

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA TEMÁTICA DO MAPBIOMAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS VERDES INTRAURBANAS

João Pedro das Neves Cardoso Pedreira¹, Carla Bernadete Madureira Cruz¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - Rio de Janeiro, Brasil
(neves.jope@gmail.com, carlamad@gmail.com)

RESUMO

Com a difusão de Sistemas de Informações Geográficas, o registro de aspectos naturais e fenômenos observáveis, através da transformação em informações geográficas, possibilita o desenvolvimento de mapeamentos, monitoramento fenômenos ambientais e análises das mudanças na cobertura do solo em maior frequência, detalhamento e precisão. No entanto, essa grande diversidade de mapas requer maior conhecimento sobre a exatidão e as incertezas envolvidas para aplicação desses projetos. A acurácia temática de classificações de uso e cobertura do solo é definida por indicadores da correspondência entre o produto modelado e a realidade. A avaliação do mapeamento de áreas verdes intraurbanas no Rio de Janeiro com dados do MapBiomias indica a exatidão global e o índice Kappa em, respectivamente, 0,92 e 0,82 em relação aos produtos gerados no Projeto Olho no Verde, e 0,92 e 0,81 comparando com o SIG Floresta, o que demonstra que as correlações foram excelentes quando aplicadas a mapas em mesoescala, possibilitando aplicações em todo território brasileiro ao longo de mais de 30 anos de dados disponibilizados.

Palavras-chave — Áreas verdes, Exatidão temática, MapBiomias, Kappa, Rio de Janeiro.

ABSTRACT

With the dissemination of Geographic Information Systems, the recording of natural aspects and observable phenomena, through the transformation into geographic information, enables the development of mapping, monitoring environmental phenomena and analysis of changes in land cover in greater frequency, detail and precision. However, this great diversity of maps requires greater knowledge about the accuracy and uncertainties involved for the application of these projects. The thematic accuracy of land use and land cover classifications is defined by indicators of correspondence between the modeled product and reality. The evaluation of the mapping of intra-urban green areas in Rio de Janeiro with data from MapBiomias indicates the global accuracy and the Kappa index at, respectively, 0.92 and 0.82 in relation to the products generated in the Olho no Verde Project, and 0.92 and 0.81 compared to the GIS Floresta, which demonstrates that the correlations were excellent when applied to

mesoscale maps, allowing applications throughout the Brazilian territory over more than 30 years of available data.

Key words — Green areas, Thematic accuracy, MapBiomias, Kappa, Rio de Janeiro.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre dinâmicas de supressão florestal é de grande importância para o planejamento e aplicações de projetos de preservação ambiental, visando mitigar impactos sofridos à biodiversidade e recursos naturais. Com apoio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), se tornou possível desenvolver mapeamentos, monitorar fenômenos ambientais e analisar as mudanças na cobertura do solo em maior frequência, detalhamento e precisão. Essas metodologias são aplicadas há décadas em projetos de mapeamento ou monitoramento ambiental, atividades essenciais para a compreensão de fenômenos de ocupação e planejamento de ações de conservação e uso sustentável do solo [6].

Estudos sobre a distribuição espacial do verde urbano, assim como os de quantificações utilizando índices de áreas verdes, são de fundamental importância para avaliação das condições ambientais e disponibilidade de uso pela população. Desta forma, a quantificação acompanhada da configuração espacial permitiria avaliar as formas e o grau de conectividade entre as manchas de vegetação no espaço urbano [1].

Áreas verdes são conceituadas por [2] como um tipo especial de espaços livres, cuja composição por vegetação é fundamental, ocupando ao menos 70% da área em solo permeável e normalmente associada ao uso de recreação. Não inclui nesta categoria canteiros, pequenos jardins de ornamentação, rotatórias e arborização, que, assim como calçadas, compõem espaços construídos ou espaços de integração urbana. Desta forma, os autores consideram a cobertura vegetal presente nos três sistemas urbanos, de espaços construídos, espaços livres e espaços de integração, além das encontradas em Unidades de Conservação, incluindo em áreas rurais.

