

NOTA TÉCNICA

# Uso e ocupação do solo nas escolas de educação infantil e ensino fundamental das capitais brasileiras

Julio Pedrassoli<sup>1</sup>

Mayumi Hirye<sup>2</sup>

Julia Cansado<sup>2,3</sup>

Breno Malheiros de Melo<sup>4</sup>

Edimilson Rodrigues<sup>5</sup>

Eduardo Justiniano<sup>5</sup>

Julia Shimbo<sup>6</sup>



<sup>1</sup>W, MICHIGAN UNIVERSITY/MAPBIOMAS, <sup>2</sup>LabQUAPÁ FAU-USP/MAPBIOMAS.

<sup>3</sup>SOLVED/MAPBIOMAS, <sup>4</sup>UFSCAR/MAPBIOMAS, <sup>5</sup>USP/MAPBIOMAS.

<sup>6</sup>IPAM/MAPBIOMAS



Escola Municipal Professora Olga Mettig, Salvador/Bahia. Fonte: Prefeitura Municipal de Salvador, 2017.

<b>RESUMO</b> .....	3
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	4
<b>2. OBJETIVO</b> .....	7
<b>3. MÉTODO</b> .....	8
3.1. Fonte de Dados .....	8
3.2. Tratamento dos Dados e Análises .....	16
<b>4. RESULTADOS</b> .....	20
1. Uso e ocupação do solo nas escolas .....	22
2. Praças e parques no entorno das escolas .....	24
3. Escolas e Áreas de risco a desastres naturais .....	26
4. Escolas e Temperatura de Superfície .....	28
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30

Atualmente, os dados oficiais divulgados pelo (Instituto nacional de Pesquisas e Estudos Educacionais Anísio Teixeira - INEP) no Censo Escolar Brasileiro (2023) trazem apenas a informação autodeclarada de cada escola sobre a presença ou ausência de áreas verdes na unidade escolar, não especificando a área ocupada ou sua proporção em relação ao total da área das escolas.

Visando complementar os dados fornecidos pelo INEP, foi feito o levantamento das áreas verdes existentes dentro dos limites das escolas de educação infantil e ensino fundamental para todas as capitais brasileiras, configurando um universo de 20.635 unidades escolares mapeadas, utilizando classificação de imagens Planet (4 metros de resolução) para o ano de 2023. Além disso, foram calculados a quantidade e a área ocupada por praças e parques (existentes no Open Street Map), além das áreas verdes extraídas por classificação de imagens, para os entornos imediatos de 500 e 1.000m das escolas analisadas. Também foram adicionados dados provenientes do censo escolar (incluindo informações de raça e gênero dos alunos matriculados), dados sobre a localização das escolas em favelas ou nas proximidades imediatas de 500 e 1.000m de cada uma das favelas das capitais, informações sobre a localização em áreas de risco por cruzamento com o estudo BATER (2018) e sobre a variação da temperatura local de cada escola em relação à média da cidade em que se encontra (para o ano de 2023).

Os dados mostram que existe uma média de 894 m<sup>2</sup> de área verde por escola de educação infantil e ensino fundamental nas capitais brasileiras, no entanto, 37,4% das escolas avaliadas não possuem nenhuma área verde identificável. Além disso, 11,3% das escolas nas capitais brasileiras estão em favelas, 6,7% das escolas mapeadas estão inseridas em alguma área de risco identificada pelo BATER/IBGE e aproximadamente 64% das escolas avaliadas estão em locais com temperatura de superfície pelo menos 1°C acima da média do perímetro urbano no qual se localizam, no ano de 2023.

Espera-se que esta base de dados seja útil para o trabalho de analistas e tomadores de decisões sobre a necessidade de evolução das políticas públicas para melhor qualidade de vida e acesso à natureza nas escolas brasileiras.

Acesse a base de dados completa [aqui](#).

# 1. Contextualização

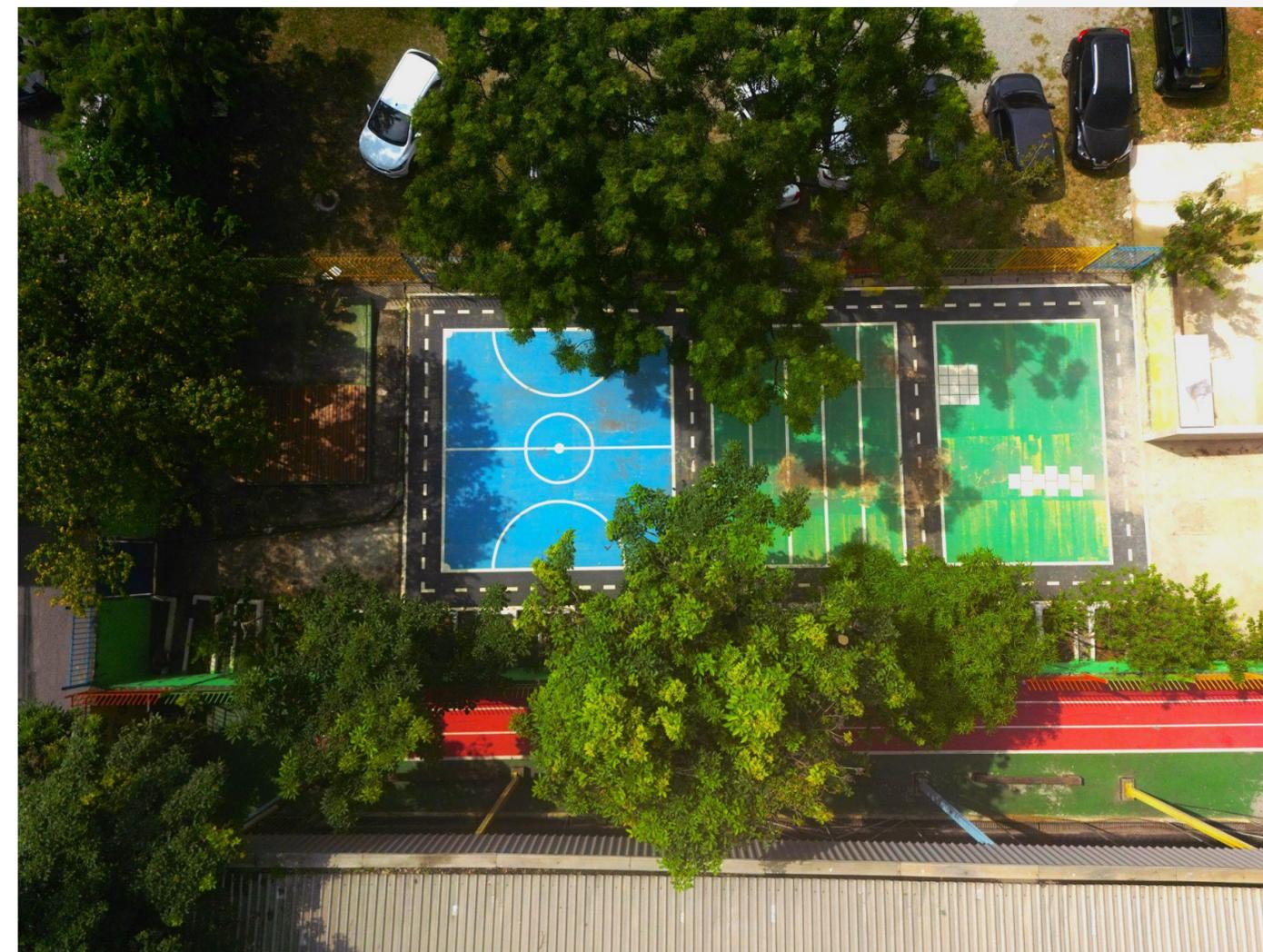
## A importância dos espaços verdes nas escolas e em seu entorno

Os espaços verdes nas escolas desempenham um papel crucial no desenvolvimento físico, mental e emocional dos alunos. Eles proporcionam um ambiente natural que estimula o bem-estar e a criatividade, além de oferecer oportunidades para atividades físicas e recreativas que são essenciais para a saúde das crianças. Estudos demonstram que o contato com a natureza pode reduzir os níveis de estresse e ansiedade, melhorar a concentração e aumentar o desempenho acadêmico. Além disso, esses espaços promovem um senso de responsabilidade ambiental, já que os alunos aprendem sobre a importância da preservação e sustentabilidade desde cedo, como apontam a Sociedade Brasileira de Pediatria e Instituto Alana (Barros et al., 2019)\*.

Além dos benefícios para a saúde e o aprendizado, os espaços verdes também contribuem para a construção de uma comunidade escolar mais coesa e colaborativa. Eles podem servir como locais de encontro para atividades coletivas, projetos de jardinagem e aulas ao ar livre, fortalecendo os laços entre alunos, professores e a comunidade. Adicionalmente, esses espaços desempenham um papel na mitigação das mudanças climáticas ao sequestrar carbono, reduzir a temperatura ambiente e melhorar a qualidade do ar (Gill et al, 2007)\*\*. A presença de áreas verdes pode transformar o ambiente escolar em um espaço mais acolhedor e estimulante, favorecendo o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais.

\*Barros, M, I, A, de, Becker, D., Solé, D., Ting, E., Eisenstein, E., Martins Filho, J., Fleury, L., Silva, L, R., Barros, M, I, A, de, Ghelman, R., Weffort, V, R, S., Araújo, L, A, de, Barros, R, do R., & Cury, R, (2019), Benefícios da natureza no desenvolvimento de crianças e adolescentes: Manual de orientação do Grupo de Trabalho em Saúde e Natureza, Sociedade Brasileira de Pediatria.

\*\*Gill, S, E., Handley, J, F., Ennos, A, R., & Pauleit, S, (2007), Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure, Built Environment, 33(1), 115-133.



**EMEI Prof<sup>a</sup>, Maria da Luz Silva de Oliveira.** Créditos: Instituto Alana

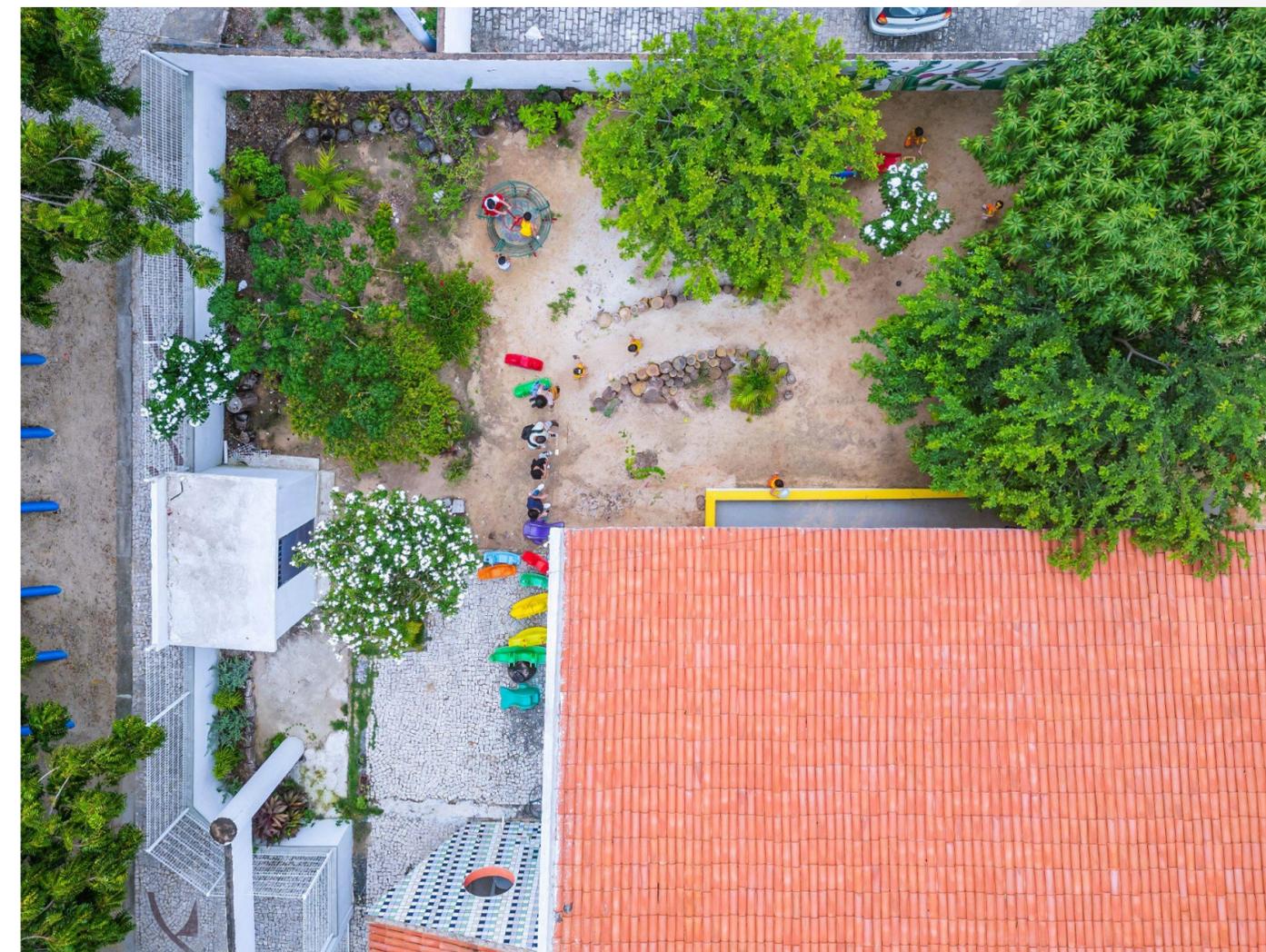
# 1. Contextualização

## O nexo entre a vegetação, a temperatura e os possíveis impactos no desempenho escolar

A falta de vegetação em uma grande proporção das escolas brasileiras é um reflexo direto dos problemas de infraestrutura que essas instituições enfrentam. A vegetação é crucial não apenas para a estética e o conforto visual, mas também para a regulação térmica dos ambientes, sendo uma possível estratégia local de adaptação às mudanças climáticas pelas escolas.

As evidências científicas apontam que crianças e jovens são vulneráveis à ameaça das mudanças climáticas, mas os impactos potenciais não relacionados à saúde, como aqueles nos resultados educacionais globais, ainda não são bem compreendidos. Prentice et al, (2024)\* constataram que as mudanças climáticas provavelmente já estão prejudicando os resultados educacionais de muitas populações em todo o mundo por meio de múltiplas vias diretas e indiretas, sendo uma das conexões mais claras encontradas é entre a exposição ao calor e a redução do desempenho acadêmico.

Também é importante dizer que a ausência de vegetação nas escolas se somam a outros problemas estruturais e juntos, podem ter impacto negativo no conforto térmico enfrentado pelos estudantes. Por exemplo, segundo o Censo Escolar de 2022, realizado pelo INEP, cerca de 70% das escolas públicas em todo o Brasil também não são climatizadas.



