam feitos esforços para que os proprietários de imóveis rurais façam seu registro no CAR, pois essa política ambiental é a porta de entrada para a adesão ao PRA e as CRA, que são ferramentas para regularização dos passivos ambientais.

Referências

ANTONACCIO, L., ASSUNÇÃO, J., CELIDONIO M., CHIAVARI, J., LEME LOPES, C., SCHUTZE, A. **Ensuring Greener Economic Growth for Brazil**. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2018. Available at: <https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/12/BID-Ensuring-GreenerEconomic-Growth-for-Brazil.pdf>

APARECIDO, W. A. S. (2021). Mapa da vegetação nativa declarada no Cadastro Ambiental Rural - CAR em Montes Claros-MG. **Revista Verde Grande: Geografia E Interdisciplinaridade**, 3(01), 151-175. <https://doi.org/10.46551/rvg267523952021151175>

AZEVEDO-RAMOS, C.; MOUTINHO, P. No man's land in the Brazilian Amazon: Could undesignated public forests slow Amazon deforestation? **Land Use Policy**, vol. 73, 2018, p. 125-127, ISSN 0264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.005>

AZEVEDO-RAMOS, C.; MOUTINHO, P.; ARRUDA, V. L. S.; STABILE, M. C. C.; ALENCAR, A.; CASTRO, I.; RIBEIRO, J. P. Lawless land in no man's land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, vol. 99, 2020, p. 1-4, ISSN 0264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104863>

CAZULA, L. P. **O Cadastro Ambiental Rural (CAR) nas estratégias de grilagem de terras na Amazônia. O caso da gleba Pacoval, Pará**. Tese:

CHAGAS, M. A.; RABELO, B. V. Uma Contribuição ao Conhecimento da História de Criação das Unidades de Conservação do Amapá-Amazônia Brasileira. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, 6(2), 2015.

CNUC - Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: set/2020

DANTAS, G. D. **Cadastro Ambiental Rural e Reserva Legal: avaliação e aplicações dos dados espaciais do SICAR**. 2020. 105 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.438>.

Escobar, A. **Territories of difference**. In Territories of Difference. Duke University Press, 2008.

FUNAI - Fundação Nacional do Índio. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: jan/2022

GUTBERLET, J. Zoneamento da Amazônia: uma visão crítica. **Estudos Avançados**, 16(46), 157-174, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

SICAR, Boletim Informativo. Serviço Florestal Brasileiro, janeiro de 2022. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/boletins-do-car/5449-boletim-car-dezembro-2021/file>

JASIEWICZ, J., STEPINSKI, T. F. Geomorphons—a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, 182, 147-156, 2013.

OLIVEIRA, A. L. A.; BRUGNARA, E. Cadastro Ambiental Rural: um instrumento para evidenciar conflitos ambientais em terras indígenas? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 46, p. 197-210, 2018.

PACHECO, R.; RAJÃO, R.; VAN DER HOFF, R.; SOARES-FILHO, B. Will farmers seek environmental regularization in the Amazon and how? Insights from the Rural Environmental Registry (CAR) questionnaires. **Journal of Environmental Management**, v. 284, 2021, p. 1-9, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112010>.

ROITMAN, I.; VIEIRA, L. C. G.; JACOBSON, T. K. B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MARCONDES, N. J. S.; CURY, K.; ESTEVAM, L. S.; RIBEIRO, R. J. C.; RIBEIRO, V.; STABILE, M. C.C.; MIRANDA FILHO, R. J., AVILA, M. L. Rural Environmental Registry: An innovative model for land-use and environmental policies, **Land Use Policy**, vol. 76, 2018, p. 95-102, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.037>.

SFB - Serviço Florestal Brasileiro. Cadastro Nacional de Florestas Públicas. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/cadastro-nacional-de-florestas-publicas/127-informacoes-florestais/cadastro-nacional-de-florestas-publicas-cnfp>. Acesso em: set/2020

SOUZA, C. S. **O cadastro ambiental rural como ferramenta de estudo do uso e apropriação da paisagem rural goiana**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

