

AValiação da Área da Vegetação Secundária na Mata Atlântica por Fitofisionomias dos Anos de 2018, 2020 e 2022

Felipe de Oliveira Passos¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brazil
felipeo.passos@gmail.com;

1. INTRODUÇÃO

RESUMO

A Mata Atlântica (MA) abrange aproximadamente 13% do território brasileiro e é reconhecida como um hotspot de biodiversidade. Este estudo analisa a dinâmica da vegetação secundária na MA entre 2018 e 2022, focando nas taxas de regeneração e distribuição espacial por fitofisionomia e estados brasileiros. Utilizando dados de vegetação secundária do INPE e metodologias de classificação supervisionada e análise visual, encontramos que a Floresta Estacional Decidual e a Floresta Estacional Semidecidual apresentaram as maiores taxas de crescimento, com aumentos de 74,83% e 16,52%, respectivamente. Estados como Bahia e Minas Gerais mostraram aumentos substanciais na área de vegetação secundária, enquanto Alagoas e Paraíba registraram reduções. Esses resultados destacam a importância de políticas de conservação adaptadas às realidades regionais específicas para promover a recuperação da vegetação secundária e a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica.

Palavras-chave - Mata Atlântica, vegetação secundária, fitofisionomias, regeneração.

ABSTRACT

The Atlantic Forest (MA) covers approximately 13% of Brazilian territory and is recognized as a biodiversity hotspot. This study analyzes the dynamics of secondary vegetation in the MA between 2018 and 2022, focusing on regeneration rates and spatial distribution by vegetation physiognomy and Brazilian states. Using secondary vegetation data from INPE and supervised classification and visual analysis methodologies, we found that the Deciduous Seasonal Forest and Semideciduous Seasonal Forest showed the highest growth rates, with increases of 74.83% and 16.52%, respectively. States such as Bahia and Minas Gerais showed substantial increases in secondary vegetation, while Alagoas and Paraíba recorded reductions. These results highlight the importance of conservation policies tailored to specific regional realities to promote the recovery of secondary vegetation and biodiversity conservation in the Atlantic Forest.

Keywords – Atlantic forest, secondary forest, vegetation physiognomy, regeneration.

O bioma da Mata Atlântica (MA) abrange aproximadamente 13% do território brasileiro, com uma área de 1.106.845 km², estendendo-se ao longo da costa atlântica do país e alcançando áreas na Argentina e no Paraguai na região sudeste, totalizando aproximadamente 1.350.000 km². Seus limites abrange 15 estados brasileiros, conforme o Decreto Federal 750/93, incluindo os estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe [1].

A ampla extensão latitudinal da Mata Atlântica contribui significativamente para a diversidade de ambientes, resultando em elevadas taxas de biodiversidade e endemismo. Este bioma, considerado um hotspot de biodiversidade, abriga remanescentes de ecossistemas florestais e não-florestais com alto endemismo e cerca de 1.923 espécies ameaçadas de extinção [2] [3]. A diversidade de espécies tende a aumentar dos pólos em direção ao equador, uma regra observada tanto em biotas contemporâneas quanto históricas, abrangendo a maioria dos grupos taxonômicos e organismos [4] [5] [6].

Entretanto o domínio da Mata Atlântica é caracterizado por diversas fitofisionomias distintas, incluindo Ombrófilas e Sazonais Semidecíduas e Decíduas, manguezais, restingas, campos de altitude, pântanos e enclaves florestais em o Nordeste [7] além da vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas, conforme o Decreto No 6.660, de 21 de novembro de 2008.

A legislação que define as fitofisionomias que compõem a Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) é a principal que protege os remanescentes desse bioma. Define normas e procedimentos para permitir o manejo, que envolve critérios complexos, levando em conta o estágio sucessional da vegetação, a localização, a importância ecológica, entre outros fatores. A complexidade da Mata Atlântica demanda uma abordagem integrada, do conhecimento abrangente das fitofisionomias com a implementação de medidas legais de proteção e protocolos normativos, mitigando ambiguidades interpretativas [8].

A proteção do bioma é fundamental sendo o único bioma do Brasil cuja classe de cobertura predominante não é natural [9] [10].