EMEF Virgílio de Mello Franco, São Paulo, SP. Crédito: Instituto Alana

\*Prentice, C.M., Vergunst, F., Minor, K, et al, Education outcomes in the era of global climate change, *Nat, Clim, Chang*, 14, 214–224 (2024), <https://doi.org/10,1038/s41558-024-01945-z>

# 1. Contextualização

## Vulnerabilidade das escolas aos eventos climáticos extremos

É importante também destacar que as evidências científicas atuais apontam que os desastres relacionados ao clima, como incêndios florestais, tempestades, secas, ondas de calor e outros estão impedindo que muitas crianças frequentem a escola. As enchentes podem impedir que as crianças se desloquem para a escola e causar danos aos prédios e materiais escolares, o que atrapalha o aprendizado, por exemplo. Tais eventos impactam negativamente no desempenho dos estudantes em todo o mundo. (Mudavanhu, 2014; Thamatanajit, 2020)\*

A partir de dados compilados e produzidos por meio de imagens de satélite sobre o uso e ocupação dos espaços escolares de ensino infantil (creche e pré-escola) e fundamental (anos iniciais e anos finais) nas capitais brasileiras, esta nota técnica busca contribuir com dados para análise e tomada de decisão em políticas públicas escolares, bem como para adaptação das áreas urbanas brasileiras frente às mudanças climáticas.

\*Deuchert, E., & Felfe, C, (2015), *The tempest: Short- and long-term consequences of a natural disaster for children's development*, *European Economic Review*, 80, 280–294, doi:10.1016/j.euroecorev.2015.09.004

\*Sacerdote, B, (2012), *When the Saints Go Marching Out: Long-Term Outcomes for Student Evacuees from Hurricanes Katrina and Rita*, *American Economic Journal: Applied Economics*, 4(1)

\*Mudavanhu, C, ( 2014), 'The impact of flood disasters on child education in Muzarabani District, Zimbabwe', *Jãmbá: Journal of Disaster Risk Studies* 6(1), Art, #138, 8 pages

\*Thamtanajit, K, (2020), *The Impacts Of Natural Disaster On Student Achievement: Evidence From Severe Floods in Thailand*, *The Journal of Developing Areas* 54(4), <https://doi.org/10.1353/jda.2020.0042>,



**CEU Campo Limpo, São Paulo, SP.** Crédito: Sandro Kakabaze

## 2. Objetivos

Esta nota técnica teve como objetivo construir uma **base de dados** para quantificar nas escolas de ensino infantil e fundamental das capitais brasileiras (localizadas em zonas urbanas):

- 1) **Uso e ocupação do solo nas escolas** (área pavimentada, edificada, de vegetação e de água) (com imagens de satélite Planet e lotes urbanos);
- 2) **Praças e parques ao redor das escolas** (OpenStreetMap, 2023);
- 3) **Localização das escolas em favelas** (IBGE, 2020) e **sob área de risco** a desastres naturais (BATER/ IBGE, 2018);
- 4) **Desvio de temperatura de superfície no local** (indicador de localização em ilha de calor urbana) de cada escola em relação à média da temperatura de superfície para os perímetros urbanos nos quais as escolas se encontram.

Adicionalmente, na base de dados foram relacionados **dados do censo escolar 2023** de alunos matriculados em ensino infantil e fundamental, por sexo (feminino e masculino), por cor (branca, preta, parda, amarela, indígena e não declarados). Por fim também foi incluída a auto declaração de presença ou ausência de áreas verdes na unidade escolar, além das esferas administrativas de cada unidade (federal, estadual, municipal e particular) e o **nível socioeconômico das escolas (NSE)**. O **risco a desastres naturais também foi dividido em geológico** (declividade acima de 30% pelo SRTM) e **hidrológico** (proximidade vertical até 3m do corpo d'água pelo modelo HAND).



### 3. Método

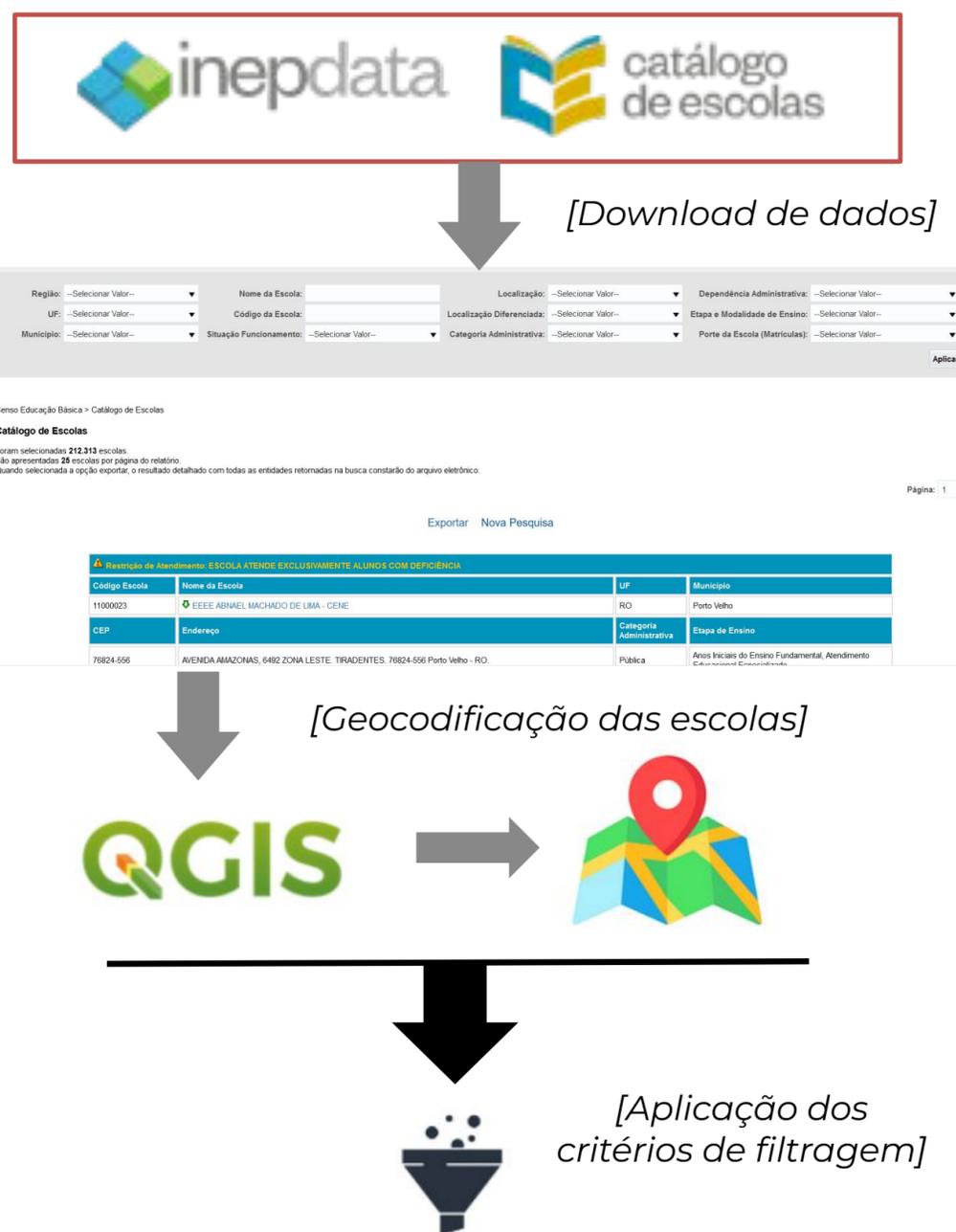
#### 3.1 Fonte de Dados

##### 3.1.1 Localização das escolas

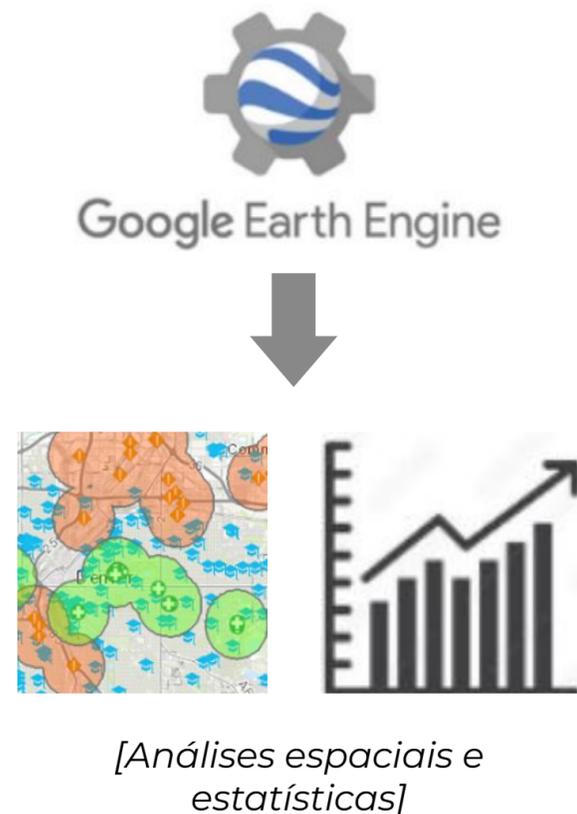
Os **dados primários** para a construção deste banco de dados foram as **localizações das escolas** fornecidas com coordenadas de **latitude e longitude** pelo Instituto Nacional de Pesquisas e Estudos Educacionais Anísio Teixeira (**INEP, 2024**).

Foram filtradas apenas as **escolas ativas** em áreas **urbanas**, que possuem pelo menos um aluno matriculado em **ensino fundamental e/ou infantil** e que se localizam em uma **das 27 capitais estaduais brasileiras**. Desta forma, utilizamos uma amostra **total de 20,635 escolas**.

#### Preparação dos dados primários (Fonte: INEP)



[Ingestão no Google Earth Engine]



#### Escolas mapeadas pelo MapBiomas, registradas pelo INEP por capital

A partir dos quantitativos totais de escolas registradas no INEP que atendem aos critérios desta NT (24,835), foram calculadas as margens de erro da amostra gerada para graus de confiança de 95% e 99% (Tabela 1), utilizando a fórmula geral para cálculo de margem de erro amostral:

$$E = Z \times \sqrt{\frac{p \times (1 - p)}{n}} \times \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

Onde:

- E = Margem de erro
- Z = Valor Z associado ao nível de confiança desejado
- p = Proporção esperada (utilizado 0,5 para maximizar a variabilidade)
- n Tamanho da amostra
- N = Tamanho da população

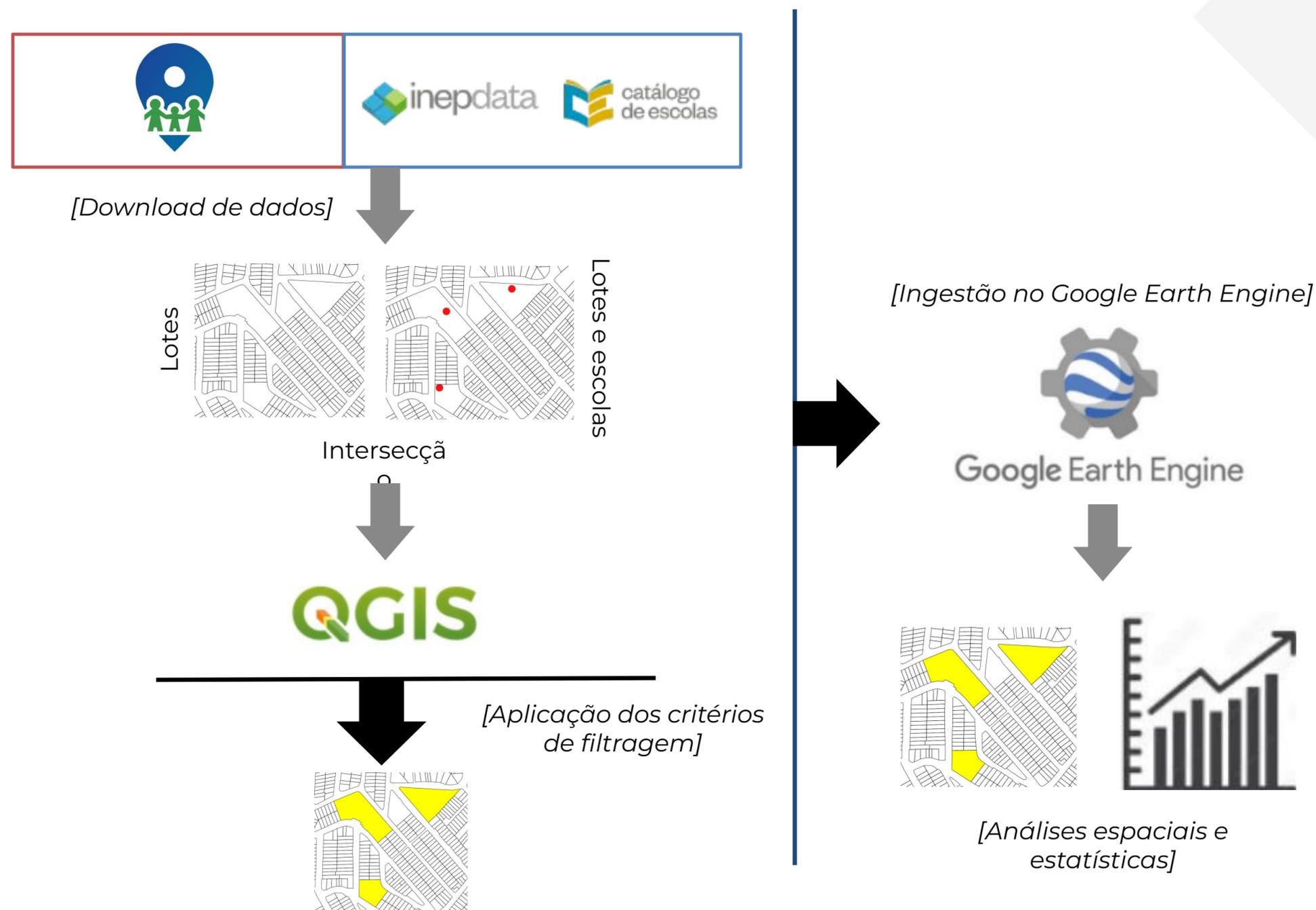
Capital	Escolas mapeadas pelo MapBiomas	Catalogo de escolas do INEP (totais registradas)	Proporção mapeada	Margem de erro para um grau de confiança de 95%	Margem de erro para um grau de confiança de 99%
Aracaju	258	304	84,9	2,4	3,1
Belém	485	608	79,8	2	2,6
Belo Horizonte	1.105	1.240	89,1	1	1,3
Boa Vista	175	202	86,6	2,7	3,6
Brasília	943	1.048	90	1	1,3
Campo Grande	397	430	92,3	1,4	1,8
Cuiabá	276	350	78,9	2,7	3,6
Curitiba	940	1.015	92,6	0,9	1,1
Florianópolis	245	269	91,1	1,9	2,5
Fortaleza	773	1.075	71,9	1,9	2,5
Goiânia	640	758	84,4	1,5	2
João Pessoa	333	433	76,9	2,6	3,4
Macapá	175	192	91,1	2,2	2,9
Maceió	478	478	100	0	0
Manaus	736	842	87,4	1,3	1,7
Natal	365	427	85,5	2	2,6
Palmas	118	130	90,8	2,8	3,6
Porto Alegre	774	878	88,2	1,2	1,6
Porto Velho	187	193	96,9	1,3	1,7
Recife	768	913	84,1	1,4	1,9
Rio Branco	172	180	95,6	1,6	2,1
Rio de Janeiro	2.790	3.428	81,4	0,8	1,1
Salvador	935	1.439	65	1,9	2,5
São Luís	442	535	82,6	1,9	2,6
São Paulo	5.589	6.840	81,7	0,6	0,7
Teresina	381	467	81,6	2,2	2,8
Vitória	155	161	96,3	1,5	2
<b>Totais</b>	<b>20635</b>	<b>24835</b>	<b>83,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>

##### Lotes (fase 1): Dados primários oficiais interseccionados com a localização do INEP

Os **dados primários** para construção da camada espacial de delimitação dos lotes urbanos de cada escola foram produzidos em duas etapas:

- 1) Compilação e ajuste dos **lotes urbanos pré-existent**s disponibilizados pelos **canais oficiais das prefeituras** das capitais brasileiras e acessíveis na plataforma [AddressForAll](#). Esta foi a fonte primária para as cidades de **Rio Branco, Maceió, Manaus, Salvador, Fortaleza, Brasília, Goiânia, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba, Florianópolis, Campo Grande, João Pessoa, Recife, Natal**.

