

MAPBIOMAS

NOTA TÉCNICA

Análise da ocupação urbana em torno de corpos hídricos no Brasil

Edimilson Rodrigues dos Santos Junior¹

Marcelo Montaña²

Eduardo Felix Justiniano³

Breno Malheiros de Melo⁴

Mayumi Cursino de Moura Hirye⁵

Julia Shimbo⁶

Tasso Azevedo⁷

Julio Cesar Pedrassoli⁸

1 EESC/USP, MAPBIOMAS
2 EESC/USP, MAPBIOMAS
3 USP/FFLCH, MAPBIOMAS
4 EESC/USP, MAPBIOMAS

5 QUAPÁ/FAUUSP, MAPBIOMAS
6 IPAM, MAPBIOMAS
7 MAPBIOMAS
8 UFBA/POLI, MAPBIOMAS

Resumo

A publicação da Lei 14.285/2021 modificou o ordenamento jurídico brasileiro referente à proteção de Áreas de Preservação Permanente (APPs) hídricas em áreas urbanas concedendo aos municípios a discricionariedade de criar parâmetros específicos e diferentes do Código Florestal para a delimitação das APPs.

Esta nota técnica tem como objetivos estimar as áreas ocupadas e não ocupadas pela urbanização na faixa marginal de 30 m de corpos hídricos urbanos entre 1985 e 2020 no Brasil (que correspondem a faixa mínima de APP prevista no Código Florestal) e também estimar o quanto destas áreas estão ou não ocupadas por construções ou infraestrutura. Adicionalmente para duas áreas de estudos de caso – em municípios da Amazônia Legal e da Bacia do Paraná – foi quantificada a ocupação por construções ou infraestrutura em APPs hídricas.

O levantamento foi realizado considerando cursos d'água obtidos da plataforma OpenStreetMap (OSM); APPs delimitadas pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS); os mapas da Coleção 6 do Projeto MapBiomass; e classificações de uso e cobertura da terra obtidas de imagens do satélite Sentinel 2 (de alta resolução espacial, 10 m).

A área total de faixas marginais de 30 m de corpos hídricos urbanos foi aproximada em 422 mil hectares no Brasil. Deste total, cerca de 300,2 mil hectares (71%) são de áreas não urbanizadas para o ano de 2020. Entre 1985 e 2020, o crescimento de áreas urbanizadas nessas faixas marginais foi de 61,6 mil hectares (102%), totalizando mais de 121 mil hectares (29% do total). Além disso, a partir das imagens de alta resolução, dentro das áreas urbanizadas nas faixas marginais de 30 m de corpos hídricos, estimou-se que 56,9 mil ha das áreas urbanizadas em faixas marginais não estão cobertos por construções ou infraestrutura para o ano de 2020, totalizando 357 mil hectares de faixas marginais de 30 m de corpos hídricos urbanos no Brasil não cobertos por construções ou infraestrutura.

Já para os estudos de caso, que incorporou a delimitação de APPs hídricas envolvendo um conjunto de 17 municípios na Amazônia Legal e na Bacia do Paraná, verificou-se que do total de 59,8 mil ha de APPs, 48,9 mil ha (82%) estão cobertas por vegetação ou água em 2020.

Esses resultados ressaltam a necessidade de esforços de conservação ambiental sejam efetivados tanto para ambientes construídos quanto para locais com remanescentes de vegetação ou não cobertos por áreas construídas.

Sumário

PARTE 1 – Contextualização	4
1.1 Contexto e demanda para Nota Técnica	
1.2 Objetivos	
PARTE 2 – Metodologia	6
2.1 Análise em diferentes aproximações: do geral a estudos de caso	
2.2 Primeira aproximação: pressão urbana sobre os corpos hídricos do Brasil	
2.3 Segunda aproximação: áreas cobertas por construções ou infraestrutura nas proximidades de corpos hídricos no Brasil	
2.4 Terceira aproximação: Ocupação de APPs hídricas em municípios (Estudos de caso)	
2.5 Métricas de validação	
2.6 Limitações metodológicas	
PARTE 3 – Resultados	17
3.1 Pressão urbana sobre os corpos hídricos do Brasil (1a aproximação)	
3.2 Áreas urbanizadas nas proximidades de corpos hídricos no Brasil (2a aproximação)	
3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios (3a aproximação)	
PARTE 4 – Considerações finais	27
Considerações finais	
Referências	
Anexos	

1. Contextualização

1.1 Contexto e demanda para Nota Técnica

As **Áreas de Preservação Permanente (APPs)** são áreas protegidas pela Lei do Código Florestal (12.651/2012) que tem como função ambiental preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No entanto, a publicação da Lei 14.285/2021 modifica o ordenamento jurídico brasileiro no que diz respeito à delimitação de APPs hídricas em áreas urbanas consolidadas, passando aos municípios o poder de legislar e de fixar parâmetros diferentes daqueles previstos no Código Florestal.

Tal mudança legal coloca em pauta a importância das APPs hídricas urbanas e os possíveis impactos que as mudanças estabelecidas podem ter na qualidade ambiental e urbana das cidades brasileiras. Nesse contexto, levanta-se a necessidade de analisar a ocupação urbana nas faixas marginais de corpos hídricos.



1. Contextualização

1.2 Objetivos

Esta nota técnica tem como objetivos:

1. **Estimar as áreas ocupadas e não ocupadas pela urbanização na faixa marginal de 30 m de corpos hídricos no contexto das cidades entre 1985 e 2020 no Brasil; e**
2. **Quantificar as APPs hídricas ocupadas e não ocupadas por construções ou infraestrutura para um conjunto de 17 municípios considerados como estudos de caso:**

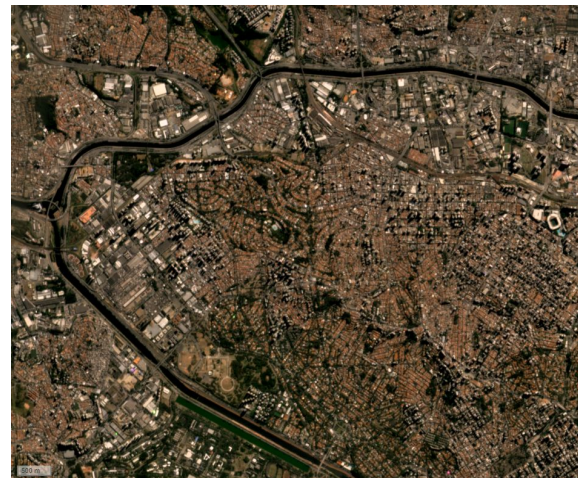
A) Na Amazônia Legal: Rio Branco (AC), Cuiabá (MT), Belém (PA), Boa Vista (RR), Palmas (TO), Manaus (AM).

B) Na Bacia do Paraná: Brasília (DF), Campinas (SP), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Goiânia (GO), Londrina (PR), Ribeirão Preto (SP), Santo André (SP), São Bernardo do Campo (SP), São Paulo (SP), Sorocaba (SP).

Os estudos de caso foram realizados para incorporar na análise a delimitação efetiva de APPs hídricas conforme os marcos legais e também para viabilizar uma classificação de uso e cobertura específica para imagens de satélite de alta resolução.



Mosaico Planet Manaus (AM)



Mosaico Planet São Paulo (SP)

2. Metodologia

2.1 Análise em diferentes aproximações: do geral a estudos de caso

As análises desenvolvidas neste trabalho têm caráter exploratório e observaram diferentes aproximações à identificação da ocupação de corpos hídricos no contexto das cidades brasileiras. Cada aproximação corresponde a um maior nível de detalhe, com aumentos sucessivos da precisão espacial.

A primeira aproximação consistiu na sobreposição de uma região de 30 m em torno de corpos hídricos obtidos da plataforma OpenStreetMap (OSM) e da classificação de uso e cobertura da terra da Coleção 6 do Projeto MapBiomas.

Considerando também 30 m em torno de corpos hídricos, a segunda aproximação incorporou uma classificação urbana preliminar utilizando imagens de satélite de alta resolução (Sentinel-2) e a composição de índices espectrais (NDVI+MNDWI) à identificação de áreas não cobertas por construções ou infraestrutura.

A terceira aproximação consistiu em uma análise para uma seleção de 17 municípios no contexto da Amazônia Legal e da Bacia do Paraná, contando com processos específicos de classificação e informações de APPs advindas da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS).

Para todas as análises, os cursos d'água sem urbanização em seu entorno foram limitados pelo recorte de setores censitários conforme disponibilizados pelo IBGE (2020) considerando os tipos 1 - "Área urbana com alta densidade de edificações", 2 - "Área urbana com baixa densidade de edificações (inclui expansão urbana, novos loteamentos, áreas verdes desabitadas, etc.)", e 3 - "Núcleo urbano (inclui as antigas áreas urbanas isoladas e aglomerados rurais de extensão urbana da metodologia do Censo 2010)" ¹.

Todo o processamento de imagens foi desenvolvido e está disponível na plataforma Google Earth Engine.

¹ As definições e mais informações sobre os tipos e características dos setores censitários podem ser consultadas no site do IBGE

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e>

2. Metodologia

2.1 Análise em diferentes aproximações: do geral a estudos de caso

Esquema metodológico		Escopo	Resultados para cada aproximação
Primeira aproximação	Análise geral OSM, MapBiomias 30 m em torno de corpos hídricos	Brasil, de 1985 a 2020	Os resultados apresentam o avanço da urbanização conforme a Coleção 6 do MapBiomias no entorno de 30 m de corpos hídricos para toda a série temporal (1985 a 2020). O cálculo também permitiu estimar as áreas não urbanizadas nessas regiões dentro dos limites dos setores censitários urbanos (IBGE, 2020).
Segunda aproximação	Análise com detalhes OSM, Máscara Sentinel-2 30 m em torno de corpos hídricos	Brasil, 2020	Os resultados apresentam as áreas cobertas e não cobertas por construções ou infraestrutura no entorno de 30 m de corpos hídricos urbanos para o ano de 2020. As áreas não cobertas por construções ou infraestrutura incluem superfícies de vegetação e água.
Terceira aproximação	Estudos de casos Máscara Sentinel-2 APPs hídricas FBDS	17 municípios, 2020	Os resultados apresentam as áreas ocupadas e não ocupadas por construções ou infraestrutura ou vegetação e água no interior de APPs hídricas para os municípios selecionados como estudos de casos.

Áreas urbanizadas:

São as áreas classificadas como urbanizadas pelos produtos da Coleção 6 do MapBiomias.

Áreas não urbanizadas:

São as áreas não classificadas como urbanizadas pelos produtos da Coleção 6 do MapBiomias.

Setores censitários urbanos:

Setores censitários dos tipos 1, 2 e 3 conforme estabelecidos pelo IBGE (2020) adotados como referencial dos limites da urbanização.

Construções ou infraestrutura:

São as áreas construídas obtidas a partir das imagens de alta resolução no interior de setores censitários urbanos ou áreas urbanizadas.

Corpos hídricos urbanos:

Corpos hídricos obtidos da plataforma OSM e recortados pelos setores censitários urbanos. Definição adotada para os cálculos de área.

2. Metodologia

2.2 Primeira aproximação: pressão urbana sobre os corpos hídricos do Brasil

Nesta abordagem foi considerada uma região de 30 m em torno de cursos d'água para estimar o avanço da urbanização nessas localidades.