[5] evidenciam a necessidade de revisar critérios teóricos-metodológicos sobre a tipologia e a regionalização geocológica do território brasileiro para a representação da paisagem, caracterizada pelas interações e inter-relações dos elementos que a constituem, determinando suas propriedades, como a unicidade de suas estruturas

morfológica e funcional, e sua integração a um sistema taxonômico através de inter-relações de unidades tipológicas (tipos, classes, espécies de paisagens, etc.).

Dados de sensoriamento remoto são suscetíveis a erros associados à diversas fontes de origem, partindo desde sua aquisição, processamentos, análises, conversão e apresentação do produto final, requerendo avaliações de exatidão para garantir a confiabilidade de produtos oriundos de imagens digitais. Normalmente são avaliadas a exatidão geométrica e a exatidão temática, de tal maneira que o método de amostragem, o levantamento de dados de referência e a escala de trabalho também são aspectos importantes a serem avaliados [4].

Para garantir a qualidade do produto cartográfico e a confiabilidade em face a possíveis erros associados aos dados, processos de exatidão temática são de fundamental importância ao estimar a precisão das classificações e avaliar a representação da verdade terrestre em mapeamentos de uso e cobertura do solo. A avaliação de um mapeamento requer atenção em fatores como: fontes de erro, o procedimento de amostragem e o tamanho da amostra [4].

A avaliação da acurácia pode ser obtida através da matriz de confusão, contendo informações das diferenças entre a realidade e a modelagem, de onde se derivam medidas de exatidão da classificação, a caracterização dos erros e o desempenho dos algoritmos. [4] apresenta as medidas derivadas da matriz de confusão: exatidão global, precisão de classe individual, precisão de produtor, precisão de usuário, índice Kappa, entre outros. A métrica exatidão global avalia o acerto dado pela soma das amostras na diagonal principal da matriz dividida pelo total coletado, medindo pontualmente o quanto as amostras coletadas foram corretamente classificadas pelo modelo aplicado.

Com grande utilização em aplicações de sensoriamento remoto, o índice Kappa é uma técnica discreta multivariada, usada na avaliação da acurácia para, estatisticamente, determinar se uma matriz de confusão é significativamente diferente de outra [3]. De modo que o coeficiente do índice Kappa mede a proporção de concordância pela diferença entre a concordância real, presente na diagonal principal, e a concordância por chance, contida no produto total entre linhas e colunas.

Como produtos de mapeamento envolvem diversas metodologias e escalas em atendimento às demandas apresentadas, torna-se necessário considerar a oferta de soluções e produtos disponíveis, de modo que a exatidão e incertezas envolvidas sejam adequadas a cada projeto. Por esses fatores, propõe-se ressaltar a confiabilidade do Projeto MapBiomias referente ao mapeamento de áreas verdes ao longo de sua série histórica, verificando o ajuste temático em relação à mapas de referência elaborados em maior escala espacial, desenvolvidos por institutos governamentais, em apoio a compreensão de mudanças da cobertura vegetal no Rio de Janeiro, e servindo como importante fomento para a gestão ambiental e promoção de ações políticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo conta com mapeamentos de uso e cobertura do solo nos limites municipais do Rio de Janeiro (Figura 1), capital do estado homônimo que se estende por uma área de 1.200,329 km². Desse modo, a escolha do Rio de Janeiro como área de estudo ocorre por se tratar da cidade com a segunda maior população do país e devido sua complexidade estrutural, abrigando importantes Unidades de Conservação referentes ao Bioma da Mata Atlântica simultaneamente a um acelerado processo de expansão da área urbana. Reunindo maciços montanhosos com cobertura vegetal densa e baixadas alagadiças com a presença de mangues e restingas, a preservação ambiental se torna um complexo desafio em uma cidade com diversos processos e características de ocupação, devido a diferentes contextos geográficos e históricos do território carioca.

