

cartas
da terra

Lei de Proteção da Vegetação Nativa: modelagem espacial de alta resolução

Nota técnica e metodológica
atualização 2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Lei de proteção da vegetação nativa [livro eletrônico] : modelagem espacial de alta resolução : nota técnica e metodológica - atualização 2025 / Instituto para Governança Territorial e Políticas Públicas - iGPP. -- Piracicaba, SP : iGPP, 2025.
PDF

Bibliografia.
ISBN 978-65-989832-0-8

1. Geoprocessamento 2. Governança 3. Imóveis rurais - Leis e legislação - Brasil 4. Meio ambiente - Leis e legislação - Brasil 5. Política ambiental I. Instituto para Governança Territorial e Políticas Públicas (iGPP).

25-319372.0

CDD-304.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Meio ambiente : Política ambiental 304.2

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Expediente

Realização

iGPP - Instituto para Governança Territorial e Políticas Públicas

Diretor Presidente

Rodrigo Maule

Diretora Executiva

Marcela de Almeida Araújo

Supervisão Geral

Gerd Sparovek

Coordenação Técnica

Alberto Barretto

Pesquisa

Desenvolvimento, Análise e Redação

Herbert Lincon Rodrigues Alves dos Santos

Análise e Redação

Pietro Gragnolati Fernandes

Análise e Redação

Marluce C. Scarabello

Análise

Pedro Alves Quilici Coutinho

Análise

João Victor Lopes Marinho

Revisão Técnica e Textual

Simone Beatriz Lima Ranieri

Projeto Gráfico e Diagramação

Alter Conteúdo



Sumário

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Apresentação | 08 |
| Glossário | 09 |
| 1. Introdução | 10 |
| 2. Conceitos e Definições | 12 |
| 3. Dados de entrada | 15 |
| 3.1 Uso do solo e Hidrografia | 17 |
| 3.2 CAR | 18 |
| 4. Modelagem da LPVN | 23 |
| 5. Resultados | 26 |
| 5.1 Estimativas Gerais | 27 |
| 5.2 Distribuição Territorial | 30 |
| 6. Discussão | 36 |
| 7. Inovação | 40 |
| 8. Limitações | 42 |
| 9. Referências bibliográficas | 44 |
| 10. Anexos | 47 |

Sumário

Executivo

Principais achados resultantes da modelagem espacial da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) aplicada aos imóveis rurais brasileiros:

01

A área de déficit agregada de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) no Brasil é muito pequena em relação à área territorial do Brasil ocupada por imóveis rurais: O déficit de vegetação nativa (APP + RL) estimado para regularização ambiental dos imóveis representa aproximadamente 3,7% da área total de 464 Mha ocupada pelos imóveis rurais inscritos no Cadastro Ambiental Rural (CAR), descontadas as sobreposições. Esse valor tem uma magnitude 5 vezes menor que o excedente calculado. As estimativas indicam um déficit de APP entre 6,9 e 7 Mha, um déficit de RL entre 9,8 e 10,1 Mha e excedente de vegetação nativa entre 88,8 e 89 Mha.

02

Há grande concentração geográfica de déficit e excedente de vegetação nativa: Os maiores déficits de vegetação nativa estão concentrados em poucos imóveis das regiões Centro-Oeste e Norte do país, localizados majoritariamente na zona conhecida como arco do desmatamento. Seria possível resolver 75% do déficit de vegetação nativa do Brasil focando os esforços de recomposição florestal em apenas 117,6 mil imóveis (1,6% do total de CARs). Assim como o déficit, os maiores excedentes também estão concentrados em poucos imóveis. É possível encontrar 75% do excedente total (66,6 Mha) em apenas 174,4 mil imóveis (2,4% do total de CARs).

03

A maior parte dos registros do CAR tem consistência topológica: 63% dos imóveis do CAR não possuem sobreposições relevantes entre perímetros, e portanto, as estimativas feitas para este conjunto de dados possuem um alto grau de precisão. Estes imóveis possuem 71% do déficit estimado de APP (5 Mha), 73% do déficit estimado de RL (7,4 Mha) e 64% do excedente estimado (56,6 Mha).

04

A porção de registros do CAR com inconsistências topológicas tem baixo impacto agregado nas estimativas de déficit e excedente de vegetação nativa: Para o conjunto de imóveis do CAR que possuem sobreposições relevantes entre perímetros (37%), as estimativas podem variar em função do cenário adotado. As variações para cada estimativa podem ser de:

- a) Déficit de APP: de 1,9 Mha a 2 Mha (variação de 5,3%)
- b) Déficit de RL: de 2,3 Mha e 2,6 Mha (variação de 13%)
- c) Excedente de vegetação nativa: de 32,2 Mha e 32,5 Mha (variação de 0,9%)

Portanto, as sobreposições vetoriais de cadastros na base do CAR não são um impeditivo para acelerar a implementação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) para a maioria dos imóveis, pois não afetam significativamente as estimativas gerais, principalmente as do déficit de APP e excedente de vegetação nativa.

05

A dinâmica de supressão da vegetação nativa pós-2008 pode ter impacto significativo na implementação da LPVN, mas a maioria dos imóveis está livre de supressões nesse período: Um terço dos imóveis analisados apresenta sobreposição de seus perímetros com polígonos de supressão da vegetação nativa do PRODES pós-2008, excluídas as áreas com autorização de supressão de vegetação (ASV). Os critérios técnicos e jurídicos para avaliar esses imóveis ainda necessitam de definição precisa para viabilizar a implementação da LPVN em larga escala, a fim de evitar uma judicialização. Por outro lado, dois terços dos imóveis cadastrados apresentam estabilidade ou incremento de vegetação nativa pós-2008, indicando situação favorável para implementação da LPVN.

06

Os ganhos ambientais da LPVN virão principalmente da restauração das APPs, enquanto a regularização das RLs tende a ser feita por compensação, com menor efeito direto no local do déficit: Na maior parte dos recortes geográficos aptos para compensação ambiental há excedentes para suprir os déficits de RL e sua regularização deve ocorrer preferencialmente por compensação, acarretando menor impacto na conversão de áreas com uso agropecuário. Assim, a restauração das faixas mínimas de APPs, especialmente ripárias e nascentes, concentra os ganhos ambientais efetivos da LPVN. Garantir que as bases de referência para análise retratem fielmente a condição real dessas APPs é fundamental para assegurar esses resultados.

Apresentação

Esta nota é uma iniciativa do Instituto para Governança Territorial e Políticas Públicas (iGPP) e apresenta conceitos, métodos e resultados das estimativas sobre o cumprimento da Lei de Proteção da Vegetação Nativa - LPVN (Lei 12.651/2012) nos imóveis rurais do Brasil. Os resultados são apresentados, interpretados e suas implicações para a implementação da LPVN são brevemente discutidas.

A abrangência das estimativas é nacional e oferece, de forma transparente, uma visão do status da cobertura de vegetação nativa em polígonos cadastrados no CAR em relação ao atendimento às normas de proteção da vegetação dispostas na LPVN. Os resultados apresentados representam a evolução com melhorias e atualizações de estudos anteriores realizados pelo GeoLab da ESALQ/USP em colaboração com o Imaflora (Tavares et al., 2019; Sparovek et al., 2019; Freitas et al., 2018a; Freitas et al., 2018b). Há a previsão de uma atualização anual.

O modelo proposto, como todos os desenvolvidos com o mesmo propósito, assume premissas e toma decisões que influenciam os resultados. O enfoque adotado reflete a disponibilidade de dados, os recursos tecnológicos e computacionais utilizados, a interpretação das regras dispostas na Lei e sua conversão em códigos computacionais pela equipe do iGPP. Como em todas as atualizações sobre o tema já feitas pela equipe, as versões futuras poderão ter alterações destes fatores, não sendo, desta forma, diretamente comparáveis entre si. As atualizações sempre refletirão, conjuntamente, as alterações nos registros das bases utilizadas, as melhorias tecnológicas, mudanças de interpretação implementadas e incorporação gradativa de regras estaduais específicas relacionadas à LPVN.

1. Introdução

Instituída pela Lei nº 12.651/2012, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) consolidou-se como o principal instrumento regulatório para a conservação ambiental em terras privadas no Brasil, revisando as diretrizes estabelecidas pelo Código Florestal de 1965. Contudo, após mais de uma década de vigência, a sua implementação ainda enfrenta complexos desafios operacionais. Um dos maiores gargalos reside na incerteza associada à quantificação dos passivos (déficits) e ativos (excedentes) de vegetação nativa, dada a natureza declaratória e as inconsistências espaciais presentes na base de dados do CAR. Nesse contexto, a presente Nota Técnica tem como objetivo avaliar, de forma sistemática e espacialmente explícita, a distribuição das áreas com vegetação nativa, além de estimar a área de déficit de RL, o déficit nas APP e os excedentes de vegetação nativa nos imóveis rurais inscritos no CAR em todo o território brasileiro.

A partir de bases geoespaciais integradas e de metodologias progressivamente aprimoradas (Tavares et al., 2019; Freitas et al., 2018a, 2017, 2016; Sparovek et al., 2015, 2012), o grupo responsável por este trabalho atualizou um conjunto de ferramentas analíticas voltadas à estimativa do cumprimento das obrigações legais de conservação da vegetação nativa feitas na escala de polígonos do CAR de forma espacialmente explícita, sem usar estimativas probabilísticas ou estatísticas. Essa abordagem permite estimar déficits e excedentes de APP e RL, bem como o potencial de compensação e a necessidade de regularização ambiental nos diferentes biomas e estados brasileiros, segmentando os resultados por tamanho de imóvel. Depois de estimados os déficits e excedentes, os imóveis do CAR são sobrepostos a outras bases espaciais, como, por exemplo, os polígonos do Monitoramen-

to do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - PRODES³ (Assis et al., 2019) e a evolução das mudanças de uso da terra da coleção do MapBiomas⁴ (2025), entre outras. Essas sobreposições revelam as dinâmicas de mudança de uso da terra nesses imóveis após a data de referência da LPVN, de 22 de julho de 2008.

Além de fornecer diagnósticos atualizados sobre a situação dos imóveis rurais em relação à LPVN, as estimativas podem auxiliar na formulação de políticas públicas de aprimoramento da governança territorial e ambiental e, indiretamente, da governança fundiária, além de contribuir para o monitoramento da conservação da vegetação nativa em nível nacional e regional.