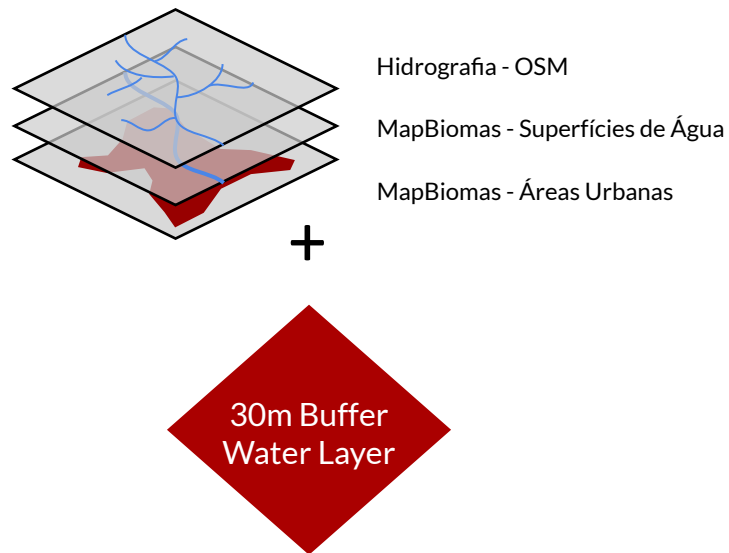
Os corpos hídricos foram obtidos da plataforma OSM conforme YAMAZAKI (2021) e também pela classificação de água do MapBiomas para o ano de 2020. A faixa marginal de 30 m foi adotada como referencial próximo ao limite mínimo de APPs expresso na Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012.

As áreas urbanizadas obtidas a partir dos produtos da Coleção 6 do MapBiomas foram adotadas como um indicador da pressão urbana sobre corpos hídricos. Foram calculadas e interpoladas as áreas urbanizadas e não urbanizadas na região de interesse para os anos 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020 para o conjunto de municípios brasileiros.

A primeira aproximação traduz uma métrica de incorporação da extensão de corpos hídricos por áreas urbanizadas no conjunto de camadas consideradas (MapBiomas + OSM). Os resultados calculados em termos de área urbanizada e não urbanizada para a série histórica servem como indicadores da pressão urbana sobre os corpos hídricos, analogamente ao trabalho desenvolvido por LI et al. (2021).

Códigos utilizado para o cálculo:

<https://code.earthengine.google.com/ec23bbba394e906f4a1b05e6a42119fc>



2. Metodologia

2.3 Segunda aproximação: áreas cobertas por construções ou infraestrutura nas proximidades de corpos hídricos no Brasil

Partindo da classificação urbana para o ano de 2020 do MapBiomás, foram utilizadas imagens de satélite de alta resolução espacial (10 m, Sentinel 2) para a identificação de áreas não cobertas por superfícies urbanas no entorno de 30 m de cursos d'água obtidos como no item 2.1.

Foi adotada uma dupla abordagem. A primeira consistiu na aplicação de limiares de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), analogamente a WONG, FUNG e YEUNG (2019). Neste caso, foram também quantificadas as faixas marginais não urbanizadas e limitadas pelos setores censitários com características urbanas (como no item 2.2).

A segunda abordagem, utilizou um limiar de probabilidade de classificação urbana a partir do algoritmo Random Forest, bem como SOUZA et al. (2020), adaptado às imagens Sentinel 2. A Tabela 1 descreve as variáveis utilizadas neste caso.

Os limiares adotados na análise foram obtidos a partir do estudo de acurácia desenvolvido para os casos selecionados no item 2.4. As demais informações foram diretamente adaptadas do mapeamento de áreas urbanizadas da Coleção 6 conforme a documentação disponível no site <https://mapbiomas.org/>.

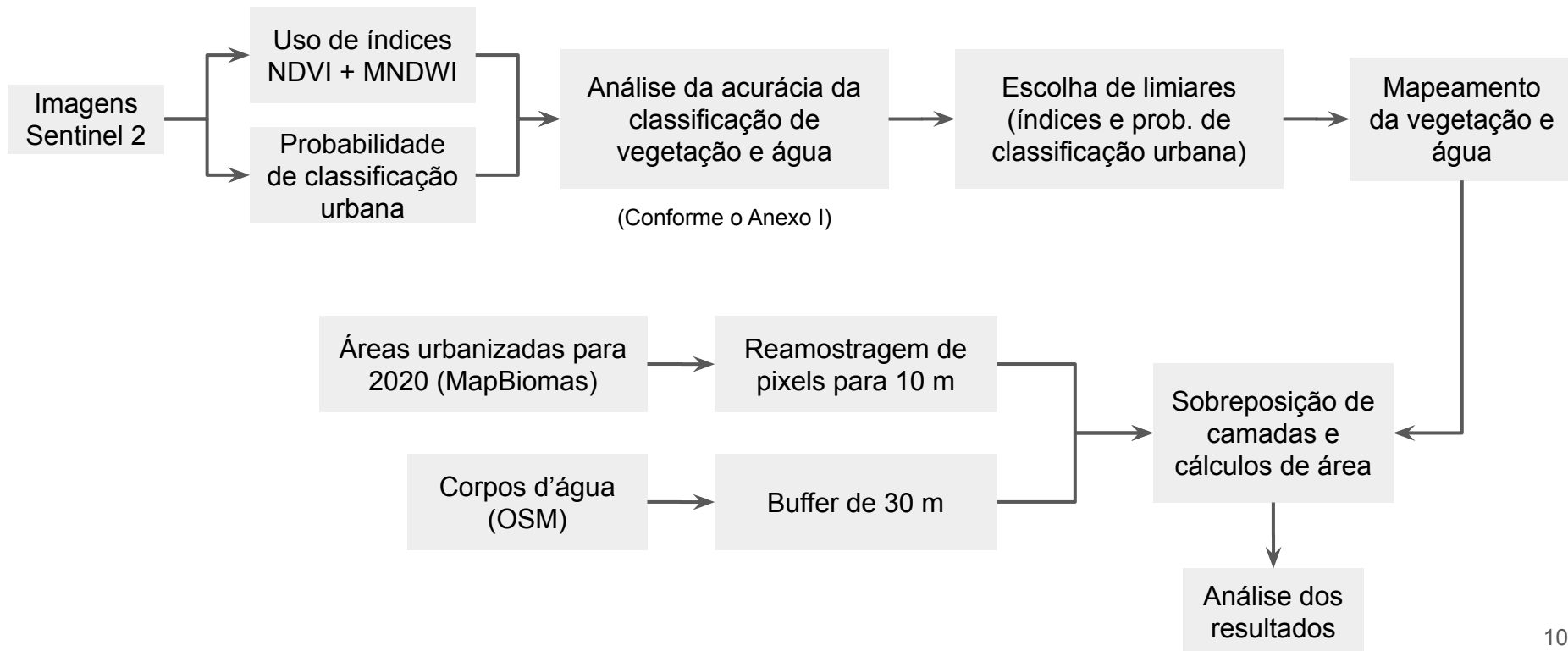
Tabela 1 - Bandas Sentinel 2 e índices espectrais utilizados.

Variável	Descrição
BLUE	Banda Sentinel 2
GREEN	Banda Sentinel 2
RED	Banda Sentinel 2
NIR	Banda Sentinel 2
SWIR1	Banda Sentinel 2
SWIR2	Banda Sentinel 2
BU	Built-up Index
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
EVI	Enhanced Vegetation Index
MNDWI	Modified Normalized Difference Water Index
NDBI	Normalized Difference Built-Up Index
UI	Urban Index
SHADE	Shade (Spectral Mixture Analysis)
GV	Green Vegetation (Spectral Mixture Analysis)
CLOUD	Cloud (Spectral Mixture Analysis)
GVS	Green Vegetation + Soil (Spectral Mixture Analysis)
NPV	Non Photosynthetic Vegetation (Spectral Mixture Analysis)

2. Metodologia

2.3 Segunda aproximação: áreas cobertas por construções ou infraestrutura nas proximidades de corpos hídricos no Brasil

Fluxograma simplificado desenvolvido para a segunda aproximação.



2. Metodologia

2.4 Terceira aproximação: Ocupação de APPs hídricas em municípios (Estudos de caso)

Foram desenvolvidos estudos de caso para diferentes municípios utilizando a delimitação de APPs obtidas diretamente da Fundação Brasileira Para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). A delimitação urbana contou com os resultados obtidos na etapa 2.3.

Os municípios selecionados para o estudo de caso foram os seguintes:

- 1) Na Amazônia Legal: Rio Branco (AC), Cuiabá (MT), Belém (PA), Boa Vista (RR), Palmas (TO), Manaus (AM).
- 2) Na Bacia do Paraná: Brasília (DF), Campinas (SP), Campo Grande (MS), Curitiba (PR), Goiânia (GO), Londrina (PR), Ribeirão Preto (SP), Santo André (SP), São Bernardo do Campo (SP), São Paulo (SP), Sorocaba (SP).

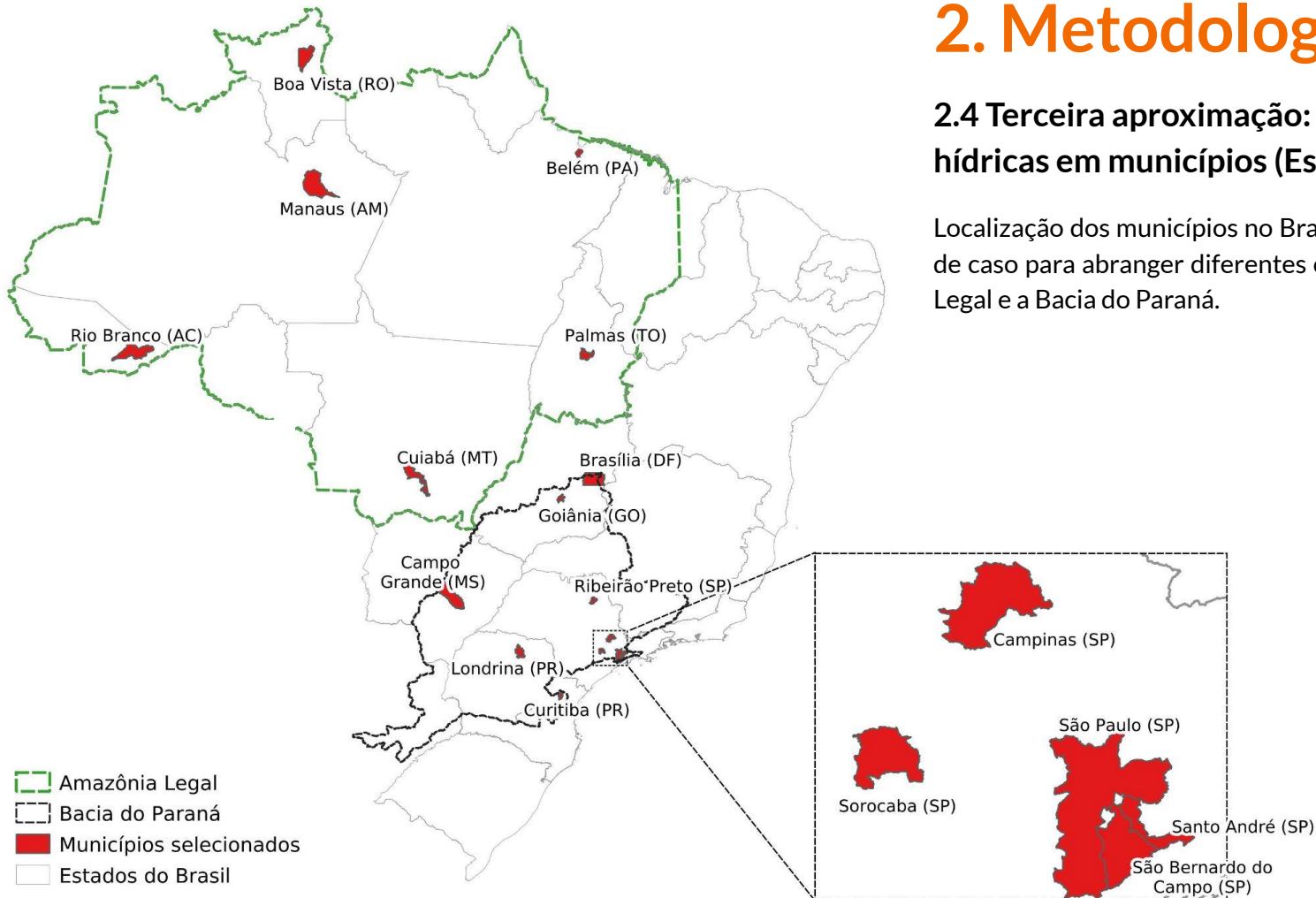
A lista de municípios é justificada pela constituição de uma perspectiva comparada entre localidades com baixas taxas de urbanização e aquelas com grandes áreas urbanizadas.

