ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA EM SALVADOR-BA ENTRE 2000 - 2017

Udmilla Moura Contes Fortunato, Ardemírio de Barros Silva, Lucas Amorim Fernandes

Universidade Estadual de Feira de Santana, Av. Transnordestina, CEP 44036-900, S/N, Novo Horizonte, Feira de Santana-BA, {udfortunato@gmail.com; abarros@uefs.br; lucas.amorimfernandes@gmail.com}

RESUMO

O bioma Mata Atlântica, originalmente, correspondia a cerca de 15% do território brasileiro. Devido aos processos associados a ocupação e uso foi fragmentado e devastado, suprimindo 93% da sua área original. O objetivo deste trabalho consistiu em quantificar e qualificar as mudanças da formação florestal (mata atlântica) do município de Salvador entre os anos 2000 e 2017, utilizando o módulo *Land Change Modeler* e os mapas temáticos do MapBiomas. Foram avaliados dados de ganhos, perdas e persistências das formações florestais em relação as classes de uso e cobertura provenientes da classificação do Mapbiomas, água, pastagem, infraestrutura urbana, outra área não vegetada e mosaico de agricultura ou pastagem. As principais mudanças negativas da formação florestal associam-se ao crescimento da categoria pastagem, correspondente a 8,8% da mudança total, enquanto que as mudanças positivas estão relacionadas a categoria outra área não vegetada, na qual houve uma regeneração equivalente a 14%.

Palavras-chave *— Fragmentação; Mapbiomas; Land Change Modeler; Sensoriamento remoto.*

ABSTRACT

The Mata Atlântica biome, originally, corresponded to about 15% of the brazilian territory. Due to processes associated with occupation it was fragmented and devastated, reducing 93% of it‘s original area. The objective of this work was to quantify and qualify the changes of the forest formation (Atlantic Forest) of the municipality between the years 2000 and 2017, using the Land Change Modeller module in the and mapbiomas themed maps. Were evaluated data of gains, losses and persistence of forest formations in relation to use and coverage classes from Mapbiomas classification: water, pasture, urban infrastructure, non-vegetated area and mosaic of agriculture or pasture. The main changes in the loss of forest formations are associated with the growth of pasture, corresponding to 8,8%, while positive changes are related to non-vegetated areas, where there was regeneration for forest formation equivalent to 14%.

Keywords *— Desertification, Temperature, Humidity, Remote Sensing, MODIS.*

1. INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica, originalmente, correspondia a cerca de 15% do território brasileiro, cobrindo uma área de 1.300.000 km², sendo considerado o segundo maior bioma do continente americano [1].

Esse bioma teve suprimida mais de 93% de sua cobertura vegetal, aproximadamente, 100.000 km^2 de vegetação remanescente [2]. No município de Salvador a perda chega a 70% [3], e continua sob constante ameaça.

Apesar das modificações, fragmentação e devastação do bioma, o mesmo é considerado um *hotspot* devido ao seu alto nível de biodiversidade e presença de espécies endêmicas [4], além de cobrir diferentes zonas climáticas e formações florestais.

E para conservação e preservação da Mata Atlântica, assim como de outros biomas, foi criado o projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil (Mapbiomas) uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. [5]

A cidade de Salvador é exemplo de área que passou por alterações significativas a partir de processos associados a uso e ocupação do solo, causando redução da sua vegetação natural. Atualmente, ocorrem remanescentes fragmentados que formam um mosaico de manchas vegetacionais [3].

Considerando que, o uso das geotecnologias tem grande papel no que tange o estudo das mudanças das formações florestais, a partir do sensoriamento remoto com a utilização das imagens de satélites, torna-se possível mapear e compreender a dinâmica dessas áreas com detalhe e precisão, sendo essencial para entendimento das alterações do uso e cobertura, assim, “técnicas de detecção de mudanças do uso e cobertura da terra são cada vez mais utilizadas revelando grande potencial de análises” [6]

O objetivo desse estudo é quantificar e qualificar as mudanças das formações florestais naturais (mata atlântica)

entre 2000 e 2017 do município de Salvador, apresentando os resultados estatísticos e os mapas correspondentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é o município de Salvador, capital do estado da Bahia, situada na faixa litorânea, entre as coordenadas 13º00' e 13°20' de latitude Sul e 38º35' e 38º00' de longitude Oeste, com altitude média de 50 a 70m, cuja a área de estudo é de 27984,49 ha.