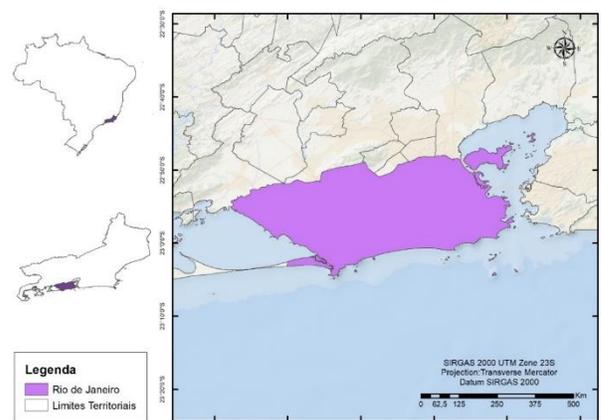


Figura 1. Localização da área de estudo, município do Rio de Janeiro - RJ.

Fonte. Elaboração própria.

A realização das análises temáticas de áreas verdes intraurbanas do Rio de Janeiro conta com o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias), desenvolvido utilizando imagens digitais oriundas do sistema de sensoriamento remoto *Landsat* com resolução espacial de 30 m e disponibilizado em formato matricial a partir da escala 1:100.000. Soma-se ainda produtos de mapeamento desenvolvidos através de diferentes metodologias e disponibilizados em formato vetorial: o Projeto Olho no Verde, elaborado com imagens que apresentam resolução espacial de até 0,5 m; e o SIG Floresta, formado por dados de diferentes sistemas de sensores, também com resolução até 0,5 m, somados às ortofotos em alta resolução e combinados com o mapeamento anterior do projeto. Fomentando com uma diversificação de características para a realização das análises, é possível verificar informações dos produtos utilizados na Tabela 1.

Mapeamento	Fonte	Escala	Anos
MapBiomias	MapBiomias Collection 5	1:100.000	1985 a 2020
Olho no Verde	INEA - Olho no Verde	1:25.000	2015
SIG Floresta	IPP - Cobertura e Uso da Terra	1:10.000	2010, 2014, 2016, 2018

Tabela 1. Inventário de dados geográficos.
Fonte. Elaboração própria.

Em virtude das características expostas, a comparação entre esses dados possibilita avaliar a capacidade de mapeamento das áreas verdes intraurbanas realizada em mesoescala, com potencial em manter a confiabilidade ao longo da sua disponibilidade temporal, tendo mapas realizados por instituições a nível municipal e estadual como referência. De acordo com a disponibilidade temporal desses dados, o ano de 2014 foi adotado como referência para essa pesquisa, sendo aplicado ao MapBiomias e ao SIG Floresta, porém em data anterior para a qual o Olho no Verde foi elaborado.

Considerando que a escala de mapeamento do MapBiomias não é focada na retratação do contexto intraurbano, a escolha desse projeto é pautada no potencial em colaborar com estudos que concernem à dinâmica da vegetação em grandes extensões territoriais com sua série histórica. A importância do MapBiomias é ressaltada pela profundidade temporal e sistemática de produção de dados anuais, agregando suas características à estudos de áreas verdes e suas mudanças.

De acordo com as definições de áreas verdes discutidas na literatura, a compatibilização das legendas busca padronizar as classificações do MapBiomias, Olho no Verde e SIG Floresta para representarem as feições desta categoria. Satisfazendo essas condições, a tipologia considerada para este trabalho classifica a área de estudo em Áreas Verdes, Água e Outros (Figura 2).

[3] definem que a matriz de confusão é formada por um arranjo quadrado de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de unidades de amostras de uma categoria particular relativa – inferida por um classificador (ou regra de decisão), comparado com a categoria atual verificada no campo.

A partir da matriz de confusão, o processo de validação foi realizado em duas etapas: a primeira com o mapeamento do MapBiomias em relação ao Olho no Verde e posteriormente com o SIG Floresta, sendo ambos produtos utilizados como balizador da verdade terrestre para o município. Para isso, foram avaliadas 396 amostras geradas através da amostragem aleatória estratificada, tendo como base a seleção de amostras por estratos que subdividem a área total, sendo 103 de áreas verdes, 287 de outros e 6 de água. Enquanto a acurácia é estimada através da exatidão global, índice Kappa e Kappa condicional.