1 As definições e mais informações sobre os tipos e características dos setores censitários podem ser consultadas no site do IBGE <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=o-que-e>

2. Metodologia

2.4 Terceira aproximação: Ocupação de APPs hídricas em municípios (Estudos de caso)

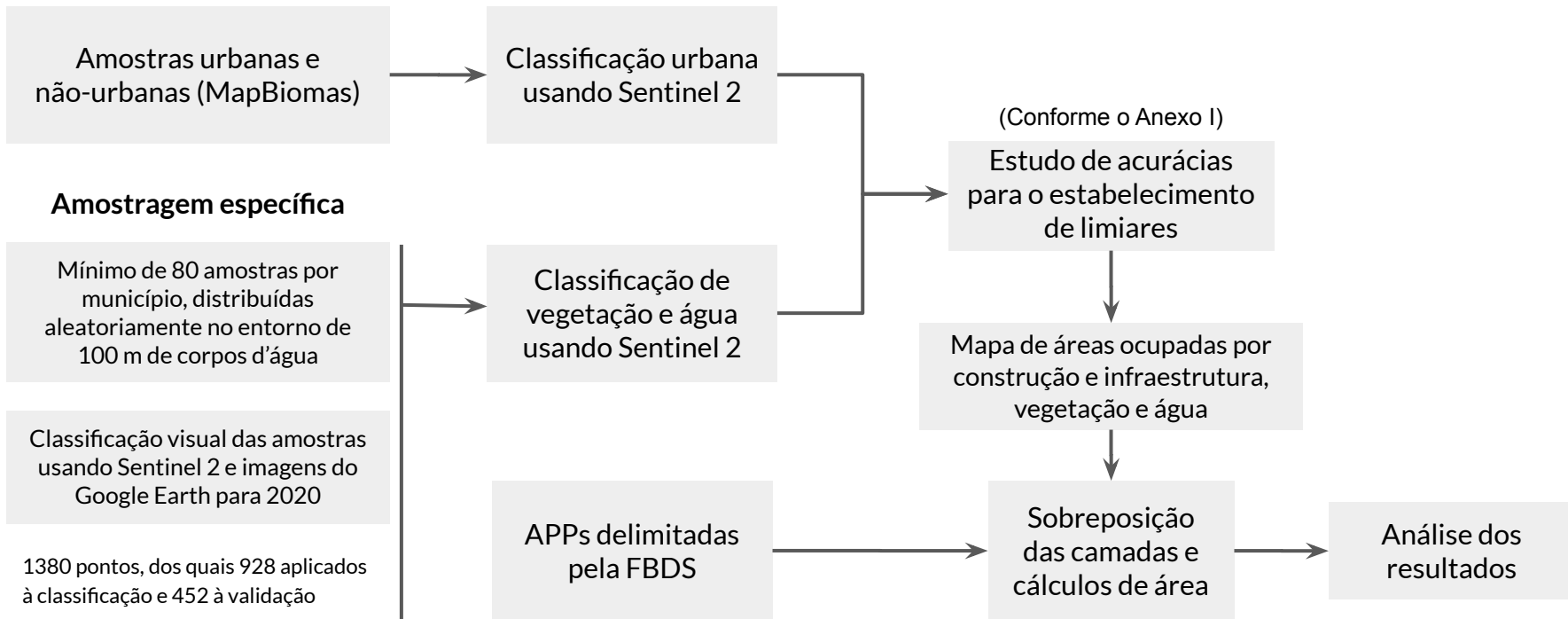
Localização dos municípios no Brasil escolhidos como estudos de caso para abranger diferentes contextos entre a Amazônia Legal e a Bacia do Paraná.



2. Metodologia

2.4 Terceira aproximação: Ocupação de APPs hídricas em municípios (Estudos de caso)

Fluxograma simplificado desenvolvido para a terceira aproximação.



Metadados <http://geo.fbds.org.br/Metadados.pdf>

Metodologia <http://geo.fbds.org.br/Metodologia.pdf>

2. Metodologia

Exemplo para comparação visual de imagens das diferentes aproximações na região de Manaus (AM)

Primeira aproximação

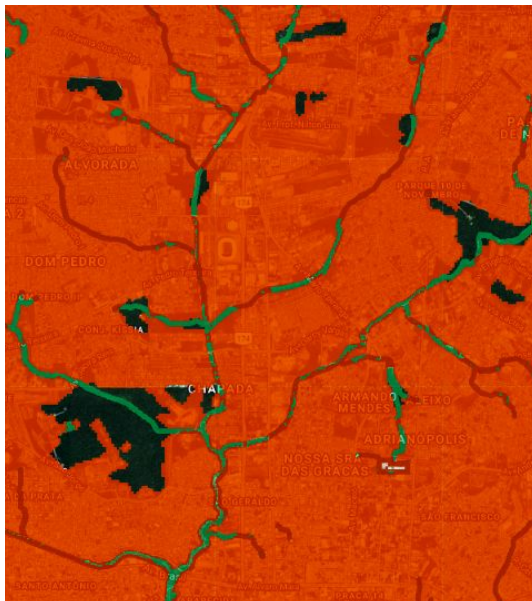


Áreas urbanizadas

Áreas urbanizadas no entorno de 30m de corpos hídricos

Áreas não urbanizadas o entorno de 30m de corpos hídricos

Segunda aproximação

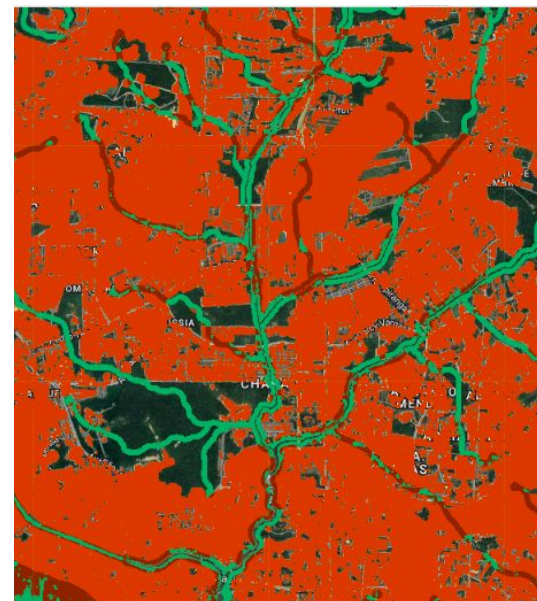


Áreas urbanizadas

Construções ou infraestrutura no entorno de 30m de corpos hídricos

Áreas não cobertas por construções ou infraestrutura no entorno de 30 m de corpos hídricos

Terceira aproximação



Áreas cobertas por construções ou infraestrutura

APPs hídricas cobertas por construções ou infraestrutura

APPs hídricas cobertas por vegetação ou água

2. Metodologia

2.5 Métricas de validação

A partir da amostragem para os municípios selecionados, este estudo adotou como métrica de validação o cálculo de acurácia realizado na plataforma GEE. O processo desenvolvido, explicitado na Tabela 2, considerou a segunda e terceira etapa deste trabalho (itens 2.3 e 2.4). A acurácia dos resultados do item 2.2 corresponde às informações disponíveis no site do projeto MapBiomas (<https://mapbiomas.org/analise-de-acuracia>). Os resultados do estudo de acurácia estão no Anexo I.

Tabela 2 - Etapas e procedimentos para avaliação dos resultados às classificações desenvolvidas.

Etapa	Descrição
Estudos de caso (item 2.4)	Para cada município foram geradas no mínimo 80 amostras aleatórias no entorno de 100 m dos corpos hídricos extraídos da plataforma OSM para o ano de 2020. Estas foram utilizadas para o processo de classificação de superfícies de água ou vegetação analogamente ao procedimento descrito no item 2.3 (com a diferença de que o objetivo, neste caso, foi o de obter as superfícies de água ou coberturas vegetais em detrimento a áreas urbanas). O processo de categorização das amostras ocorreu manualmente, por interpretação visual, envolvendo um total de 1380 pontos, dos quais 928 aplicados à classificação e 452 à validação.
Classificação urbana para o ano de 2020 usando Sentinel 2	Nos itens 2.3 e 2.4 foram utilizados os dados de áreas urbanizadas classificadas usando Sentinel 2 a partir de uma adaptação desenvolvida nos moldes da Coleção 6 do projeto MapBiomas. As amostras de classificação foram as mesmas utilizadas na Coleção 6 do projeto MapBiomas. Para a validação, as amostras foram as mesmas utilizadas para o estudo de caso.
Construções e infraestrutura (item 2.3)	A partir da validação para os estudos de caso, envolvendo as regiões de interesse, o total das amostras por município foi utilizado à escolha de limiares ótimos de NDVI, MNDWI e de probabilidade de classificação urbana usando Sentinel 2.