Foram utilizadas imagens do acervo do projeto Mapbiomas referente ao período de 2000 a 2017, derivadas dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, cuja resolução espacial é de 30 m (30x30). O Mapbiomas utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine*, tendo melhor aplicação em escalas de até 1:100.000. A acurácia geral dos mapas utilizados é de 83,4%, a discordância de alocação é de 4,4% e a discordância de área 12,2% [5]. As classes de uso e ocupação definidas foram: Água, Formação Florestal, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana e Outra área não vegetada. Os mapas temáticos foram importados para o *TerrSet* 18.31, em que através de análises booleanas delimitou-se apenas a área continental do município.

Em seguida, realizou-se a modelagem cartográfica do potencial de transição usando o algoritmo *Land Change Modeler* (LCM) *for ecological sustainability* [7]. O LCM foi o primeiro aplicativo de estrutura vertical desenvolvido pela *Clark Labs* e destina-se a projetos de sustentabilidade ambiental e fornece uma interface intuitiva, organizada sequencialmente, que abrange funções associadas à análise de mudanças, previsão e modelagem de variáveis relativas às transições do ambiente e habitat [8]. Se fundamenta no uso de álgebra matricial, possibilitando verificar as mudanças de uso e cobertura do solo, quantificando-as e qualificando-as, além de posicionar essas mudanças no espaço. A partir desses dados foram gerados mapas de perdas, ganhos e persistências medidas em porcentagem e hectares, visando detectar as mudanças que ocorreram no tempo e no espaço.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na quantificação das classes de uso e cobertura do solo da área de estudo para o ano 2000 observou-se que água a 0,9%, apresentando-se como a menor classe, seguida da classe mosaico de agricultura ou pastagem com 4,9%, outra área não vegetada com 8,1%, pastagem com 11,%, formação florestal com 30,% e infraestrutura urbana ocupava a maior área com 44,9% (Tabela 1).

Classes de Uso e Cobertura do Solo	Área 2000 (ha)	Área 2000 (%)	Área 2017 (ha)	Área 2017 (%)
Água	254.79	0.9	182.43	0.7
Formação Florestal	8408.61	30.1	7605	27.3
Pastagem	3081.96	11	3048.84	10.9
Área não vegetada	2265.21	8.1	1073.16	3.8
Infraestrutura Urbana	12520.98	44.9	15034.77	53.9
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1364.94	4.9	952.29	3.4
TOTAL	27.896.490	100	27.896.490	100

Tabela 1. Classes de uso e cobertura do solo e suas respectivas áreas em 2000 e 2017.

No ano de 2017, as classes de uso e cobertura do solo tinham a seguinte área de abrangência: água 0,7%, formação florestal 27,3%, pastagem 10,9%, área não vegetada 3,8%, infraestrutura urbana 53,9% e mosaico de agricultura e pastagem 3,4%.

A partir dos dados do resultantes do LCM pode-se verificar os valores de ganho e perda para cada classe: A água perdeu 47,33% e ganhou 26,44%, área não vegetada perdeu 87,63% e ganhou 73,89%, mosaico de agricultura e pastagem perdeu 75,30% e ganhou 64,60%, pastagem perdeu 58,16% e ganhou 57,70%, infraestrutura urbana perdeu 7,23% e ganhou 22,74%, por fim, a formação florestal perdeu 27,70% e ganhou 20,06% (Figura 1).



Figura 1. Ganhos (em verde) e perdas (em roxo) em % das classes analisadas entre 2000 e 2017.

A partir dos dados analisados (Figura 2 e 3) pôde-se detectar mudanças da formação florestal para as classes de uso do solo. As principais perdas na formação florestal estão associadas ao aumento da pastagem, cerca de 271 hectares (8,8%) de vegetação foram suprimidos e ocupados por pastagens entre o ano de 2000 e 2017.

A classe infraestrutura urbana também substituiu a formação florestal original em cerca de 781 hectares (6,2%), pode-se correlacionar o avanço desta classe ao desmatamento intensificado, pois em Salvador os remanescentes de vegetação natural foram drasticamente reduzidos, em algumas áreas do município a floresta urbana é completamente ausente. Além da redução, os dados demonstram uma fragmentação da paisagem [9].

A despeito de Salvador não apresentar zona rural a metodologia geral adotada pelo Mapbiomas identificou a classe mosaico de agricultura e pastagem corresponde a 87 hectares (6,4%).

Em relação as mudanças positivas, houve um amento da formação florestal em detrimento da classe outra área não vegetada que reduziu 14%. Tal detecção pode estar associada a presença de remanescentes de vegetação secundária,

"resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas" [10]. Esse processo ocorre em função dos diferentes estágios sucessionais da vegetação (inicial, médio e avançado) [4].