SPAROVEK, G.; REYDON, B. P.; PINTO, L. F. G.; FARIA, V.; FREITAS, F. L. M.; AZEVEDO-RAMOS, C.; GARDNER, T.; HAMAMURA, C.; RAJÃO, R.; CERIGNONI, F.; SIQUEIRA, G. P.; CARVALHO, T.; ALENCAR, A.; RIBEIRO, V. Who owns Brazilian lands? **Land Use Policy**, vol. 87, 2019, ISSN 0264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.005>

VANDER MEER, R. K.; MOREL, L. Nestmate recognition in ants. In Pheromone communication in social insects (pp. 79-103). CRC Press, 2019.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, foram desenvolvidas abordagens metodológicas e explorados cenários para estudo dos impactos ambientais associados a implementação do CFB e do CAR. Embora o CFB vigente seja uma versão mais branda do regramento ambiental, quando comparado às versões anteriores de 1934 e 1965, o CAR pode ser considerado um aspecto positivo da legislação mais recente, a Lei Federal 12.651/2012.

O CAR, quando implementado de forma integral, possibilitará o monitoramento e o acompanhamento da adequação ambiental dos imóveis rurais, à medida que as informações declaradas forem analisadas, validadas e consolidadas. O CAR é também a porta de entrada para acesso ao PRA, mecanismo de recuperação de passivos ambientais, e para as CRA, que fomentarão um mercado de compensação ambiental.

Como forma de traçar um panorama geral e comparativo entre as versões pretéritas e atual do CFB e dos impactos da implementação do CAR, foi desenvolvido o trabalho apresentado no Manuscrito 1. Nesse trabalho foi identificado como principal aspecto negativo da mudança no CFB a legalização de intervenções ambientais ilegais ocorridas até 22/07/2008, sendo anistiados milhões de hectares de vegetação nativa suprimida em áreas de APP e RL. Essa anistia está associada ao argumento da expansão agrícola e da importância econômica e política que esse setor sempre representou no Brasil.

Como aspectos positivos potenciais da mudança na legislação, no presente trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica de trabalhos que tratam do potencial de impacto ambiental positivo do CAR no sequestro de carbono e na diminuição do isolamento entre os RVN. Tendo em vista que essa é uma temática que está diretamente ligada às mudanças climáticas e na redução de habitats da fauna.

Embora haja uma dependência de cenários que envolvem muitas variáveis – dentre elas a análise e validação do CAR, existe um potencial de impacto positivo caso o PRA seja implementado, pois só no Cerrado, é estimada a necessidade de recuperar 41 milhões de hectares. Por outro lado, a supressão de tudo que é legalmente possível, potencialmente supera o que pode ser recuperado.

Esses efeitos reverberam na estrutura da paisagem, que pode ter um ganho na diminuição do isolamento com a recuperação de manchas de APP e RL, mas que pode sofrer com a supressão de áreas que, legalmente, ainda podem ser suprimidas. Diante disso, vislumbra-se um cenário

de risco de aumento da perda de RVN, com consequências nos aspectos funcionais e estruturais da paisagem, como: a diminuição de habitats, da biodiversidade faunística e botânica, extinção de espécies, aumento do isolamento de remanescentes, empobrecimento do solo, aumento de processos erosivos, dentro outros impactos ambientais associados.

Nesse contexto, é necessário a concepção, construção e implementação de políticas públicas que incentivem a manutenção dos RVN, como por exemplo, que projetos de pagamentos por serviços ambientais sejam viabilizados, uma vez que contribuem para desacelerar o ritmo da supressão vegetal em novas áreas e todos os impactos ambientais associados.

Avaliando o contexto ambiental sobre uma abordagem política, no Manuscrito 2 é apresentado um ensaio sobre a possível associação das taxas de desmatamentos do Cerrado com os principais marcos políticos da legislação ambiental dos últimos 20 anos. Nesse trabalho o intervalo de tempo de 20 anos foi dividido em três períodos: 2000 - 2005; 2006-2012; e 2013-2020. Foi identificado que no primeiro período, as taxas de desmatamento eram altas e o regramento ambiental tinha como Lei mais relevante, além do CFB de 1965 (Lei Federal 4.771/1965), a criação do SNUC (Lei Federal 9.985/2000). A partir de 2006, observa-se um aumento do aparelhamento estatal com a criação do Serviço Florestal Brasileiro (2006), do ICMBio (2007) e da Política Nacional de Mudanças Climáticas (2009). Nesse período as taxas de desmatamento passaram de 16.878 km² para 8.976 km².

