

MINIFLORESTAS EM ESCOLAS PÚBLICAS: IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS APTAS E DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE DE VISUALIZAÇÃO UTILIZANDO O GOOGLE EARTH ENGINE

Júlia Ascencio Cansado¹, Talita Micheleti², Gabriela Ribeiro Arakaki³, Rafael Ribeiro Visconti⁴,
Mayumi Cursino de Moura Hirye⁵

¹Lab.QUAPÁ e Universidade de São Paulo - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAUUSP), São Paulo – SP, Brasil, julia.cansado@usp.br; ²Lab.QUAPÁ e FAUUSP, São Paulo – SP, Brasil, tmicheleti@usp.br; ³Organização sem fins lucrativos formigas-de-embaúba, São Paulo - SP, gabriela.ribeiro@formigas-de-embauba.org.br; ⁴Universidade de São Paulo - Instituto de Estudos Brasileiros, São Paulo – SP, Brasil e Organização sem fins lucrativos formigas-de-embaúba, São Paulo - SP, rafaelribeirov@usp.br; ⁵Lab.QUAPÁ e FAUUSP, ma.hirye@alumni.usp.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento e a análise de espaços livres intraquadra em escolas públicas e seus entornos no município de São Paulo que possam ser utilizados pela organização sem fins lucrativos formigas-de-embaúba para o plantio de miniflorestas de Mata Atlântica. Para tanto, utilizou-se a plataforma Google Earth Engine para processar imagens de sensoriamento remoto e integrá-las com dados existentes para identificar as áreas aptas para o plantio. Também nessa plataforma foi desenvolvido um aplicativo para a visualização dos dados. Os resultados apoiam as atividades de educação ambiental crítica realizada pela formigas-de-embaúba e ensinam a interação com as informações geradas.

Palavras-chave — Miniflorestas, Google Earth Engine, Interface, sensoriamento remoto urbano.

ABSTRACT

The objective of this paper was to carry out the mapping and analysis of open spaces inside the blocks of public schools and their surroundings in the city of São Paulo that can be used by the non-profit organization formigas-de-embaúba for the planting of Atlantic Forest tiny forests. To this end, the Google Earth Engine platform was used to process remote sensing images and integrate them with existing data to identify suitable areas for planting. An application was also developed on this platform to visualize the data. The results support the critical environmental education activities carried out by formigas-de-embaúba and provide an opportunity to interact with the information generated.

Key words — Tiny Forests, Google Earth Engine, Interface, urban remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

O plantio de miniflorestas de Mata Atlântica em escolas públicas do município de São Paulo é um dos modos de atuação da organização sem fins lucrativos formigas-de-embaúba. Através do método Miyawaki, que consiste do plantio adensado de várias espécies nativas, a organização promove um percurso pedagógico com duração de um semestre, envolvendo estudantes de 2 a 14 anos e toda a comunidade escolar. A organização também possui programa de formação online de docentes da rede pública, para que desenvolvam projetos de educação ambiental crítica em conjunto com seus alunos [1].

Com o objetivo de ampliar sua atuação e agilizar o processo de identificação de áreas adequadas para o plantio de miniflorestas, a formigas-de-embaúba estabeleceram parceria com o MapBiomias, rede colaborativa que, através do processamento de imagens na plataforma Google Earth Engine (GEE), produz mapas de cobertura e uso da terra, além do monitoramento mensal da superfície de água e cicatrizes de fogo no Brasil. O MapBiomias se organiza em equipes responsáveis pelo mapeamento de cada bioma brasileiro e por temas transversais, que abordam todo o território nacional [2]. A equipe do tema transversal áreas urbanizadas é composta por diversos grupos de pesquisa, incluindo o Lab. QUAPÁ - laboratório da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo -, que produz estudos sobre o paisagismo e a paisagem brasileira [3] e que desenvolveu o projeto.