A formação florestal também avançou sobre a classe água em cerca de 17 hectares (6,8%). Esse resultado pode estar relacionado ao desaparecimento de corpos d'água e assoreamento dos rios, fatos que estão associados principalmente a supressão da vegetação nativa que integra a chamada floresta urbana de Salvador.

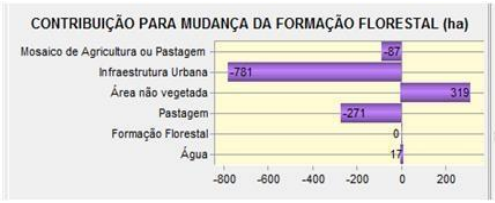


Figura 2. Contribuição em hectares dos usos e coberturas do solo para as mudanças na classe formação florestal em hectares.

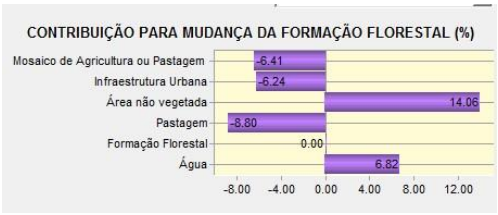


Figura 3. Porcentagem da contribuição dos usos e coberturas do solo para as mudanças na classe formação florestal, em porcentagem.

As mudanças detectadas já citadas entre os anos de 2000 a 2017 para o município de Salvador podem ser visualizadas na Figura 4, onde nota-se o aumento significativo da classe infraestrutura urbana – na região central e da classe pastagem – a nordeste, em relação a formação florestal. Em relação a persistência na porção norte e noroeste houve preservação da formação florestal.

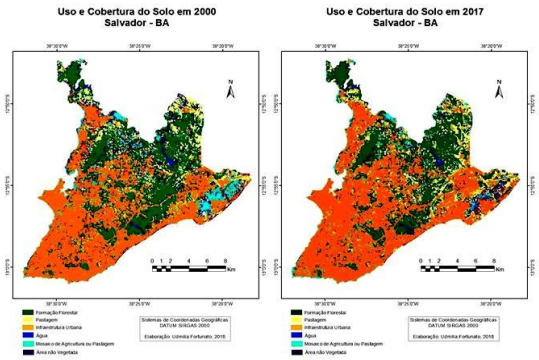


Figura 4. Mapa de uso e cobertura do solo de Salvador em 2000 e 2017

Tem-se na Tabela 2 dados de ganho e perda das demais classes identificadas em relação a formação florestal. Em detrimento da formação florestal (cerca de 27,7 % de perda) houve um incremento nas demais classes identificadas nesse estudo. A classe água ganhou 26,5 ha, pastagem 965,3 ha, outra área não vegetada 231,7 ha, infraestrutura urbana 964 há e mosaico de agricultura ou pastagem 142 ha.

Uso e Cobertura	Ganhos	Perdas
Água	43.83	26.46
Pastagem	694.26	965.34
Área não vegetada	550.35	231.75
Infraestrutura Urbana	182.88	963.9
Mosaico de Agricultura ou Pastagem	54.18	141.66
Total	1525.5	2329
Persistência	6079.5	
Total de Mudanças	-803.61	

Tabela 2. Mudanças da Formação Florestal para os tipos de uso e cobertura no período compreendido entre 2000 e 2017

Em contrapartida o ganho da formação florestal, e consequentemente perda das outras classes, se deu desta forma: água 43,8 ha, pastagem 694,3 ha, outra área não vegetada 550,4 ha, infraestrutura urbana 182,9 ha e mosaico de agricultura ou pastagem 54,2 ha, totalizando 1526, o que corresponde a 20,06%, dado este que pode ser visualizado na Figura 1.

A Tabela 2 também apresenta a persistência da formação florestal com o valor de 6079,5 hectares, isto é, áreas correspondentes a esta classe que não apresentaram mudanças no período analisado, assim como o total de mudança na formação florestal -804 hectares obtido a partir da diferença do valor da área de 2017 em relação ao ano 2000 (figura 5).

O mapeamento da perda, ganho e persistência da classe formação florestal pode ser visualizado na Figura 6, assim como na Figura 7, indica-se a relação de perda e ganho da formação florestal para com as outras classes estudadas.