¹ <https://data.inpe.br/biomasbr/prodes-monitoramento-anual-da-su-pressao-de-vegetacao-nativa/>

² <https://brasil.mapbiomas.org/>

2. Conceitos e Definições

Lei da Proteção da Vegetação Nativa - LPVN

A LPVN estabelece parâmetros legais para a proteção e o uso sustentável da VN em imóveis rurais brasileiros. A Lei determina a delimitação das APPs e das RLs, bem como prevê mecanismos de compensação, recuperação e reposição da vegetação nativa, além da regularização ambiental dos imóveis rurais. No contexto deste estudo, a LPVN constitui o marco normativo que orienta os cálculos de estimativa das áreas de vegetação nativa protegidas e passíveis de regularização, servindo de base para a definição dos critérios e procedimentos metodológicos aplicados às análises espaciais subsequentes. A LPVN é complementada, de diversas formas, por outros instrumentos normativos, como a Lei da Mata Atlântica (Lei 11.428/2006), o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC (lei 9.985/2000), a lei do licenciamento ambiental (Lei 15.190/2025), entre outros. Neste estudo, foi analisada apenas a LPVN, por ser a norma de maior abrangência que incide sobre os imóveis rurais privados inscritos no CAR.

Déficit de Área de Preservação Permanente

As APPs são espaços territoriais protegidos, legalmente definidos pela LPVN, que possuem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, e proteger

o solo contra erosão. No caso das APPs ripárias, essas áreas devem ser mantidas com cobertura de vegetação nativa em metragens distintas a partir do corpo d'água, variando de 5 metros (art. 61-A da LPVN) a 500 metros (art. 4º da LPVN).

O déficit de APP corresponde à diferença entre a extensão de vegetação nativa existente nestas áreas em um imóvel rural e a área mínima que deve ser mantida ou recomposta conforme os parâmetros estabelecidos pela lei (art. 4º e art. 61-A da LPVN). Representa, assim, a área em APP que se encontra suprimida, degradada ou ocupada por uso antrópico não consolidado, devendo ser objeto de recuperação ou compensação ambiental, conforme os instrumentos previstos na LPVN.

Déficit de Reserva Legal

A RL é uma fração obrigatória do imóvel que deve permanecer coberta por vegetação nativa, podendo ser combinada (no caso de recuperação) com espécies exóticas de porte arbóreo, visando assegurar a conectividade ecológica, a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade do uso do solo. O tamanho dessa área varia de 20% a 80% da área do imóvel conforme o bioma (art. 12 da LPVN).

O déficit de RL ocorre quando a vegetação remanescente é inferior ao percentual exigido pela LPVN, configurando um passivo ambiental. Nesses casos, faz-se necessária a regularização ambiental da área, por meio de recomposição, regeneração natural ou compensação de Reserva Legal, conforme previsto nos arts. 66 a 68 da LPVN.

Excedente de Vegetação Nativa

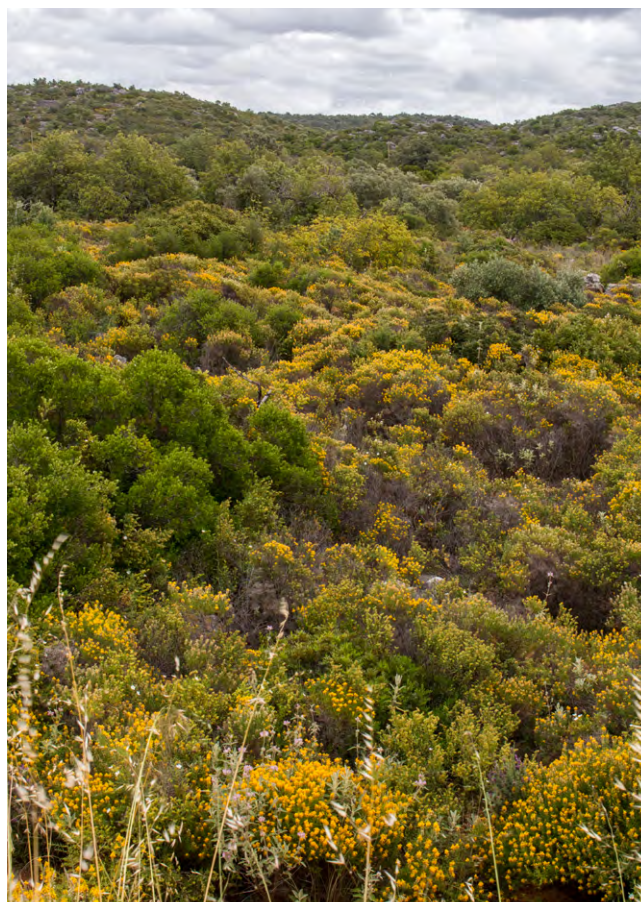
O excedente corresponde à porção de vegetação nativa existente em um imóvel que ultrapassa a soma das áreas mínimas obrigatórias de preservação ambiental, isto é, a RL estabelecida e as faixas mínimas de APP.

O excedente é calculado pela diferença entre a área total coberta por vegetação nativa no imóvel e a área total de RL e APP coberta com vegetação nativa (em algumas situações a APP é calculada conjuntamente com a RL, como previsto no art. 15 da LPVN). Quando este saldo é positivo, há um excedente de vegetação nativa.

Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O CAR constitui o principal instrumento previsto na LPVN de registro de informações e monitoramento ambiental das propriedades e posses rurais. De caráter autodeclaratório, o CAR reúne informa-

ções geoespaciais sobre o perímetro do imóvel, suas APPs, RLs, áreas consolidadas e áreas de uso restrito. Embora seja uma ferramenta essencial para a implementação da LPVN, a natureza autodeclaratória dos registros pode gerar inconsistências e sobreposições espaciais entre imóveis, especialmente em regiões com elevada densidade cadastral ou com deficiências na regularização fundiária. Essas sobreposições impactam diretamente as estimativas de áreas protegidas e/ou passíveis de compensação e recuperação, podendo comprometer a precisão das análises sobre o cumprimento da LPVN. Assim, a análise e o tratamento das geometrias do CAR tornam-se etapas fundamentais para garantir a integridade dos cálculos e diagnósticos derivados dessa base.



3.

Dados de entrada

Para os processos de modelagem da LPVN, foram utilizados dados de abrangência nacional, acessados entre fevereiro e junho de 2025, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados utilizados na modelagem da LPVN com abrangência nacional.

| Dados de Entrada | Resolução | Ano | Fonte |
|--|-----------|-------------------|------------|
| Municípios do Brasil | - | 2022 | IBGE |
| Módulos Fiscais | - | 2015 | INCRA |
| Uso do Solo | 5m | >= 2012 | FBDS |
| Uso do Solo | 30m | 2008, 2012 e 2023 | MapBiomass |
| Hidrografia | 5m | >= 2012 | FBDS |
| Hidrografia | 1:250.000 | 2023 | IBGE |
| Faixas de APP | 5m | >= 2012 | FBDS |
| Bioma | 1:250.000 | 2022 | IBGE |
| Fitofisionomias | - | 2012 | RADAM |
| Áreas de supressão da Vegetação Nativa | 30m | 2025 | PRODES |
| Autorização de Supressão de Vegetação Nativa | - | 2025 | IBAMA |
| Cadastro Ambiental Rural | - | 2025 | SICAR |

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, RADAM - Projeto Radar na Amazônia, PRODES - Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural

3.1 Uso do solo e Hidrografia

A LPVN define faixas mínimas de vegetação nativa para APPs ao redor dos corpos hídricos, assim como para situações topográficas e fitofisionomias específicas. No caso das APPs nas faixas marginais de corpos hídricos, sua delimitação por meio de mapeamento (dado secundário), principalmente para as faixas mais estreitas (5 a 15 metros), deve, preferencialmente, vir de bases em que o traçado da rede hídrica e o uso da terra foram gerados a partir das mesmas imagens de satélite e com resolução espacial sensível a estas faixas. No caso das imagens terem resolução espacial inferior a 5 ou 15 metros (por exemplo, 30 metros no caso das imagens do Landsat) são necessárias inferências estatísticas ou probabilísticas para a estimativa do cumprimento da LPVN. No caso de bases de dados, independentemente da resolução espacial, em que o uso da terra e a rede hídrica foram gerados a partir de registros geoespaciais distintos, o erro de precisão da localização absoluta entre as bases é comparável ou maior do que as distâncias requeridas para a recomposição de faixas marginais (de 5 a 15 metros), válida para os imóveis menores de 2 Módulos Fiscais (MF), que constituem, em número, a maior parte dos imóveis na base CAR, com 87%.

Ainda, no caso de análises de sobreposição realizadas em ambiente matricial (por pixel), os erros de geolocalização são maiores e podem comprometer a qualidade das análises de imóveis menores. **Os métodos adotados neste estudo seguem um modelo espacial vetorial em todas as análises espaciais**, evitando este tipo de problema.

A base sobre o uso da terra e rede hidrográfica utilizada neste estudo é produzida pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), uma organização sem fins lucrativos que atua na produção, integração e disseminação de dados e estudos voltados à sustentabilidade ambiental e ao desenvolvimento territorial no Brasil. Por meio de suas plataformas e projetos temáticos, a FBDS disponibiliza bases geoespaciais padronizadas e de acesso público, abrangendo principalmente informações sobre o uso e a cobertura da terra e a rede hidrográfica. No que tange à rede hidrográfica, é a única iniciativa que traz dados em ambiente vetorial, com a rede hídrica representada por dupla margem. O uso da terra foi produzido a partir da mesma imagem que definiu a rede hídrica. Devido a este conjunto de características, foram priorizados os dados da FBDS. Entretanto, as datas dos bancos de dados da FBDS não coincidem com a data de referência definida pela LPVN, que veda a concessão de novas autorizações de supressão enquanto não houver recomposição ou compensação da vegetação nativa suprimida sem autorização após 22 de julho de 2008. Visando minimizar o erro decorrente da defasagem das datas, foram adotadas, quando disponíveis, as informações da FBDS da data mais próxima possível de 2008. Para 94 municípios localizados no bioma Pampa e 8 no Pantanal (Tabela A1, em anexo), a FBDS não fornece dados sobre uso do solo, hidrografia e faixas de APP. Deste modo, foram utilizadas informações do

⁴ <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>

CAR com sobreposição relevante: os imóveis do CAR com sobreposição entre si acima dos limites de tolerância foram modelados com o tratamento das geometrias e das sobreposições para compor um modelo de “malha CAR” livre de sobreposições, segundo a metodologia de Cerignoni (2023), em nível nacional e em formato vetorial (Tavares et al., 2019; Sparovek et al., 2019, Freitas et al., 2018a, Freitas et al., 2018b).