A partir de 2012, com a mudança no CFB, observa-se um aumento nas taxas de desmatamento, passando de 8.976 km² para 13.481 km², em 2013, e oscilando em torno de 11 mil km² até 2015. Em 2014 inicia-se a implementação do CAR, fato que pode estar relacionado à diminuição nas taxas de desmatamento a partir de 2016, onde a área desmatada foi de 7.497 km², e se manteve estável até 2020, quando novamente observa-se uma tendência de aumento: de 7.905 km², em 2020, para 8.531 km², em 2021.

Embora as relações com o CAR ainda sejam especulativas, dado que essa ferramenta em implementação há cerca de 8 anos, foi encontrada uma correlação de 0,81 entre as taxas de desmatamento e o aumento das inscrições no CAR.

Nesse sentido, o trabalho apresentado no Manuscrito 2 contribui no entendimento da política ambiental como elemento determinante nas taxas de desmatamento. Notadamente, com a concepção e promulgação de leis que definem os marcos legais e viabilizam a fiscalização e o monitoramento do desmatamento, as taxas tendem a cair. Por outro lado, momentos em que o

agronegócio ganha força e decisões políticas são tomadas para enfraquecer instituições como Ministério do Meio Ambiente, IBAMA, ICMBio, Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, dentre outros, como tem acontecido a partir de 2018, o desmatamento tende a aumentar.

No Manuscrito 3 foi apresentado um estudo de caso, tendo como área de estudo o Distrito Federal. Foi construído um modelo ambiental para simulação de diferentes cenários de implementação do CFB vigente e um cenário que considera a recuperação das faixas de APP e RL integrais. A ideia central foi estudar os impactos na estrutura da paisagem, em especial no grau de isolamento entre as manchas remanescentes.

Entre os cenários estudados, o mais realista, que considera a implantação do CFB vigente, com recuperação considerando as anistias dos Artigos 61A e 67 do CFB, mais a supressão de tudo que é legalmente possível, mostra que pode haver uma redução de 38% na conectividade entre os RVN. Foi identificado que a maior parte das anistias beneficia grandes propriedades, pois essas concentram mais de 53% da área que não será recuperada.

Essa tendência dialoga com o observado no Manuscrito 4, que apresenta o trabalho de simulação do impacto que as RL têm para a manutenção da conectividade da paisagem, e de identificação do perfil fundiário dos imóveis no Brasil a partir de dados do CAR.

Na simulação do grau de isolamento, sem as manchas de RVN que estão dentro das RL, foi observado que em uma distância de até 100 m há uma perda de média de 13% da área de RVN. Isso indica as RL desempenham um papel determinante na conectividade entre os RVN.

O perfil fundiário, traçado a partir de dados do CAR, mostra que os imóveis grandes, que representam 7,21% do total de imóveis registrados no CAR, são responsáveis por 54% da área cadastrada. Por outro lado, os imóveis pequenos, que representam 84,42% dos imóveis registrados no CAR, ocupam uma área de 28%.

Essa concentração de terras representa também a centralização de ativos florestais (42% dos RVN estão em grandes imóveis, contra 14% nos pequenos imóveis) e de passivos ambientais (22% em grandes imóveis, contra 11% nos pequenos imóveis).

Esses números chamam atenção para a contribuição das grandes propriedades na conservação e na recuperação ambiental. Nesse sentido, é preciso que sejam criados programas de incentivo a manutenção dos RVN nessas propriedades e que os passivos ambientais sejam de fato recuperados.

No Manuscrito 5 foi abordado o estágio de implementação do CAR, por bioma brasileiro, visando identificar áreas cadastradas em locais que não deveriam estar no CAR e identificando os vazios, áreas que deveriam estar no CAR e não estão.

Foi identificado que a Caatinga e o Amazonas são os biomas onde é maior a necessidade de incentivo à adesão ao CAR, uma vez que menos de 50% da área cadastrável está cadastrada no SICAR.

Em relação à área registrada no CAR não passível de cadastramento, foram contabilizados 364.126 a, compostos principalmente por áreas registradas em UC (45%), que não admitem domínio privado, e em florestas públicas não destinadas (44%).

Os resultados do Manuscrito 5 podem subsidiar o direcionamento de ações de fomento à inclusão de novos beneficiários no CAR, uma vez que essa é uma ferramenta de gestão ambiental que viabilizará a regularização ambiental dos imóveis rurais e implementação do CFB.