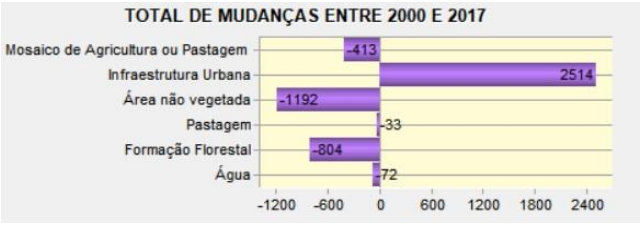


Figura 5. Mudanças da Formação Florestal em relação as outras classes entre 2000 e 2017.

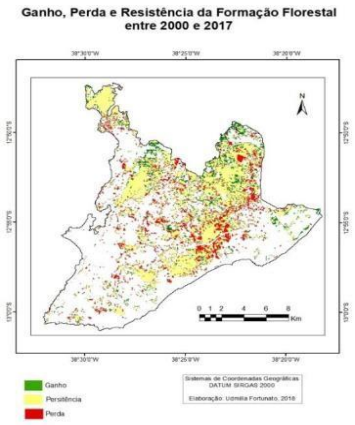


Figura 6. Mapa de ganho, perda e persistência da classe formação florestal em Salvador entre 2000-2017.

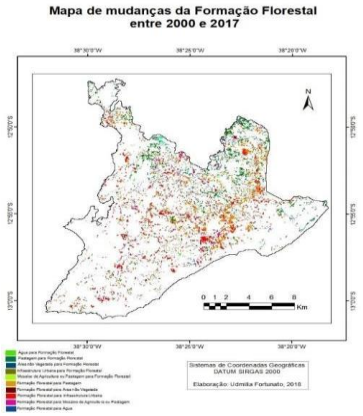


Figura 7. Mapa de mudanças da formação florestal entre 2000 e 2017.

5. CONCLUSÕES

Com os resultados de ganho, perda e persistência apresentados e gerados a partir da avaliação espaço-temporal entre os anos de 2000 e 2017, as principais modificações ocorridas na formação florestal do município de Salvador foram quantificadas e espacializadas, de forma a possibilitar a percepção das mudanças ocorridas em 18 anos (2000-2017), concretizando o principal objetivo desse estudo.

Deste modo, afirma-se que o algoritmo *Land Change Modeler* (LCM) foi eficaz para análise espacial-temporal da formação florestal do município de Salvador, permitindo não somente a avaliação estatística, mas a distribuição espacial das diversas alterações (ganhos e perdas).

Sendo assim, recomenda-se a utilização deste algoritmo para análises quantitativas e qualitativas para outras classes de uso e cobertura do solo, assim como para outros municípios.

REFERÊNCIAS

[1] FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2013-2014. São Paulo, 2015.

[2] TABARELLI, M.; PINTO L. P.; SILVA J. M.; HIROTA. M. & BEDÊ L. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic forest. Conservation Biology, 19(3): 695-700, 2005.

[3] BAHIA. Ministério Público da Bahia. Projeto Mata Atlântica: Diagnóstico da Vegetação do Bioma Mata Atlântica na cidade de Salvador. Salvador, 2011.

[4] FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 1995-2000. São Paulo, 2002.

[5] MAPBIOMAS. “Projeto Mapbiomas – Coleção 3 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil”, Acessado em 15 de agosto 2018 através do link: http://mapbiomas.org. Acesso em: 15 de AGO. 2018.

[6] SANTOS, E. P, dos; PIROLO, E. L. Detecção de mudanças no uso e cobertura da terra utilizando land change modeler: O caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo, Pontal do Paranapanema, SP, Brasil. In: SBSR. SIMP. BRAS. SENS. REMOTO. João Pessoa, 2015. **Anais...**João Pessoa: SBSR, 2015.

[7] CLARK LABS. **Land Change Modeler in TerrSet.** Disponível em: <https://clarklabs.org/terrset/land-change-modeler/>. Acesso em: 15 ago. 2018.

[8] EASTMAN, J. Idrisi Taiga Tutorial. Massachusetts: Clark Labs. 2009. Disponível em: (www.clarklabs.org). Acesso em: 28 agosto. 2018.

[9] SANTOS, Carlos Eduardo de Santana. Avaliação da expansão urbana frente aos remanescentes florestais situados nas regiões administrativas de Itapuã (RA –X) e Pau da Lima (RA – XIII), Salvador – Bahia. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

[10] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº5, 4 de maio de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado da Bahia. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasil, DF, 30 de maio de 1994. Disponível em: http://www.mma.gov.br/ Acesso em: 01/09/2018.