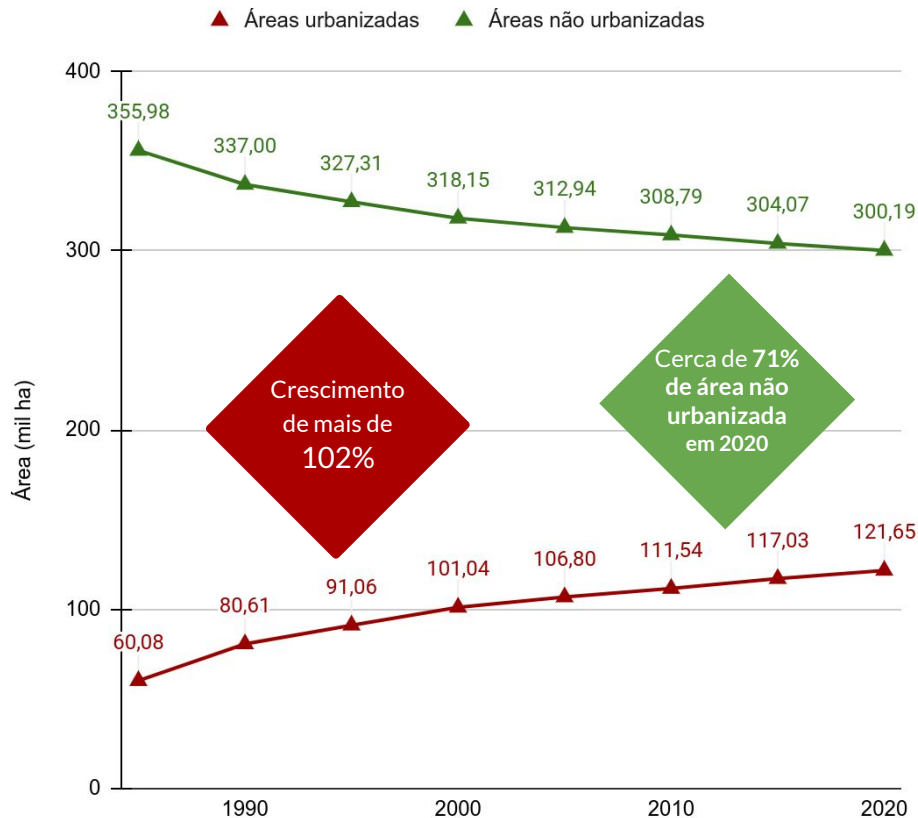
2. Metodologia

2.6 Limitações metodológicas

Pressão da urbanização sobre corpos hídricos (item 2.2)	A resolução das imagens não permite uma classificação definitiva da ocupação urbana nas áreas de interesse (recorte de 30 m em torno de corpos d'água), mas sim uma estimativa da pressão antrópica sobre a extensão das águas urbanas (rios, córregos, reservatórios).
Utilização de dados externos na demarcação de APPs (item 2.4)	Os dados da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) não foram revalidados. Os aspectos metodológicos de sua produção estão disponibilizados no site https://www.fbds.org.br/ .
Uso dos setores censitários de 2020	Foram adotados como referencial de potenciais áreas a serem urbanizadas um recorte estabelecido pelos setores censitários de 2020 (tipos 1, 2 e 3). Não foi considerada a legislação municipal e a ocorrência de unidades de conservação.
Validação dos resultados dos itens 2.3 e 2.4	As amostras de validação utilizadas não envolvem a totalidade de municípios brasileiros. Nesse sentido, a análise desenvolvida consistiu em uma extrapolação que deve ser complementada por estudos localizados. Dessa forma, excetuando os estudos de caso, os resultados devem ser considerados estritamente em perspectiva relativa/comparativa.
Uso de corpos hídricos obtidos da plataforma OSM	Os corpos hídricos obtidos da plataforma OSM não foram validados ou complementados por outras informações. Além disso, eles constituem uma base fixa para 2020 do traçado de córregos e rios que podem ter sofrido alterações ao longo da série histórica considerada.

3. Resultados

3.1 Pressão sobre os corpos hídricos urbanos do Brasil (1a aproximação)



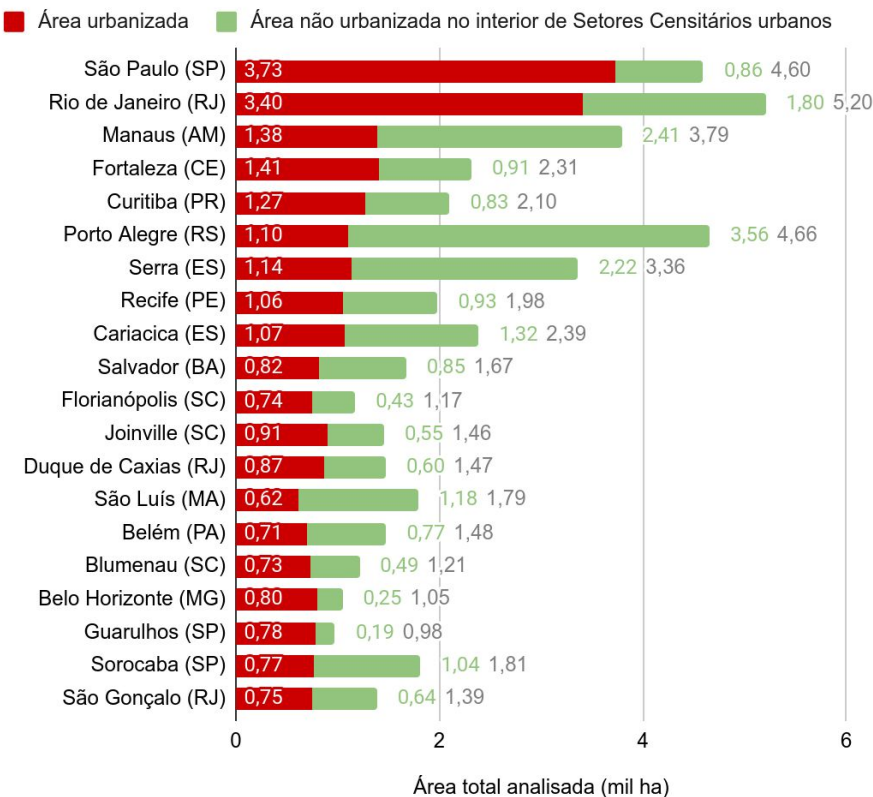
Urbanização em torno de corpos hídricos

De um total aproximado de 422 mil ha de áreas consideradas no entorno de 30 m de corpos hídricos urbanos, **cerca de 300,2 mil ha (71%) ainda não estão ocupados pela urbanização em 2020**. Essas regiões fazem parte dos setores censitários urbanos, mas não estão cobertas por áreas urbanizadas.

Mais de 121 mil ha no entorno de 30 m de corpos hídricos fazem parte da área urbanizada no Brasil em 2020 (**crescimento de mais de 102%, correspondente a 61,6 mil ha ao longo da série histórica, a partir de 1985**), sendo diretamente pressionados pela expansão das cidades.

3. Resultados

3.1 Pressão urbana sobre os corpos hídricos do Brasil (1a aproximação)



Situação dos 20 municípios com mais áreas urbanizadas no entorno de 30 m de corpos hídricos

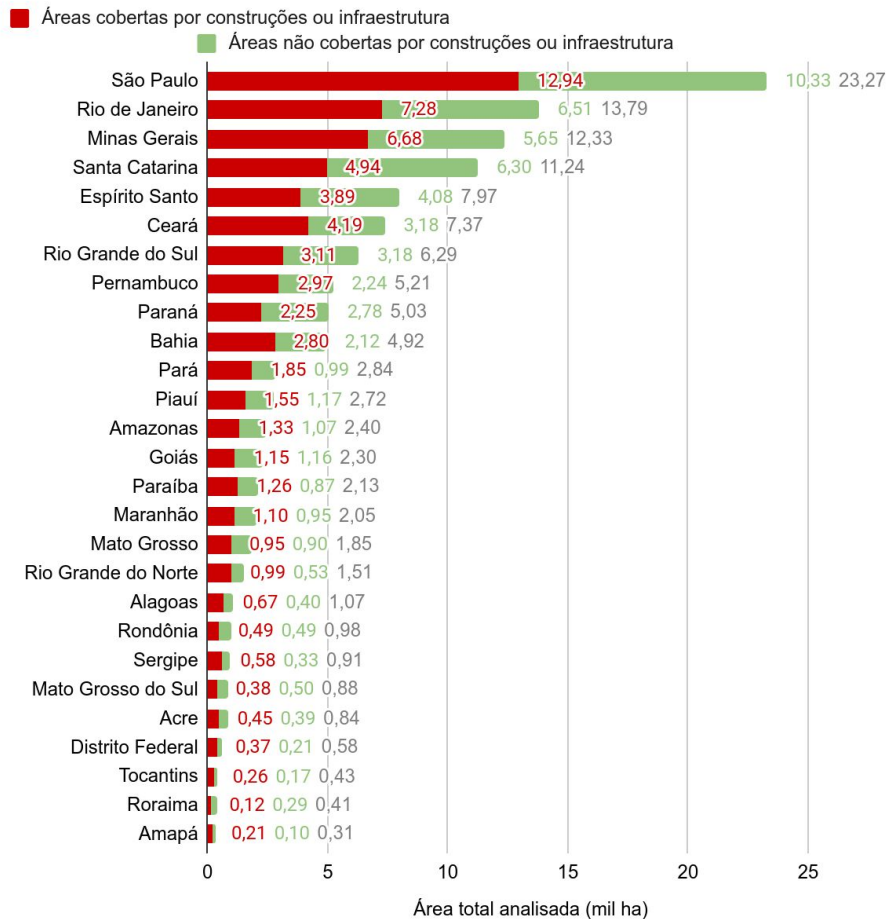
O gráfico apresenta as áreas urbanizadas e não urbanizadas no interior da região em torno de 30 m de corpos hídricos e também o total de áreas analisadas.

19,8% das áreas urbanizadas dentro dos 30 m em torno de corpos hídricos estão concentradas nos 20 municípios. Destes, 11 são capitais.

Estes municípios somam 21,816 mil ha de áreas não urbanizadas no entorno de 30 m de corpos hídricos limitados por setores censitários urbanos.

3. Resultados

3.2 Áreas urbanizadas nas proximidades de corpos hídricos no Brasil (2a aproximação)



Cobertura das áreas urbanizadas no interior da região de 30 m em torno de corpos hídricos

Para as áreas urbanizadas, aproximadamente 56,9 mil ha foram identificados como áreas não cobertas por construções ou infraestrutura no entorno de 30 m de corpos hídricos urbanos para o ano de 2020.