A regeneração natural da vegetação secundária pode restaurar a estrutura e a função dos ecossistemas, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e dos

serviços ecossistêmicos. **Contribui** para o sequestro de carbono, transformando ecossistemas degradados em sumidouros de carbono, o que é essencial para a mitigação das mudanças climáticas. **Fornece** habitats para diversas espécies, aumentando assim a resiliência e a estabilidade do ecossistema. A vegetação secundária também desempenha um papel **crucial** na restauração do solo entre diversos outros serviços ecossistêmicos, como a purificação do ar e da água (11).

A **ONU** convoca ações coordenadas **contra** as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e a degradação florestal, visando alcançar os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável até 2030, com foco especificamente na conservação, restauração e uso sustentável das florestas. Desde 2008, o Programa REDD+ incentiva os países em desenvolvimento a protegerem o meio ambiente, um mecanismo de pagamento por emissões evitadas de gases de efeito estufa (GEE) devido à redução de desmatamento e degradação florestal, com o objetivo de consolidar esforços para cumprir as metas estabelecidas na Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) [12]. **O Ministério do Meio Ambiente (MMA)** publicou a Portaria 365/2015. **Esta portaria** instituiu o Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas (PMABB), que ~~visa~~ construir séries históricas de mapas e realizar o monitoramento da vegetação secundária nos biomas Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, seguindo o exemplo do trabalho já realizado na Amazônia e no Cerrado. O mapeamento da vegetação secundária da Mata Atlântica foi ~~feito~~ para os anos de 2018, 2020 e 2022.

O sensoriamento remoto, tem desempenhado um papel **crucial** na classificação das diferentes formações florestais na Mata Atlântica, oferecendo métodos eficazes para quantificar áreas e estimar biomassa [13].

O processamento ~~avancado~~ de imagens de satélite possibilita a caracterização detalhada da estrutura das florestas, incluindo a estimativa de biomassa e carbono [14] [15]. Índices de vegetação derivados de processamento digital, como NDVI, SAVI e EVI, permitem a avaliação precisa da biomassa verde e de parâmetros de crescimento da vegetação [16]. Esses índices são radiométricos e indicam a atividade da vegetação, minimizando os efeitos de iluminação, declive e geometria na reflectância vegetal [17].

O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial e espectral, como Landsat e SPOT, facilita a identificação e o mapeamento de diferentes fitofisionomias florestais, enquanto a integração de dados de sensoriamento remoto com levantamentos de campo melhora a precisão da classificação. Técnicas ~~avancadas~~ de classificação supervisionada e não supervisionada, como máxima verossimilhança e redes neurais, automatizam o mapeamento das classes de cobertura vegetal. Além disso, sensores ativos como RADAR e LIDAR fornecem informações tridimensionais que complementam dados espectrais, melhorando a classificação das formações florestais [18] [19]. A integração desses dados com sistemas de informações geográficas (SIG) facilita o armazenamento, análise e visualização dos dados de mapeamento da

vegetação, tornando o sensoriamento remoto uma ferramenta **essencial para a gestão e conservação da Mata Atlântica** [20].

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao limite contínuo do bioma Mata Atlântica, cujos limites geográficos foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2019, na escala 1:250.000. Com uma área de 1.106.845 km², o bioma abrange 3.082 municípios distribuídos por 15 unidades da federação. Devido à sua extensão latitudinal, a **Mata Atlântica apresenta um gradiente de diversidade de fitofisionomias, os limites das fitofisionomias na área de estudo foram obtidos através de mapas de vegetação do IBGE em escala 1:5.000.000, primeiramente em projeção Lat/Long e sistema geodésico WGS84, e foram convertidos para a projeção cônica equivalente de Albers e sistema geodésico – SAD69 visando sua compatibilidade com o mapa de vegetação secundária, as fitofisionomias foram reagrupadas em floresta ombrófila mista, densa e aberta, floresta estacional semidecidua e decidual, e os outros ambientes foram agrupados em “outros” (Figura 1).**

Os dados de vegetação secundária da Mata Atlântica foram obtidos através da plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) TerraBrasilis, **sendo pré-processados e analisados em termos de área, distribuição e fitofisionomia. Foram produzidos em sistema de coordenadas geográficas e Datum SIRGAS 2000, utilizando classificação supervisionada, análise visual e vetorização manual por análise visual na escala 1:100.000 e a área mínima de mapeamento de 4 hectares, passado por filtro a fim de eliminar os polígonos com áreas menores de 4ha, definida como área mínima da vegetação secundária para os anos de 2018, 2020 e 2022.** Foram utilizadas imagens de média resolução espacial, geradas pelos sensores OLI/Landsat8 e OLI-2/Landsat9.