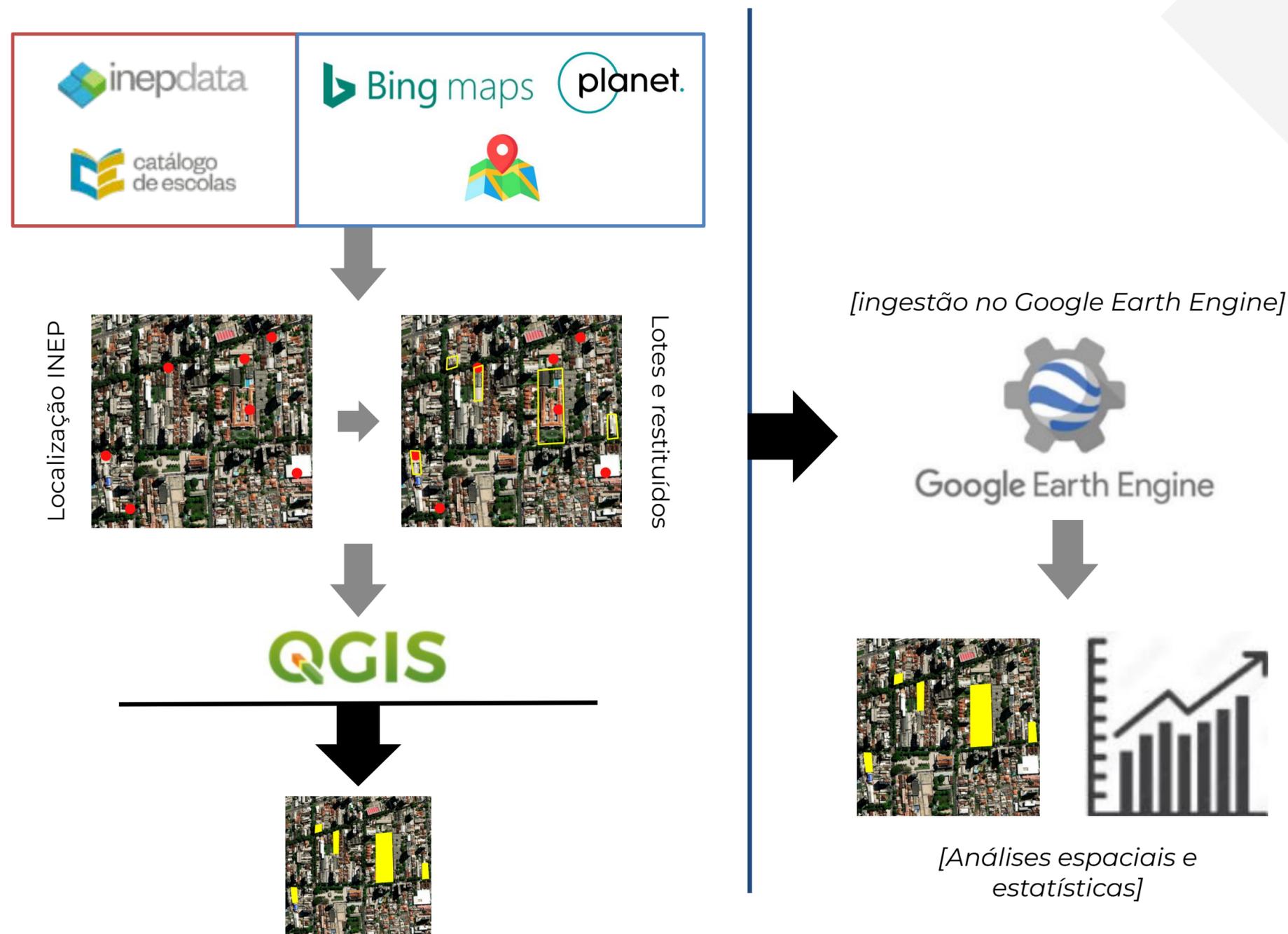
Os lotes foram sobrepostos aos pontos localizados do INEP, e então recuperados aqueles com intersecção espacial.



#### Lotes (fase 2): Restituição visual dos lotes a partir da localização do INEP

2) Para as **outras capitais** nas quais não foi possível o uso das delimitações de lotes oficiais, foram **reconstruídos os lotes por meio de interpretação visual de imagens de satélite**, tomando como **referência inicial a localização do ponto geolocalizado pelo INEP**. Foram utilizadas como imagem base de interpretação uma combinação da camada de composição anual de 2023 de imagens Planet e os *basemaps* do Google e Bing Maps, em ambiente QGIS. Este procedimento foi adotado para as cidades de **Aracaju, Belém, Boa Vista, Cuiabá, Macapá, Maceió, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, São Luís, Teresina, Vitória**.

Aproximadamente **80,95%** dos lotes utilizados têm sua origem nos **cadastros oficiais**.



As imagens de satélite utilizadas foram fornecidas pelo **NICFI Satellite Data Program Basemaps for Tropical Forest Monitoring - Americas**<sup>1</sup> e são do ano de 2023.

Utilizou-se o mosaico de imagens pré-processado - seleção de imagens para a composição dos mosaicos mensais, assim como a correção atmosférica, normalização e utilização de máscara para as nuvens<sup>2</sup>. Os mosaicos possuem resolução espacial de 4,77m, resolução temporal mensal e 4 bandas espectrais: vermelho (R), verde (G), azul (B) e infravermelho (N). Foram utilizadas todas as imagens mensais do ano de 2023.

Foram também utilizados os seguintes dados auxiliares:

- áreas urbanizadas em 2022, da **Coleção 8 de Uso e Cobertura da Terra do MapBiomas**<sup>3</sup>, com resolução espacial de 30m;
- superfície de água em 2022, da **Coleção Beta de Uso e Cobertura da Terra com 10m de resolução espacial do MapBiomas**<sup>4</sup>, com resolução espacial de 10m;
- edificações, do conjunto de dados **Open Buildings** produzido em 2023 e disponibilizado pela Google<sup>5</sup>, com resolução espacial de 0,5m.

Os dados foram compilados e cortados para um retângulo que abrange o perímetro urbano e uma envoltória de 5km de cada capital de estado.



Imagem do Programa NICFI, mostrando ao centro (em vermelho) o lote da escola estadual Jornalista Carlos F. W. Lacerda, em São Paulo.

<sup>1</sup> Planet Team (2017), Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth, San Francisco, CA, <https://api.planet.com>

<sup>2</sup> Pandey, P.; Kington, J.; Kanwar, A.; Simmon, R.; Abraham, L. (2023) Planet basemaps for NICFI Data Program: Addendum to Basemaps Product Specification, revision V2, 26 de janeiro de 2023, Disponível em: [https://assets.planet.com/docs/NICFI\\_Basemap\\_Spec\\_Addendum.pdf](https://assets.planet.com/docs/NICFI_Basemap_Spec_Addendum.pdf)

<sup>3</sup> Projeto MapBiomas – Coleção 8,0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, Disponível em [https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection\\_8/lcluc/coverage/brasil\\_coverage\\_2022.tif](https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_8/lcluc/coverage/brasil_coverage_2022.tif).

<sup>4</sup> Projeto MapBiomas – Coleção Beta de Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil com 10 metros de resolução espacial, Disponível em [https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/sentinel/lcluc/coverage/brasil\\_sentinel\\_coverage\\_2022.tif](https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/sentinel/lcluc/coverage/brasil_sentinel_coverage_2022.tif).

<sup>5</sup> Sirko, W. et al, (2021), Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery, arXiv:2107.12283, Disponível em <https://sites.research.google/open-buildings/>

Para as áreas de praças e parques urbanos no Brasil para o ano de 2023, foram utilizados os registros encontrados no **Open Street Map (OSM)**.

Os dados foram extraídos para todo o Brasil por meio de filtragem de tags no software QGIS utilizando o plugin *QuickOSM* criando uma rotina para filtragem da tag ***leisure:park***, totalizando 84.578 feições em Novembro de 2023 distribuídas em 4,911 municípios brasileiros, correspondente a aproximadamente 88,5% dos municípios brasileiros com o registro presente no OSM de, ao menos, 1 praça ou parque urbano.

Toda poligonal registrada no OSM como a tag *leisure:park*. Em geral correspondem a áreas oficialmente definidas pelos poderes públicos municipais, fazendo parte dos sistemas de áreas públicas locais e apresentam vegetação de porte variado.

A base de dados foi ingestada no Google Earth Engine para extração das estatísticas locais e desenvolvido um **toolkit** de acesso aos dados. Análises desenvolvidas a partir de dados do OSM são largamente aplicadas para diferentes análises. Para o caso de praças, áreas verdes e outros recortes espaciais correlatos, um exemplo de trabalho detalhado com estes aspectos metodológicos para o estado de São Paulo é apresentado por Fantin et al, (2022)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> FANTIN, M, et al, Inteligência geográfica na construção de políticas públicas: rumo à plataforma de monitoramento de áreas verdes urbanas do Estado de São Paulo, Interações (Campo Grande), v, 23, p, 907-922, 16 dez, 2022.

#### Fluxo de acesso e tratamento dos dados do Open Street Map para identificação das áreas de praças e parques



## 3. Método

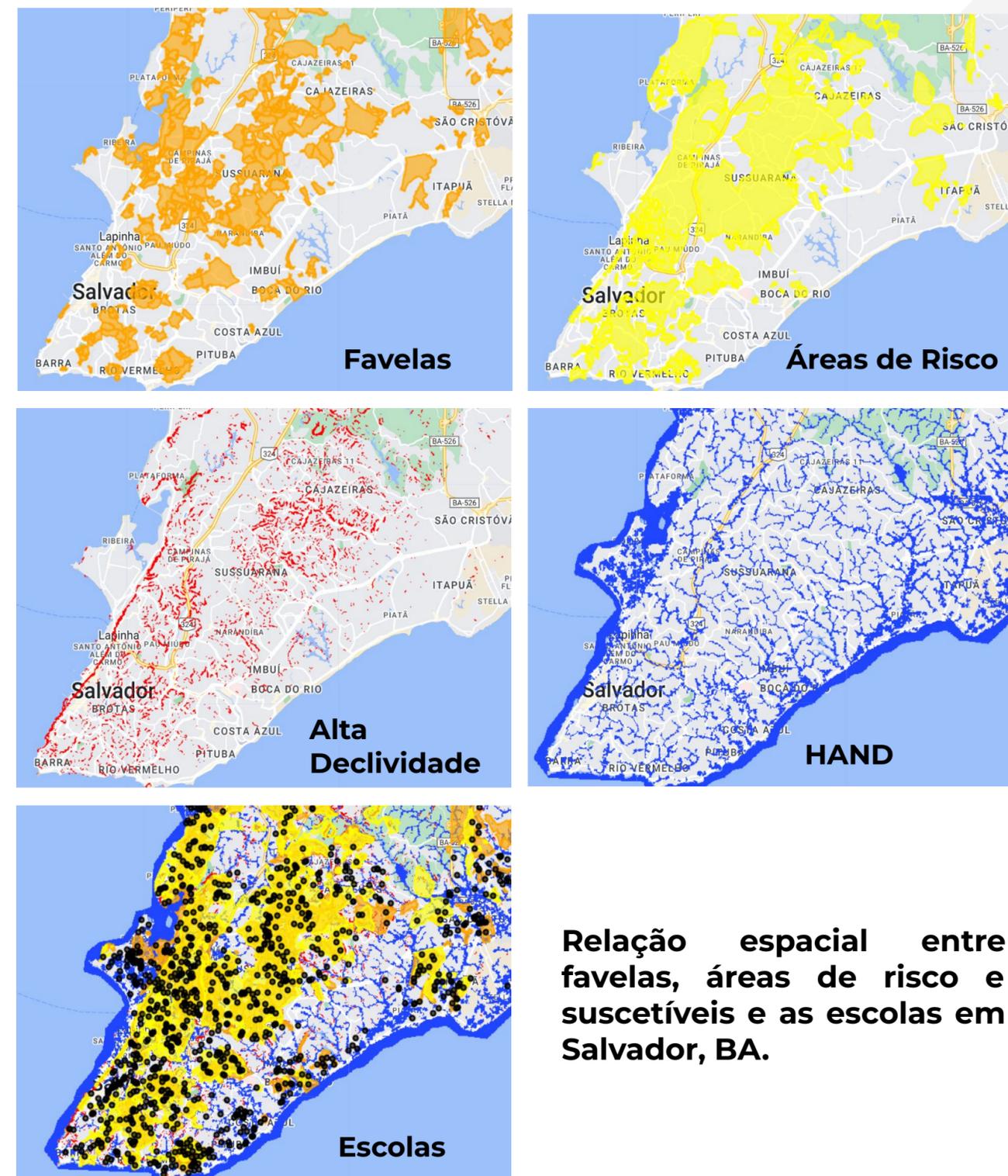
### 3.1 Fonte de Dados

#### 3.1.5 Favelas e Áreas de Risco

As delimitações de favelas são aquelas disponibilizadas pelo IBGE em 2020, atualmente chamados de “Favelas e Comunidades Urbanas”.

Os dados de áreas de risco foram compilados em três fases:

- 1) Foram utilizados os dados de **delimitação de áreas de risco no Brasil** produzidos pelo IBGE/CEMADEN para o estudo BATER em 2018;
- 2) Adicionalmente foram calculados os valores **percentuais de declividade** para todas as capitais brasileiras por meio do uso de imagens *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM - 30m)* e, a partir deste dado, foi feito um recorte para os pixels com valores iguais ou superiores a 30%, mascara que denominamos suscetibilidade à riscos geológicos;
- 3) Por fim, foi criada uma máscara espacial a partir dos dados derivados do modelo Height Above Nearest Drainage (HAND model) com os valores menores ou iguais a 3m de distância, a que denominamos suscetibilidade à riscos hidrológicos.