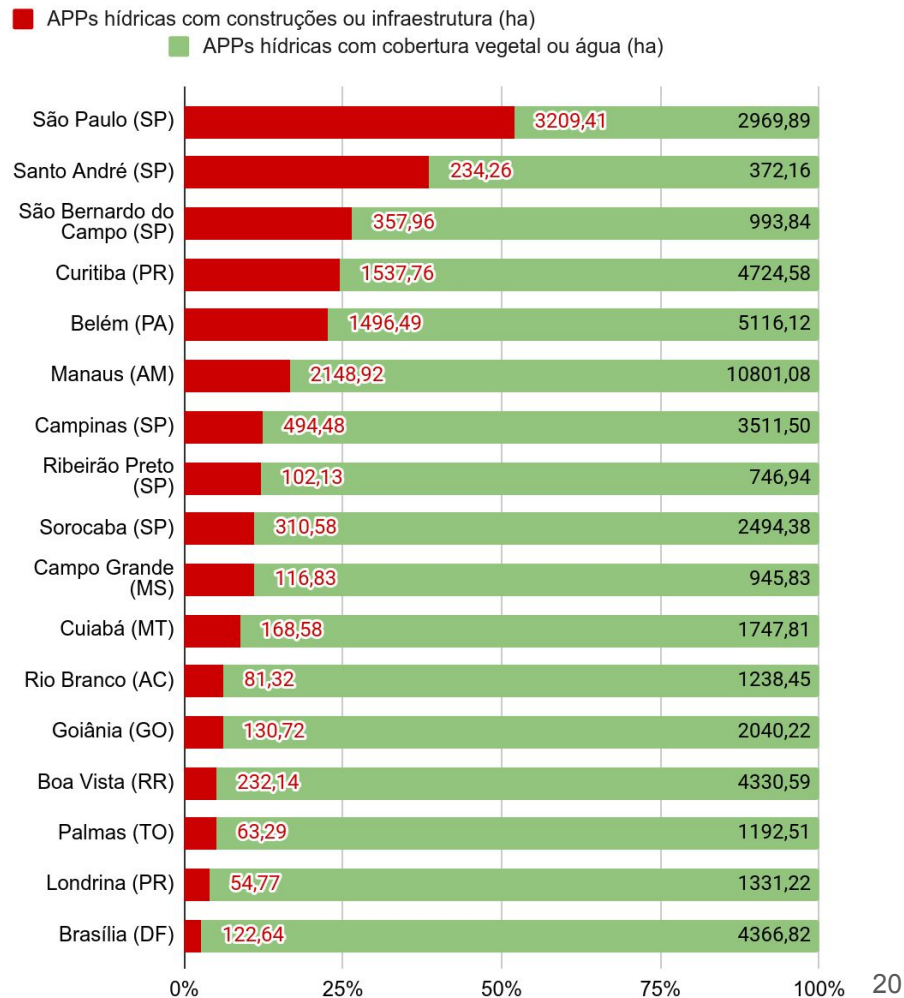
A soma de áreas não urbanizadas e áreas não cobertas por construções ou infraestrutura é da ordem de 357 mil ha para 2020 (84,65% do total da área analisada). Tal dimensão expressa a existência de extensas áreas com cobertura vegetal ou água nas proximidades de corpos hídricos limitados pelos setores censitários urbanos.

3. Resultados

3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios (3a aproximação)

82% das APPs hídricas urbanas não estão ocupadas por construções ou infraestrutura nos 17 municípios analisados, o que representa 48.924 ha cobertos por vegetação ou água em 2020.

As APPs ocupadas por construções ou infraestrutura totalizam 10.862 ha (18% do total) em 2020.



3. Resultados

3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios

(3a aproximação)

16.070 ha das APPs hídricas cobertas por vegetação ou água estão em áreas com ocupação urbana densa* nos municípios analisados.

*Áreas urbanizadas em setores censitários (SC) do tipo 1 conforme a delimitação do IBGE (2020).

Para o conjunto de municípios analisados, mesmo as áreas com ocupação urbana densa ainda possuem cobertura vegetal em APPs hídricas.

Taxa de ocupação urbana densa em APPs:

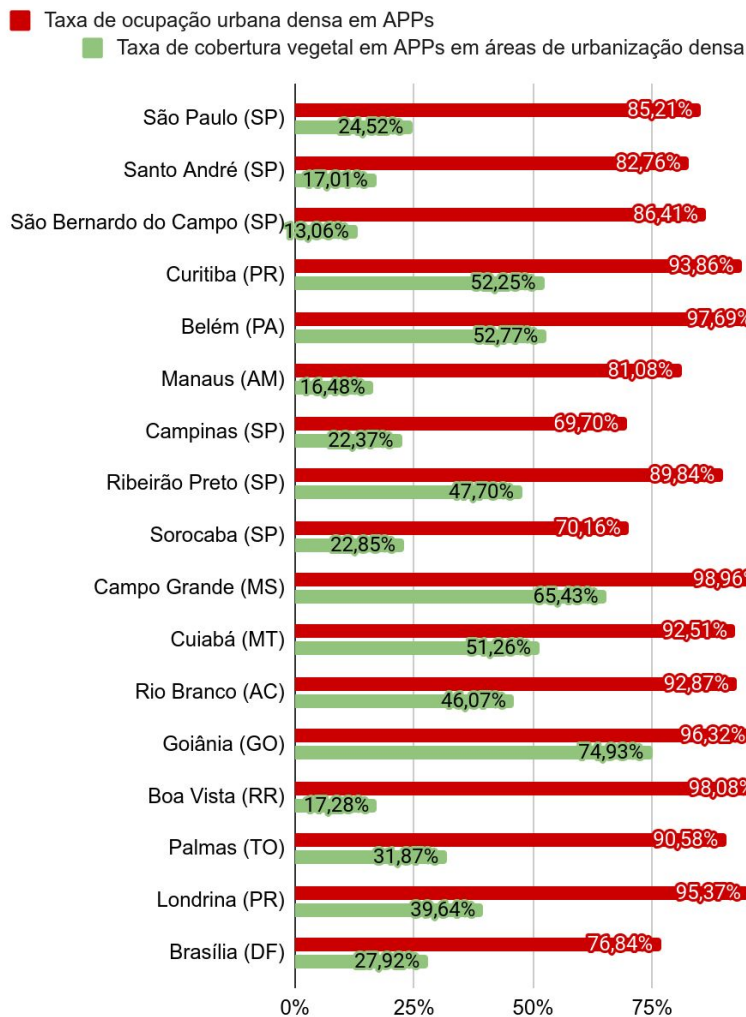
APPs cobertas por construções ou infraestrutura em SC do tipo 1

Total de APPs urbanas cobertas por construções ou infraestrutura

Taxa de cobertura vegetal em APPs em áreas de urbanização densa:

APPs cobertas por vegetação ou água em SC do tipo 1

Total de APPs urbanas com cobertura vegetal ou água



3. Resultados

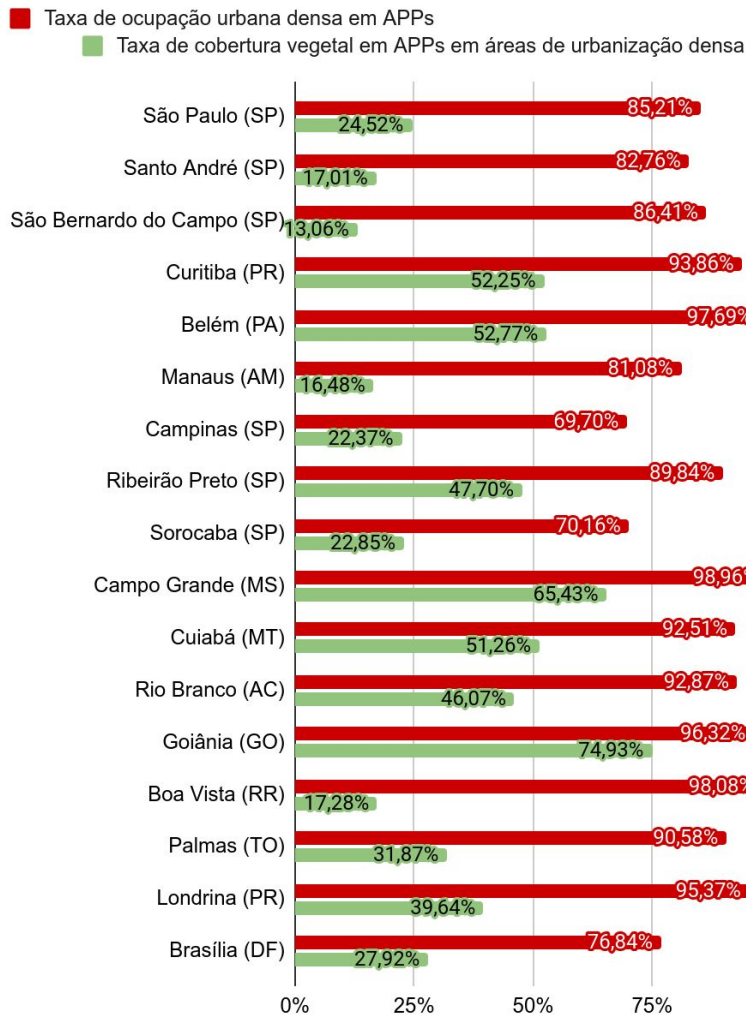
3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios

(3a aproximação)

Para o conjunto de municípios analisados, mesmo as áreas com ocupação urbana densa ainda possuem cobertura vegetal em APPs hídricas. Estas áreas concentram, em média, cerca de 36,7% de áreas não cobertas por construções ou infraestrutura.

Por exemplo:

- Para o caso de Campinas (SP), 69,70% das APPs hídricas urbanas cobertas por construções ou infraestrutura estão em áreas de ocupação urbana densa. Neste mesmo município, 22,37% das APPs hídricas cobertas por vegetação ou água estão em áreas de ocupação urbana densa.
- Para o caso de Cuiabá (MT), 92,51% das APPs hídricas urbanas cobertas por construções ou infraestrutura estão em áreas de ocupação urbana densa. Neste mesmo município, 51,26% das APPs hídricas cobertas por vegetação ou água estão em áreas de ocupação urbana densa.