Nesse processo, foram gerados dois cenários:

MALHA P

Malha CAR em que todos os imóveis que possuem sobreposição relevante tiveram suas geometrias tratadas, com priorização⁵ para os imóveis **pequenos**.

Este conjunto representa as estimativas mínimas de déficit e excedente, já que em imóveis pequenos (< 4MF) que possuem remanescente de vegetação nativa em percentuais inferiores ao previsto na lei, a RL será constituída com a área ocupada com a vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008 (Art. 67 da LPNV).

MALHA G

Malha CAR em que todos os imóveis que possuem sobreposição relevante tiveram suas geometrias tratadas, com priorização para os imóveis **grandes**. Este conjunto representa as estimativas máximas de déficit e excedente, já que imóveis médios e grandes precisam recompor ou compensar déficits de RL (Art. 66 da LPVN).

⁵A priorização na construção de uma malha ocorre quando dois imóveis de classes de tamanho diferentes se sobrepõem e apenas um terá sua geometria preservada, enquanto o imóvel não priorizado sofrerá uma operação de recorte no seu perímetro. Quando imóveis de mesma classe de tamanho se sobrepõem, esta preservação e recorte de geometrias ocorrem de forma aleatória.

Um exemplo de como funciona a priorização dos imóveis nas regiões de sobreposição pode ser observado na Figura 1, na qual essas regiões deixam de apresentar sobreposições e são preenchidas com imóveis, totais ou parciais, conforme as regras de hierarquia de cada cenário.

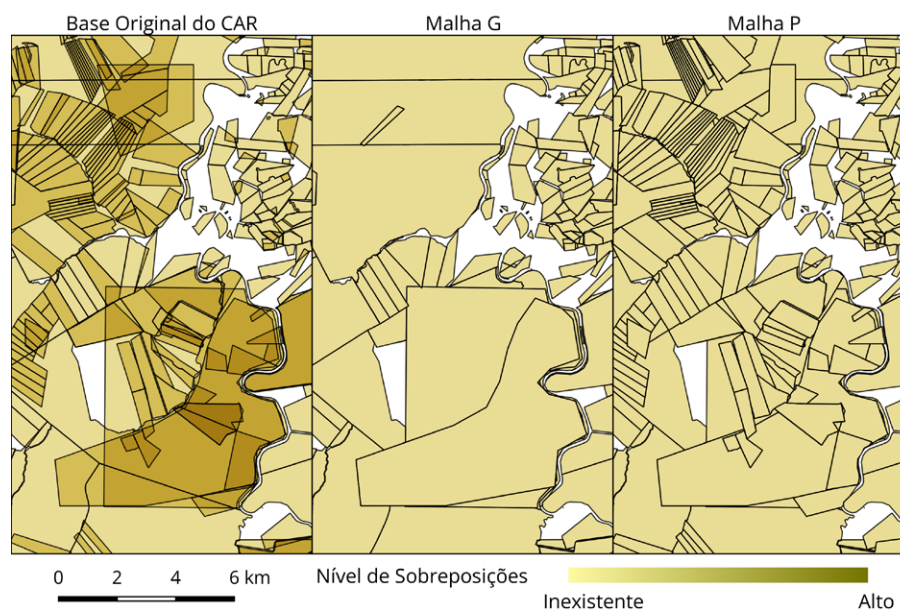


Figura 1 - Situações finais da resolução das sobreposições entre os imóveis em cada cenário de priorização.

Desta forma, os imóveis sem sobreposições relevantes são mantidos em todos os cenários, e apenas os que possuem sobreposições relevantes são alterados conforme cada premissa (Figura 2).

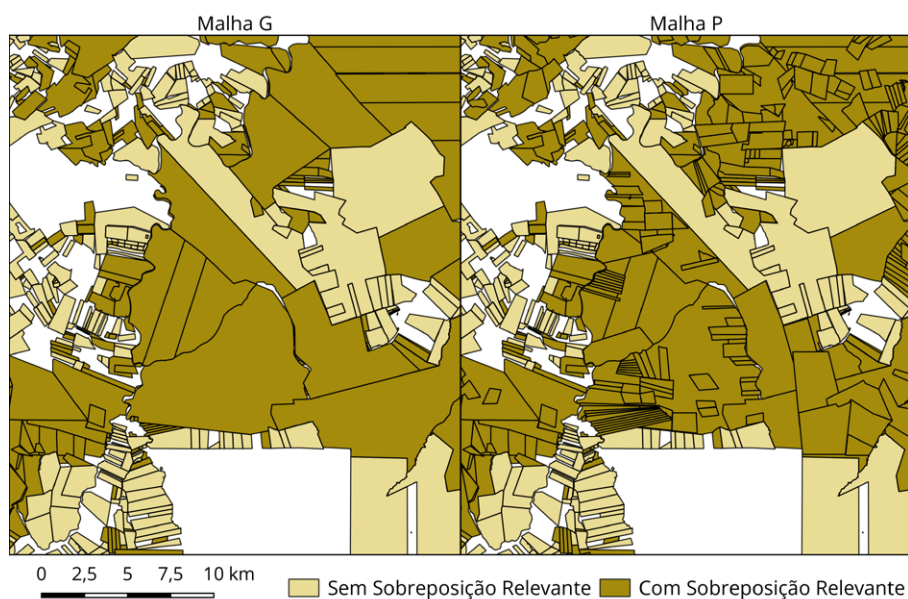


Figura 2 - Diferenças nas regiões com sobreposição relevante em cada cenário de priorização.

Os resultados serão apresentados para estes 4 subconjuntos:

- CAR sem sobreposição relevante (312 Mha);
- CAR com sobreposição relevante, dividido em:
 - Base Original (244 Mha);
 - Malha P (152 Mha - redução de 37,8%);
 - Malha G (151 Mha - redução de 38,1%);

Os resultados do conjunto de CARs sem sobreposição relevante são as estimativas mais precisas desta modelagem, em que não há incertezas quanto ao perímetro do cadastro e representam 63% do número total de imóveis da base e 56% da área total cadastrada. Para o conjunto de CAR com sobreposição relevante, foi estimado um intervalo de ocorrência para cada variável analisada (estimativas de déficit de APP e RL, estimativas de

excedente de VN, indicativo de supressão de VN após 2008 e indicativo das variações no estoque de VN), variando de uma estimativa mínima (Malha P) a uma estimativa máxima (Malha G).

As áreas totais das Malhas P e G divergem ligeiramente, pois o processo de resolução das sobreposições pode gerar geometrias inválidas, ou seja, com formatos e características irreais e não processáveis. No cenário G, há um maior número de recortes, o que aumenta a probabilidade de que estas geometrias sejam inválidas.

Em relação ao número de imóveis, a malha P, que prioriza imóveis pequenos, possui 151.950 imóveis pequenos a mais do que a malha G, enquanto a malha G reúne 4.766 imóveis grandes a mais que a malha P, conforme apresentado na Tabela 3. Esta variação não é significativa a ponto de alterar a representatividade dos tamanhos dos imóveis em relação à base completa.

Tabela 3 – Número de imóveis por tamanho (Pequeno, Médio e Grande) considerando CAR sem sobreposição relevante (Base Original) e com sobreposição relevante (Base Original, Malha P e Malha G). Os percentuais indicam a proporção de cada tamanho em relação ao total de imóveis do CAR, somando as categorias com e sem sobreposição relevante.

| | | Número de Imóveis | | | | Proporção em relação ao total de imóveis | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------------------|---------|---------|------------------|--|-------|--------|-------|
| | | Pequeno | Médio | Grande | TOTAL | Pequeno | Médio | Grande | TOTAL |
| CAR sem Sobreposição Relevante | | 4.504.426 | 220.171 | 83.434 | 4.808.031 | 58,6% | 2,9% | 1,1% | 62,6% |
| CAR com Sobreposição Relevante | Base Original | 2.687.986 | 143.390 | 41.255 | 2.872.631 | 35,0% | 1,9% | 0,5% | 37,4% |
| | Malha P | 2.582.864 | 101.362 | 24.922 | 2.709.148 | 34,4% | 1,3% | 0,3% | 36,0% |
| | Malha G | 2.430.914 | 97.413 | 29.688 | 2.558.015 | 33,0% | 1,3% | 0,4% | 34,7% |
| TOTAL | Base Original | 7.192.412 | 363.561 | 124.689 | 7.680.662 | | | | |
| | Malha P | 7.087.290 | 321.533 | 108.356 | 7.517.179 | | | | |
| | Malha G | 6.935.340 | 317.584 | 113.122 | 7.366.046 | | | | |

As diferenças entre registros na base CAR com e sem sobreposição relevante, apresentadas na Figura 3, indicam tendências de duas naturezas: 1) diferenças estaduais, decorrentes da estratégia e da metodologia de implementação da LPVN por cada órgão responsável na Unidade da Federação (UF); e 2) dentro de cada UF, diferenças regionais, decorrentes de características fundiárias específicas.

As diferenças estaduais na proporção de registros com e sem sobreposição relevante são amplas, variando de 94% sem sobreposição relevante na Bahia a 80% com sobreposição relevante no DF.

No entanto, dois aspectos merecem destaque: (i) a maior parte da base (63%) não apresenta sobreposição relevante, não havendo, assim, impedimento à implementação da LPVN devido à consistência topológica dos registros do CAR. A maior parte da base já pode ser analisada visando ao cumprimento das exigências ambientais; e (ii) o mapeamento das situações de maior ocorrência de registros com sobreposição relevante, que impedem a análise das exigências ambientais, permite identificar as causas subjacentes relacionadas ao contexto estadual e fundiário e delinear ações estratégicas e abrangentes no equacionamento desses problemas.