O objetivo do projeto conjunto foi a produção de dados de áreas aptas à implantação de miniflorestas em escolas públicas da cidade de São Paulo. Além disso, foi adotado como propósito a criação de uma plataforma para a reunião dos dados obtidos, de forma a facilitar sua análise e servir como uma ferramenta pedagógica para auxiliar a organização em diferentes aspectos de sua atuação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi o município de São Paulo - SP, área de atuação da formigas-de-embaúba. Para a definição das

“áreas aptas” ao plantio de miniflorestas, foram estabelecidos um conjunto de parâmetros espaciais: áreas com declividade menor que 20%, sem edificações, sem cobertura arbórea e sem pavimentação. Estas áreas deveriam estar localizadas, preferencialmente, nos lotes das escolas, mas também foram mapeadas as áreas aptas nas quadras e em um entorno de 500m ao redor do ponto da escola, considerando-se principalmente as áreas públicas nesse entorno.

2.1. Dados utilizados

Para o mapeamento das áreas aptas, foram reunidas as seguintes informações: (i) Listagem das escolas [4], obtida a partir dos microdados do censo escolar da educação básica de 2021 realizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). (ii) Lotes das escolas públicas de São Paulo [5], identificados em mapeamento realizado pelo Departamento de Urbanismo da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU/DEURB) da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP). (iii) Pontos das escolas [6], obtidos a partir dos dados georreferenciados de 2018 dos equipamentos de educação localizados no município de São Paulo, disponibilizados no repositório GeoSampa da PMSP. (iv) Áreas públicas, quadras e lotes [6], conforme dado de 2019 disponibilizado no GeoSampa. (v) Imagens de satélite mensais do ano de 2021 de resolução espacial de 4,77 m, dados da Planet & NICFI para o monitoramento de florestas tropicais, disponibilizados no GEE [7]. (vi) Dados de altura de vegetação (VHM), de altura de edificações (BHM) e modelo digital de terreno (MDT), obtidos a partir de dados LiDAR de 2017 e disponibilizados na plataforma Kaggle, com resolução espacial de 50cm [8, 9]. (vii) Dados de Uso e Cobertura da Terra da Coleção 7 do MapBiomas, disponibilizada em 2022 na plataforma do MapBiomas [2].

2.2. Método

2.2.1. Preparação da base de escolas

Essa etapa envolveu a integração, análise, consistência e uniformização da base de escolas e de recortes espaciais (lote, quadra, áreas públicas e entorno de 500m a partir da escola), através dos procedimentos descritos a seguir: (A) Filtragem da base INEP: seleção das escolas ativas, públicas e dos tipos de equipamentos pré-determinados pela formigas-de-embaúba: CEU, CEI, CEMEI, EMEI, EMEF, EMEFM, EE e EF. (B) Filtragem base de pontos de escolas: aplicação de filtros semelhantes aos utilizados na base do INEP na base de pontos de equipamentos de educação do GeoSampa. Todos os pontos resultantes desse filtro entram na análise final produzida, independente da existência de polígonos associados a eles. (C) Consistência da base de lotes SMDU/DEURB, com a eliminação de lotes com geometria duplicada. (D) Consistência base de lotes

GeoSampa: identificação de escolas sem polígonos de lote na base SMDU/DEURB e cruzamento dos pontos de escola com lotes da cidade de São Paulo, associando os pontos a um polígono. (E) Obtenção base unificada de lotes: junção das bases consistentes de polígonos de lotes associados a escolas públicas da cidade de São Paulo - SMDU/DEURB e GeoSampa - incluindo-se a identificação da origem de cada geometria nas propriedades da base. (F) Definição das demais geometrias: seleção de quadra associada a cada ponto de escola e criação de um buffer de 500m a partir dos pontos, que também é utilizado para selecionar as áreas públicas próximas a cada escola.