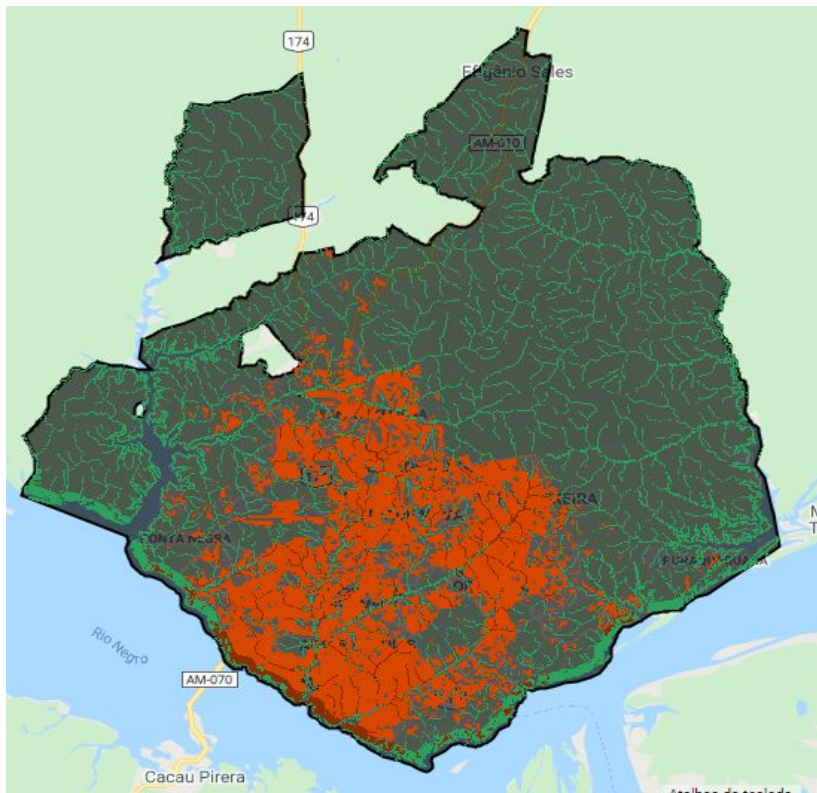


3. Resultados

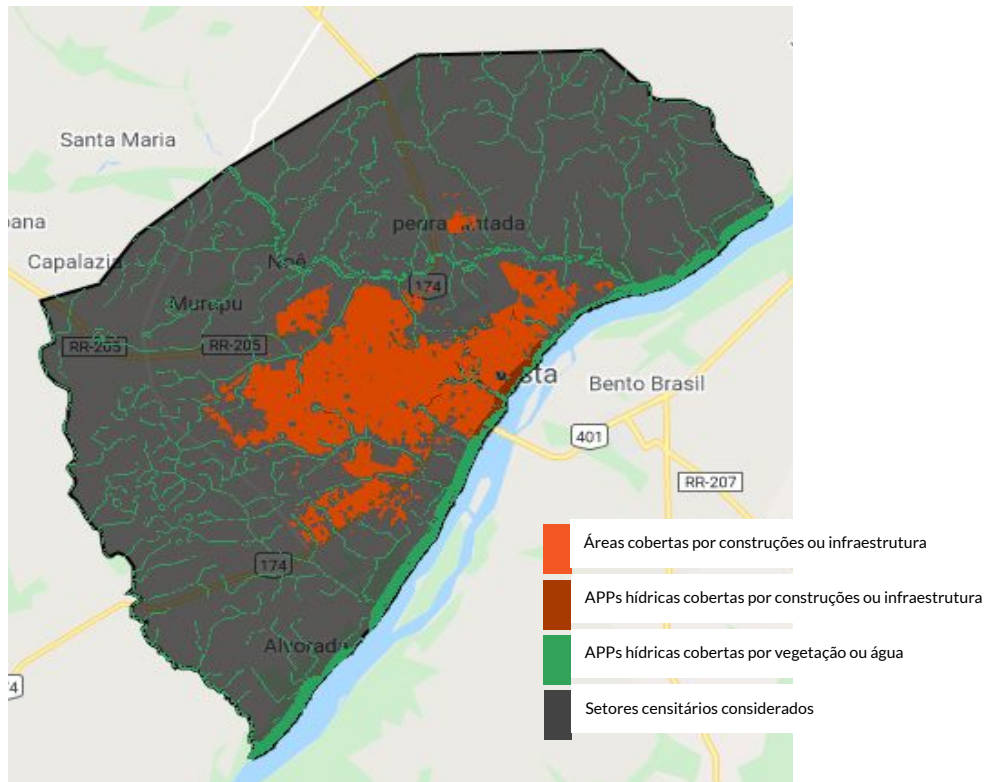
3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios (3a aproximação)

Amazônia Legal

Manaus (AM)



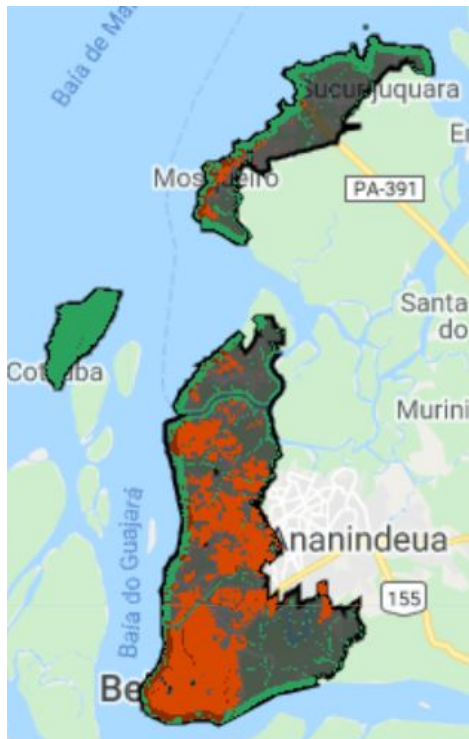
Boa Vista (RR)



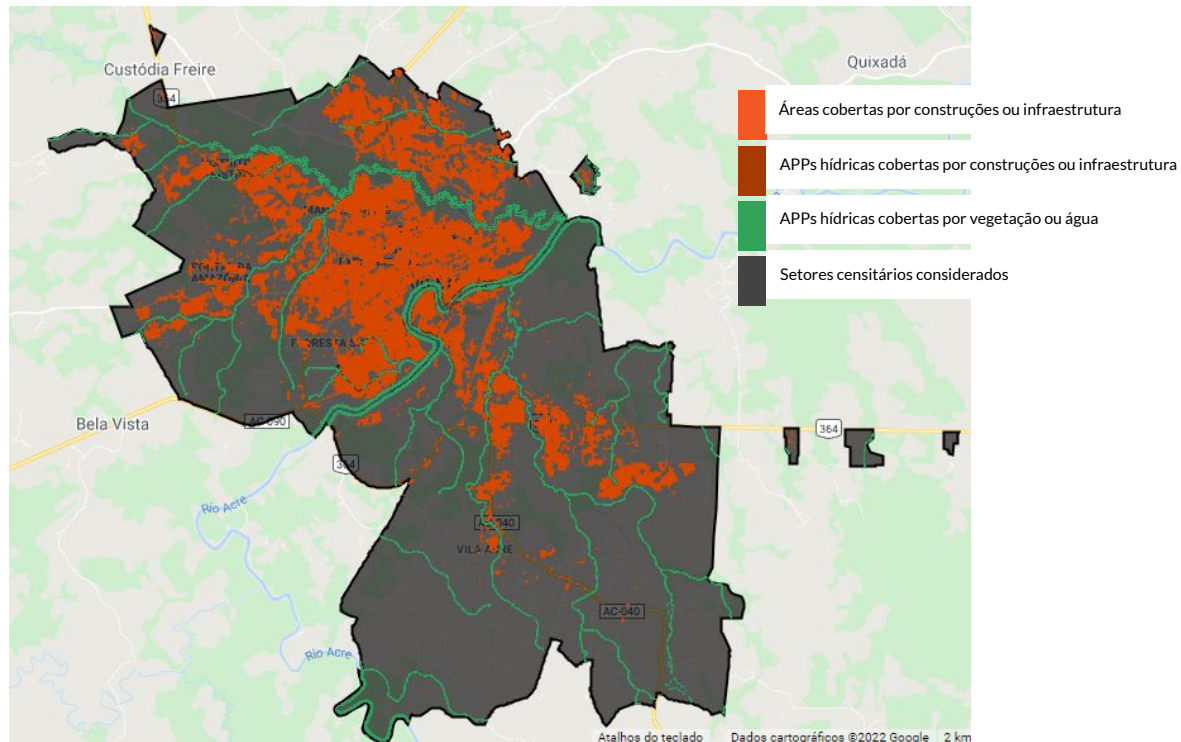
3. Resultados

3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios (3a aproximação) Amazônia Legal

Belém (PA)



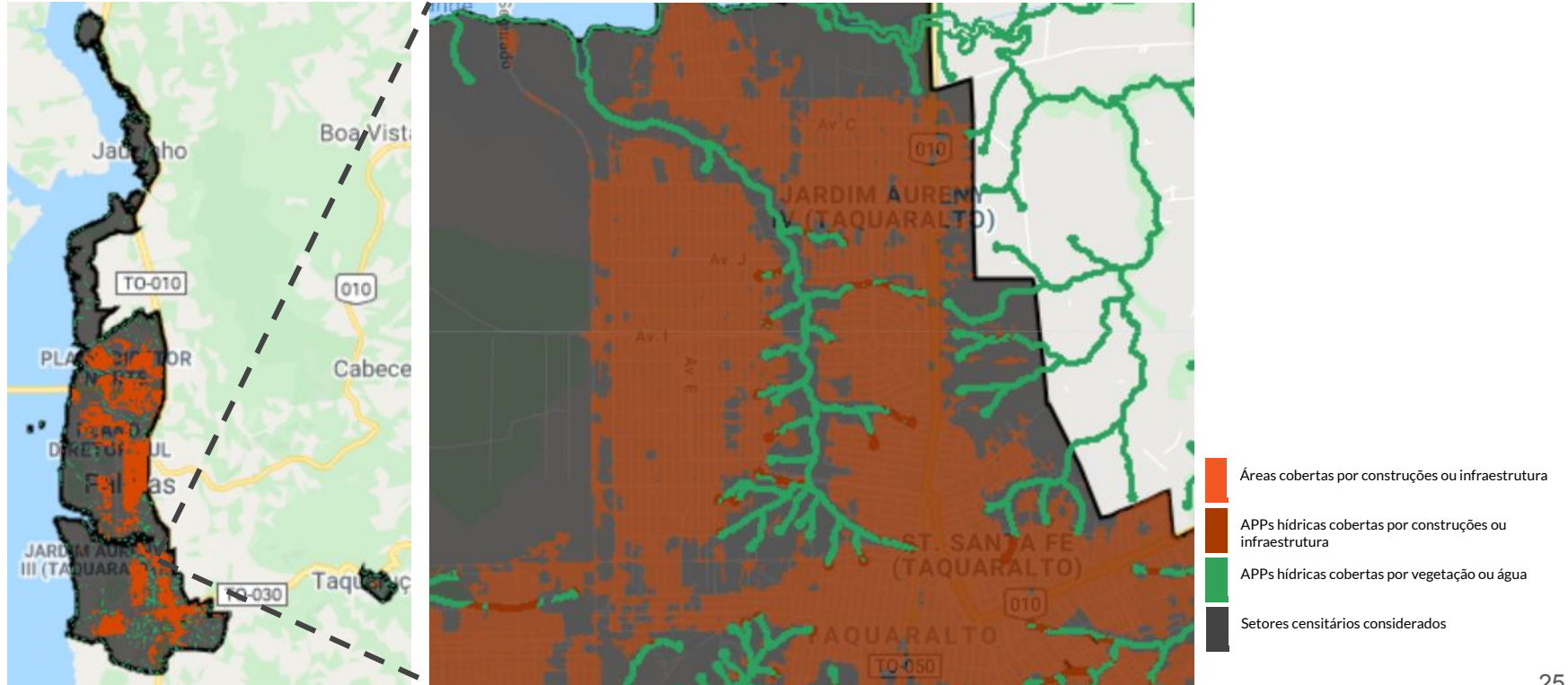
Rio Branco (AC)



3. Resultados

3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios (3a aproximação) Amazônia Legal

Palmas (TO)

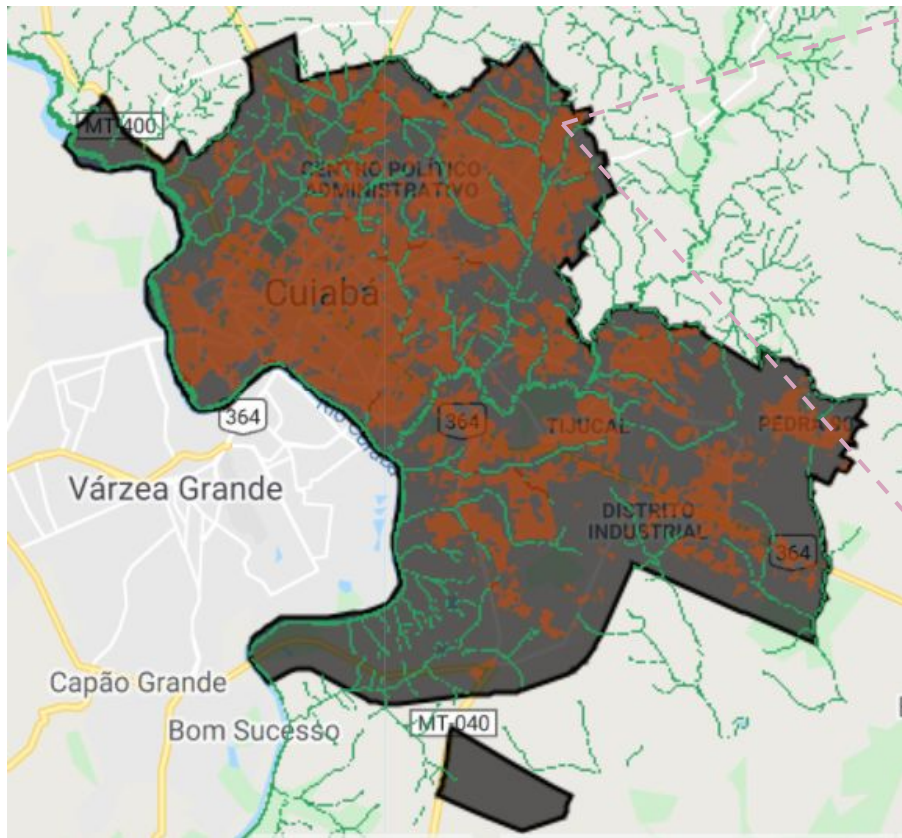


3. Resultados

3.3 Ocupação de APPs hídricas em municípios (3a aproximação)

Amazônia Legal

Cuiabá (MT)



- Áreas cobertas por construções ou infraestrutura
- APPs hídricas cobertas por construções ou infraestrutura
- APPs hídricas cobertas por vegetação ou água
- Setores censitários considerados

4. Considerações finais

Avanço da ocupação urbana nas imediações de corpos hídricos no Brasil

- No Brasil houve um aumento da ordem de 61,6 mil hectares de áreas urbanizadas próximas de rios e córregos nas últimas três décadas, mais de 102% em relação a 1985, totalizando mais de 121 mil ha diretamente pressionados pela urbanização.