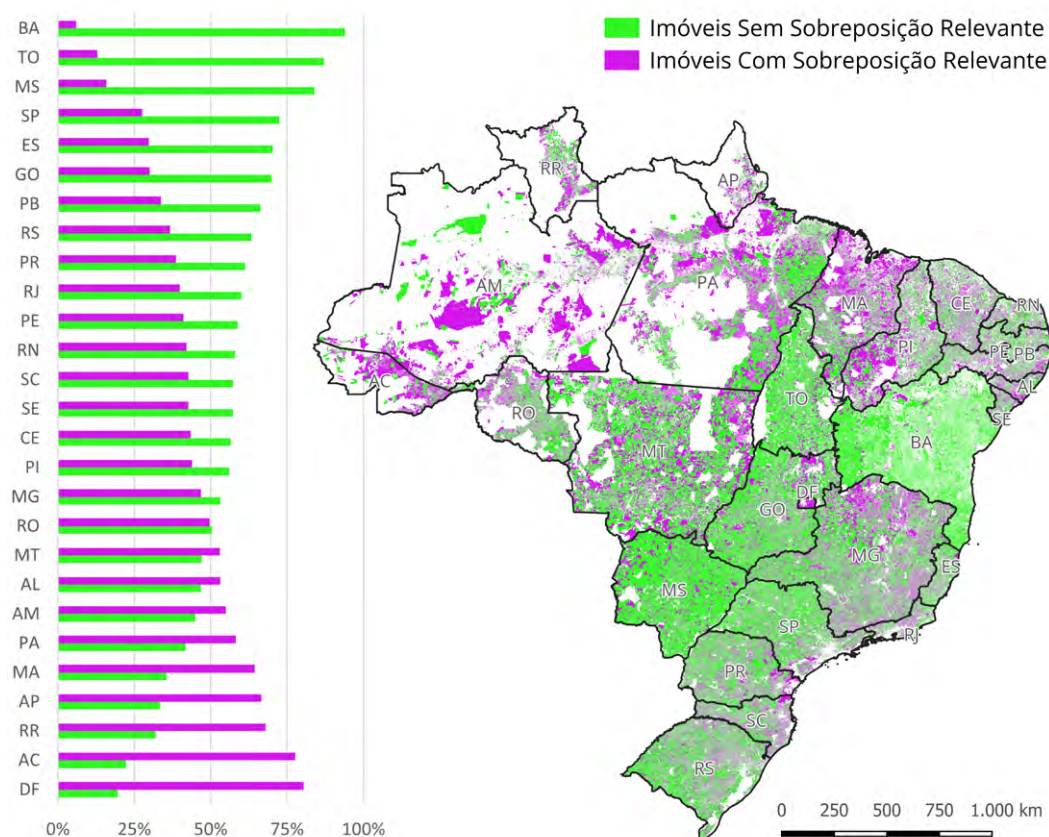


Figura 3 - Proporção de imóveis com e sem sobreposição relevante por estado.

4.

Modelagem da LPVN

Estimativas de déficit e excedente de VN

O cálculo do déficit estimado de APP e RL e do excedente de vegetação nativa foi realizado por meio de codificação em um sistema de gerenciamento de banco de dados objeto-relacional, o PostgreSQL, versão 17, com a extensão PostGIS 3.5, para realizar as operações espaciais no banco de dados. O processamento da LPVN foi o mesmo que o dos modelos publicados em estudos anteriores (Tavares et al., 2019; Freitas et al., 2018a, 2017, 2016; Sparovek et al., 2015, 2012), com a atualização das bases para fevereiro de 2025. Integrando os imóveis modelados com a camada vetorial de uso do solo de resolução de 5m, foi calculada a quantidade de vegetação nativa existente dentro e fora das faixas limite de APP ripária, estimando os déficits de APP e RL, bem como os excedentes de vegetação nativa, à luz dos artigos nº 4, 12, 13, 15, 61-A, 61-B e 67 da LPVN (BRASIL, 2012).

Conforme mencionado anteriormente, o artigo 61-A da LPVN estabelece faixas diferenciadas de recomposição da vegetação nativa em APP ripária, conforme o tamanho do imóvel rural e a largura dos corpos hídricos. No presente estudo, a aplicação do artigo 61-A foi realizada de forma espacialmente explícita, a partir de dados de uso e cobertura do solo, com resolução espacial de 5 m, e de uma base hidrográfica na mesma escala, o que permitiu delimitar as APPs ao longo de ambas as margens dos cursos d'água. Essa abordagem permitiu estimar com precisão, inclusive em imóveis menores, as áreas que necessitam de recomposição para atendimento à LPVN.

Para esta modelagem, com olhar para a macrogestão da LPVN, foram considerados majoritariamente os critérios, definições e interpretações realizadas apenas sobre a lei federal, não sendo consideradas as legislações e especificidades estaduais, com exceção da Lei Estadual Nº 5.178, de 27 de dezembro de 2000 que institui a Política Florestal do Estado do Piauí e modificada pela Lei Estadual Nº 5.699, de 26 de novembro de 2007 que eleva a Reserva Legal na porção de Cerrado no estado do Piauí de 20 para 30%.

Supressão da vegetação nativa após 2008

Os dados de supressão da vegetação nativa detectados pelo programa PRODES foram filtrados para incluir apenas ocorrências posteriores a 22 de julho de 2008, data de referência definida pela Lei 12.651/2012 para distinguir passivos ambientais que devem ser obrigatoriamente recuperados. Esses registros foram então confrontados com as Autorizações de Supressão de Vegetação (ASV). Os polígonos resultantes deste processamento serviram para marcar os imóveis que realizaram supressões possivelmente não autorizadas após esta data. Essa diferenciação é essencial para a correta aplicação dos dispositivos da LPVN, uma vez que a ocorrência de supressões ilegais pode limitar ou impedir a redução da obrigatoriedade de recomposição da vegetação nativa, prevista na LPVN. A incorporação dessas informações na análise espacial permitiu identificar com maior precisão imóveis que provavelmente farão a recomposição integral das áreas suprimidas e dos déficits observados na

situação do imóvel em 22 de julho de 2008, sem redução. Isto assegura que os benefícios legais de regularização só sejam concedidos às áreas que atendam às condições estabelecidas pela legislação vigente.

Variações nos estoques de vegetação nativa

Com propósito similar, os dados de uso do solo do MapBiomas foram utilizados para analisar a quantidade de vegetação nativa em cada CAR nos anos de 2008 e 2023 (ano final disponível na Coleção 9 na data do processamento dos dados), sendo possível marcar os CARs que tiveram aumento ou redução da área preservada, gerando um indicativo se a situação da vegetação nativa se manteve, reduziu ou aumentou.





5.

Resultados

5.1 Estimativas gerais

As estimativas para cada variável são apresentadas em faixas de possível ocorrência, dados os cenários de tratamento das sobreposições do CAR descritos na seção 3.2.

O déficit de APP estimado pode variar de aproximadamente 6,9 Mha a 7 Mha, dos quais aproximadamente 5 Mha (71%) estão em imóveis sem sobreposição relevante. O déficit de RL estimado pode variar de aproximadamente 9,8 Mha a 10,1 Mha, dos quais 7,4 Mha (73%) estão em imóveis sem

sobreposição relevante. Por fim, o excedente de vegetação pode variar de aproximadamente 88,7 Mha a 89 Mha, dos quais 56,6 Mha (64%) estão em imóveis sem sobreposição relevante (Tabela 4). Considerando apenas o conjunto de imóveis do CAR com sobreposição relevante, as estimativas apresentam pequenas variações entre cenários, com diferença inferior a 1% para o excedente de vegetação nativa, até 5,3% no caso de déficit de APP e de até 13% para o déficit de RL.

| | | Área (mil ha) | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|
| | | Déficit de APP | Déficit de RL | Excedente de VN |
| CAR sem Sobreposição Relevante | Base Original | 4.991 | 7.436 | 56.564 |
| CAR com Sobreposição Relevante | Base Original | 2.955 | 3.322 | 64.357 |
| | Malha G | 2.045 | 2.623 | 32.483 |
| | Malha P | 1.904 | 2.340 | 32.189 |
| TOTAL | Base Original | 7.946 | 10.759 | 120.921 |
| | Malha G | 7.036 | 10.059 | 89.047 |
| | Malha P | 6.895 | 9.776 | 88.753 |

Tabela 4 – Áreas totais de Déficits e Excedentes considerando CAR sem sobreposição relevante (Base Original) e com sobreposição relevante (Base Original, Malha P e Malha G). Os percentuais indicam a proporção de cada cenário em relação aos Déficits e Excedentes totais.

Em torno de 30% dos imóveis do CAR possuem sobreposição com polígonos de supressão da vegetação nativa após 31 de Julho de 2008 reportado pelo PRODES, sem ASV identificada, o que representa aproximadamente 2,5 milhões de imóveis considerando a base original do CAR, com todas as sobreposições entre perímetros. Destes, 1,5 milhões (60%) não possuem inconsistências topológicas relevantes, e portanto, pode-se afirmar com mais segurança que eles de fato possuem su-

pressão reportada pelo PRODES após 2008. Após o tratamento das inconsistências topológicas em 1 milhão de registros da base original, que apresentavam sobreposições entre si e com polígonos do PRODES, estima-se que o número de imóveis com supressão de vegetação nativa pós-2008 varie entre 789 mil e 865 mil. Dessa forma, após os tratamentos, a estimativa geral de imóveis do CAR com supressão pós-2008 varia entre 2,2 e 2,3 milhões de imóveis (Tabela 5).

| | | Imóveis | | Proporção em relação ao total de imóveis | |
|--------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|--|-------------------------|
| | | Com supressão de VN | Sem supressão de VN | Com supressão de VN (%) | Sem supressão de VN (%) |
| CAR sem Sobreposição Relevante | Base Original | 1.459.521 | 3.348.510 | 19 | 44 |
| | | | | | |
| CAR com Sobreposição Relevante | Base Original | 1.006.151 | 1.866.480 | 13 | 24 |
| | Malha G | 789.068 | 1.768.947 | 10 | 23 |
| | Malha P | 865.254 | 1.843.894 | 11 | 24 |
| TOTAL | Base Original | 2.465.672 | 5.214.990 | 32 | 68 |
| | Malha G | 2.248.589 | 5.117.457 | 29 | 67 |
| | Malha P | 2.324.775 | 5.192.404 | 30 | 68 |

Tabela 5 – Quantidades totais de CARs com e sem supressão de VN após julho/2008 detectada pelo PRODES, considerando CAR sem sobreposição relevante (Base Original) e com sobreposição relevante (Base Original, Malha P e Malha G). Os percentuais indicam a proporção de cada cenário em relação ao total de imóveis do CAR.