As áreas de conflito identificadas devem ser alvo de um estudo mais aprofundado, pois podem envolver disputas agrárias, grilagem de terras, demora em indenizações, descompasso entre as informações do Cadastro Nacional de Florestas Públicas e eventuais titulações não sincronizadas prontamente.

Como percepção geral, nos cinco trabalhos desenvolvidos, tem-se que o Brasil possui uma legislação ambiental avançada, quando comparada inclusive a países do hemisfério norte, como os Estados Unidos, Canadá e Alemanha. A exigência legal das APP, RL e desde 2014, do CAR, constituem-se, conjuntamente, mecanismos de proteção ambiental. Por outro lado, a efetividade do seu cumprimento têm sido o grande desafio, uma vez que aspectos como a grande extensão territorial e o baixo investimento tem freado ações necessárias ao cumprimento da legislação, como a fiscalização e o monitoramento ambiental.

Nesse contexto, o CAR desponta como o principal instrumento para alcance da regularização ambiental no Brasil. É verdade que o ritmo das análises do CAR avançou pouco nos últimos anos, uma vez que apenas 0,5% dos quase 7 milhões de imóveis possuem a regularidade ambiental analisada, validada e consolidada. Por outro lado, estão previstas ações de viabilização de regularização ambiental, como o PRA, que podem contribuir para a recuperação ambiental. Quando a etapa de monitoramento estiver em funcionamento, é esperado que exista um impacto na diminuição das taxas de desmatamento.

Para aumentar a efetividade do CAR é preciso que por parte dos órgãos estaduais de meio ambiente, a análise dos cadastros avance. Para isso é necessário maior investimento a produção e manutenção de bases de dados cartográficos, como mapa de uso e cobertura do solo, mapa de APP e de outros temas do CAR. É necessário também o investimento em infraestrutura das secretarias estaduais de meio ambiente, bem como a contratação de recursos humanos qualificados na área.

Não menos importante, embora em certa medida paradoxal, é preciso que sejam criadas formas de se exigir do produtor o CAR analisado, pois existem muitos registros de CAR analisados com pendências, aguardando as providências do proprietário rural para regularização da situação identificada no processo da análise e o cadastro adquirir status de “analisado e validado”. Nesse contexto, políticas públicas de conscientização ambiental e de destaque da obrigatoriedade de atendimento às notificações da Central do Proprietário Possuidor do CAR, devem ser incentivadas.

Atualmente não há nenhum tipo de exigência de se ter o CAR analisado para obtenção de crédito rural ou para a venda do imóvel. Fato que certamente está associada a baixa capacidade de análise dos órgãos estaduais. Contudo, essa dinâmica precisa mudar. É necessário que exista investimento público para aceleração do processo de análise, e que em sincronia, seja exigido o CAR analisado, pois essa é uma das formas de se garantir a regularidade ambiental dos imóveis rurais.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, G. G., AYANU, Y., FANTINI, A. C., FARLEY, J., FILHO, A. S., KOELLNER, T. Weakening the Brazilian legislation for forest conservation has severe impacts for ecosystem services in the Atlantic Southern Forest. **Land Use Policy**, v. 47, p. 1-11, 2015.
- ALIX-GARCIA, J.; RAUSCH, L. L.; L´ROE, J.; GIBBS, H. K.; MUNGER, J. Avoided Deforestation Linked to Environmental Registration of Properties in the Brazilian Amazon. **Conservation Letters**, v. 11. P. 1-8, 2017.
- ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, p. 465-473, 2014.
- AZEVEDO A A, Rajao R L, Costa M, Stabile M C C, Alencar A.; Moutinho P. Cadastro Ambiental Rural e sua influência na dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal. **Boletim Amazônia em Pauta**, IPAM, 2014.
- BACHA, C. J. C. Eficácia da política de reserva legal no Brasil. **Teoria e Evidência Econômica**, v.13, p. 9-27, 2005.
- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P. S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 137. p. 47-58, 2010.
- BENJAMIN, A. H. V. A proteção das florestas brasileiras: ascensão e queda do Código Florestal. **Revista de Direito Ambiental**, v. 5, p. 21-37, 2000.
- BRANCALION, P. H. S., GARCIA, L. C., LOYOLA, R., RODRIGUES, R. R., PILLAR, V. D., LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): Updates and ongoing initiatives. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. 1-15, 2016.
- BRASIL. 1934. Decree-Law No. 23.793, of 23rd January, 1934. Brasília, DF: PR, 1934.
- BRASIL. 1965. Decree-Law No. 4.771, of 15th September, 1965. Brasília, DF: PR, 1965.
- BRASIL. 2000. Decree-Law No. 9.985, of 18th July, 2000. Brasília, DF: PR, 2000.
- BRASIL. 2005. Decree-Law No. 5.577, of 8th November, 2005. Brasília, DF: PR, 2005.
- BRASIL. 2006. Decree-Law No.11.284, of 2nd March, 2006. Brasília, DF: PR, 2006.
- BRASIL. 2006. Decree-Law No.11.428, of 22nd December, 2006. Brasília, DF: PR, 2006.