Ocupação de APPs hídricas para os estudos de casos

- Das APPs em 17 municípios selecionados nos estudos de casos, cerca de 48.920 ha (82%) permanecem com cobertura vegetal ou superfícies de água.
- Nestes municípios, 16.070 ha (27%) das APPs hídricas estão cobertas por vegetação ou água e estão em áreas com ocupação urbana densa.

Existência de amplas áreas passíveis de conservação ambiental

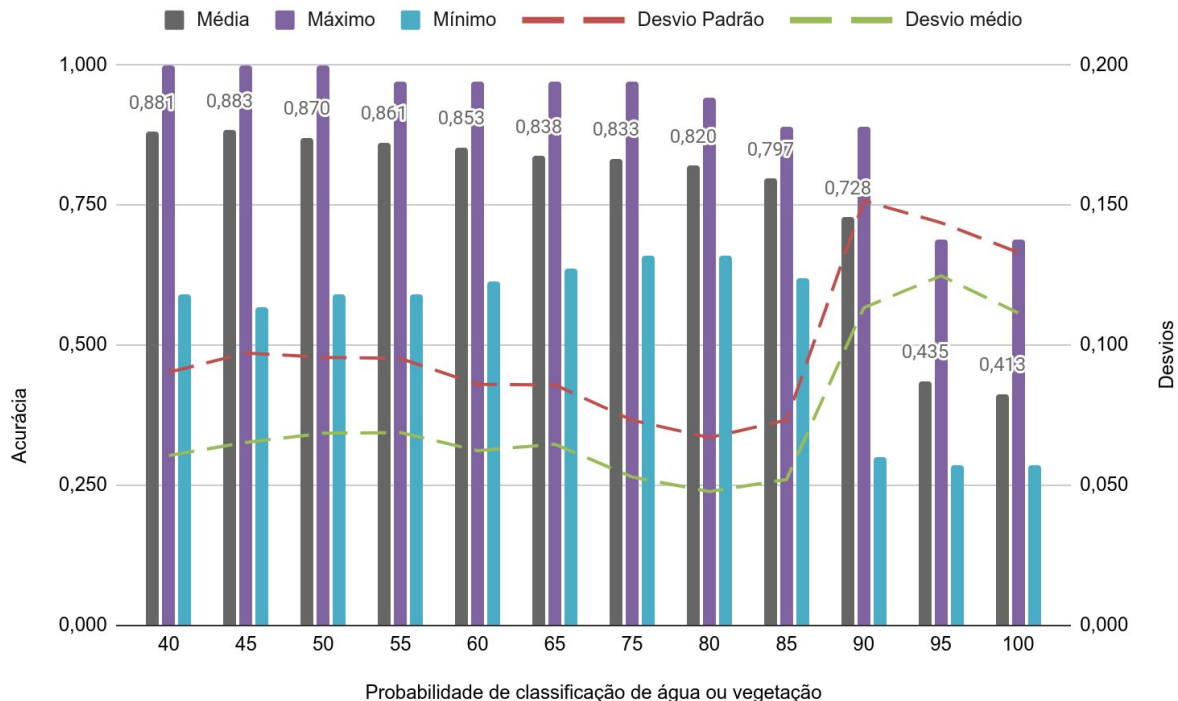
- Existem cerca de 300,2 mil ha (71% do total considerado para o Brasil) de áreas não urbanizadas no entorno de corpos hídricos urbanos. Considerando o mapeamento com imagens de alta resolução, as áreas não cobertas por construções ou infraestrutura em faixas marginais de 30 m de corpos hídricos urbanos em 2020 somam 357 mil ha.
- Isto ressalta a **necessidade de que esforços de conservação ambiental sejam efetivados** tanto para ambientes construídos, quanto para locais com remanescentes de vegetação ou não cobertos por áreas construídas.

5. Referências

- ALVIM, A. T. B.; KATO, V. R. C.; ROSIN, J. R. DE G. A urgência das águas: intervenções urbanas em áreas de mananciais. **Cadernos MetrÓpole**, v. 17, p. 83–107, maio 2015.
- ASSIS, J. C. DE. **Ecologia de estradas no mosaico da Cantareira: conservação ambiental e planejamento**. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental—São Paulo: Universidade de São Paulo, 31 mar. 2014.
- CUNHA, D. G. F. et al. Assessing Restoration of Ecosystem Functioning in Brazilian Subtropical and Tropical Streams. **Limnology and Oceanography Bulletin**, v. 31, n. 1, p. 6–11, 2022.
- CUTOLO, S. A.; GIATTI, L. L. A different look at environmental health: Social and environmental inequities in the metropolitan region of São Paulo, Brazil. In: **Health, Violence, Environment and Human Development in Developing Countries**. p. 1–14.
- EHRENFELD, J. G. Exotic Invasive Species in Urban Wetlands: Environmental Correlates and Implications for Wetland Management. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 4, p. 1160–1169, 2008.
- GKIATAS, G. et al. Enhancing urban and sub-urban riparian areas through ecosystem services and ecotourism activities. **Water Supply**, v. 21, n. 6, p. 2974–2988, 2021
- HASHIM, H.; LATIF, Z. A.; ADNAN, N. A. Urban Vegetation Classification with Ndvi Threshold Value Method with Very High Resolution (vhr) Pleiades Imagery. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 4216, p. 237–240, 1 out. 2019.
- LI, W. et al. A pressure-state-response framework for the sustainability analysis of water national parks in China. **Ecological Indicators**, v. 131, p. 108127, 1 nov. 2021.
- LOWRANCE, R. et al. Riparian Forests as Nutrient Filters in Agricultural Watersheds. **BioScience**, v. 34, n. 6, p. 374–377, 1 jun. 1984.
- MATZEK, V. et al. Increases in soil and woody biomass carbon stocks as a result of rangeland riparian restoration. **Carbon Balance and Management**, v. 15, n. 1, p. 16, 31 jul. 2020.
- MONTEIRO, J. S. et al. Áreas de Preservação Permanente e seus serviços ambientais. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 4, p. 299–309, 1 nov. 2013.
- MORAES, P. E. **Múltiplas ameaças e um mosaico de manchas de habitat de diferentes qualidades: a persistência de mamíferos de maior porte em uma região de pós-fronteira na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências—São Paulo: Universidade de São Paulo, 21 set. 2016.
- NAKAMURA, F. Riparian Forests and Climate Change: Interactive Zone of Green and Blue Infrastructure. In: NAKAMURA, F. (Ed.). **Green Infrastructure and Climate Change Adaptation: Function, Implementation and Governance**. Ecological Research Monographs. Singapore: Springer Nature, 2022. p. 73–91.
- NOWAK, D. J. et al. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. **Environmental Pollution**, v. 193, p. 119–129, 1 out. 2014.
- OSM. **OpenStreetMap (Standard)**, 2021.
- OYEDOTUN, T. D. T.; ALLY, N. Environmental issues and challenges confronting surface waters in South America: A review. **Environmental Challenges**, v. 3, 2021.
- RIIS, T. et al. Global Overview of Ecosystem Services Provided by Riparian Vegetation. **BioScience**, v. 70, n. 6, p. 501–514, 1 jun. 2020.
- SIMON, A.; COLLISON, A. J. C. Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 27, n. 5, p. 527–546, 2002.
- SOUZA, C. M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, jan. 2020.
- SPANGENBERG, J. **Nature in megacities**. Doctoral thesis—Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, 2010.
- TANAKA, Y.; MINGGAT, E.; ROSELI, W. The impact of tropical land-use change on downstream riverine and estuarine water properties and biogeochemical cycles: a review. **Ecological Processes**, v. 10, n. 1, 2021.
- WONG, M. M. F.; FUNG, J. C. H.; YEUNG, P. P. S. High-resolution calculation of the urban vegetation fraction in the Pearl River Delta from the Sentinel-2 NDVI for urban climate model parameterization. **Geoscience Letters**, v. 6, n. 1, p. 2, 3 mar. 2019.
- YAMAZAKI. **OSM Water Layer: Surface Waters in OpenStreetMap (YAMAZAKI LAB)**. Disponível em: <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/OSM_water/index.html>.
- ZEREGA, A.; SIMÕES, N. E.; FEIO, M. J. How to improve the biological quality of urban streams? Reviewing the effect of hydromorphological alterations and rehabilitation measures on benthic invertebrates. **Water (Switzerland)**, v. 13, n. 15, 2021.

6. Anexos

Anexo I - Validação e Acurácia - Estudos de Caso

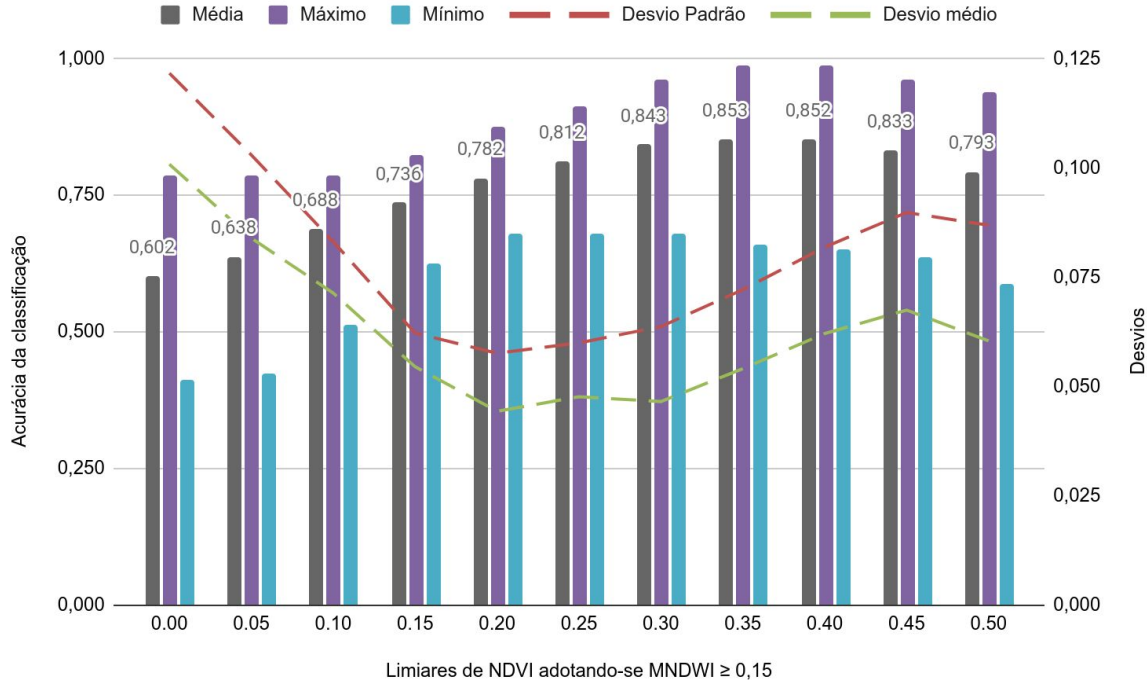


Acurácia média para diferentes valores de probabilidade de classificação de vegetação e água para os estudos de caso.