**Relação espacial entre favelas, áreas de risco e suscetíveis e as escolas em Salvador, BA.**

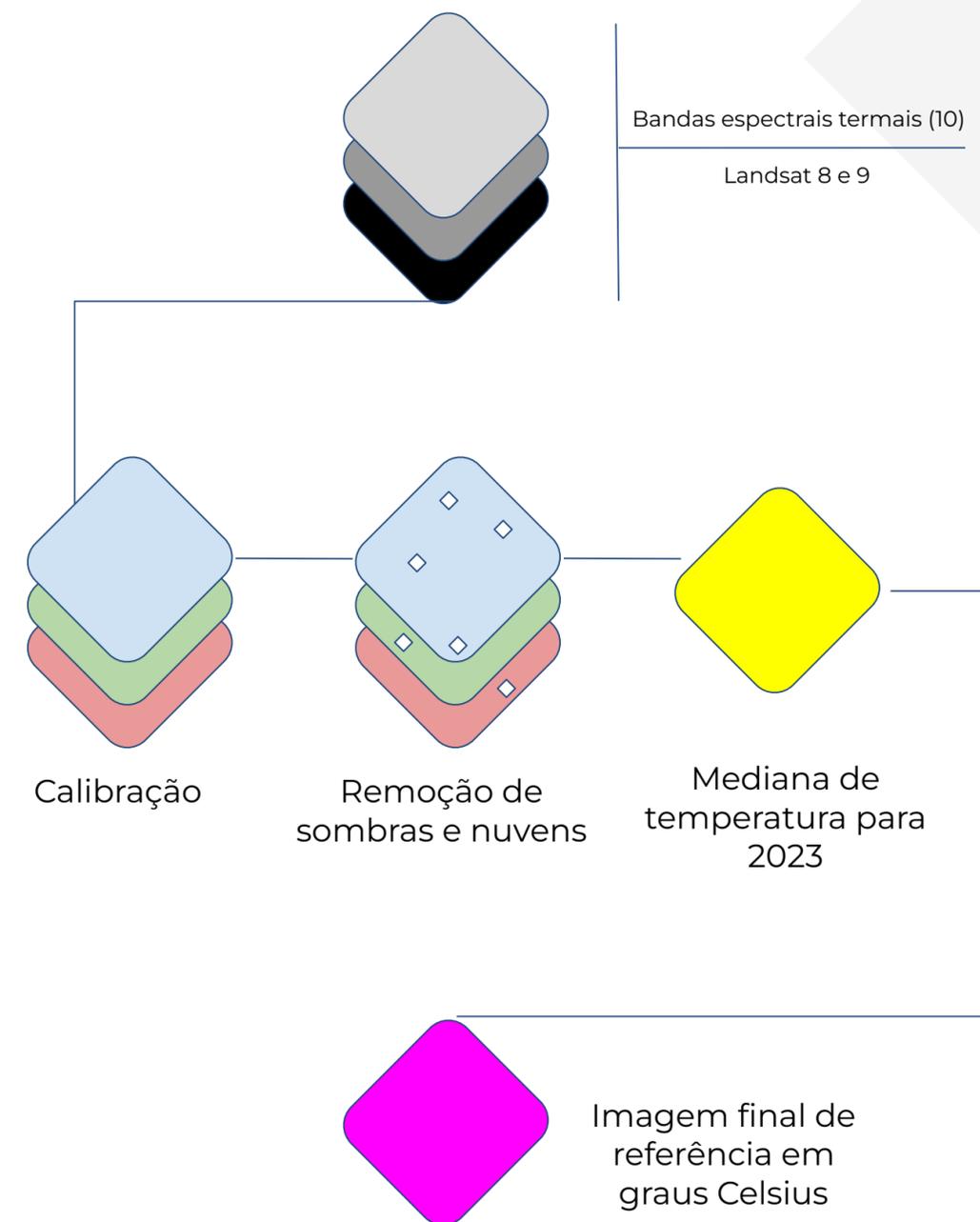
Os valores de **temperatura de superfície** para cada capital brasileira foi gerado por meio da banda do infravermelho termal (*Thermal Infrared* - TIR) dos satélites **Landsat 8 e 9**, tendo sido utilizada a banda 10 em ambos os casos (100m de resolução espacial).

O sensor de infravermelho térmico (TIRS no Landsat 8 e TIRS-2 no landsat 9) medem a radiação térmica emitida pela superfície terrestre em duas bandas de infravermelho térmico. No entanto, o TIRS-2 é uma versão aprimorada do TIRS do Landsat 8, tanto no que diz respeito à classe de risco do instrumento quanto ao design para minimizar a luz dispersa. Dessa forma optamos pela utilização combinada dos dois sensores para o ano de 2023.

Uma imagem termal de referência para o ano em análise foi construída a partir calibração inicial das imagens landsat 8 e 9 (coleção 2, TIER 1) conforme valores padrão de *scale* e *offset*. Com as imagens calibradas aplicou-se um algoritmo de remoção de nuvens e sombras de nuvens e então foi calculado o valor mediano de todas as observação combinadas da banda 10 do Landsat 8 e 9. Ao final foi ajustado o valor de cada pixel da escala de temperatura Kelvin para Celsius, subtraindo o valor constante de 273,15.

Ao todo foram **medidos valores de temperatura para 96,44% das 20.635 escolas mapeadas**. As **734 escolas sem dado de temperatura** são resultado de falhas de cobertura para 2023, incluindo áreas de nuvens e sombras constantes, especialmente em **Goiânia e Maceió**.

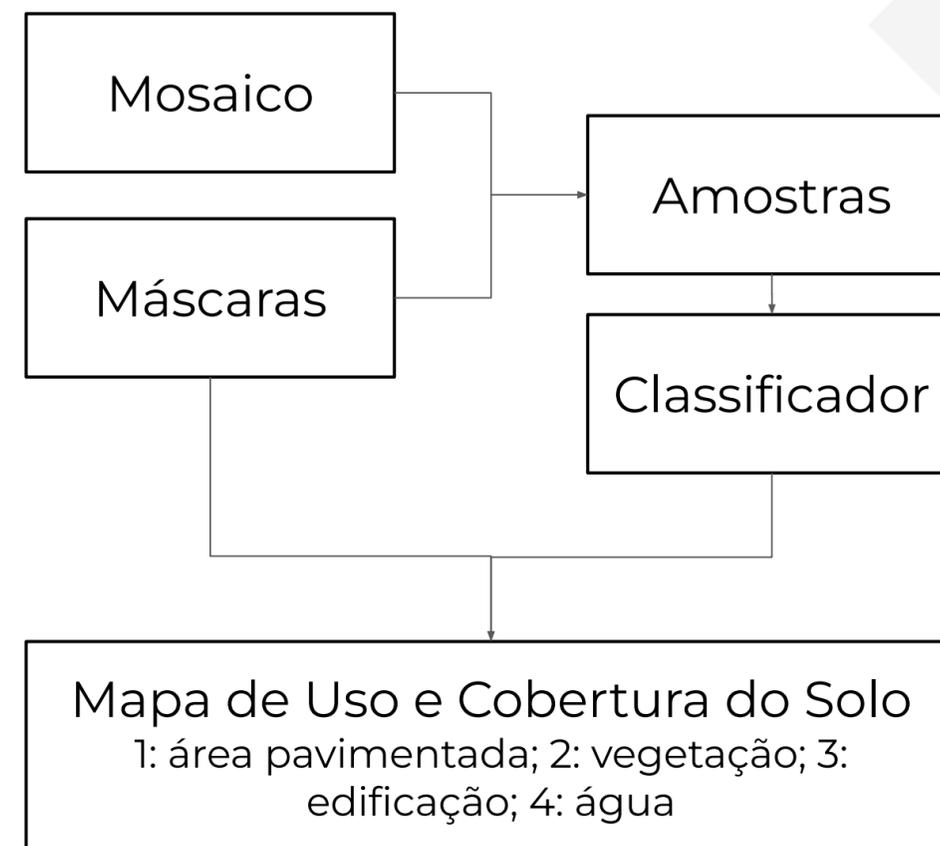
#### Fluxo de acesso e tratamento dos dados para os dados de temperatura de superfície para cada capital brasileira



As etapas de classificação das imagens NICFI para produzir o Mapa de Uso e Cobertura do Solo foram:

- 1) **Geração de mosaico** de imagens NICFI, cortadas para as capitais, incluindo o cálculo do Índice de Diferença Normalizada de Vegetação (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) a partir das bandas do vermelho e infravermelho. Foram calculadas as medianas das bandas e dos NDVIs mensais, agrupando os dados em dois períodos de referência: o período chuvoso em São Paulo, de janeiro a maio, e o seco, de junho a novembro de 2023.
- 2) **Criação de máscaras** de áreas urbanizadas, de água e de edificações, a partir dos dados auxiliares, utilizadas para limitar as áreas para geração de amostras de classificação e para compor a classificação final.
- 3) **Geração de amostras de classificação de vegetação**. As amostras de vegetação foram selecionadas randomicamente de áreas (a) urbanizadas, de maneira a excluir vegetação que não esteja no contexto urbano; (b) com NDVI maior ou igual a 0,4; (c) sem edificações e (c) sem cobertura de água. As amostras de áreas sem vegetação foram selecionadas das áreas (a) urbanizadas; (b) com NDVI menor a 0,4 ou com edificações; e (c) sem cobertura de água. Em cada capital, foram geradas 6.000 amostras, sendo metade de vegetação e metade de não vegetação.
- 4) **Construção de classificador de aprendizado de máquina**, a partir das amostras e dos valores de cada banda e NDVI, nos dois períodos considerados, excluindo-se as amostras sem valor. As amostras foram re-balanceadas para chegar ao mesmo número de amostras de vegetação e não vegetação. O classificador utilizado foi o Random Forest.

#### Fluxo esquemático da metodologia de classificação



- 5) **Classificação de uso e cobertura do solo**. A aplicação do classificador no mosaico resultou em uma imagem com valores de probabilidade de cada pixel ser ou não vegetação, sendo que considerou-se como vegetação as áreas com probabilidade maior ou igual a 50%, excluindo-se as áreas de edificações e de água (de acordo com as máscaras criadas). O mapa final possui resolução espacial de 4,77m e as seguintes classes: [1] áreas de pavimentação; [2] áreas de vegetação; [3] edificações; e [4] água.

A área de vegetação em cada lote de escola foi calculada a partir da sobreposição dos lotes das escolas e do Mapa de Uso e Cobertura do Solo produzido de acordo com a metodologia descrita no item 3.1.1..

Dos lotes das escolas identificados nos cadastros municipais ou delimitados visualmente, foram desconsiderados aqueles que:

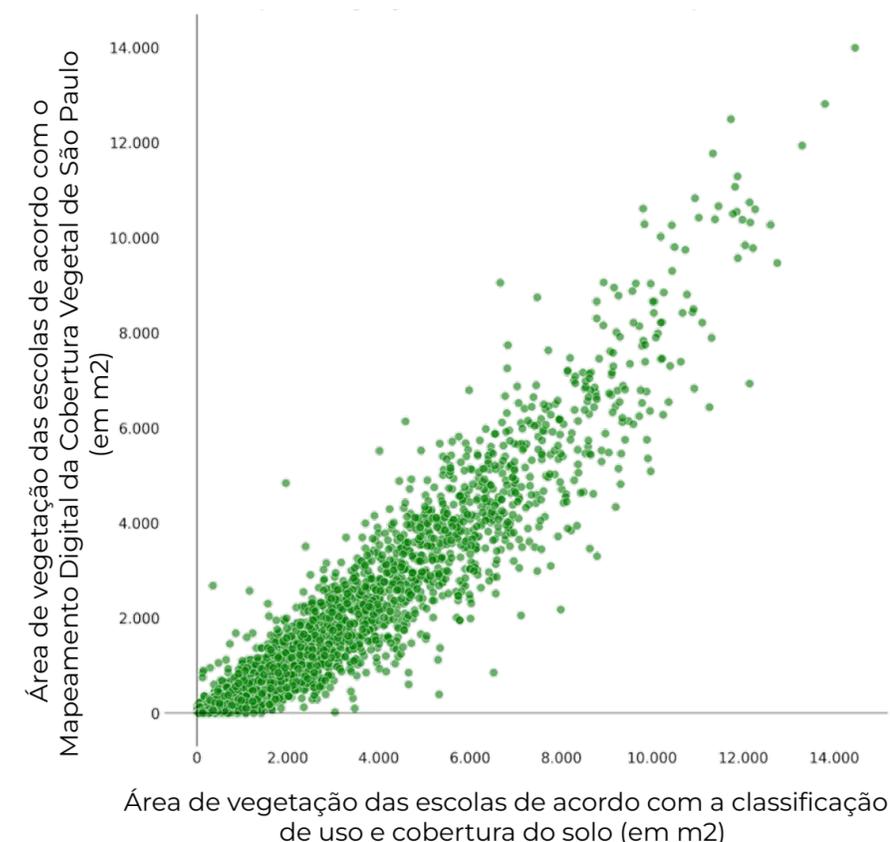
- não possuíam código único de escola, sendo que foram desconsiderados todos os lotes com códigos repetidos;
- não possuíam nenhuma área edificada, de acordo com o mapa de uso e cobertura do solo;
- possuíam 100% de sua área coberta com vegetação, de acordo com o mapa de uso e cobertura do solo;
- possuíam área maior que 150.000m<sup>2</sup>, que correspondem a glebas não desmembradas que constam como tal nos cadastros municipais de lotes.

Assim, a base de dados para a análise da vegetação nas escolas abrange **17.337 escolas**, para as quais há o quantitativo de área de áreas pavimentadas, vegetadas, edificadas e com superfície de água.

O dado produzido foi validado com 600 pontos selecionados aleatoriamente nos lotes das escolas, distribuídos em cada capital de maneira proporcional ao seu total de escolas na base de dados para a análise da vegetação. Os pontos foram interpretados visualmente em imagens de altíssima resolução espacial.

**A acurácia geral do dado é de 87,6%**, valor que indica uma classificação muito boa. A avaliação dos pontos de acurácia mostra que os erros da classificação estão associados às bordas da vegetação, que não são tão precisas devido à resolução do dado original, de 4,77m.

**Comparação de área com dado de referência**



Adicionalmente, a área de vegetação obtida com a classificação realizada foi **comparada ao dado do Mapeamento Digital da Cobertura Vegetal de São Paulo**<sup>1</sup>, produzido com dados ópticos de altíssima resolução espacial e dados de LiDAR.

A boa correlação sugere que ambos os dados estão capturando de maneira semelhante a quantidade de vegetação nas escolas. Entretanto, o gráfico indica uma possível subestimação dos dados produzidos, o que pode ser atribuído à sua menor resolução em comparação com os dados do Mapeamento Digital.