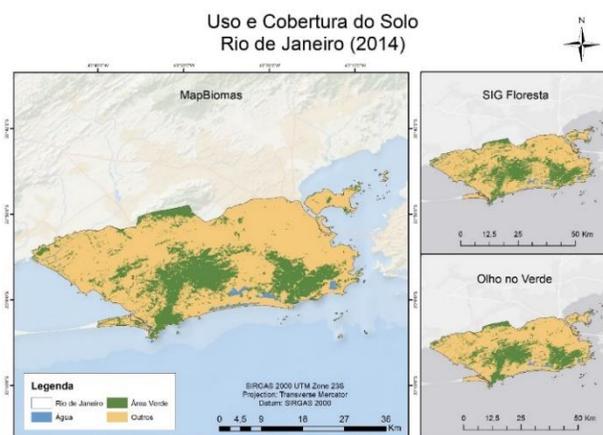


Figura 2. Classificação de uso e cobertura do solo com a legenda compatibilizada para os diferentes mapeamentos.
Fonte. Elaboração própria.

3. RESULTADOS

As avaliações da acurácia temática dos mapeamentos competem à tipologia de uso e cobertura do solo compatibilizada, de modo que as classificações representem os mesmos conjuntos de elementos em cada categoria, seguindo a organização das classes em:

- Áreas Verdes - Formação Florestal (MapBiomias); Área Natural Florestada e Silvicultura (Olho no Verde); Floresta Ombrófila Densa, Reflorestamento, Vegetação Arbórea não Florestal (SIG Floresta);
- Água: Rio, Lago e Oceano (MapBiomias); Água (Olho no Verde); Corpos d'água Continentais e Corpos d'água Costeiros (SIG Floresta);
- Outros: Apicum, Infraestrutura Urbana, Mangue, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Outras Áreas não Vegetadas, Pastagem, Praia e Duna (MapBiomias); Áreas Antrópica Agropastoril, Áreas Antrópicas Agropastoris Não Consolidadas, Área Antrópica Não Agropastoril, Área Natural Não Florestada, Mangue e Restinga (Olho no Verde); Afloramento Rochoso, Áreas Urbanas, Atividade de Extração Mineral, Formação Pioneira com Influência Fluvio-Lacustre, Formação Pioneira com Influência Fluvio-Marinha, Formação Pioneira com Influência Marinha, Praia, Solo Exposto, Uso Agrícola e Vegetação Gramíneo-Lenhosa (SIG Floresta).

As matrizes de confusão elaboradas a partir da avaliação temática do MapBiomias, com referencial nos outros mapeamentos, são apresentadas na Tabela 2 e na Tabela 3

Classificação	Referência			Total nas linhas n _{i+}
	V	O	A	
Áreas Verdes	91	12	0	103
Outros	13	272	2	287
Água	1	1	4	6
Total nas colunas n_{i+}	105	285	6	396

Tabela 2. Matriz de confusão MapBiomias – Olho no Verde.
Fonte. Elaboração própria.

A acurácia do MapBiomias com base no Olho no Verde calculada através da exatidão global vale 0,97 e seu índice Kappa 0,82, com precisão individual e Kappa condicional das áreas verdes em, respectivamente, 0,88 e 0,84.

Classificação	Referência			Total nas linhas n_{i+}
	V	O	A	
Áreas Verdes	94	8	1	103
Outros	19	266	2	287
Água	0	1	5	6
Total nas colunas n_{+i}	113	275	8	396

Tabela 3. Matriz de confusão MapBiomias – SIG Floresta.
Fonte. Elaboração própria.

No caso do MapBiomias em relação ao SIG Floresta, a exatidão global é calculada em 0,92 e o índice Kappa em 0,81, apresentando precisão individual e Kappa condicional das áreas verdes em 0,91 e 0,88 respectivamente.

