18° ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE PAISAGISMO EM ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL

BELO HORIZONTE - MG
11 - 14 / AGOSTO

PAISAGENS EM DIÁLOGOS
TERRITÓRIOS, MEMÓRIAS E NATUREZAS

ENEPEA 2026

APRENDIZADO PROFUNDO PARA MAPEAMENTO DE ESPAÇOS LIVRES PRIVADOS EM QUADRAS URBANAS DO RIO DE JANEIRO

Revisão metodológica e contribuições para leitura da paisagem

ST1 – Paisagens e naturezas

DEEP LEARNING FOR MAPPING PRIVATE OPEN SPACES IN URBAN BLOCKS IN RIO DE JANEIRO

Methodological revision and contributions to landscape reading

DO VALE, José Landy
Mestrando em Arquitetura | PROARQ-FAU/UFRJ | Rio de Janeiro, RJ, BR | jose.vale@fau.ufrj.br | ORCID: 0009-0001-6495-6373

TANGARI, Vera Regina
Doutora; Professora titular | PROARQ-FAU/UFRJ | Rio de Janeiro, RJ, BR | vtangari@fau.ufrj.br | ORCID: 0000-0003-4608-7909

RESUMO

Esta pesquisa, em desenvolvimento como Dissertação de Mestrado no PROARQ-FAU/UFRJ, propõe uma estratégia de aprendizado profundo para automatizar o mapeamento da morfologia dos espaços livres privados em quadras urbanas da cidade do Rio de Janeiro. A estratégica metodológica passou por revisão significativa: a abordagem inicial, baseada em classificação de imagem com o *framework* Detectron2, revelou três problemas estruturais — unidade de análise inadequada, tarefa incorretamente formulada e *framework* incompatível com superfícies contínuas. A revisão adota segmentação semântica *pixel-wise* com três classes de análise (espaço edificado, espaço livre permeável, espaço livre impermeável), *framework* MMSegmentation e arquitetura *SegFormer* como principal. O *dataset* será composto por 150 a 300 quadras anotadas individualmente via CVAT, com amostragem estratificada por tipo urbano e zona, de acordo com os mapeamentos realizados pelo grupo Lugares e Paisagens (ProLugar + SEL RJ. Esperamos obter um sistema validado que produza mapas de alta resolução com a morfologia interna das quadras, capazes de subsidiar o planejamento da paisagem e a gestão territorial, representando contribuição metodológica replicável para outros ambientes urbanos.

Palavras-chave: espaços livres privados; segmentação semântica; aprendizado profundo; morfologia urbana; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

This research, currently being developed as a Master's thesis at PROARQ-FAU/UFRJ, proposes a deep learning strategy to automate the mapping of the morphology of private open spaces in urban blocks of Rio de Janeiro. The methodological strategy underwent significant revision: the initial approach, based on image classification with the Detectron2 framework, revealed three structural problems—an inadequate unit of analysis, an incorrectly formulated task, and a framework incompatible with continuous surfaces. The revision adopts pixel-wise semantic segmentation with three analysis classes (built space, permeable open space, impermeable open space), the MMSegmentation framework, and the SegFormer architecture as the main framework. The dataset will consist of 150 to 300 blocks individually annotated via CVAT, with stratified sampling by urban type and zone, according to the mappings carried out by the Lugares e Paisagens group (ProLugar + SEL RJ). We expect to obtain a validated system that produces high-resolution maps with the internal morphology of the blocks, capable of supporting landscape planning and territorial management, representing a methodological contribution replicable for other urban environments.

Keywords: *private open spaces; semantic segmentation; deep learning; urban morphology; Rio de Janeiro.*

1 INTRODUÇÃO

A leitura morfológica da paisagem urbana envolve a identificação e classificação dos espaços livres — quintais, jardins, pátios internos — que compõem o interior das quadras. Esses espaços regulam microclimas, reduzem o escoamento pluvial, suportam biodiversidade e contribuem para a qualidade de vida urbana. Sua identificação sistemática é passo essencial para políticas de planejamento e gestão da paisagem (TÂNGARI, 2022). O Grupo ProLugar + SEL RJ realiza esse mapeamento desde 2006 por interpretação visual manual em ArcGIS Pro, classificando quadras em ocupação: consolidada (com menos de 30% de incidência de espaços livres na superfície da quadra); mediana (entre 30 e 50% de incidência de espaços livres na superfície da quadra); e não consolidada (com mais de 50% de incidência de espaços livres na superfície da quadra) (MACEDO et al., 2012). O método é de alta relevância, mas seu processo de identificação visual, quadra a quadra, torna-se lento, subjetivo e de difícil escalabilidade. Esta pesquisa propõe ajudar a superar essas limitações por aprendizado profundo, preservando os parâmetros da Rede Nacional de Pesquisas Quapá-SEL, que estabeleceram os critérios teóricos e metodológicos (MACEDO et al., 2018).