Corroborando com a análise acima, os dados do Mapbiomas também indicam que aproximadamente um terço dos imóveis tiveram redução no estoque total de vegetação nativa entre 2008 e 2023, enquanto um terço manteve o mesmo estoque, e o outro terço apresentou um aumento (Tabela 6).

| | | Imóveis | | | Proporção em relação ao total de imóveis | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|--|-------------------------|-------------|
| | | Aumento | Estabilidade | Redução | Com supressão de VN (%) | Sem supressão de VN (%) | Redução (%) |
| CAR sem Sobreposição Relevante | Base Original | 1.539.871 | 1.403.816 | 1.864.344 | 20 | 18 | 24 |
| | | | | | | | |
| CAR com Sobreposição Relevante | Base Original | 843.907 | 751.655 | 1.277.069 | 11 | 10 | 17 |
| | Malha G | 696.614 | 844.879 | 1.016.522 | 9 | 11 | 13 |
| | Malha P | 739.888 | 859.055 | 1.110.205 | 10 | 11 | 14 |
| TOTAL | Base Original | 2.383.778 | 2.155.471 | 3.141.413 | 31 | 28 | 41 |
| | Malha G | 2.236.485 | 2.248.695 | 2.880.866 | 29 | 29 | 38 |
| | Malha P | 2.279.759 | 2.262.871 | 2.974.549 | 30 | 29 | 39 |

Tabela 6 – Quantidades totais de imóveis por dinâmica na cobertura de VN (entre 2008 e 2023), considerando CAR sem sobreposição relevante (Base Original) e com sobreposição relevante (Base Original, Malha P e Malha G). Os percentuais indicam a proporção de cada cenário em relação ao total de imóveis do CAR.

5.2 Distribuição Territorial

A distribuição dos déficits de Reserva Legal apresenta forte concentração no Centro-Oeste e ao longo do chamado arco do desmatamento (Figura 4). No Mato Grosso, leste do Mato Grosso do Sul e do Pará, e no oeste do Tocantins predominam imóveis com os maiores valores absolutos de déficit de RL. Este padrão reflete a ocupação mais recente e o perfil fundiário dessas regiões, com-

posto por imóveis maiores do que os das regiões Nordeste, Sul e Sudeste. Além disso, observa-se uma faixa secundária de concentração no domínio da Mata Atlântica, sobretudo ao longo do litoral nordestino, refletindo um padrão de fragmentação mais antigo, associado à ocupação consolidada, típica deste bioma.

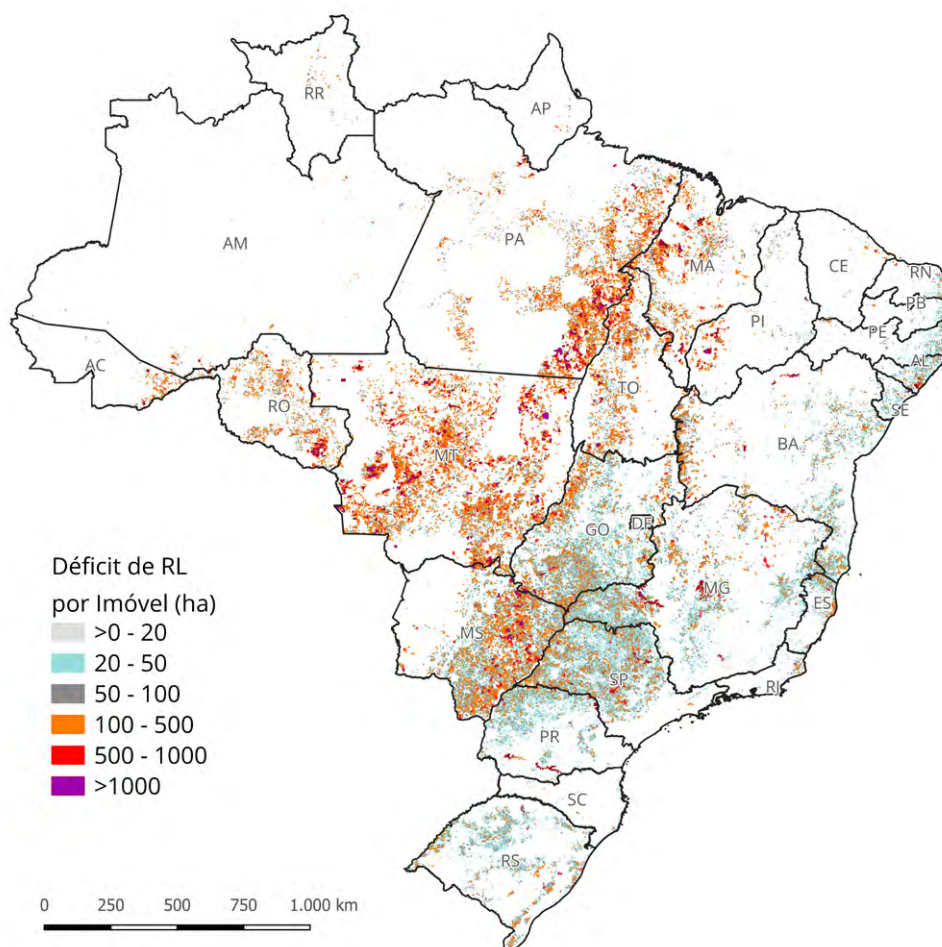


Figura 4 - Distribuição dos Déficit de RL por imóvel (Base Original)

A distribuição espacial do déficit de APP revela um padrão concentrado principalmente em um eixo ao longo do leste do Pará e noroeste do Tocantins (Figura 5), onde predominam imóveis com déficits entre 100 e 1.000 hectares. Esse corredor de maior criticidade conecta-se ao norte de Mato Grosso, reforçando sua associação à expansão agropecuária relativamente recente e ao perfil fundiário da região. No Sudeste e no Sul, o déficit é mais pul-

verizado, porém ainda significativo, especialmente em Minas Gerais, São Paulo e leste do Paraná, com predominância de déficits de 20 a 100 ha por imóvel. Esses padrões refletem a fragmentação da VN típica de bacias hidrográficas intensamente ocupadas. De forma geral, o déficit de APP ocorre de forma mais pulverizada no território, o que reflete um passivo estratégico para a recuperação hidrológica e ecológica em todo o País.

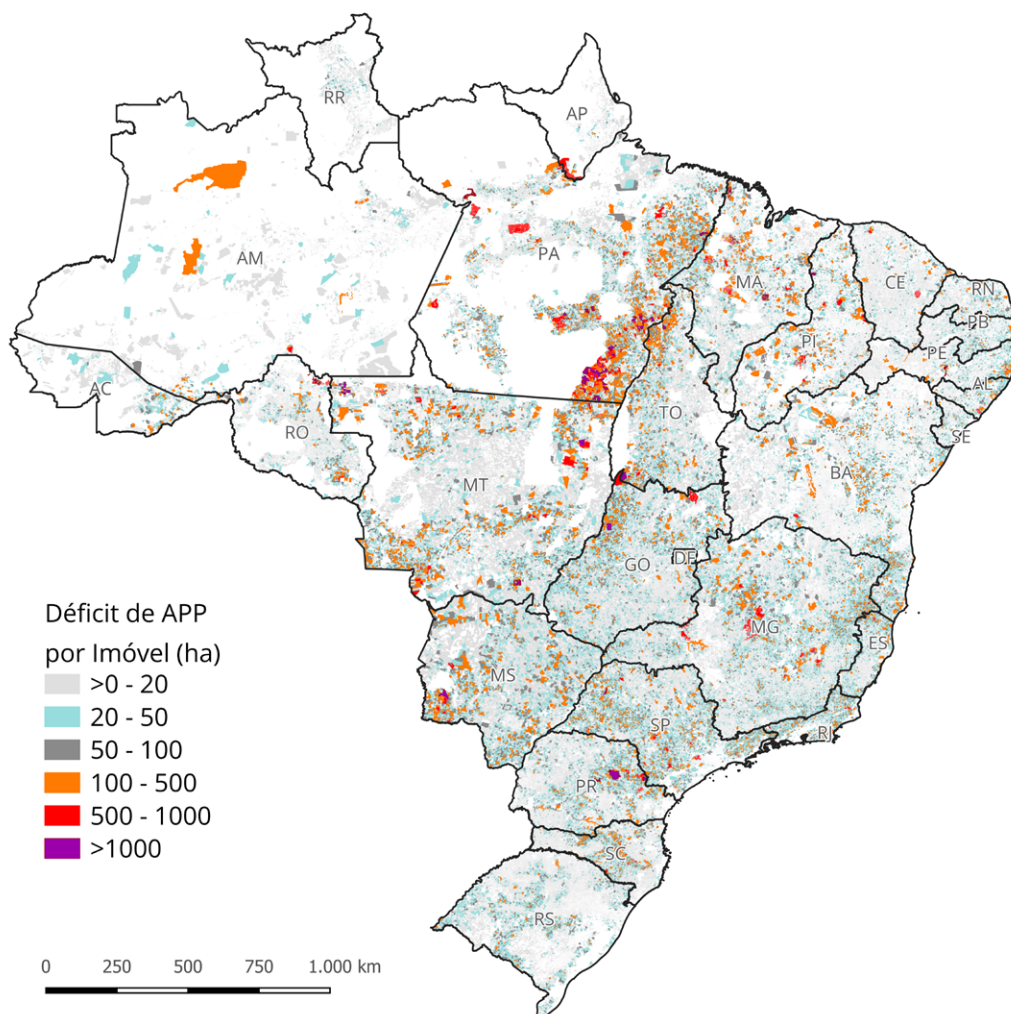
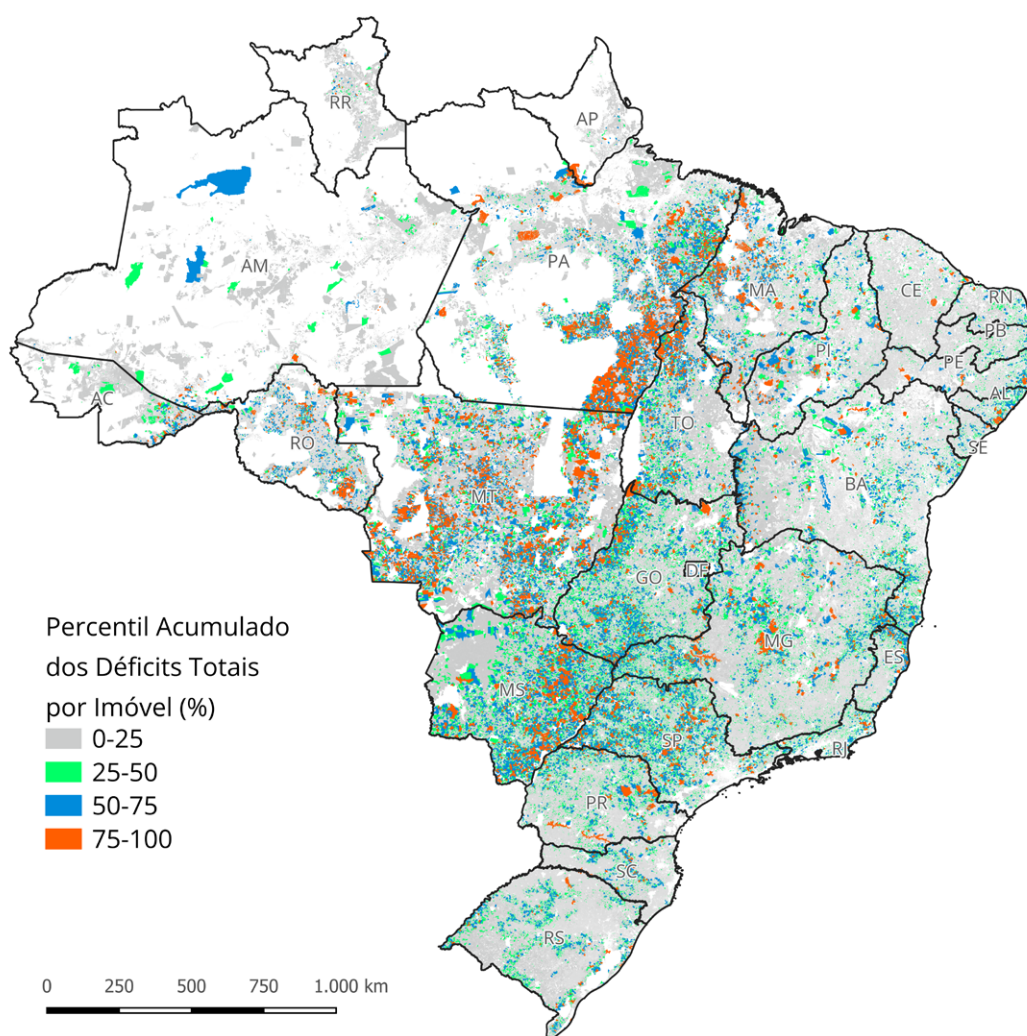