- BRASIL. 2007. Decree-Law No. 11.516, of 28th August, 2007. Brasília, DF: PR, 2007.
- BRASIL. 2008. Decree-Law No. 11.828, of 20th November, 2008. Brasília, DF: PR, 2008.
- BRASIL. 2009. Decree-Law No. 12.114, of 9th December, 2009. Brasília, DF: PR, 2009.
- BRASIL. 2009. Decree-Law No. 12.187, of 29th December, 2009. Brasília, DF: PR, 2009.
- BRASIL. 2012. Decree-Law No. 12.651, of 25th May, 2012. Brasília, DF: PR, 2012.
- BRASIL. 2016. Proposed Constitutional Amendment No. 55, of 15th December, 2016. Brasília, DF: PR, 2016.
- BRITO, B. Potential trajectories of the upcoming forest trading mechanism in Pará State, Brazilian Amazon. **PLoS ONE**. v. 12 n.4, 2017.
- BROWN, S. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 116. p. 363-372, 2002.
- CARVALHO, F. M. V.; JÚNIOR, P. M.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**. v. 142, p. 1392-1403, 2009.
- CASTELO, T. B. Brazilian forestry legislation and to combat deforestation government policies in the Amazon (Brazilian Amazon). **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4 n, p. 215-234, 2015.
- COSTA, M. A.; RAJÃO, R.; STABILE, M. C. C.; AZEVEDO, A. A.; CORREA, J. C. Epidemiologically inspired approaches to land-use policy evaluation: The influence of the Rural Environmental Registry (CAR) on deforestation in the Brazilian Amazon. **Elem Sci Anth**, 6: 1. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.260>
- EITEN, G. Brazilian “savannas”. In: Huntley, B.J., Walker, B.H. (Eds.), *Ecological Studies, Ecology of Tropical Savannas*, vol. 42. **Springer-Verlag**, New York, pp. 25-47, 1982.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 34, p. 487-515, 2003.
- FEARNSIDE, P. M. Brazilian politics threaten environmental policies. **Science**, n. 353, p.746-748, 2016.
- FORMAN, R. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.
- FREITAS, F. L. M.; SPAROVEKB, G.; MÖRTBERGA, U.; SILVEIRA, S.; KLUGD, I.; BERNESE, G. Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. **Land Use Policy**. v. 68, p. 189-199, 2017.
- GIBBS, H.K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D.C.; NOOJIPADY, P.; Soares-Filho, B.; BARRETO, P.; MICOL, L.; WALKER, N.F. Brazil’s soy moratorium. **Science**, v. 347, p. 377-378, 2015.

HOUGHTON, R. A.; HOUSE, J. I.; PONGRATZ, J.; WERF, G. R. V.; DEFRIES, R. S. HANSEN, M. C.; QUÉRÉ, C.; RAMANKUTTY, N. Carbon emissions from land use and land-cover change. **Biogeosciences**, v. 9, p. 5125-5142, 2012

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário**, 2017.