No banco de dados, foram estruturadas tabelas para armazenar esses dados e estabelecidos relacionamentos espaciais utilizando consultas SQL com funções espaciais do PostGIS, como ST_Within, para determinar se um ponto está dentro de um polígono. Utilizando esses relacionamentos, foram calculadas as áreas totais de vegetação secundária para cada ano e para cada fitofisionomia do bioma Mata Atlântica e de cada estado.

Para calcular a área de vegetação secundária dentro dos limites das fitofisionomias do bioma Mata Atlântica e dos estados, baseou-se na integração de dados geoespaciais utilizando PostgreSQL com a extensão PostGIS. Os limites do bioma e das fitofisionomias foram obtidos a partir da base de dados geoespaciais do IBGE de 2019, enquanto os limites dos estados foram também extraídos da mesma fonte.

As coordenadas geográficas foram projetadas no sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM zone 23S para assegurar a precisão espacial dos cálculos. Índices espaciais foram criados para otimizar a performance das consultas e os resultados foram visualizados e analisados no QGIS para a

criação de mapas temáticos que ilustram a distribuição da vegetação secundária ao longo dos anos.

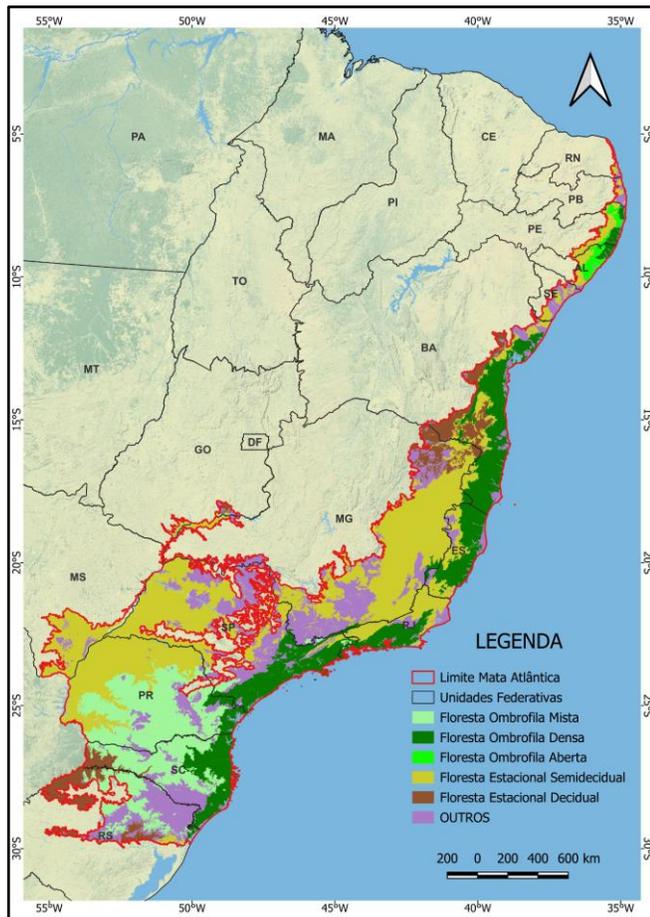


Figura 1. Limite da Mata Atlântica e fitofisionomias (IBGE, 2019).

Especificamente, os polígonos de vegetação secundária foram analisados levando em conta sua distribuição com base em um mapa de densidade da vegetação secundária (densidade Kernel) e avaliados considerando suas diferentes fitofisionomias. Para a criação do mapa de kernel da vegetação secundária para o ano de 2022, foi utilizado o software QGIS 3.16. A distribuição geral da vegetação secundária foi analisada com base em um mapa de hotspots, calculado a partir do centro de massa dos polígonos de vegetação secundária. Para este mapa de densidade Kernel, foi atribuído um peso para cada polígono a depender de sua área. O raio de operação utilizado foi de 100.000 metros e o tamanho do pixel foi de 100 metros. No QGIS, a ferramenta de "Estimativa de densidade Kernel" foi utilizada para gerar o mapa de kernel, configurando a simbologia de renderização do raster como "Banda simples falsa-cor" para aplicar um gradiente de cores que facilita a visualização das áreas de maior densidade de vegetação secundária. A escala de cores foi ajustada para um gradiente que varia do branco ao vermelho, onde o vermelho indica as áreas com maior

densidade. As coordenadas geográficas foram projetadas no sistema de referência SIRGAS 2000 / Brasil Polyconic.