Figura 5 - Distribuição dos Déficits de APP por imóvel (Base Original)

A distribuição dos déficits totais (APP + RL) na Malha P por quartis de imóvel exibe o mesmo padrão que a distribuição do Déficit de RL (Figura 6) evidenciando que apenas 6.753 imóveis (0,09%) concentram 25% do déficit total (4,2 Mha) (Tabela 7), estendendo-se principalmente pelo chamado arco do desmatamento, especialmente no leste do

Pará, sul do Maranhão, norte do Tocantins e leste/norte de Mato Grosso. A Tabela 7 também sugere que seria possível resolver 75% do déficit de APP e RL no Brasil, com foco em apenas 117,6 mil imóveis, caso fosse dada prioridade de implementação da LPVN nestes 117,6 mil imóveis.



*Os dados utilizados nos biomas Pantanal e Pampa possuem fontes e escalas distintas das demais regiões, o que resulta em um nível de detalhamento e acurácia inferior ao observado no restante do território. Portanto, os resultados para esses biomas devem ser interpretados com cautela.

Figura 6 - Agrupamento do Déficit Total em quartis por quantidade de imóveis que concentram 25% do total de déficits no cenário Malha P.

| Percentil | Déficit de APP (mil ha) | Déficit de RL (mil ha) | Déficit Total (mil ha) | Imóveis | Sem Sobreposição Relevante (%) | Com Sobreposição Relevante (%) |
|-----------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0-25 | 3.378 | 790 | 4.168 | 7.399.498 | 64 | 36 |
| 25-50 | 1.781 | 2.387 | 4.168 | 84.909 | 79 | 21 |
| 50-75 | 1.002 | 3.166 | 4.168 | 26.019 | 77 | 23 |
| 75-100 | 735 | 3.433 | 4.168 | 6.753 | 74 | 26 |
| Total | 6.895 | 9.776 | 16.671 | 7.571.179 | 64 | 36 |

Tabela 7 – Quantidades totais de déficit de APP, RL, Total e imóveis por percentil do Déficit Total acumulado, considerando CAR sem sobreposição relevante (Base Original) e com sobreposição relevante (Base Original, Malha P e Malha G). Os percentuais indicam a proporção de cada cenário em relação ao total de imóveis do CAR.

Por sua vez, a distribuição do excedente de vegetação nativa revela uma concentração expressiva de grandes áreas (acima de 500 ha por imóvel) na porção sul e central do Amazonas, no norte do Mato Grosso, no Acre e em todo o bioma Pantanal (Figura 7). Esses excedentes de alta magnitude, representados pelos tons de azul, correspondem majoritariamente a imóveis inseridos em regiões de fronteira agrícola mais recente ou com baixa conversão histórica, onde a cobertura vegetal permanece ampla e contínua. Também se destaca um corredor significativo de VN no Matopiba, onde predominam imóveis com excedentes entre 100 e 500 ha. Essa configuração reflete a heterogeneidade do processo de ocupação desta região: enquanto parte dela apresenta forte pressão por expansão agrícola, outras áreas mantêm mosaicos de vegetação nativa acima do mínimo legal exigido. No centro-sul do país, especialmente em

Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o excedente é mais fragmentado e geralmente de pequena escala (< 20 ha por imóvel). Ainda assim, áreas pontuais no norte de Minas, no leste do Paraná e em Santa Catarina apresentam remanescentes localizados em imóveis maiores ou em zonas de relevo de maior declividade. Vale ressaltar que nos biomas Pantanal e Pampa foram utilizados os dados de uso da terra do Mapbiomas e as APPs geradas a partir da hidrografia do IBGE, por falta de dados do FBDS. Logo, nesses locais há uma incerteza maior em relação às estimativas devido à resolução mais baixa do dado de uso da terra e às dificuldades intrínsecas de se classificar as áreas de VN nos dois biomas, devido à alta incidência de áreas alagadas e pastagens naturais.

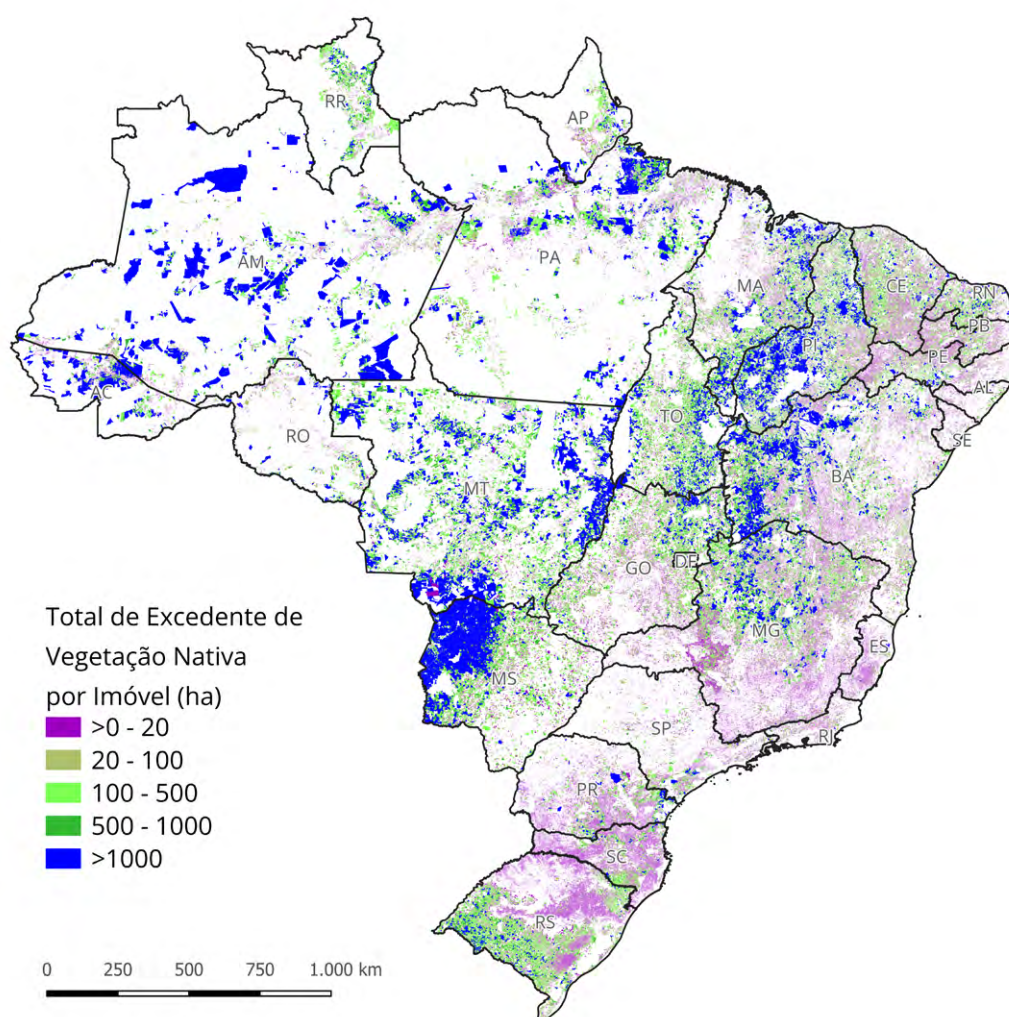
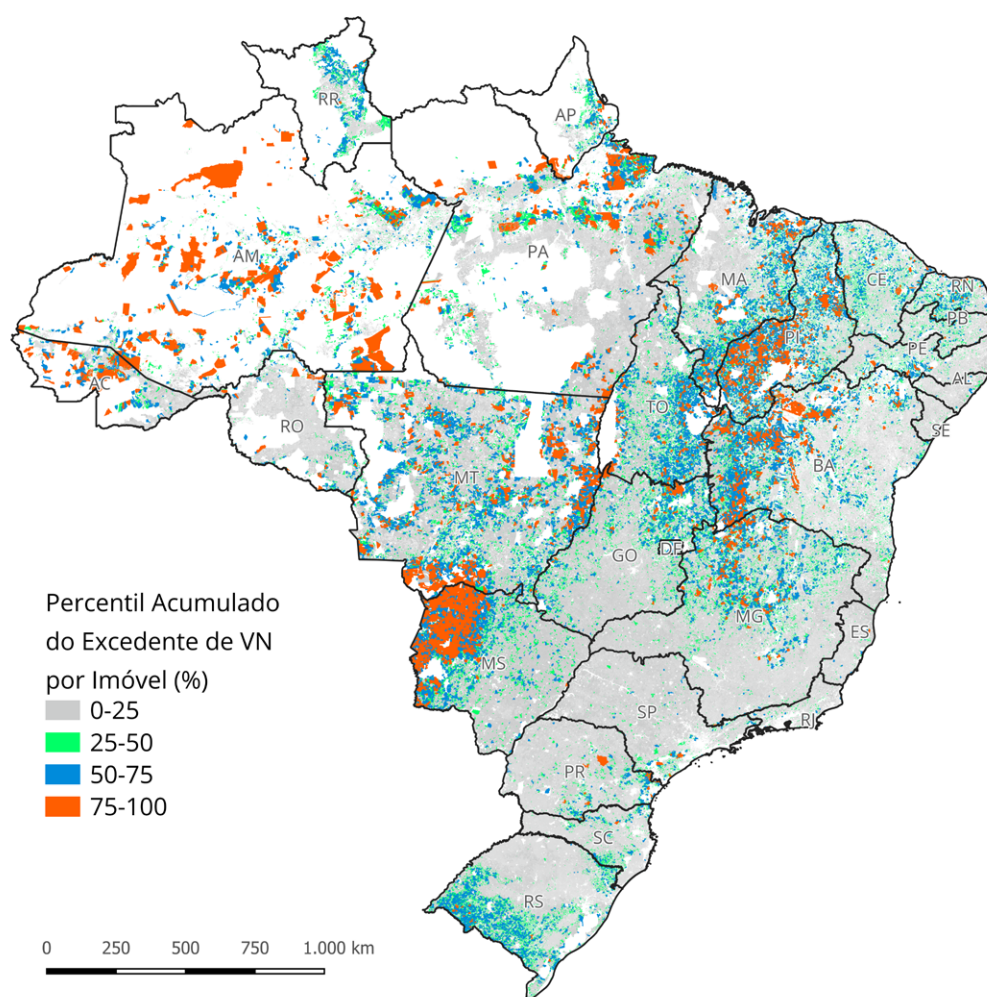