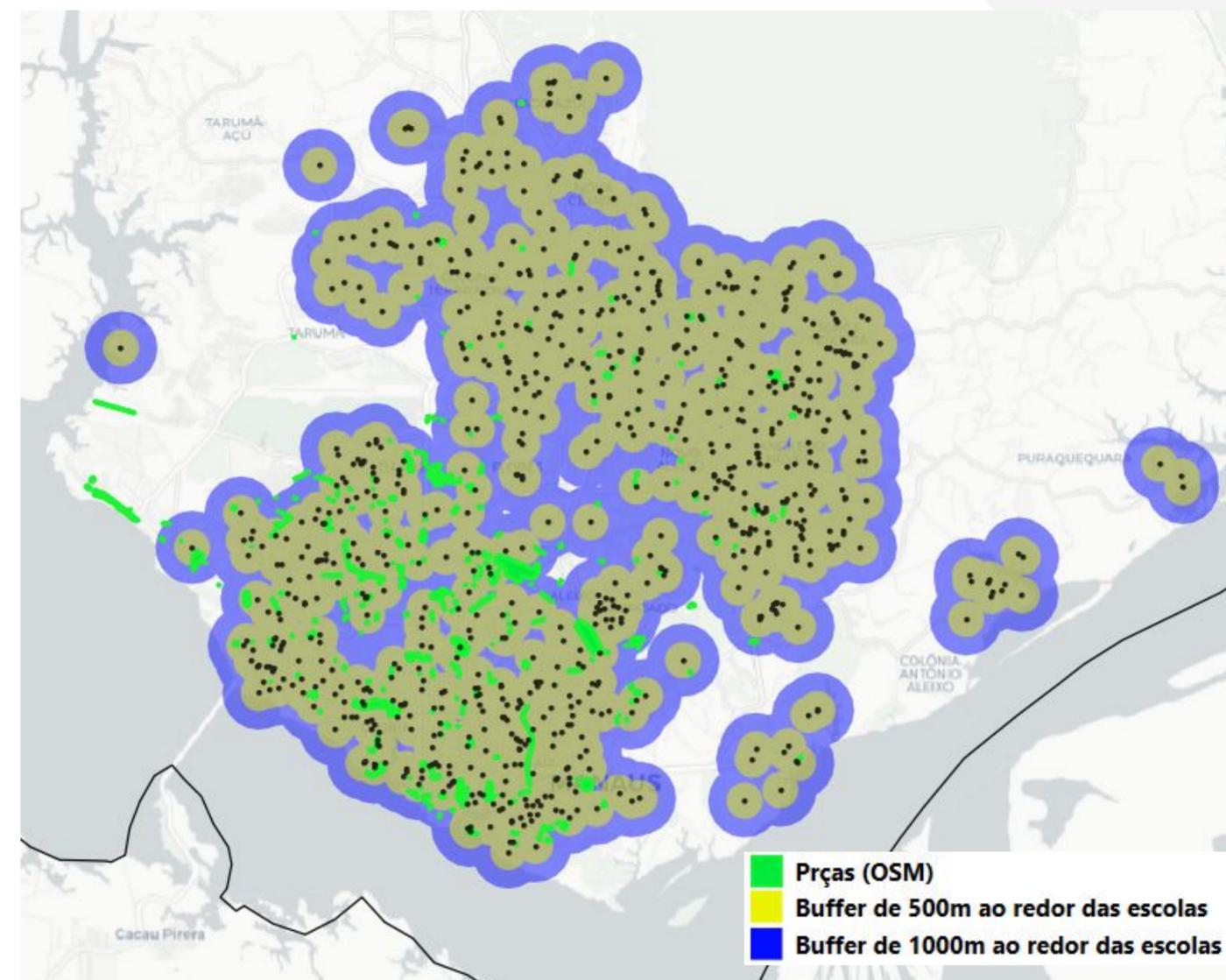
<sup>1</sup> Prefeitura Municipal de São Paulo (2020), Mapeamento da cobertura vegetal, Disponível em [Catálogo de metadados geográficos da Prefeitura do Município de São Paulo](#)

Para cada um dos **20.635 pontos** de escolas mapeados foram gerados **buffers circulares de 500m e 1.000m** de distância em relação à origem.

Em **cada buffer** foram extraídos os valores de:

- 1) **Contagem do número de praças e parques no entorno de 500m e 1.000m** para cada escola (com área acima de 500m<sup>2</sup>), a partir de dados derivados do OpenStreetMaps (2023);
- 2) Cálculo de **área ocupada por praças e parques** (com área acima de 500m<sup>2</sup>) para cada escola;
- 3) Identificação da presença de alguma **favela** (IBGE, 2020) no **entorno de 500m e 1.000m** de cada escola;
- 4) Cálculo de **área de vegetação**, a partir da classificação de uso e cobertura do solo.

#### Vizinhanças de 500 e 100m no entorno das escolas



Escolas de Manaus, buffers de 500 e 1000m e praças do OSM

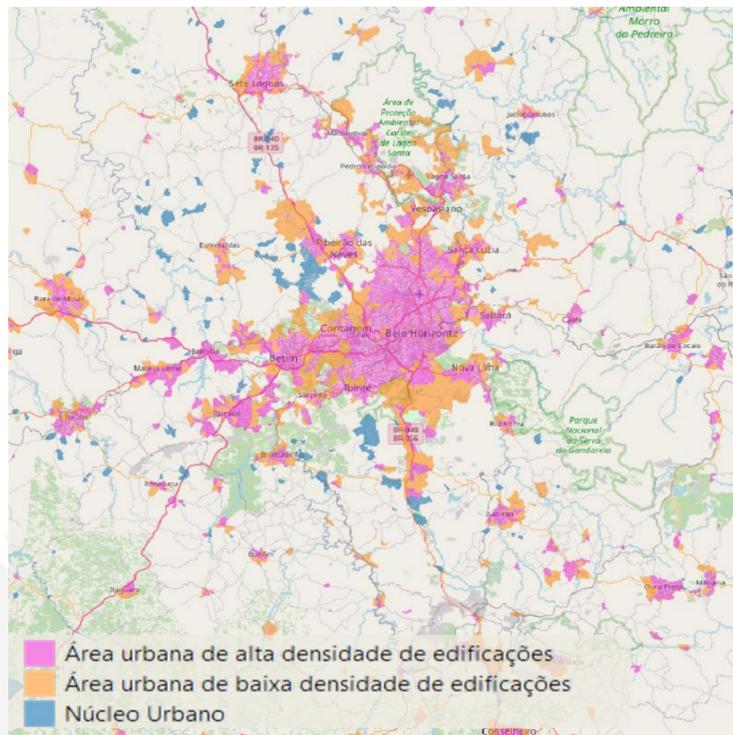
### 3. Método

### 3.2 Tratamento dos dados e análises

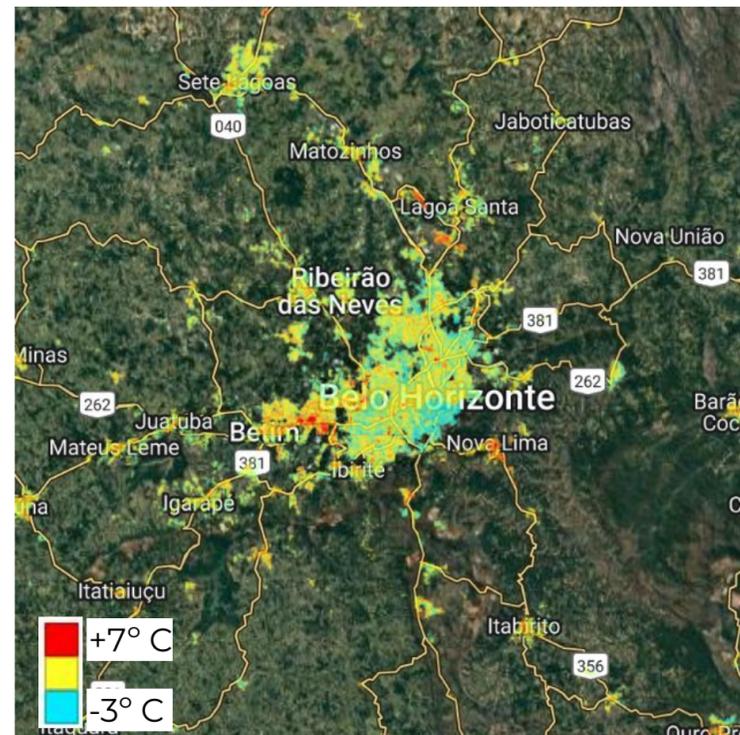
### 3.2.4 Localização das escolas em relação às ilhas de calor

Para cada um dos **20.635 pontos** de escolas mapeados foi identificada a **temperatura de superfície média para o ano de 2023** utilizando a media anual de temperatura a partir de imagens Landsat 8 e 9 (livres de sombras e nuvens).

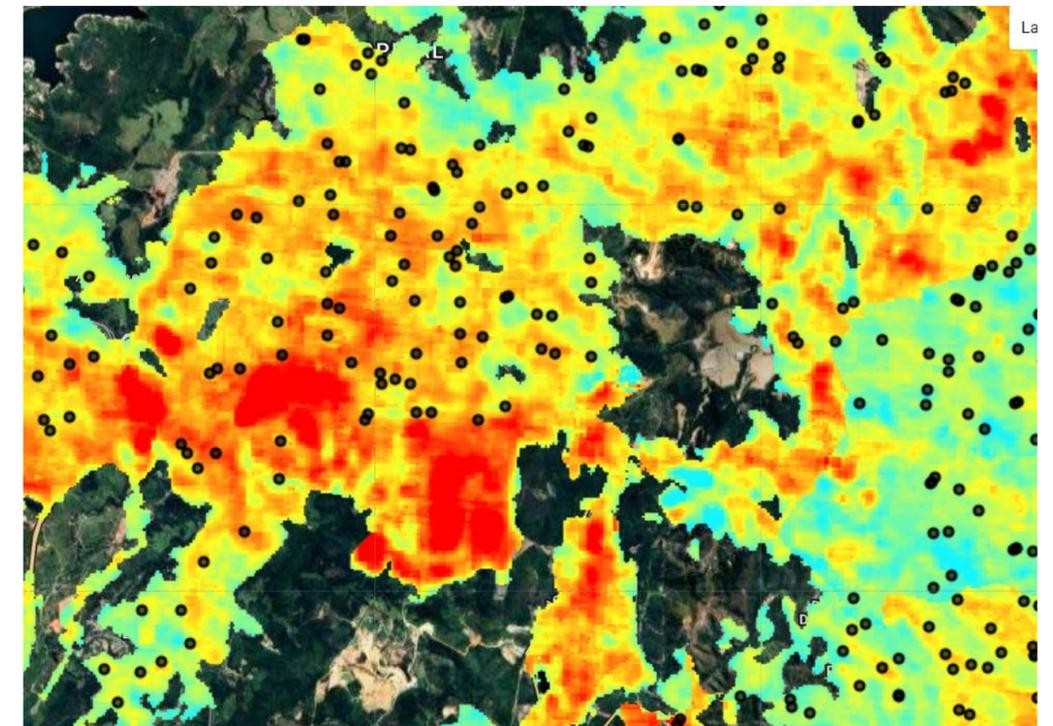
A partir da mesma fonte de **imagens Landsat** foi calculada a **média espacial da temperatura de superfície para os perímetros urbanos (PU)** (IBGE 2020) de cada capital e a partir daí realizamos o cálculo da variação de temperatura em relação a esta média dos PUs em cada ponto de unidade escolar, resultando no **valores de desvio (positivos ou negativos) da posição de cada escola**.



Setores censitários urbanos de Belo Horizonte



Desvio de temperatura de superfície em relação à média do PU em Belo Horizonte



Localização das escolas e desvio da temperatura média

1 FANTIN, M, et al, Inteligência geográfica na construção de políticas públicas: rumo à plataforma de monitoramento de áreas verdes urbanas do Estado de São Paulo, Interações (Campo Grande), v, 23, p, 907-922, 16 dez, 2022.

## 4. Resultados

### 4.1 Uso e ocupação do solo nas escolas por bioma

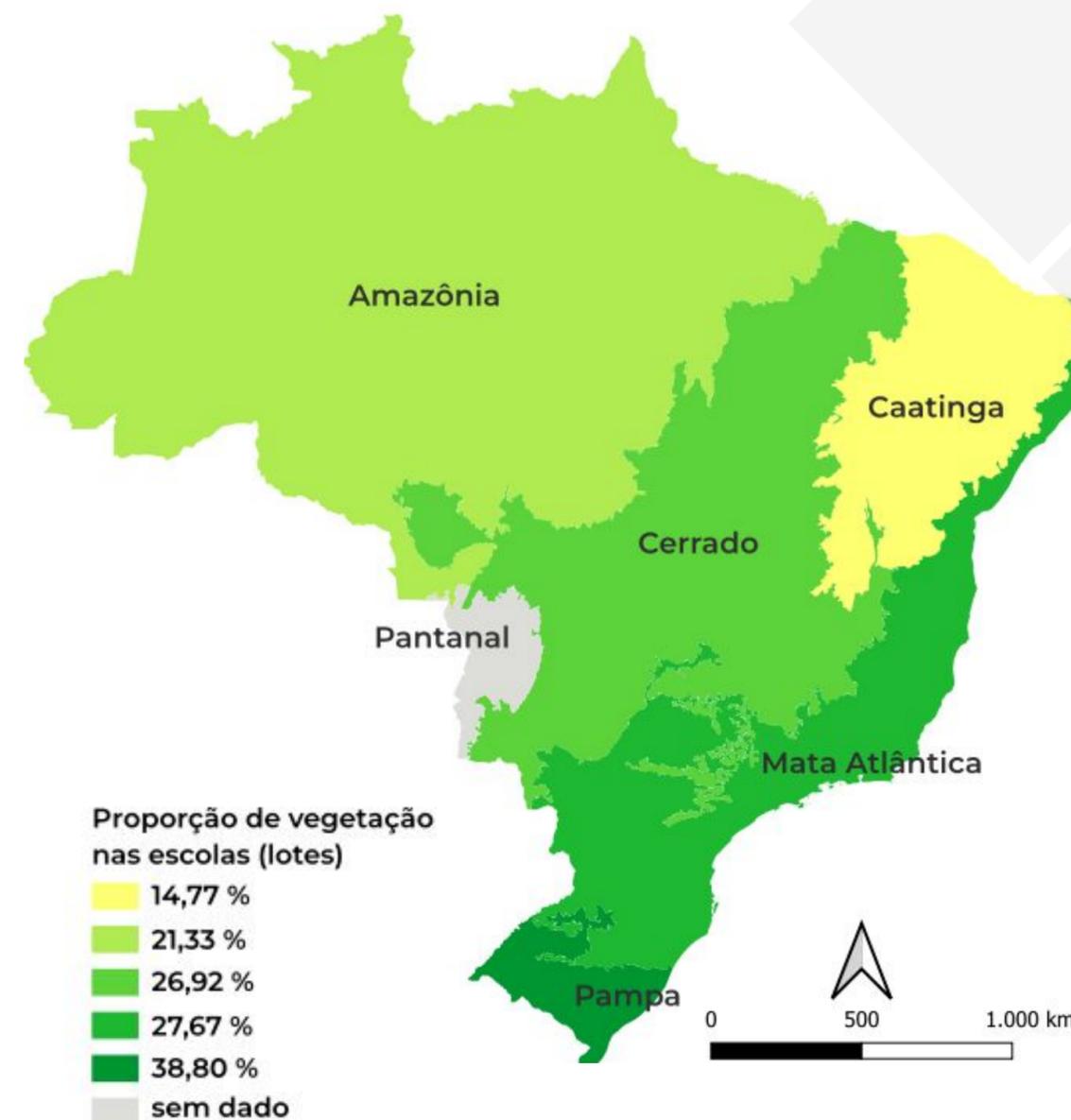
A vegetação representa **26,6%** da área total dos lotes das escolas das capitais brasileiras.

Apenas **14,8%** dos lotes das escolas analisadas no bioma **Caatinga** são cobertos por vegetação. No bioma **Pampa** essa proporção é de aproximadamente **38,8%**.