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O mapeamento das características morfológicas da ocupação urbana realizado pelo grupo ProLugar + SEL RJ constitui um acervo de referência nacional, mas permanece dependente de interpretação visual manual/subjetiva e de *software* proprietário — condições que limitam a escalabilidade, introduzem variação interpretativa entre pesquisadores e criam dependência de licenças comerciais e atualizações de terceiros para a continuidade do trabalho. Esta pesquisa propõe rever esse modelo ao buscar desenvolver uma ferramenta própria, de código aberto e de uso acadêmico livre, capaz de automatizar o mapeamento com padronização e reprodutibilidade que o processo manual não oferece.

A relevância da proposta está em três dimensões complementares. Para o Grupo ProLugar + SEL RJ, representa a substituição de um gargalo operacional por um fluxo reproduzível e escalável, liberando os pesquisadores para funções analíticas de maior complexidade. Para o meio acadêmico, produz um método auditável e transferível — qualquer grupo de pesquisa pode reproduzir, validar e adaptar a *pipeline* sem depender de licença comercial, o que é condição da ciência aberta e da reprodutibilidade científica. Para o planejamento urbano, gera dados morfológicos em escala e granularidade inatingíveis pelo processo atual, abrindo possibilidades de análise temporal e comparativa entre bairros e cidades. Nesse contexto, cabe destacar que a classificação de cobertura do solo urbano em escala intra-quadra constitui, segundo revisão sistemática de Neupane, Horanont e Aryal (2021), a frente menos explorada entre os alvos de segmentação semântica urbana com aprendizado profundo — o que confere à presente proposta relevância metodológica que ultrapassa o contexto do ProLugar + SEL RJ.

3 ANÁLISE DA LITERATURA

Modelos de aprendizado profundo têm sido aplicados ao sensoriamento remoto urbano em tarefas como identificação de elementos construídos e mapeamento de ocupação (LEÃO et al., 2020; RONTANI et al., 2023). A maioria se concentra em classificações amplas de uso e cobertura do solo (LULC), sem granularidade suficiente para o interior das quadras (ALMEIDA, 2017). Barros Filho e Villarim (2024) destacam a necessidade da leitura multi escalar dos Sistemas de Espaços Livres: do lote ao território. A proposta de Leão et al. (2020), em Londrina (PR), é a mais próxima da presente pesquisa, mas seus resultados não se generalizam além dos bairros analisados — limitação que reforça a hipótese central deste trabalho: um dataset massivo, morfologicamente diversificado e anotado em escala de *pixel* é condição necessária para um sistema de mapeamento que possa ser aplicado em diferentes ambientes urbanos.

4 METODOLOGIA

A metodologia revisada estrutura-se em três mudanças fundamentais em relação à abordagem anterior (Figura 1). Primeira mudança: a unidade de análise passa a ser a quadra recortada individualmente pelo polígono cadastral, normalizada para resolução uniforme (mínimo 30cm/pixel) e redimensionada para 512×512 ou 1024×1024 pixels , e não seria usado o mapa de área inteira. Segunda mudança: a tarefa é redefinida como segmentação semântica *pixel-wise*[1] com três classes (Figura 2): espaço edificado, espaço livre permeável (jardins, quintais) e espaço livre impermeável (pátios pavimentados, estacionamentos internos). O percentual de espaços livres torna-se resultado calculado — não mais rótulo de entrada. Terceira mudança: o *MMSegmentation*[2] substitui definitivamente o Detectron2[3], com o SegFormer[4] como arquitetura principal, por sua captura multiescalar em datasets de tamanho moderado.

A U-Net[5] com *encoder* pré-treinado permanece como alternativa para *dataset* inicial abaixo de 150 quadras. O dataset será composto por 150–300 quadras anotadas via CVAT[6], estratificadas por grau de consolidação e zona urbana (Sul, Norte, Oeste, Sudoeste, Centro), com imagens via ArcGis PRO.

---

[1] Segmentação semântica é a tarefa de atribuir uma classe temática a cada região de uma imagem, de modo que o resultado seja um mapa completo de categorias. Na modalidade pixel-wise ("por pixel"), essa classificação é feita individualmente para cada pixel da imagem

[2] Plataforma de código aberto desenvolvida pelo OpenMMLab (2020), especializada em segmentação semântica de imagens. Permite treinar, avaliar e comparar arquiteturas de redes neurais em ambiente padronizado e reproduzível, sem dependência de licenças comerciais.