IFN - Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Distrito Federal /Serviço Florestal Brasileiro (SFB). - Brasília: **SFB**, 2016. (Série Relatório Técnico), 72 p.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Reforma do Código Florestal: qual o caminho para o consenso? **IPAM**, Brasília, DF, Brasil, p 14. (2011) <http://ipam.org.br/bibliotecas/reformado-codigo-florestal-qual-o-caminho-para-o-consenso/>

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PRODES - Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasil. Available: <http://www.obt.inpe.br/cerrado>

JUNG, S.; RASMUSSEN, L. V.; WATKINS, C.; NEWTON, P.; AGRAWAL, A. Brazil's National Environmental Registry of Rural Properties: Implications for Livelihoods. **Ecological Economics**, v. 136. p. 53-6, 2017.

KETTERINGS, Q.M., COE, R., NOORDWIJK, M., VAN AMBAGAU, Y., PALM, C.A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting aboveground tree biomass in mixed secondary forests. **For. Ecol. Manage.** v. 146, p. 199-209, 2001.

KROGER, M. Inter-sectoral determinants of forest policy: the power of deforesting actors in post-2012 Brazil. **Forest Policy and Economics**, v. 77. p. 24-32, 2016.

L'ROE, J., RAUSCHB, L., MUNGERB, J., GIBBS, H. K. Mapping properties to monitor forests: Landholder response to a large environmental registration program in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**. v. 57, p. 193-203, 2016.

LUIZ, C. H P.; MENDES, R.; TROVÃO, B.; ROCHA, J. A.; Rural environmental registry in the priority municipalities for Cerrado deforestation combating, in Brazil. 2019 World Bank Conference on Land and Poverty. The World Bank - Washington DC, Mar. 25-29, 2019.

MARTINELLI, L.A. Block changes to Brazil's forest code. **Nature**, v. 474. p. 579-579, 2011.

METZGER J. P., LEWINSOHN, T. M., JOLY, C. A., VERDADE, L. M., MARTINELLI, L.A., RODRIGUES, R.R. Brazilian law: full speed in reverse? **Science**, v. 329. p. 276-277, 2010.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Normative Instruction n° 2 6th may, 2014.** Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural-SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural-CAR.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapeamento do uso e cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado.** SFB. Brasília: MMA, 2015.

MITTERMEIER, R.A.; ROBLES GIL, P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J. & DA FONSECA, G.A.B. (eds.). 2005. **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.** CEMEX/Agrupación Sierra Madre, Mexico City. 392p.

MOURA, A. M. M. (Org.). Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas. Brasília: **IPEA**, 2016.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NEWTON, P.; GOMEZ, A. E. A.; JUNG, S et al. Overcoming barriers to low carbon agriculture and forest restoration in Brazil: the Rural Sustentável Project. **World Development Perspectives**, v. 4. p. 5-7, 2016.

NUNES, M. H.; TERRA, M. C. N.; OLIVEIRA, I. R. C.; BERG, E. V. The influence of disturbance on driving carbon stocks and tree dynamics of riparian forests in Cerrado. **Journal of Plant Ecology**. v. 11, p. 401-410, 2018

OVERBECK G.E., VÉLEZ-MARTIN E., SCARANO F.R., LEWINSOHN T.M., FONSECA C.R., MEYER S.T., MÜLLER S.C., CEOTTO P., DADALT L., DURIGAN G., GANADE G., GOSSNER M.M., GUADAGNIN D.L., LORENZEN K., JACOBI C.M., WEISSER W.W., PILLAR V.D. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, 21, 1455-1460, 2015.

OVERMAN, J.P.M., WITTE, H.J.L., SALDARRIAGA, J.G. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. **J. Trop. Ecol.** v. 10, p. 207-218, 1994.

PACHECO, R.; RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B.; HOFF, R. V. D. Regularization of Legal Reserve Debts: Perceptions of Rural Producers in the State of Pará and Mato Grosso in Brazil. **Ambiente & Sociedade**, n. 2, p. 181-200. 2017.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Rev. Árvore**. v. 35, n.3, pp.527-538, 2011.

PARRESOL, B.R. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. **For. Sci.** v. 45, p. 573-593, 1999.

RASMUSSEN, L. V.; JUNG, S.; BRITES, A. D.; WATKINS, C.; AGRAWAL, A. Understanding smallholders' intended deforestation behavior in the Brazilian Cerrado following environmental registry. **Environ. Res. Lett.** v. 12, 2017.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETA, C. R.; FILHO, A. F.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Florestalis**, v. 71, p. 65-76, Ago, 2006

RORIZ, P. A. C.; FEARNSIDE, P. M. The construction of the Brazilian Forest Code and the diferente. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18. p. 51-65, 2015.