**Área e proporção de vegetação em 2023 nos lotes das escolas nas capitais estaduais por biomas**

Bioma	Área vegetada nas escolas (ha)	Área total das escolas (ha)	% de área vegetada nas escolas	Mediana da vegetação nas escolas (ha)	Mediana do tamanho das escolas (ha)	% da mediana de área vegetada nas escolas
Caatinga	34,42	233,10	14,77	0,04	0,15	26,67
Amazônia	172,39	808,34	21,33	0,05	0,22	22,73
Cerrado	375,36	1.394,56	26,92	0,08	0,36	22,22
Mata Atlântica	850,19	3.072,29	27,67	0,05	0,14	35,71
Pampa	117,58	303,02	38,80	0,07	0,21	33,33
Pantanal	sem dado	sem dado	sem dado	sem dado	sem dado	sem dado
<b>Brasil</b>	<b>1.549,94</b>	<b>5.811,31</b>	<b>26,67</b>	<b>0,05</b>	<b>0,21</b>	<b>23,81</b>

\*Pantanal não foi incluído pois não tem capital estadual,



## 4. Resultados

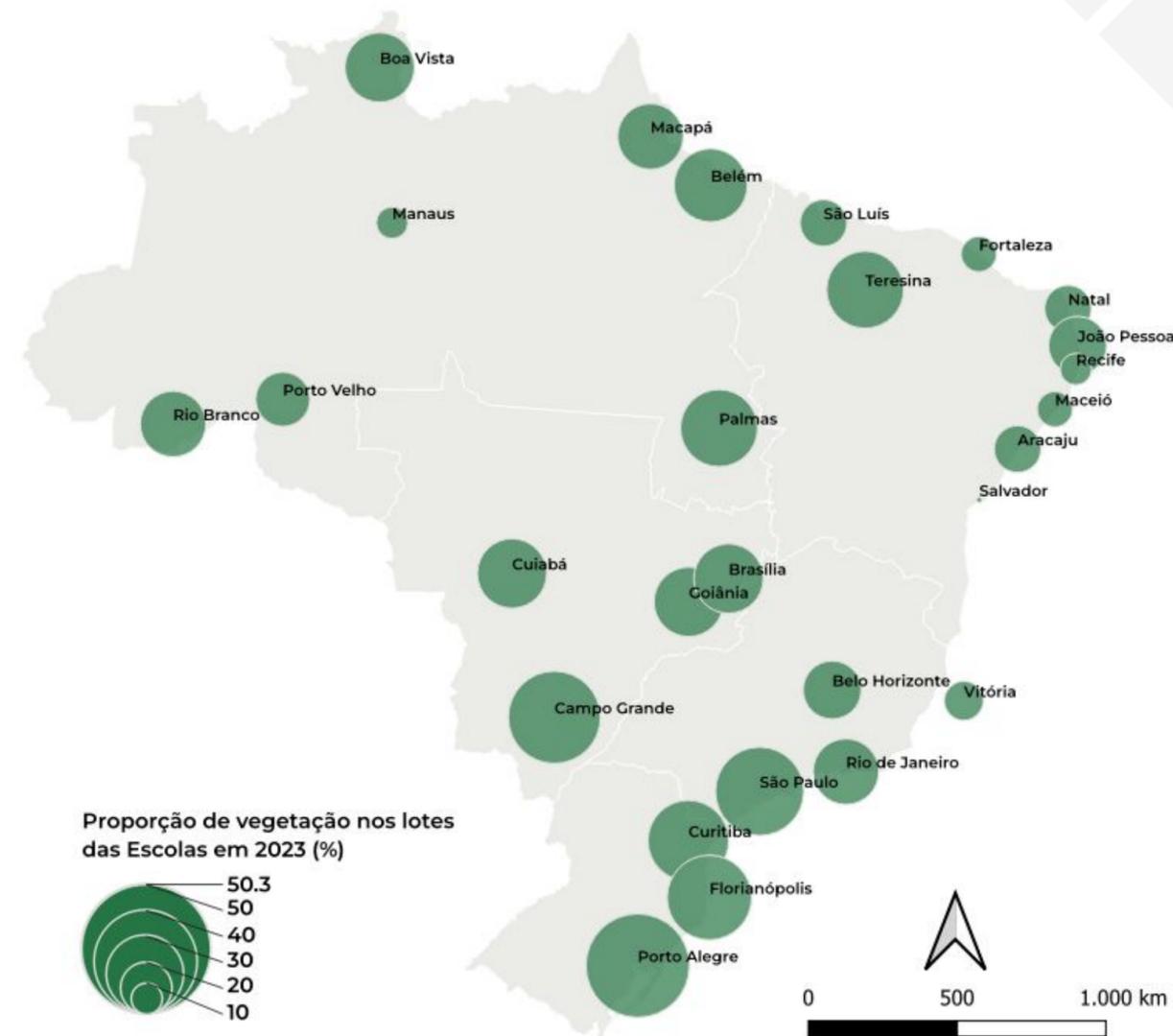
### 4.1 Uso e ocupação do solo nas escolas por capital

#### Área e proporção de vegetação em 2023 nos lotes das escolas nas capitais estaduais

Capital	Área vegetada nos lotes das escolas (m2)	Total de lotes de escolas considerados	Proporção de área vegetada	Área média vegetada por escola (m2)
Salvador	4518,32	999	1,9	4,52
Recife	54750,06	239	12,3	229,08
Manaus	205672,1	653	12,7	314,96
Fortaleza	263820,44	707	13,2	373,15
Maceió	109840,23	283	14,1	388,13
São Luís	178282,37	407	17	438,04
Natal	156564,73	323	18,2	484,72
Rio de Janeiro	1162025,51	2.332	24,4	498,3
Vitória	80573,37	151	14,7	533,6
Aracaju	157474,43	248	17,9	634,98
João Pessoa	197014,94	293	21,1	672,41
Belo Horizonte	670400,47	682	21,4	982,99
São Paulo	4908498,4	4.709	32,1	1042,37
Goiânia	599524,6	568	26,3	1055,5
Teresina	393046,38	364	28,4	1079,8
Rio Branco	168520,55	155	24,6	1087,23
Belém	477916,73	439	27,4	1088,65
Porto Velho	197674,36	178	19,7	1110,53
Macapá	188669,63	167	24,1	1129,76
Florianópolis	247480,99	205	31,1	1207,22
Curitiba	1079672,45	806	30,1	1339,54
Cuiabá	380673,85	260	25,9	1464,13
Brasília	1242991,91	822	25,6	1512,16
Porto Alegre	1175831,63	723	38,8	1626,32
Campo Grande	623747,28	355	34,2	1757,03
Boa Vista	307210	151	25,9	2034,5
Palmas	267002,32	118	28,5	2262,73
<b>Brasil</b>	<b>15499398,05</b>	<b>17.337</b>	<b>26,6</b>	<b>894,01</b>

As escolas de educação infantil e ensino fundamental das capitais brasileiras têm uma média de **894m<sup>2</sup>** de vegetação em seus lotes.

A melhor situação entre as capitais foi registrada em **Palmas**, com valor médio de **2.263m<sup>2</sup>** de vegetação em escolas. Já a menor área média vegetada por escola foi em **Salvador** com **4,5m<sup>2</sup>**.



No **Brasil**, apenas **1,9% da área no entorno de 500m das escolas** de ensino infantil e fundamental nas capitais brasileiras estão **em praças e parques**.

Nas capitais da **Amazônia**, apenas **1,4% da área das vizinhanças em 500m** no entorno das escolas são cobertas por praças e parques.

**Área e disponibilidade de Praças e Parques (OSM) em buffers de 500 e 1000m ao redor das escolas nas capitais em 2023 por bioma**

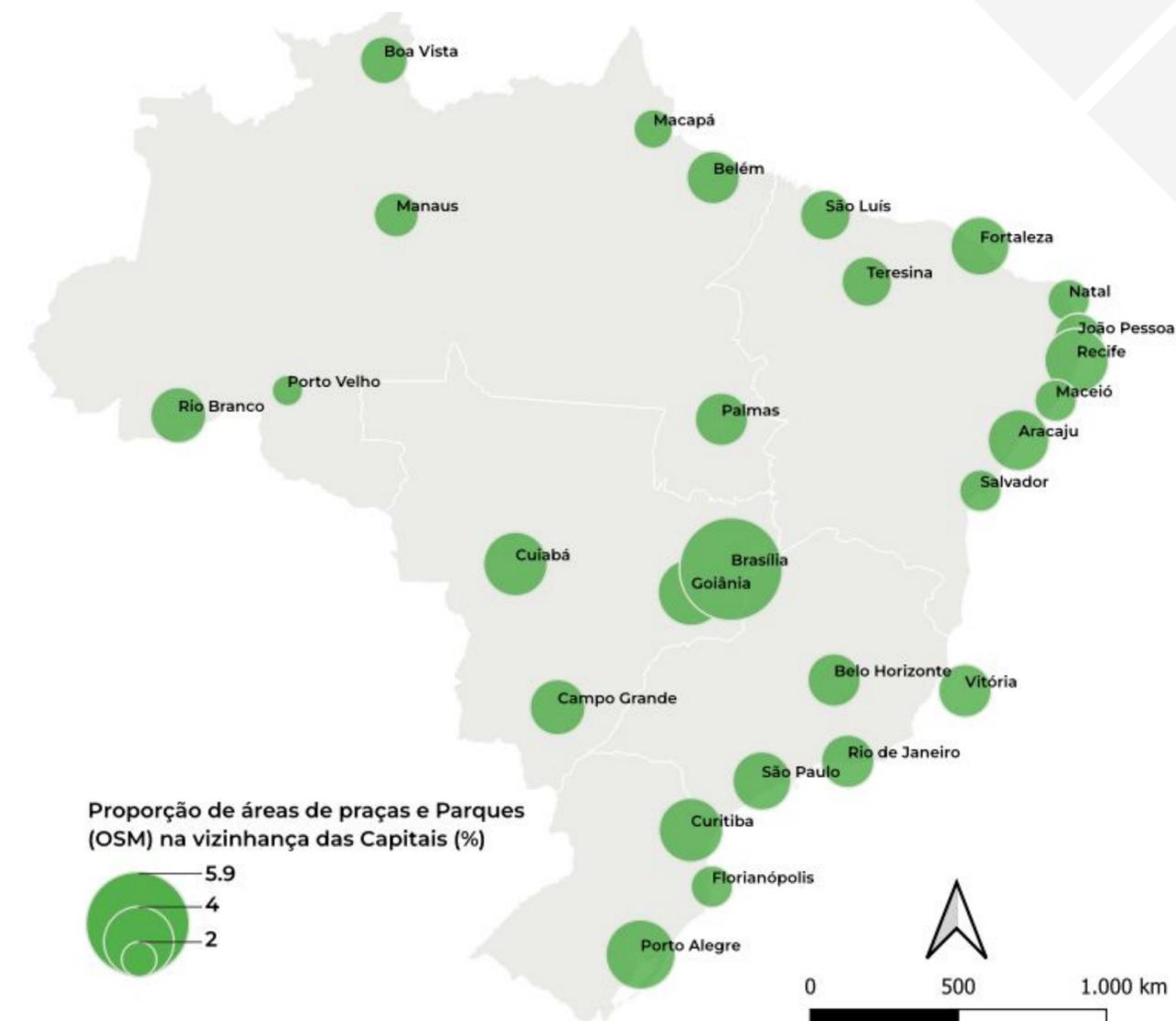
Bioma	Área de praças/parques no entorno de 500m (ha)	Área de praças e parques no entorno de 1.000m (ha)	Quantidade de escolas	Área de praças e parques disponível por escola em 500m	Área de praças e parques disponível por escola em 1.000m
<b>Amazônia</b>	3.333,50	13.590,01	2.372	1,41	5,73
<b>Mata Atlântica</b>	2.632,51	104.007,04	13.451	1,83	7,73
<b>Caatinga</b>	1.750,30	7.532,56	897	1,95	8,4
<b>Pampa</b>	2.089,75	8.679,97	774	2,7	11,21
<b>Cerrado</b>	8.647,84	39.538,93	3.141	2,75	12,59
<b>Pantanal</b>	sem dado	sem dado	sem dado	sem dado	sem dado
<b>Brasil</b>	<b>40.453,90</b>	<b>173.348,51</b>	<b>20.635</b>	<b>1,96</b>	<b>8,4</b>



### Proporções de cobertura por praças e parques nos entorno de 500 e 1000m nas capitais em 2023

Capital	Total de escolas na Capital	Proporção da área de entorno de 500m das escolas coberta por praças e parques (OSM)	Proporção da área de entorno de 1000m das escolas coberta por praças e parques (OSM)
Brasília	943	5,9	6,9
Porto Alegre	774	3,5	3,6
Goiânia	640	3,2	3,5
Recife	768	3,1	3,1
Cuiabá	276	3	2,8
Curitiba	940	3	3,1
Aracaju	258	2,8	2,8
Fortaleza	773	2,6	2,9
São Paulo	5.589	2,6	2,8
Rio Branco	172	2,5	2,2
Campo Grande	397	2,4	3
Belém	485	2,3	2,8
Vitória	155	2,3	2,4
Belo Horizonte	1105	2,2	2,3
Palmas	118	2,2	2
Rio de Janeiro	2.790	2,2	2,2
São Luís	442	2,1	1,9
Teresina	381	2	2,4
Boa Vista	175	1,9	1,5
João Pessoa	333	1,9	1,6
Manaus	736	1,6	1,6
Florianópolis	245	1,5	1,5
Natal	365	1,5	1,3
Salvador	935	1,5	1,7
Maceió	478	1,4	1,3
Macapá	175	1,2	1,3
Porto Velho	187	0,6	0,8

**Brasília e Porto Alegre** possuem a **maior proporção de parques e praças no entorno** de 500m das escolas, **5,9 e 3,5%** respectivamente, enquanto **Porto Velho e Macapá a menor**, com **0,6 e 1,2%** respectivamente.