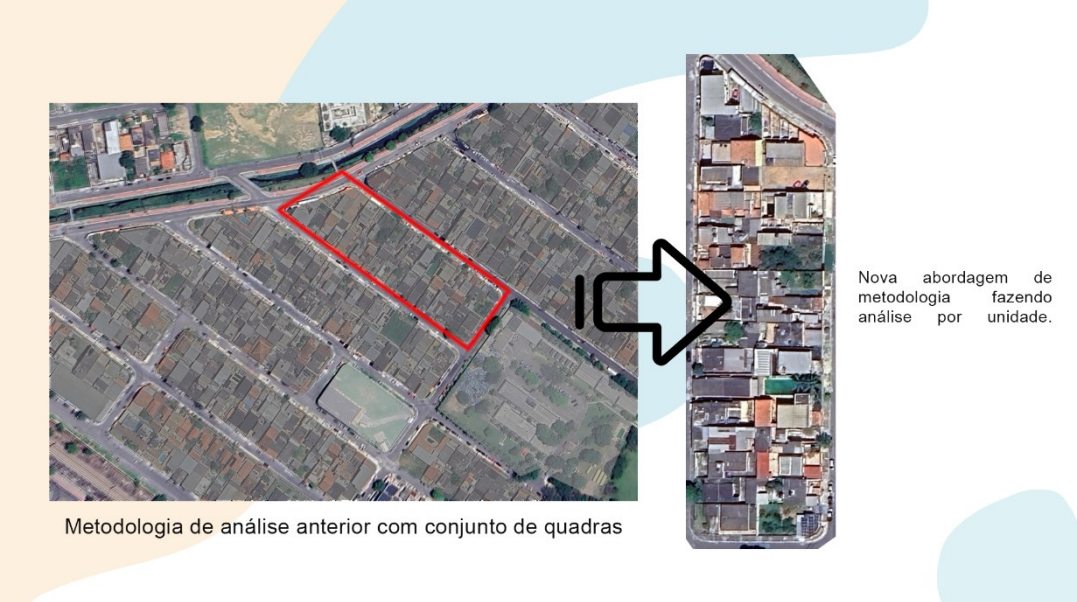
[3] lataforma de código aberto para visão computacional desenvolvida pelo Facebook AI Research (Meta), projetada para detecção de objetos e segmentação de instâncias

[4] Arquitetura de rede neural baseada em Transformers proposta por Xie et al. (NeurIPS, 2021). O encoder MiT (Mix Transformer) é hierárquico e multiscalar, disponível em variantes de tamanho crescente (B0 a B5) — B2 e B4 representam equilíbrio entre capacidade e custo computacional.

[5] Arquitetura encoder-decoder proposta por Ronneberger, Fischer e Brox (MICCAI, 2015), originalmente para segmentação de imagens biomédicas.

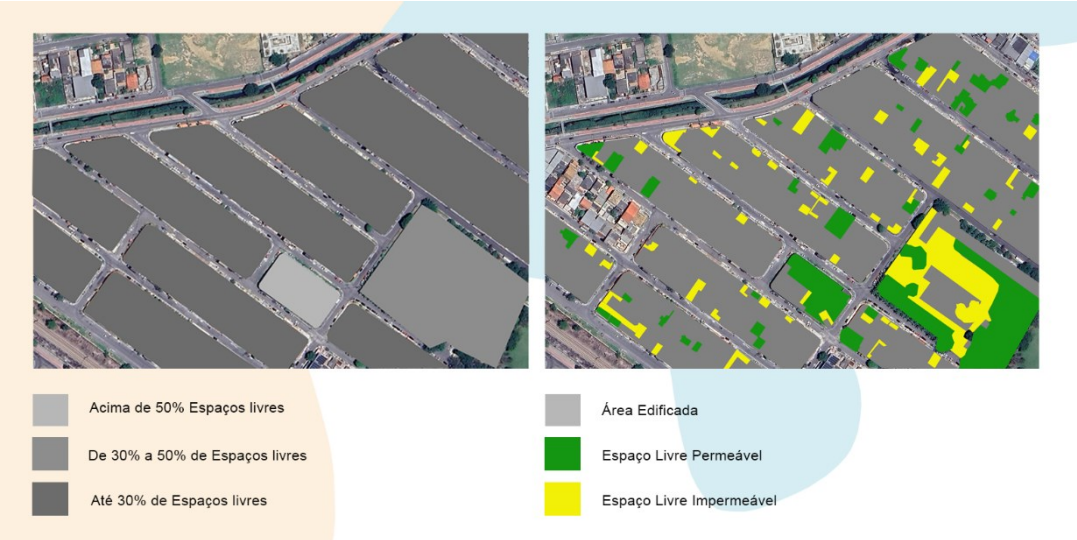
[6] Computer Vision Annotation Tool: ferramenta de código aberto para anotação de imagens em nível de pixel, desenvolvida pela Intel. Permite criar as máscaras de segmentação semântica quadra a quadra, atribuindo manualmente uma classe (edificado, permeável ou impermeável) a cada pixel da imagem.