Para analisar e visualizar os resultados, empregamos o software RStudio e utilizamos os pacotes readxl e ggplot2. Essas ferramentas permitiram a análise estatística e a criação de gráficos que auxiliaram na interpretação dos dados obtidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área total do bioma distribuída por cada fitofisionomia foi de Floresta Estacional Semidecidual (417100 km²), Outros (242357 km²), Floresta Ombrófila Densa (187455 km²), Floresta Ombrófila mista (160350 km²), Floresta Estacional Decidual (71489 km²), Corpos d'água(18482 km²) e Floresta Ombrófila Aberta (9610 km²).

Para cada ano, foi verificado o valor bruto do total de vegetação secundária para toda a área do bioma (Gráfico 1). A regeneração natural da floresta tem mostrado crescimento ao longo do tempo, conforme evidenciado por um aumento na cobertura florestal em outro estudo [21]. Fatores que contribuem para esse crescimento incluem a diminuição da população rural e da cobertura de terras cultiváveis, resultando em um aumento na cobertura florestal ao longo dos anos. A regeneração natural da vegetação pode restaurar o bioma a custos mais baixos, destacando a importância de incorporá-la ao planejamento espacial da restauração.

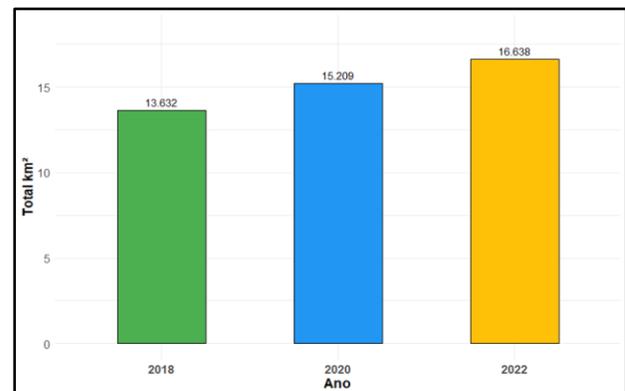


Gráfico 1. Total de vegetação secundária a cada ano.

Sendo o total da vegetação secundária distribuída em área por fitofisionomia de: Floresta Estacional Semidecidual (FES) de 6.698,472 km², a fitofisionomia Outras com uma área de 2.952 km², Floresta Ombrófila Densa (FOD) 2.697 km², Floresta Ombrófila Mista (FOM) 2.127 km², Floresta Estacional Decidual (FED) 2.053 km², Floresta Ombrófila Aberta (FOA) 77 km².

A fitofisionomia com maior presença de vegetação secundária é a Floresta Estacional Semidecidual, enquanto a Floresta Ombrófila é a de menor valor absoluto (Gráfico 2). As condições ambientais influenciam o ritmo e a trajetória da regeneração florestal. Fatores como temperatura, precipitação, fertilidade do solo, erosão, topografia, incluindo

altitude e declive, e padrões de drenagem impactam significativamente o sucesso da regeneração [22] [23]. A distribuição desses fatores ambientais em diferentes regiões pode levar a taxas variáveis de recuperação florestal, com regiões mais quentes e úmidas geralmente experimentando uma regeneração mais rápida em comparação com áreas mais frias e secas. .

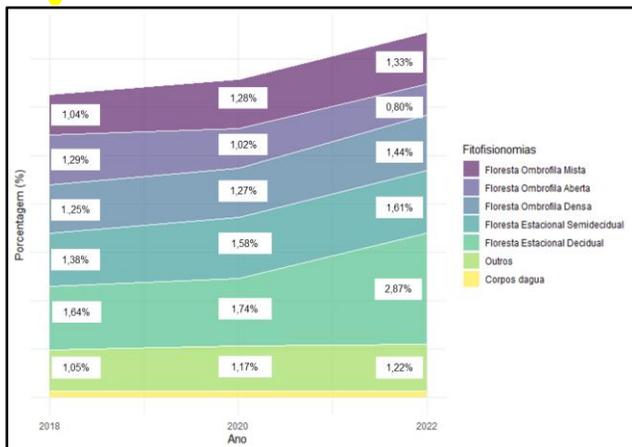


Gráfico 2. Porcentagem da variação anual da vegetação secundária.