4. DISCUSSÃO

De acordo com os critérios adotados, a compatibilização da legenda temática busca definir áreas vegetadas capazes de exercer funções ecológicas, estéticas e de lazer. Isto posto, algumas áreas naturais vegetadas, mesmo indivíduos de porte arbóreo ou que configurem formação florestal, não foram incluídas na classificação final de áreas verdes.

Seguindo a avaliação do desempenho de classificação de uso e cobertura do solo com o índice Kappa, os resultados calculados indicam correlação entre o MapBiomias e o Olho no Verde na faixa de 0,82 e 0,81 com o SIG Floresta, significando que as classificações são consideradas excelentes em comparação às referências.

Os valores de acurácia nos indicadores exatidão global e índice Kappa representam que a acurácia temática do MapBiomias, como um mapeamento em mesoescala, tem bom ajuste com o Olho no Verde e o SIG Florestas, os quais são disponibilizados em escala cartográfica maior. Entretanto, a exatidão das áreas verdes e o Kappa condicional mais baixos do que ao avaliar todas as classes dos mapas, indicam maior erro na classificação dessa categoria.

Analisando os acertos e erros nas matrizes de confusão, é possível constatar que as amostras de áreas verdes validadas do MapBiomias apresentam menor confusão entre os elementos desse tema com o Olho no Verde do que com o SIG Floresta, que mesmo com maior acerto, vide Kappa condicional, também apresenta mais amostras erroneamente classificadas como verde. Essa discrepância se deve ao ajuste da delimitação do alvo mapeado, em decorrência da escala final do produto e a resolução espacial dos dados utilizados, e pela diferença semântica das tipologias compatibilizadas entre os diferentes mapeamentos.

5. CONCLUSÕES

Com base na validação da acurácia temática entre os mapeamentos, as medidas de exatidão apontam maior concordância de acerto entre o MapBiomias e o Olho no Verde, apesar do acerto especificamente com a classe áreas verdes ter sido maior ao avaliar com o SIG Floresta.

Por considerar amostras classificadas erradas em seu cálculo, a diferença entre os índices Kappa ser menor da observada na exatidão temática indica maior quantidade de amostras classificadas erroneamente ao comparar o MapBiomias com um dado na escala 1:10.000.

O índice Kappa maior ao avaliar o MapBiomias com o Olho no Verde indica maior acerto com as amostras de referência. Entretanto, o Kappa condicional das áreas verdes segue o oposto do calculado com todas as classes, constatado principalmente com a validação pelo SIG Floresta apresentar maior quantidade de amostras classificadas corretamente.

Além disso, é possível verificar a acurácia do MapBiomias maior quando o Olho no Verde, na escala 1:25.000, é a referência terrestre para o mapeamento em geral, porém é maior para as áreas verdes urbanas quando comparado ao SIG Floresta, dado que possui a escala maior e generaliza mais tipologias na classe em análise.

A diferença da faixa dos valores calculados por diferentes referências já era esperada devido as particularidades metodológicas utilizadas na elaboração de cada produto, como a escala na qual são disponibilizados. Em síntese, os altos valores calculados para as medidas de avaliação temática reforçam a qualidade ao se optar por mapas em mesoescala espacial porém elaborados anualmente, tal como o MapBiomias representa no cenário científico no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

- [1] A. T. Bucci Filho, J. C. Nucci. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. *Revista do Departamento de Geografia*, p. (48–59), 2006.
- [2] F. Cavalheiro, J. C. Nucci, P. Guzzo, Y. T. Rocha. Proposição de terminologia para o verde urbano. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Rio de Janeiro, 1999.
- [3] R. G. Congalton, K. Green. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices* 3rd. ed. CRC Press. Danvers - MA, 2019.
- [4] G. C. Figueiredo. Exatidão posicional e temática de imagens orbitais. 2007. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa*, (104 f.), 2007.
- [5] J. M. M. Rodriguez, E. V. da Silva, A. P. B. Cavalcanti. *Geoecologia das Paisagens: Uma Visão Geossistêmica da Análise Ambiental e Cultural*. 6. ed. Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2022.
- [6] M. R. Rosa. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. *Boletim Paulista de Geografia*, v. (95), p. (25–34), 2016.