Figura 7 - Distribuição do Excedente de VN por imóvel (Base Original).

A classificação dos imóveis por percentis acumulados de excedente de vegetação nativa revela forte desigualdade na disponibilidade de remanescentes acima do mínimo legal. Os imóveis com menor excedente (classe 0–25%) estão amplamente distribuídos em todo o país, predominando em regiões historicamente consolidadas (Sudeste, Sul, faixa leste do Nordeste e grande parte do Centro-Oeste), onde a fragmentação da vegetação nativa limita a capacidade de acumular fragmentos de tamanhos significativos (Figura 8). Esta classe representa 97% do total de imóveis na base do CAR, indicando que a grande maioria dos imóveis não

possui excedentes significativos em termos absolutos. Nos percentis intermediários surgem padrões mais definidos, como é o caso do Matopiba e do Estado do Amazonas, discutidos anteriormente. A classe superior (75–100%) corresponde aos imóveis com os maiores volumes de excedente. Embora representem apenas 0,04% do total de imóveis (2.908 imóveis), estes últimos concentram 25% de todo o excedente de VN (22,2 Mha) (Tabela 8), constituindo o núcleo com maior potencial para a oferta de Cotas de Reserva Ambiental (CRA) e para o suprimento de déficits de outras regiões.



*Os dados utilizados nos biomas Pantanal e Pampa possuem fontes e escalas distintas das demais regiões, o que resulta em um nível de detalhamento e acurácia inferior ao observado no restante do território. Portanto, os resultados para esses biomas devem ser interpretados com cautela.

Figura 8 - Agrupamento do Excedente de VN em quartis por quantidade de imóveis que concentram 25% do total do excedente no cenário Malha P.

| Percentil | Excedente de VN (mil ha) | Imóveis | Sem Sobreposição Relevante (%) | Com Sobreposição Relevante (%) |
|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0-25 | 22.188 | 7.368.818 | 64 | 36 |
| 25-50 | 22.188 | 122.303 | 64 | 36 |
| 50-75 | 22.188 | 23.150 | 66 | 34 |
| 75-100 | 22.188 | 2.908 | 61 | 39 |
| Total | 88.753 | 7.517.179 | 64 | 36 |

Tabela 8 – Quantidades totais de Excedente de VN e imóveis por percentil do Excedente de VN acumulado, considerando CAR sem sobreposição relevante (Base Original) e com sobreposição relevante (Base Original, Malha P e Malha G). Os percentuais indicam a proporção de cada cenário em relação ao total de imóveis do CAR.



6.

Discussão

A área de excedentes de VN, mesmo sem computar a RL dos imóveis menores de 4MF, que pode constituir Cota de Reserva Ambiental (CRA), é significativamente maior do que o valor dos déficits de RL (Tabela 4). Isso indica que os mecanismos de compensação de RL fora do imóvel podem, potencialmente, ser a rota de regularização preferencial nos casos em que não há recomendação contrária dos órgãos estaduais de implementação da LPVN ou preferência dos proprietários dos imóveis pela restauração produtiva ou ecológica de suas RLs.

Nesse contexto, os ganhos ambientais diretos da implementação da LPVN serão majoritariamente decorrentes da restauração ecológica das faixas mínimas de APPs dos imóveis maiores de 4 MFs combinada com a restauração ecológica/produtiva das APPs dos imóveis menores de 4 MFs. Portanto, assegurar que as bases de análise da situação das APPs, principalmente aquelas de restauração obrigatória - faixas mínimas das APPs ripárias e nascentes - reflitam, da maneira mais precisa, sua condição de realidade de campo, é imprescindível para garantir os benefícios ambientais diretos da LPVN e a segurança de sua implementação por parte dos analistas e órgãos responsáveis.

As seguintes ações podem favorecer a análise do CAR e aceleração da implementação da LPVN: 1) assegurar bases de dados geoespaciais testadas sobre a situação das APPs de restauração obrigatória em nível nacional. Estas bases devem ter resolução espacial e geolocalização absoluta compatíveis com alvos de 5 m e 8 m de extensão - a faixa mínima para reposição das APPs ripárias dos imóveis menores de 4 MF, que representam 58% dos imóveis da base original sem sobreposição; 2)

assegurar, jurídica e operacionalmente, o pleno funcionamento dos mecanismos de compensação ambiental das RLs, principalmente a compensação entre UFs dentro do mesmo bioma e as CRAs. Estas últimas são um instrumento com grande potencial de gerar benefícios diretos para os imóveis pequenos; 3) se possível, desvincular a regularização das APPs da regularização das RLs, permitindo que a restauração ecológica e produtiva concentrada nas APPs se inicie em larga escala com a segurança jurídica necessária para isso e 4) proporcionar maior segurança aos gestores e servidores públicos para destravamento de processos administrativos de análise de CAR, por meio de uma atuação articulada envolvendo o governo nas esferas federal e estadual não apenas no provimento de bases de dados e ferramental analítico, mas também na pactuação de objetivos e caminhos com a sociedade civil e demais poderes.

A agenda sugerida pode ser implementada em larga escala antes da resolução das sobreposições entre os CARs. Resolver as sobreposições acrescenta áreas de APP e RL ao cômputo total das áreas protegidas em imóveis rurais, mas não altera a proporção de RL exigida nem dos excedentes de VN nesses imóveis.

Aproximadamente um terço dos registros da base do CAR apresentam supressão de VN sem ASV pós-2008. Essa situação exige atenção, especialmente no aspecto jurídico da implementação da LPVN. A discussão prévia sobre como tratar estes imóveis em relação aos benefícios previstos na adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) e aos procedimentos de análise dos CARs pelos órgãos estaduais de meio ambiente e ser-

vidores responsáveis pela implementação pode evitar uma judicialização em larga escala na implementação da LPVN. Por outro lado, dois terços dos imóveis rurais apresentam estabilidade e/ou aumento de sua cobertura de VN quando comparada ao marco temporal para análise do PRA da LPVN (22 de julho de 2008), o que revela um contexto geral favorável à regularização ambiental.

O diagnóstico nacional mostra que o passivo ambiental dos imóveis rurais é relativamente pequeno, concentrado e tecnicamente manejável. O déficit total de vegetação nativa para regularização, cerca de 3,7% da área ocupada por imóveis inscritos no CAR, é cinco vezes menor que o excedente existente, e tanto déficits quanto excedentes estão fortemente concentrados em uma pequena fração dos imóveis. A maioria dos registros do CAR apresenta boa consistência topológica, garantindo elevada precisão para quase três quartos do déficit de APP e RL e para dois terços do excedente; mesmo nos cadastros com sobreposições, as variações nas estimativas são baixas e não comprometem a implementação da LPVN. Embora um terço dos imóveis apresente supressão da vegetação nativa pós-2008 que ainda demanda definição jurídica antes da aplicação em escala, a maior parte dos cadastros mostra estabilidade ou ganho de vegetação, criando condições favoráveis para avançar com segurança.

Nesse contexto, as evidências e números apresentados sugerem que o desafio para implementação rápida e efetiva da LPVN não pode ser atribuído à competição por área e por recursos a serem despendidos para a regularização ambiental e a

produção agropecuária. Tampouco pode ser relacionado a impedimentos técnicos, baixa qualidade do CAR ou indisponibilidade de tecnologias para processamento de dados espaciais. Portanto, para alcançar resultados concretos, é essencial fortalecer a segurança técnica e institucional dos gestores e servidores públicos, destravando os processos de análise e validação do CAR por meio de uma atuação articulada e pactuada entre as diversas esferas do poder público e da sociedade civil.

O CAR tornou-se um instrumento decisivo não apenas para a regularização ambiental, mas converteu-se em pré-requisito operacional para o acesso a uma vasta gama de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável. O sistema consolidou-se também como base indispensável para o planejamento, execução e o monitoramento espacial de diversas políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento rural sustentável em suas dimensões ambiental, social e econômica (ex. crédito e seguro agrícola, programas de pagamento por serviços ambientais (PSA), políticas específicas para agricultura familiar, decisão sobre as aplicações de recursos provenientes do recém criado TFFF, entre outras iniciativas e programas), tornando o progresso na análise dos cadastros uma etapa essencial para que o país possa construir um meio rural mais eficiente e ambientalmente equilibrado.





7.