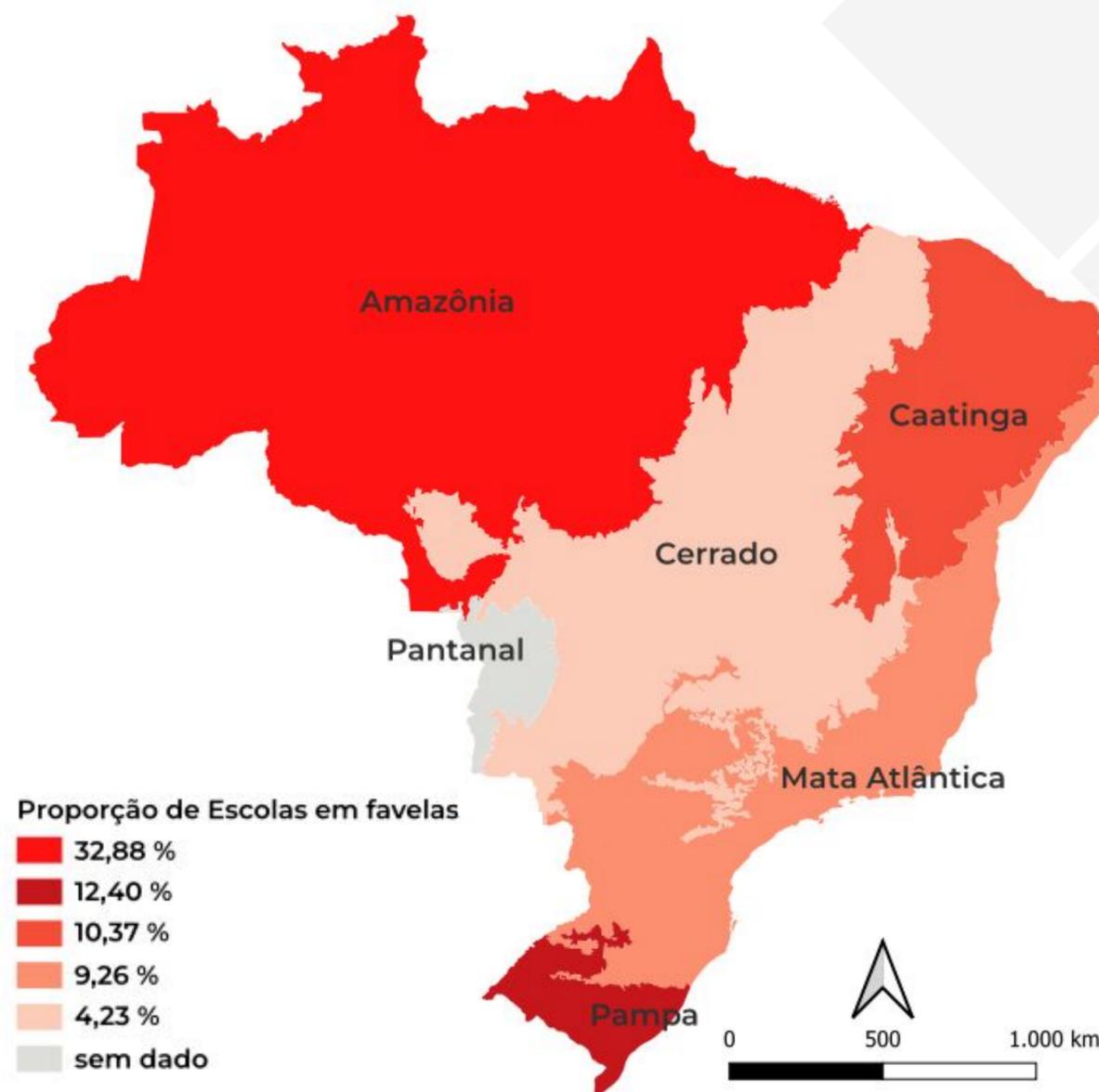
**11,3% das escolas nas capitais brasileiras estão em favelas.**

**32,8% das escolas** nas capitais da **Amazônia** estão em alguma **favela**, enquanto no **Cerrado** essa proporção é **de 4,2%**.

A proporção de escolas em favelas na **Amazônia é cerca de 3 vezes superior ao Pampa**, segundo bioma no ranking com 12,4%.

**Totais e proporção de escolas em favelas e comunidades urbanas nas capitais em 2023 por bioma e no Brasil**

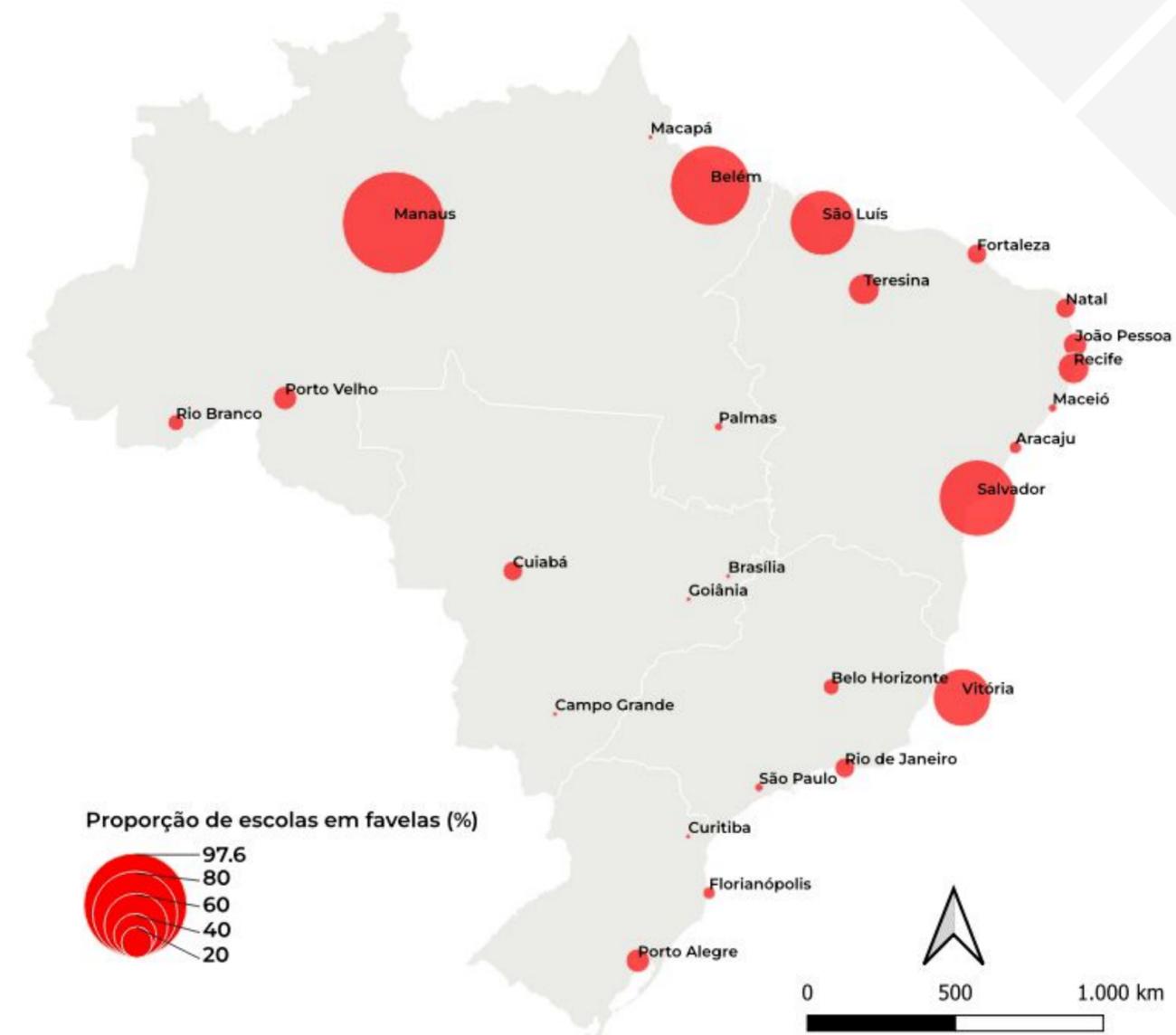
Bioma	Escolas em favelas	Quantidade de escolas	Proporção de escolas em favelas (%)
Amazônia	780	2.372	32,88
Pampa	96	774	12,4
Caatinga	93	897	10,37
Mata Atlântica	1.246	13.451	9,26
Cerrado	133	3.141	4,23
Pantanal	sem dado	sem dado	sem dado
<b>Brasil</b>	<b>2.348</b>	<b>20.635</b>	<b>11,38</b>



### Totais e proporção de escolas em favelas em 2023

Capital	Total de escolas em favelas	Total de escolas na capital	Proporção de escolas em favelas (%)
Manaus	392	736	53,26
Belém	201	485	41,44
Salvador	371	935	39,68
São Luís	148	442	33,48
Vitória	46	155	29,68
Recife	126	768	16,41
Teresina	59	381	15,49
Porto Alegre	96	774	12,4
Porto Velho	21	187	11,23
João Pessoa	37	333	11,11
Fortaleza	82	773	10,61
Cuiabá	29	276	10,51
Natal	37	365	10,14
Rio de Janeiro	248	2.790	8,89
Rio Branco	14	172	8,14
Belo Horizonte	84	1.105	7,6
Florianópolis	16	245	6,53
Aracaju	15	258	5,81
São Paulo	243	5.589	4,35
Palmas	5	118	4,24
Maceió	18	478	3,77
Curitiba	23	940	2,45
Brasília	22	943	2,33
Macapá	4	175	2,29
Goiânia	7	640	1,09
Campo Grande	4	397	1,01
Boa Vista	0	175	0

**53% das escolas** de ensino infantil e fundamental de **Manaus** estão em alguma favela.

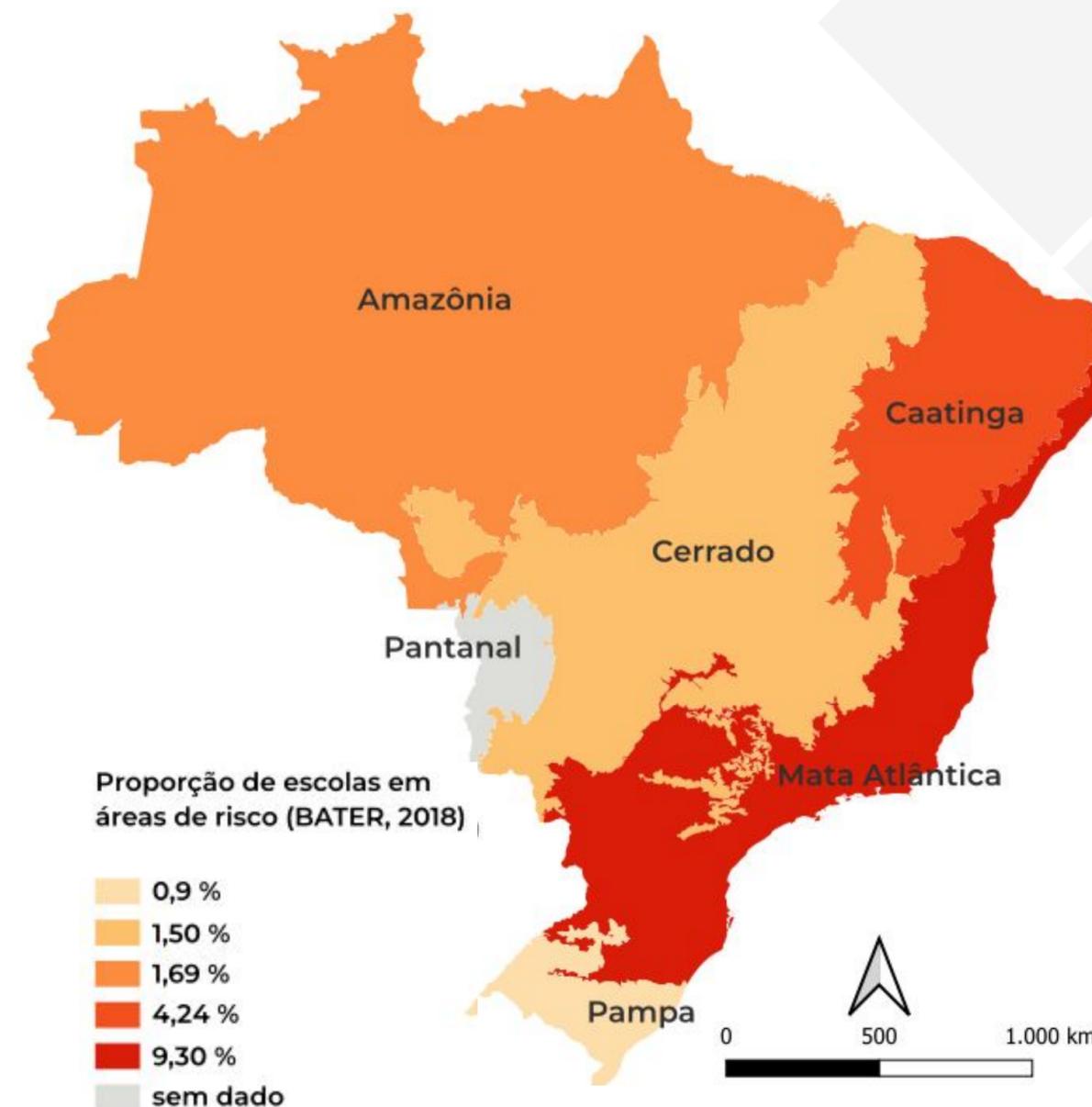


**6,7% das escolas mapeadas nas capitais brasileiras** estão inseridas em alguma **área de risco** identificada pelo BATER/IBGE .

**9,3% das escolas** de ensino infantil e fundamental nas capitais da **Mata Atlântica** estão **em locais mapeados como áreas de riscos a desastres naturais** (ex. inundação, movimentos de massa e enxurradas).

**Totais e proporção de escolas em áreas de risco identificadas no BATER/IBGE (2018) nas capitais brasileiras por bioma**

Bioma	Escolas em áreas de risco	Total de escolas	Proporção de escolas em áreas de risco (%)
Mata Atlântica	1.251	13.451	9,3
Caatinga	38	897	4,24
Amazônia	40	2.372	1,69
Cerrado	47	3.141	1,5
Pampa	7	774	0,9
Pantanal	sem dado	sem dado	sem dado
<b>Brasil</b>	<b>1.383</b>	<b>20.635</b>	<b>6,7</b>