Dedicamos uma atenção específica aos pontos de Centros Educacionais Unificados (CEUs), que são as escolas em que a formigas-de-embaúba tem atuado com maior ênfase. Assim, a localização dos pontos de CEUs foi verificada visualmente e corrigida, se necessário. Esse procedimento foi realizado no QGIS. Todo o restante do processamento foi feito no GEE e os códigos desenvolvidos estão disponíveis em: <https://github.com/labquapa/formigas-de-embauba/>

2.2.2. Processamento das imagens para obtenção de áreas aptas para mini-florestas

As áreas aptas foram obtidas a partir da classificação supervisionada de imagens Planet. Utilizando a função de redução do GEE, foi gerado um mosaico de imagens Planet a partir do valor mediano de cada pixel dos meses secos (junho a novembro). Foram também calculadas imagens de Índice de Diferença Normalizada de Vegetação (NDVI) a partir de imagens dos meses secos (junho a novembro) e chuvosos (dezembro a maio). Amostras geradas automaticamente através do fatiamento de imagens de NDVI dos meses secos e de máscaras dos dados de BHM e VHM, foram utilizadas na classificação supervisionada com algoritmo *Random Forest* aplicado sobre o mosaico e as imagens de NDVI de período seco e chuvoso, como detalhado no código disponível em: https://github.com/labquapa/formigas-de-embauba/blob/main/mapeamento/01_classificacao.js. Sobre o resultado da classificação foi aplicada máscara a partir do BHM e VHM para eliminar áreas edificadas e arborizadas. Por fim, o MDT foi utilizado para diferenciar áreas com declividades acima de 20% e áreas com declividades menores ou iguais a 20%.

2.2.3. Cálculo das áreas aptas e preparação de dataset para o aplicativo

Os dados resultantes da classificação foram separados em três conjuntos diferenciados por declividade e classe: (i) Áreas Livres Totais com declividade menor ou igual a 20%, (ii) Áreas Livres Totais com declividade maior a 20% e (iii) Áreas Livres Não Pavimentadas com declividade menor ou igual a 20%, como no script

https://github.com/labquapa/formigas-de-embauba/blob/main/mapeamento/02_separacao_declividade.js.

Cada dataset foi filtrado para selecionar apenas as áreas aptas com metragem próxima ou superior a 200 m² (através de procedimentos registrados no script https://github.com/labquapa/formigas-de-embauba/blob/main/mapeamento/03_filtro_espacial.js), área mínima para o plantio definido pela formigas-de-embaúba. Na sequência, cada conjunto de dados foi exportado como uma imagem diferente e processado individualmente, associando-o a um ponto de escola da base final para cada um dos recortes espaciais adotados: lote da escola, quadra da escola, entorno de 500m a partir da escola e áreas públicas próximas à escola, como descrito em: https://github.com/labquapa/formigas-de-embauba/blob/main/mapeamento/04_associacao_pontos.js.

O resultado foi exportado como uma tabela, com todas as informações sobre cada escola e as áreas aptas associadas à ela. Também é possível visualizar o resultado como um conjunto de pontos, cada um contendo as informações mencionadas anteriormente.

2.2.4. Desenvolvimento da interface de visualização dos dados

O aplicativo (*App*) de visualização dos dados foi desenvolvido por meio das ferramentas de *User Interface*, que permitem incorporar ao aplicativo botões e controles à interface de visualização. Esses controles estão situados no lado direito da tela.

Os dados acessíveis nessa seção da interface são:

- Áreas Livres Totais com declividade menor ou igual a 20%, Áreas Livres Totais com declividade maior a 20% e Áreas Livres Não Pavimentadas com declividade menor ou igual a 20%;
- Pontos das escolas de acordo com o tipo de escola (CEU, CEI, CEMEI, EMEI, EMEF, EMEFM, EE e EF);
- Polígonos dos recortes espaciais (lotes, quadras, entornos, áreas públicas);
- Dados de Uso e Cobertura da Terra, de acordo com as classes originalmente mapeadas pelo MapBiomas (37 classes) e agrupados em 4 classes (vegetação arbórea, vegetação rasteira, área não vegetada e corpo d'água).