Figura 1: mudança na unidade de análise.



Fonte: DO VALE, J.L, 2026

Figura 2: Redefinição de classes e cálculo de percentuais dos ELP



Fonte: DO VALE, J.L., 2026

5 RESULTADOS ESPERADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se obter um sistema de segmentação semântica validado por comparação sistemática com o mapeamento manual do ProLugar + SEL RJ, avaliado por métricas de IoU[7], F1-score[8] por classe e acurácia global. O produto principal compreende mapas de alta resolução com a classificação da morfologia interna das quadras, que poderá ser aplicado como subsídio ao planejamento da paisagem e à gestão territorial e normativa.

A metodologia deverá representar a primeira *pipeline* de segmentação semântica *pixel-wise* para mapeamento automático de espaços livres privados intra-quadra no contexto da Cidade do Rio de Janeiro, contribuição replicável para estudos morfológicos em outras cidades brasileiras. A transição da classificação de quadras para a compreensão de sua composição interna abre caminho para análises futuras sobre fragmentação espacial, permeabilidade, conectividade de espaços livres, qualidade ambiental urbana e características microclimáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Cassio Freitas Pereira de. **Mapeamento da distribuição populacional através da detecção de áreas edificadas usando Deep Learning**. 2017. Tese (Doutorado) – PUC-Rio, 2017.

BARROS FILHO, M. N. M.; VILLARIM, L. A. A importância da abordagem multiescalar na análise dos SELs. In: **Anais do XVIII Colóquio Quapá-Sel**, 2025. p. 107-114.

CHEN, L. C. et al. Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation. **ECCV**, 2018. p. 801-818.

GLOVIKOV, Vladimir; SHVETS, Alexey. TernausNet: U-Net with VGG11 encoder pre-trained on ImageNet for image segmentation. **arXiv**, 2018.

LEÃO, A. L. F. et al. Identificação de composições da paisagem urbana: uma abordagem de deep learning. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 8, n. 1, 2020.

MACEDO, S. S. et al. Os Sistemas de Espaços Livres na Constituição da Forma Urbana Contemporânea no Brasil. **Paisagem e Ambiente**, n. 30, p. 137-172, 2012.

MACEDO, S.S., QUEIROGA, E., CAMPOS A.C., GALLENDER, F., CUSTÓDIO, V. **Os sistemas de espaços livres e a constituição da esfera pública no Brasil**. Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2018

MMSEGMENTATION CONTRIBUTORS. **MMSegmentation: OpenMMLab Semantic Segmentation Toolbox and Benchmark**. GitHub, 2020.

NEUPANE, Bipul; HORANONT, Teerayut; ARYAL, Jagannath. Deep learning-based semantic segmentation of urban features in satellite images: a review and meta-analysis. **Remote Sensing**, v. 13, n. 4, p. 808, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/rs13040808.

[7] IoU (Intersection over Union): métrica que mede a sobreposição entre a máscara predita pelo modelo e a máscara anotada manualmente, expressa como proporção entre a área de interseção e a área de união das duas regiões.

[8] Média harmônica entre precisão e recall, calculada por classe. Ambas as métricas são padrão na avaliação de modelos de segmentação semântica.

PEREIRA, R. D. C.; MENDONÇA, B. H. M.; TÂNGARI, V. R. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento dos espaços livres no Rio de Janeiro. In: **Anais do VI Seminário Internacional sobre Cidades**, 2022.

RONNEBERGER, O.; FISCHER, P.; BROX, T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. **MICCAI 2015**. Springer, 2015. p. 234-241.

RONTANI, S. et al. Aprendizagem profunda para análise da ocupação do espaço público. In: **4º Simpósio Brasileiro de TIC na Construção**, 2023.

TÂNGARI, V. R. Os sistemas de espaços livres como instrumento de leitura da morfologia urbana no Rio de Janeiro. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 10, n. 1, 2022.

XIE, Enze; WANG, Wenhai; YU, Zhiding; ANANDKUMAR, Anima; ALVAREZ, Jose M.; LUO, Ping. SegFormer: simple and efficient design for semantic segmentation with transformers. In: **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 34, p. 12077–12090, 2021.

MMSEGMENTATION CONTRIBUTORS. **MMSegmentation: OpenMMLab Semantic Segmentation Toolbox and Benchmark**. GitHub, 2020.

NEUPANE, Bipul; HORANONT, Teerayut; ARYAL, Jagannath. Deep learning-based semantic segmentation of urban features in satellite images: a review and meta-analysis. **Remote Sensing**, v. 13, n. 4, p. 808, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/rs13040808.