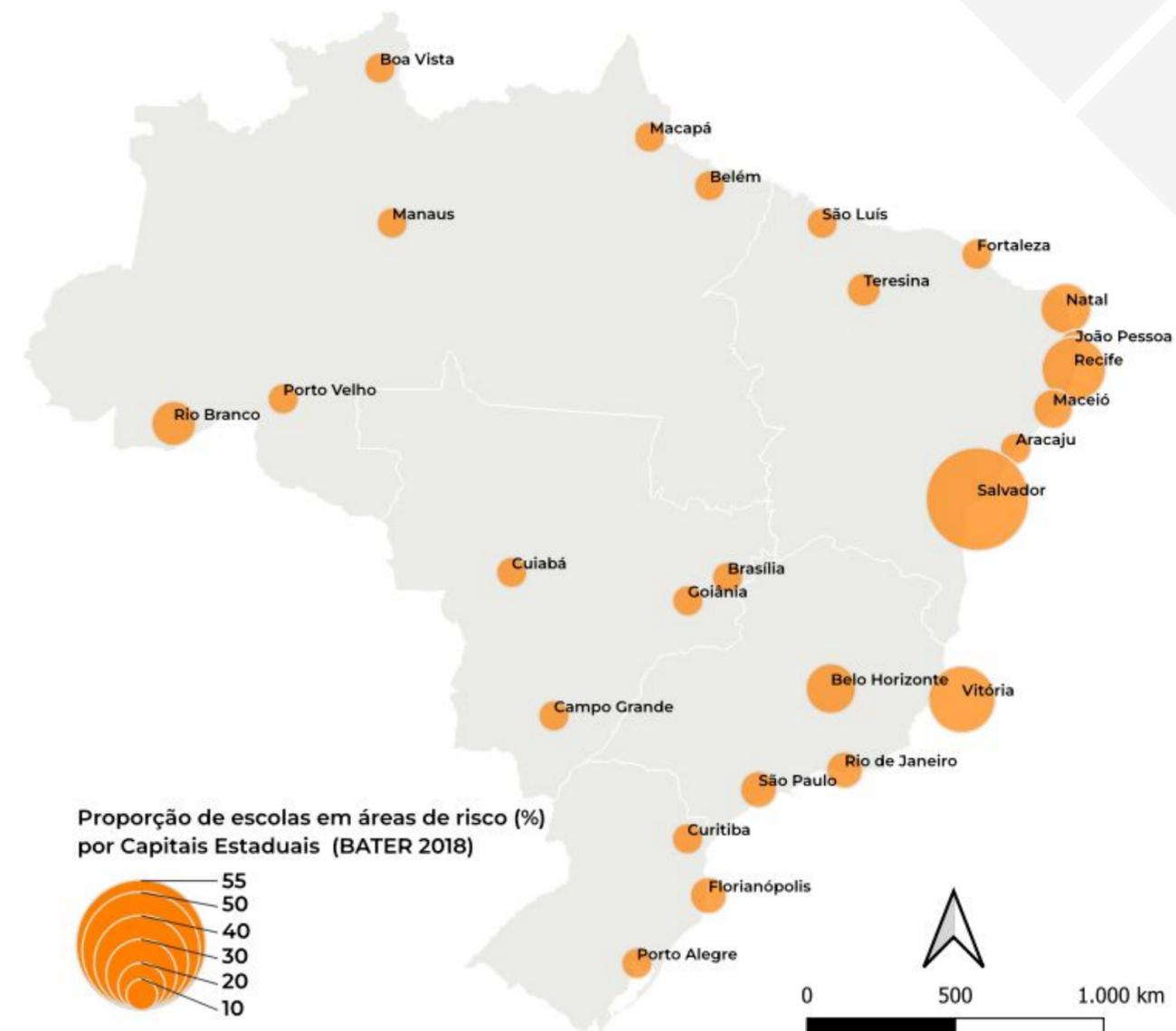
## 4. Resultados

### 4.4 Escolas e Áreas de riscos à desastres naturais por capital

Totais e proporção de escolas em áreas de risco identificadas no BATER/IBGE 2018 por capital

Capital	Total de escolas em área de risco	Total de escolas na capital	Proporção de escolas em áreas de risco
Salvador	470	935	50,3
Vitória	39	155	25,2
Recife	180	768	23,4
Belo Horizonte	156	1105	14,1
Natal	49	365	13,4
Rio Branco	18	172	10,5
Maceió	34	478	7,1
Florianópolis	12	245	4,9
São Paulo	252	5.589	4,5
Rio de Janeiro	117	2.790	4,2
Teresina	8	381	2,1
João Pessoa	6	333	1,8
Manaus	13	736	1,8
Fortaleza	12	773	1,6
Boa Vista	2	175	1,1
Porto Velho	2	187	1,1
Porto Alegre	7	774	0,9
Macapá	1	175	0,6
São Luís	2	442	0,5
Belém	2	485	0,4
Campo Grande	1	397	0,3
Aracaju	0	258	0
Brasília	0	943	0
Cuiabá	0	276	0
Curitiba	0	940	0
Goiânia	0	640	0
Palmas	0	118	0

50% das escolas de Salvador estão em áreas de risco, Em Vitória e Recife, o número é de aproximadamente 25%.



## 4. Resultados

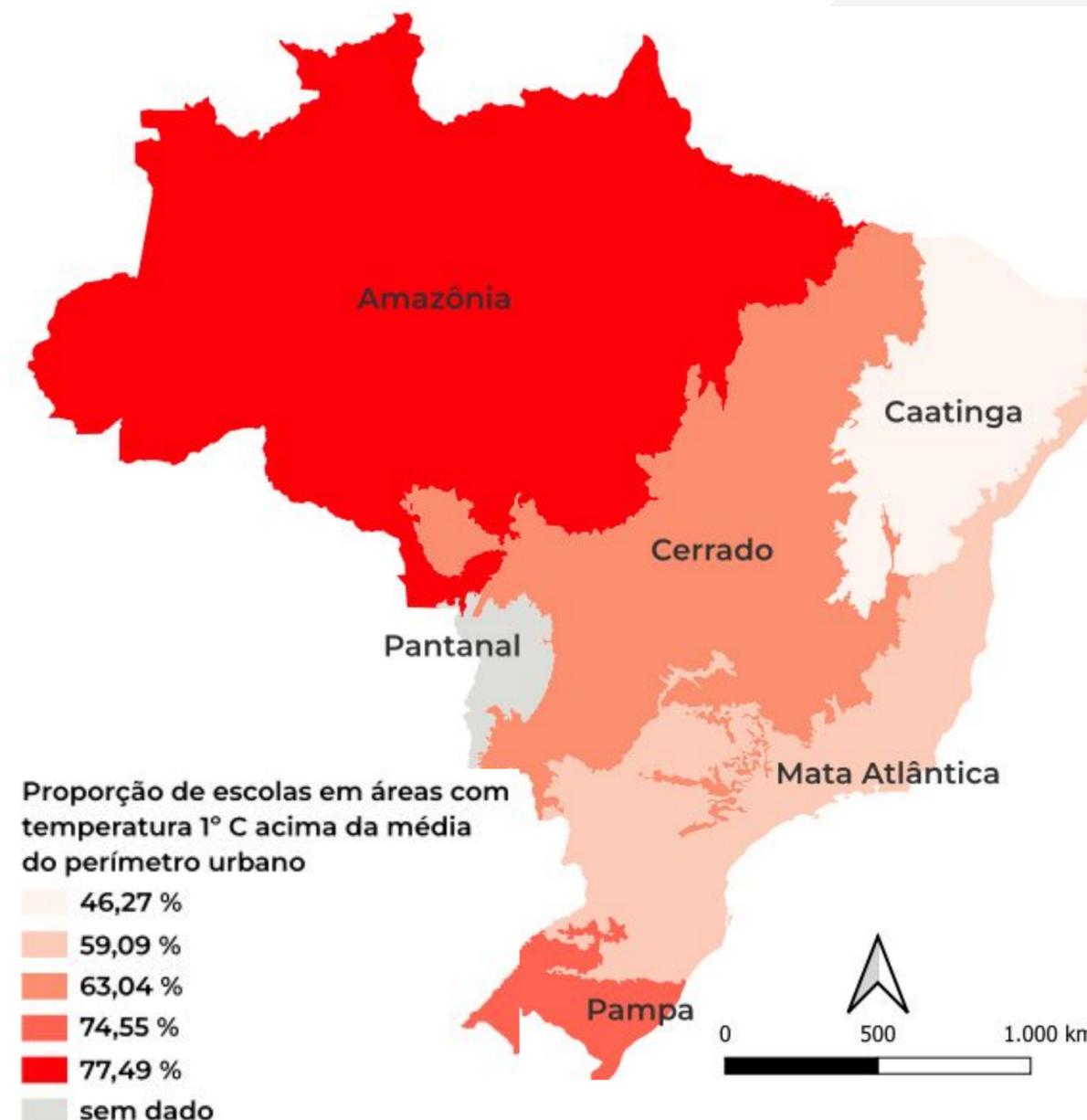
### 4.4 Escolas e temperatura de superfície

Aproximadamente **64% das escolas de ensino infantil e fundamental nas capitais brasileiras estão em locais com temperatura de superfície pelo menos 1°C acima da média do perímetro urbano** no qual se localizam, no ano de 2023.

**77% das escolas** nas capitais da **Amazônia** estão em locais pelo menos 1°C acima da temperatura média do perímetro urbano da capital em que se localizam.

#### Totais e proporção de escolas em locais com temperatura pelo menos 1°C acima da média do perímetro urbano nas capitais brasileiras por bioma

Bioma	Quantidade de escolas em locais pelo menos 1°C acima da média do perímetro urbano	Quantidade total de escolas	Proporção de escolas em locais pelo menos 1°C acima da média do perímetro urbano (%)
Amazônia	1.838	2.372	77,49
Pampa	577	774	74,55
Cerrado	1.980	3.141	63,04
Mata Atlântica	7.948	13.451	59,09
Caatinga	415	897	46,27
Pantanal	sem dado	sem dado	sem dado
<b>Brasil</b>	<b>12.758</b>	<b>20.635</b>	<b>64*</b>

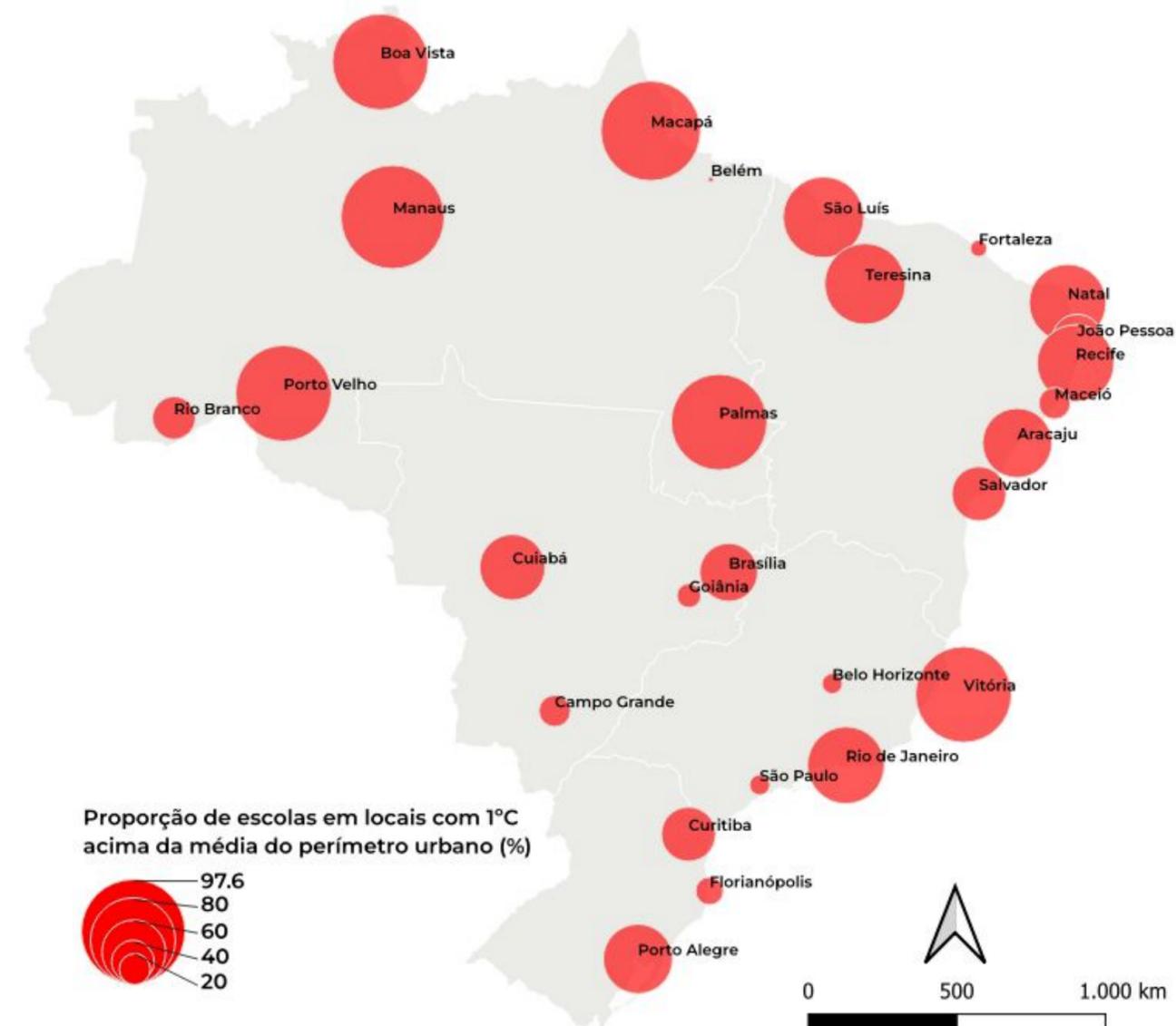


\* Considerando a exclusão de 735 escolas sem dados de medição (total computado de 19,900 escolas).

### Totais e proporção de escolas nas capitais brasileiras em locais com temperatura pelo menos 1°C acima da média do perímetro urbano

Capital	Numero total de escolas acima de 1°C	Proporção de escolas acima de 1° C (em relação ao total de escolas mapeadas)
Manaus	718	97,6
Macapá	163	93,1
Palmas	108	91,5
Porto Velho	171	91,4
Vitória	141	91
Boa Vista	159	90,9
São Luís	366	82,8
Teresina	309	81,1
Natal	294	80,5
Rio de Janeiro	2.244	80,4
Recife	617	80,3
Aracaju	193	74,8
Porto Alegre	577	74,5
Cuiabá	200	72,5
Brasília	631	66,9
Curitiba	614	65,3
Salvador	603	64,5
João Pessoa	210	63,1
Rio Branco	100	58,1
Maceió	247	51,7
Campo Grande	198	49,9
Florianópolis	120	49
Goiânia	298	46,6
Belo Horizonte	498	45,1
São Paulo	2.504	44,8
Fortaleza	314	40,6
Belém	161	33,2

As Capitais da **região Norte** concentram a **maior proporção de escolas** que excedem **1°C** em relação a média do seu perímetro Urbano: **Manaus (97%), Macapá (93%) e Palmas (91,5%)**.



## 5. Considerações Finais

- As escolas de educação infantil e ensino fundamental das capitais brasileiras têm uma média de 894m<sup>2</sup> de vegetação em seus lotes. A vegetação representa 26,6% da área total dos lotes das escolas. A melhor situação foi registrada em Palmas, com valor médio de 2.263m<sup>2</sup> de vegetação em escolas. Salvador encontra-se na situação mais desfavorável, com 4,5m<sup>2</sup>.
- Brasília e Porto Alegre possuem a maior proporção de parques e praças no entorno de 500m das escolas, 5,9 e 3,5% respectivamente, enquanto Porto Velho e Macapá a menor, com 0,6 e 1,2% respectivamente.
- 11,3% das escolas das capitais brasileiras estão em favelas e comunidades urbanas, sendo que esse percentual é maior em Manaus (53%) e Belém (41%) e menor em Goiânia e Campo Grande (1%). Em Boa Vista não foi identificada nenhuma escola em favela.
- 6,7% das escolas das capitais brasileiras encontra-se em área de risco a desastres naturais. Salvador apresenta a situação mais grave, com metade de suas escolas em áreas de risco.
- 64% das escolas estão em áreas com pelo menos 1°C acima da média da temperatura de superfície do perímetro urbano de sua respectiva capital. Manaus apresenta a situação mais crítica, enquanto que a situação mais favorável é a de Belém.
- Os resultados apresentados são condicionados pela resolução espacial das imagens de satélite utilizadas. No caso dos dados de vegetação, a resolução das imagens é de 4,77m, o que resulta em uma área mínima mapeável de 22,75m<sup>2</sup>. Para os dados de temperatura de superfície, a resolução das imagens utilizadas é de 100m, ou seja, a temperatura de superfície é registrada a cada 10.000m<sup>2</sup>.
- Os dados sobre localização de escolas, praças e parques, assim como os dados de favelas e comunidades urbanas e áreas de risco, estão condicionados à acurácia e completude das bases originárias dos dados utilizados.