A visualização pode ser feita a partir dos controles para cada um dos jogos de dados elencados anteriormente, mas pode ser feita também pela busca pelo nome da escola em campo específico, localizado no canto inferior esquerdo da tela. Ao buscar o nome da escola, é aplicado um zoom que direciona o usuário à instituição correspondente.

Também é possível visualizar gráficos com as áreas de cada escola, de acordo com o recorte espacial, clicando sobre o ponto da escola.

A Figura 1 a seguir apresenta algumas das funcionalidades da interface.

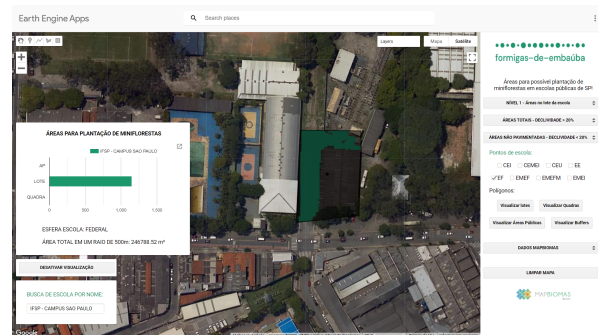


Figura 1. Análise das possíveis áreas de plantio de miniflorestas na escola ‘IFSP - CAMPUS SAO PAULO’

Esses diferentes modos de visualização dos dados e dos espaços estudados buscam estabelecer a interação entre a informação e o usuário, seguindo o fluxo de: (A) visão geral, (B) zoom e filtro e (C) detalhes sob demanda [10].

3. RESULTADOS

Dois principais produtos foram obtidos dos métodos descritos: uma tabela com todas as informações de cada ponto de escola e áreas associadas a ela por cada geometria e uma interface interativa que permite a exploração visual dos elementos apresentados na tabela através de um *Earth Engine App*.

Do universo de escolas com geometria adequada (2.050 escolas, de um total de 2.636), encontramos 665 escolas com áreas aptas para mini-florestas, que somam 1,7 milhões de m² (167 ha) de áreas livres (sem edificação e sem cobertura arbórea), dos quais cerca de 492 mil m² não tem pavimentação e podem receber perto de 1,5 milhões de árvores em miniflorestas de Mata Atlântica.

Além disso, a maior parte do potencial de plantio de miniflorestas está na rede municipal: 373 do total de escolas com áreas aptas são municipais e 292 são estaduais.

A interface e a tabela podem ser acessadas pelos seguintes links, respectivamente:

- <https://formigas.users.earthengine.app/view/formigas-de-embauba>
- https://github.com/labquapa/formigas-de-embauba/raw/main/mapeamento/TABELA_FINAL.xlsx

4. DISCUSSÃO

Os dados gerados possuem algumas inconsistências nas geometrias, que se encaixam nas seguintes categorias:

- Caso de pontos de escolas distintas no mesmo lote, mas em localizações diferentes – gera possíveis valores discrepantes de áreas aptas para os recortes de entorno e área pública.
- Caso de pontos de escola na rua – o ponto não é associado a uma geometria de lote ou quadra.

- Caso de inexistência de quadra – pontos que possuem informação de lote, mas não de quadra.
- Caso de inexistência de lote – pontos que possuem informação de quadra, mas não de lote.

Embora não tenha sido ainda realizada a validação com amostras independentes, a análise visual mostrou a confusão entre áreas pavimentadas e de solo exposto. Por outro lado, a classificação de áreas não pavimentadas incorpora os campos de futebol gramados que eventualmente existem nas escolas e que não devem ser considerados como áreas aptas para o plantio de mini-florestas.