RORIZ, P. A. C.; YANAI, A. M.; FEARNSIDE, P. M. Deforestation and Carbon Loss in Southwest Amazonia: Impact of Brazil's Revised Forest Code. **Environmental Management**, v. 60, p. 367-382, 2017.

SAUER, S.; FRANÇA, S. C. Código Florestal, função socioambiental da terra e soberania alimentar. **Caderno CRH**, v. 25, n. 65, p. 285-307, 2012.

SANTIAGO, T. M. O.; CAVIGLIA-HARRIS, J.; REZENDE, J. L. P. Carrots, Sticks and the Brazilian Forest Code: the promising response of small landowners in the Amazon. **Journal of Forest Economics**, v. 30, p. 38-51, 2018.

SCARAMUZZA, C. A. DE M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. S.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; ROSA, R.; SILVA, E. B.; VALERIANO, D. M.; VICTORIA, D. C.; BAYMA, A. P.; OLIVEIRA, G. H.; GUSTAVO, B.-S. LAND-USE AND LAND-COVER MAPPING OF THE BRAZILIAN CERRADO BASED MAINLY ON LANDSAT-8 SATELLITE IMAGES. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, 15 jun. 2017.

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.(Ed.). Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal. Lavras: **UFLA**, 2008. cap. 8, p. 361-438.

SICAR - Sistema de Cadastro Ambiental Rural. **Boletim Informativo**. Edição especial de 4 anos do CAR Dados declarados até 29 de maio de 2018.

SIMLAM - Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental do Pará. **Manual Técnico**. Belém: Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2008. 35 p.

SIQUEIRA, A.; RICAURTE, L. F.; BORGES, G. A.; NUNES, G. M.; WANTZEN, K. M. The role of private rural properties for conserving native vegetation in Brazilian Southern Amazonia. **Reg Environ Change**, v. 18, p. 21-32, 2016.

SFB - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Consulta Pública. Available: <http://www.car.gov.br/publico>. Acesso em Jun., 2022.

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., RODRIGUES, H., ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**. v. 344, p. 363-364, 2014.

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MERRY, F., RODRIGUES, H., DAVIS, J., LIMA, L., SANTIAGO, L. Brazil's market for trading forest certificates. **PLoS ONE**, 11, 2016.

SPAROVEK, G., Berndes, G., Klug, I.L.F., Barretto, A.G.O.P. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environ. Sci. Technol.** 44, 6046-6053, 2010.

SPAROVEK, G., ANTONIAZZI, L. B., BARRETTO, A., BARROS, A. C., BENEVIDES, M., BERNDES, G., NOGUEIRA, M. P. Sustainable bioproducts in Brazil: Disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 10, p. 204-221, 2016.

STICKLER, C.M., NEPSTAD, D.C., AZEVEDO, A.A., MCGRATH, D.G. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. **Phil. Trans. R. Soc. B :Biol. Sci.** 368, 2013.

STEFANES, M.; ROQUE, F. O.; LOURIVAL, R.; MELO, I.; RENAUD, P. C.; QUINTERO, J. M. O. Property size drives differences in forest code compliance in the Brazilian Cerrado. **Land Use Policy**. n. 75, p. 43-49, 2018.

STEG, L.; VLEK, C. Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. **Journal of Environmental Psychology**, n. 29, p. 309-317, 2009.

STERN, P. C. Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. **Journal of Social Issues**, v. 56, n. 3, p. 407-424.

TANIWAKI, R. H.; FORTE, Y. A.; SILVA, G. O.; BRANCALIONA, P. H. S.; COGUETOC, C. V.; FILOSO, S.; FERRAZA, S. B. The Native Vegetation Protection Law of Brazil and the

challenge for first-order stream conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**. v. 16, p. 49-53, 2018.

VIEIRA, R. R. S.; RIBEIRO, B.; RESENDE, F. M.; BRUM, F. T.; MACHADO, N.; SALES, L. P.; MACEDO, L.; SOARES-FILHO, B.; LOYOLA, R. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Diversity and Distributions**, v. 24. p. 434-438, 2018.

WAPNER, P. The Changing Nature of Nature: Environmental Politics in the Anthropocene. **Global Environmental Politics**, v. 14, n. 4, p. 36-54, 2014.