Valor de probabilidade adotado ao cálculo de áreas: 45%.

6. Anexos

Anexo I - Validação e Acurácia - Ocupação urbana considerando o mosaico de NDVI e MNDWI (item 2.3)



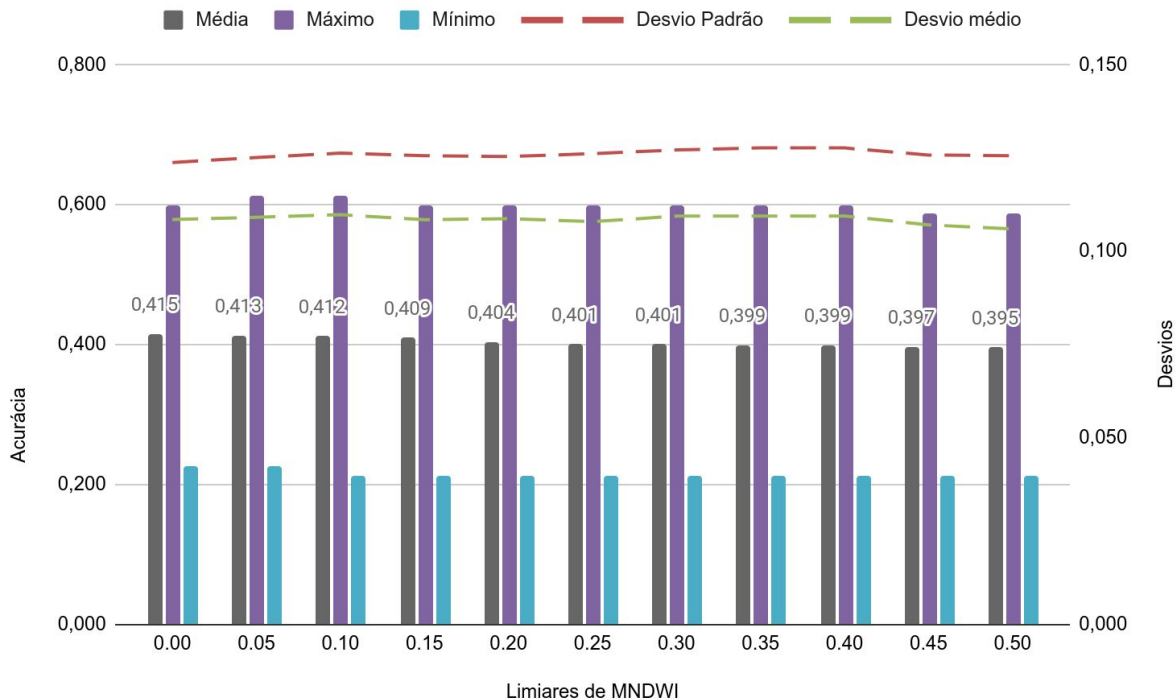
Acurácia média para diferentes valores de NDVI fixando um intervalo de MNDWI.

Limiares adotados:
NDVI $\geq 0,35$
MNDWI $\geq 0,15$

O estudo de acurácias para diferentes valores de MNDWI não demonstrou diferenças significativas.

6. Anexos

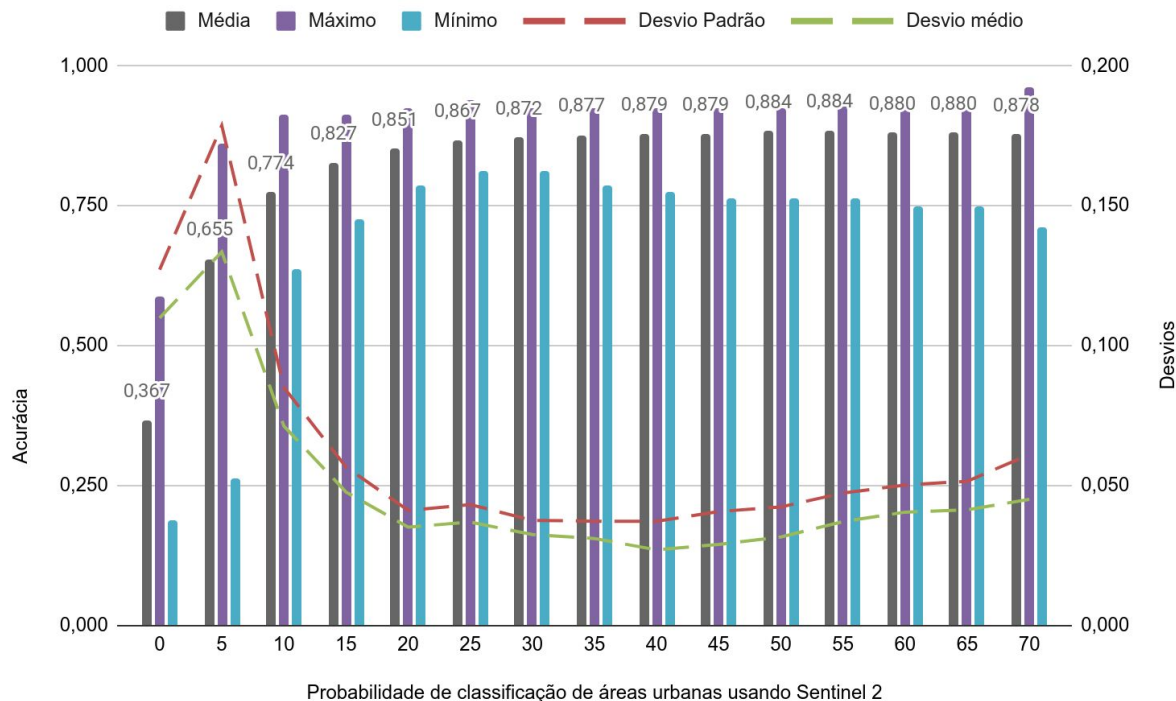
Anexo I - Validação e Acurácia - para o diferentes valores de MNDWI



O estudo de acurácias para diferentes valores de MNDWI não demonstrou diferenças significativas. Daí a adoção de MNDWI como sendo valores iguais ou superiores a 0,15.

6. Anexos

Anexo I - Validação e Acurácia - para diferentes valores de probabilidade de classificação urbana



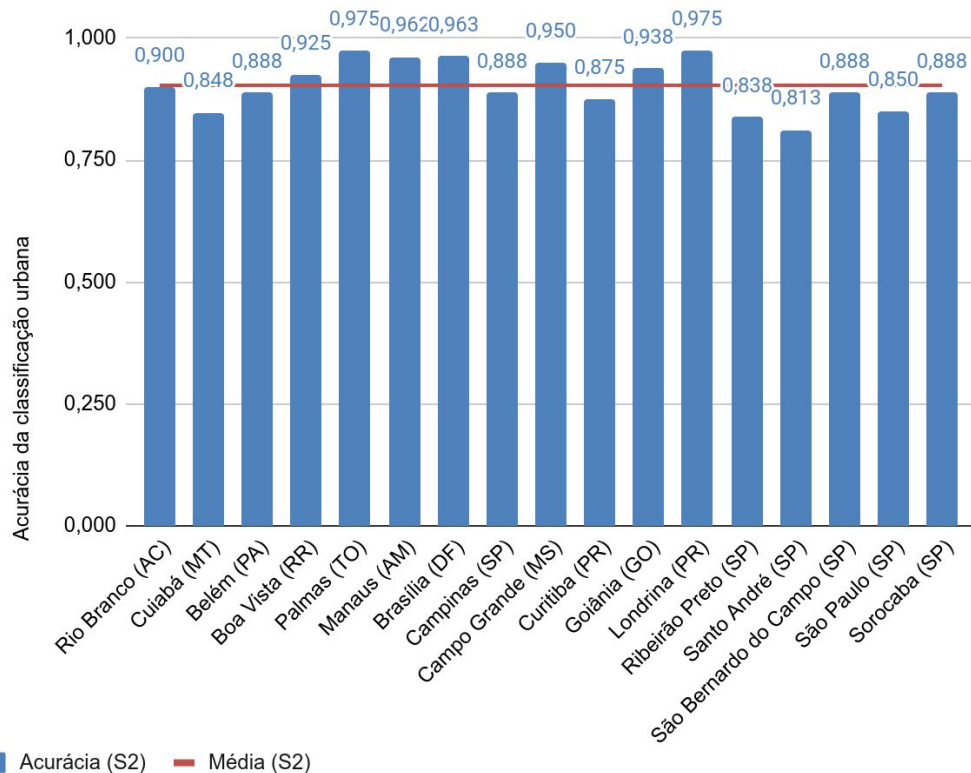
O estudo de acurácias segundo a probabilidade de classificação urbana considerou valores iguais ou abaixo aos indicados no eixo x do gráfico.

Limiar adotado:
Prob. de classificação urbana \leq 50%

O limiar adotado se refere ao valor utilizado como 'máscara' para extrair as áreas de vegetação e água da classificação de áreas urbanizadas da Coleção 6 do MapBiomass, analogamente aos índices espectrais apresentados anteriormente.

6. Anexos Anexo I - Validação e Acurácia

Classificação urbana usando Sentinel 2



Acurácia da classificação urbana para os municípios selecionados como estudos de caso.

A delimitação de áreas urbanas com as imagens de alta resolução teve como objetivo alcançar resultados mais precisos para os estudos de caso.

Contato

Para contatar o MapBiomias escreva para contato@mapbiomas.org, acesse nossas redes sociais ou participe do Fórum MapBiomias onde a comunidade de usuários interage com as equipes do MapBiomias sobre os diferentes aspectos técnicos e científicos do projeto.

Conheça mais sobre o MapBiomias acesse:



[youtube/mapbiomasbrasil](https://www.youtube.com/mapbiomasbrasil)



[@mapbiomas](https://www.facebook.com/mapbiomas)



[@mapbiomas](https://twitter.com/mapbiomas)



[@mapbiomasbrasil](https://www.instagram.com/mapbiomasbrasil)



[@mapbiomas](https://www.linkedin.com/company/mapbiomas)



<http://mapbiomas.org>