A ferramenta de busca atualmente disponível no App é sensível à mudanças de digitação do nome da escola: ao buscar “IFSP – Campus São Paulo”, o aplicativo não encontrará uma escola correspondente, porque seria necessário digitar exatamente da forma que ela está cadastrada no GeoSampa e, consequentemente, na tabela, como, por exemplo: “IFSP - CAMPUS SAO PAULO”.

A minimização das inconsistências e a implementação de ferramenta de busca mais adequada são melhorias a serem realizadas em nova versão do aplicativo de visualização com o objetivo de tornar estas informações mais acessíveis aos usuários.

Com isso, poderíamos explorar as potencialidades da interface de visualização que poderá ter um papel pedagógico, sendo material auxiliar para a transposição do conhecimento empírico do lugar para o reconhecimento desse espaço em mapas e vice-versa, tendo como ponto de referência a localização de sua própria escola. Além dos alunos, o aplicativo de visualização pode ser uma ferramenta útil para o envolvimento da comunidade onde cada escola está localizada. Nesse caso, poderiam ser associados ao aplicativo tutoriais de investigação *in loco* das condições das áreas de plantio das miniflorestas identificadas com sensoriamento remoto e de acompanhamento do seu crescimento, contribuindo para catalizar e direcionar os esforços.

5. CONCLUSÕES

Os produtos gerados durante o processo foram desenvolvidos com dados e imagens abertas e descritos e disponibilizados integralmente, facilitando a reprodução dos resultados obtidos em outros municípios que possuam interesse de identificar essas áreas, com a parte principal do processo tendo sido desenvolvida através do GEE. Melhorias e complementações foram identificadas e serão incorporadas em uma versão revisada do aplicativo de visualização.

O mapeamento e cálculo de áreas aptas para o plantio de miniflorestas de Mata Atlântica em escolas públicas do município de São Paulo e a criação de uma interface acessível para a visualização desses dados permitirá ampliar a atuação do projeto formigas-de-embaúba em diferentes frentes: facilitando a identificação de possíveis áreas para

plantio e permitindo a participação de alunos e comunidade escolar em mais uma etapa desse processo.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7. REFERÊNCIAS

- [1] J. Coutinho. *Mata Atlântica nas escolas: atividades para educação remota. Caderno do(a) professor(a)*. Formigas-de-embaúba, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/17XxvlgvCmK4hHEL1LwL3oW2Mry4b5h3C/view>
- [2] Projeto Mapbiomas. Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, 2022. Disponível em: <http://mapbiomas.org>
- [3] S. S. Macedo et. al. (org.). *Os Sistemas de Espaços Livres e a Constituição da Esfera Pública Contemporânea no Brasil*. EDUSP, São Paulo, 2018.
- [4] Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. *Microdados do Censo Escolar da Educação Básica 2021*. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/microdados/cento-escolar>
- [5] São Paulo. Prefeitura Municipal de São Paulo. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Departamento de Urbanismo. *Localização dos equipamentos públicos da cidade de São Paulo. Subsídios para os Planos Regionais das Subprefeituras*. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/planos-regionais/arquivos/>
- [6] São Paulo. Prefeitura Municipal de São Paulo. *GeoSampa*. 2022. Disponível em: <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>
- [7] Earth Engine Data Catalog. Planet & NICFI Basemaps for Tropical Forest Monitoring - Tropical Americas. 2021. Disponível em: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/project_s_planet-nicfi_assets_basemaps_americas
- [8] F. Gomes. *Building and Vegetation Height Model of São Paulo*. 2022. Disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets/andasampa/height-model?select=0-BHM-sao-paulo-city.tif>
- [9] F. Gomes. *Digital Terrain Model of São Paulo*. 2022. Disponível em: https://www.kaggle.com/datasets/andasampa/dtm-dsm-sao-paulo?select=MDT_sampa-ZSTD.tif
- [10] S. Murray. *Interactive data visualization for the web: an introduction to designing with D3*. O'Reilly, Boston, 2017.