Inovação

- Otimização da modelagem resultando em maior desempenho computacional para a realização da modelagem, aumentando a precisão e viabilizando atualizações frequentes, o que possibilita o monitoramento da implementação da LPVN frente às alterações constantes da base do CAR;
- Nova metodologia de processamento para tratar as sobreposições topológicas como a Malha P e Malha G que permitem apresentar os resultados em faixas de ocorrência das variáveis analisadas de déficit ou excedente de VN;
- Utilização de uma base de uso do solo de alta resolução digitalizada simultaneamente à de hidrografia, permitindo estimar os déficits de APP sem a necessidade de métodos estatísticos;
- Identificação de supressão da vegetação nativa reportados pelo PRODES ou alterações no estoque de Vegetação Nativa reportadas pelo Mapbiomas, o que antecipa situações que podem favorecer ou dificultar a análise e regularização ambiental dos imóveis rurais;
- Disponibilização aberta de arquivo com os dados agregados, em formato de planilha e em recorte municipal, das principais variáveis intermediárias utilizadas nos cálculos de déficits de APP e RL e de excedentes de VN, em escala. Esse arquivo permite aos interessados, com ferramentas simples e amplamente acessíveis, a geração automática de tabelas e de recortes específicos que atendam aos seus interesses, evitando a necessidade de recursos computacionais e de conhecimentos avançados em Tecnologia da Informação (TI);
- Visão geral do cumprimento da LPVN, permitindo a comparação entre e intra UFs, o que favorece análises estratégicas em nível nacional.

8. Limitações

- A principal limitação desta modelagem é a falta de uma base de dados geo-espaciais de uso do solo de alta resolução, digitalizada conjuntamente à rede hidrográfica, para todo o território brasileiro na mesma data. Os dados disponibilizados pela FBDS são os melhores nesse sentido, mas ainda possuem a limitação de não cobrirem os biomas Pampas e Pantanal, apresentarem datas diferentes de mapeamento entre os municípios, e não apresentarem dados para o ano de 2008;
- A utilização do Mapbiomas Coleção 9 e geração das áreas de APP a partir dos dados de Hidrografia do IBGE para municípios do Pantanal e Pampa implicaram em um nível de detalhamento e acurácia inferior ao do restante do país. Nestas regiões, a classificação de vegetação nativa campestre também é mais desafiadora, e o excedente de VN pode estar superestimado, devendo ser interpretado com cautela considerando essas particularidades;
- O método não considera as bases de dados de referência utilizadas pelas UFs e as especificidades metodológicas e legais que cada UF aplica na análise e regularização ambiental dos imóveis rurais. Com isso, os resultados mantêm valor estratégico para a macrogestão da LPVN, mas não servem de instrumento para a análise dos casos específicos de cada UF.

9.

Referências bibliográficas

Alho, Cleber J. R. 2012. The importance of biodiversity to human health: an ecological Perspective. *Estudos Avançados*, 26(74), 151-166. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142012000100011>

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 International Journal of Geo-Information*. 8, 513, 2019. DOI: 10.3390/ijgi8110513

Brançalion, P.H.S., Garcia, L.C., Loyola, R., Rodrigues, R.R., Pillar, V.D. & Lewinsohn, T.M. 2016. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): Updates and ongoing initiatives. *Nat. Conservação* 141-15.

Brasil, 1965. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília.

Brasil, 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília.

CERIGNONI, F. Nota técnica: Malha CAR livre de sobreposição. Piracicaba, SP: Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola – IMAFLORA, set. 2023. Disponível em: https://admin.imaflora.org/public/media/biblioteca/nota_tecnica_-_final.pdf.

Freitas, F.L.M., Sparovek, G., Berndes, G., Persson, U.M., Englund, O., Barretto, A., Mörtberg, U., 2018. Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision. *Nature Sustainability* 1, 665. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0171-4>.

Freitas, F. L. M.; Guidotti, V.; Sparovek, G.; Hamamura, C. Nota técnica: Malha fundiária do Brasil, v.1812. In: *Atlas - A Geografia da Agropecuária Brasileira*, 2018. Disponível em: www.imaflora.org/atlas-agropecuaria

Freitas, F., Sparovek, G., Mörtberg, U., Silveira, S., Klug, I., Berndes, G., 2017. Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. *Land Use Policy* (68), :189-199. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.014>

Freitas, F.L., Sparovek, G., Matsumoto, M., 2016. A adicionalidade do mecanismo de compensação de reserva legal da lei no 12.651/2012: uma análise da oferta e demanda de cotas de reserva ambiental, in: Silva, A., Marques, H., Sambuichi, R. (Eds.), *Mudanças no Código Florestal Brasileiro: Desafios Para a Implementação da Nova Lei*. IPEA, Rio de Janeiro.

Galindo-Leal, C., Câmara, I. 2003. The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. The Center for Applied Biodiversity Science at Conservation International. Washington: Island Press, 408 p.

Garcia, L.C., Ellovitch, M. Da F., Rodrigues, R.R., Brancalion, P.H.S., Matsumoto, M.H., Garcia, F.C., Loyola, R. & Lewinsohn, T.M. 2016. Análise científica e jurídica das mudanças no Código Florestal, a recente Lei de Proteção da Vegetação Nativa. ABECO, Rio de Janeiro.

Mapbiomas 2025. Disponível em: https://mapbiomas.org/?cama_set_language=pt-BR.

Sparovek, S., Reydon B.P., Pinto, L.F.P., Faria, V., Freitas, F.L.M., Ramos, C.A., Gardner, T., Hamamura, C., Rajão, R., Cerignoni, F., Siqueira, G.P., Carvalho, T., Alencar, A., Ribeiro, V. 2019. Who owns Brazilian lands? Land Use Policy. Vol 87, 104062, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104062>.

Sparovek, G., Barretto, A.G.D.O.P., Matsumoto, M., Berndes, G., 2015. Effects of Governance on Availability of Land for Agriculture and Conservation in Brazil. Environmental Science and Technology 49, 10285–10293. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01300>

Sparovek, G., Berndes, G., Barretto, A.G.d.O.P., Klug, I.L.F., 2012. The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? Environ. Sci. Policy 16, 65–72

Tavares, P.A., Brites, A., Sparovek, G., Guidotti, V., Cerignoni, F., Aguiar, D., Metzger, J.P., Rodrigues, R., Pinto, L., de Mello, K., Mollin, P.G. 2019. In press. Unfolding additional massive cutback effects of the Native Vegetation Protection Law on Legal Reserves, Brazil. Biota Neotropica. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2018-0658>

10.

Anexos

Tabela A1 - Municípios sem dados disponibilizados pela FBDS.

| Município | Código do Município | Estado | Bioma |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------|
| Aceguá | 4300034 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Alegrete | 4300406 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Alvorada | 4300604 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Amaral Ferrador | 4300638 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Arambaré | 4300851 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Arroio do Sal | 4301057 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Arroio do Padre | 4301073 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Arroio dos Ratos | 4301107 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Arroio Grande | 4301305 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Bagé | 4301602 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Balneário Pinhal | 4301636 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Barão do Triunfo | 4301750 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Barra do Quaraí | 4301875 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Barra do Ribeiro | 4301909 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Bossoroca | 4302501 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Butiá | 4302709 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Caçapava do Sul | 4302808 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Cacequi | 4302907 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Cachoeirinha | 4303103 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Camaquã | 4303509 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Candiota | 4304358 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Canguçu | 4304507 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Canoas | 4304606 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Capão do Cipó | 4304655 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Capão do Leão | 4304663 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Capivari do Sul | 4304671 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Capela de Santana | 4304689 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Cerrito | 4305124 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Cerro Grande do Sul | 4305173 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Charqueadas | 4305355 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Chuí | 4305439 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Chувиска | 4305447 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Cidreira | 4305454 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Cristal | 4306056 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Dilermando de Aguiar | 4306379 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Dom Feliciano | 4306502 | Rio Grande do Sul | Pampa |

| | | | |
|---------------------|---------|-------------------|-------|
| Dom Pedrito | 4306601 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Eldorado do Sul | 4306767 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Encruzilhada do Sul | 4306908 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Herval | 4307104 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Esteio | 4307708 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Formigueiro | 4308409 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Guaíba | 4309308 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Hulha Negra | 4309654 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Imbé | 4310330 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Itacurubi | 4310553 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Itaqui | 4310603 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Jaguarão | 4311007 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Lavras do Sul | 4311502 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Maçambará | 4311718 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Manoel Viana | 4311759 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Mariana Pimentel | 4311981 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Minas do Leão | 4312252 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Morro Redondo | 4312450 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Mostardas | 4312500 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Nova Santa Rita | 4313375 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Palmares do Sul | 4313656 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Pantano Grande | 4313953 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Pedras Altas | 4314175 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Pedro Osório | 4314209 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Pelotas | 4314407 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Pinheiro Machado | 4314506 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Piratini | 4314605 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Porto Alegre | 4314902 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Quaraí | 4315305 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Rio Grande | 4315602 | Rio Grande do Sul | Pampa |

| | | | |
|---------------------------|---------|-------------------|-------|
| Rosário do Sul | 4316402 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Santa Margarida do Sul | 4316972 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Santana da Boa Vista | 4317004 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Sant'Ana do Livramento | 4317103 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Santa Vitória do Palmar | 4317301 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Santo Antônio das Missões | 4317707 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Borja | 4318002 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Gabriel | 4318309 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Jerônimo | 4318408 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São José do Norte | 4318507 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Leopoldo | 4318705 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Lourenço do Sul | 4318804 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Sepé | 4319604 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| São Vicente do Sul | 4319802 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Sapucaia do Sul | 4320008 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Sentinela do Sul | 4320354 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Sertão Santana | 4320552 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Tapes | 4321105 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Tavares | 4321352 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Tramandaí | 4321600 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Triunfo | 4322004 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Tupanciretã | 4322202 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Turuçu | 4322327 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Unistalda | 4322376 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Uruguaiana | 4322400 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Viamão | 4323002 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Vila Nova do Sul | 4323457 | Rio Grande do Sul | Pampa |
| Xangri-lá | 4323804 | Rio Grande do Sul | Pampa |

| | | | |
|------------------------------|---------|--------------------|----------|
| Barão de Melgaço | 5101605 | Mato Grosso | Pantanal |
| Cuiabá | 5103403 | Mato Grosso | Pantanal |
| Poconé | 5106505 | Mato Grosso | Pantanal |
| Santo Antônio de Leverger | 5107800 | Mato Grosso | Pantanal |
| Jaciara | 5104807 | Mato Grosso | Pantanal |
| Cuiabá | 5103403 | Mato Grosso | Pantanal |
| Corumbá | 5003207 | Mato Grosso do Sul | Pantanal |
| Ladário | 5005202 | Mato Grosso do Sul | Pantanal |



cartas
da terra