A variação da anual da vegetação secundária para cada fitofisionomia apontou que a de maior crescimento percentual foi a Floresta Estacional Decidual, enquanto a de menor (Gráfico 3).

Entre 2018 e 2022, a Floresta Estacional Decidual (FED) teve o maior crescimento percentual, com um aumento de 74,83%. A Floresta Ombrófila Mista (FOM) também cresceu significativamente, em 27,64%. Em contraste, a Floresta Ombrófila Aberta (FOA) diminuiu 37,89%. A Floresta Estacional Semidecidual (FES) e a Floresta Ombrófila Densa (FOD) cresceram 16,52% e 14,70%, respectivamente.

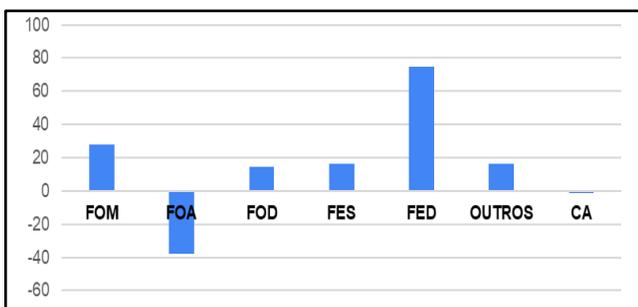


Gráfico 3. Taxa da variação percentual entre 2018 a 2022.

Esses dados indicam uma recuperação variada entre as diferentes fitofisionomias.

A análise das taxas de mudança média por ano entre 2018 e 2022 revela variações significativas nas fitofisionomias (Gráfico 4). A Floresta Estacional Decidual (FED)

apresentou a maior taxa média anual de crescimento, com 175,78 km² por ano, seguida pela Floresta Estacional Semidecidual (FES) com 189,91 km² por ano. A Floresta Ombrófila Mista (FOM) também teve um crescimento relevante, com 92,16 km² por ano. Em contraste, a Floresta Ombrófila Aberta (FOA) foi a única a registrar uma redução anual, com uma taxa média de -9,42 km² por ano.

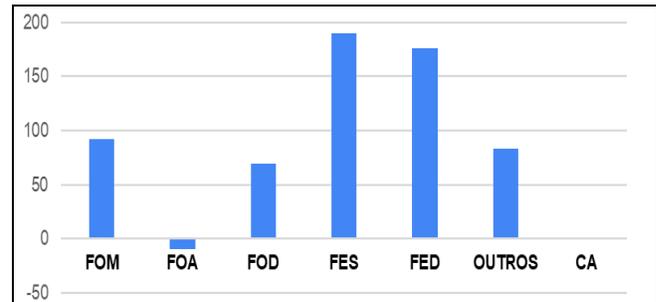


Gráfico 4. Taxa de mudança média por ano.

Essas variações indicam uma dinâmica diferenciada de regeneração entre as fitofisionomias, destacando a importância de políticas de conservação adaptadas a tipos específicos de vegetação são cruciais para preservar a biodiversidade vegetal e o funcionamento do ecossistema. A Estratégia Global para Conservação de Plantas enfatiza a necessidade de metas orientadas para a produção para atender aos requisitos de conservação [24].

Com base na análise das taxas de mudança média anual, a Floresta Estacional Decidual (FED) e a Floresta Estacional Semidecidual (FES) destacaram-se como as fitofisionomias com maiores taxas de crescimento. Utilizando essas informações, foi criado um mapa de calor (KERNEL) com os polígonos de vegetação secundária em todo o bioma (Figura 2). Ao plotar os limites das duas fitofisionomias que se destacaram (FED e FES), o resultado visual revelou manchas de calor que indicam a concentração e a área dos aglomerados de vegetação secundária.

Esse mapeamento permite uma compreensão mais detalhada da distribuição espacial e da dinâmica de recuperação dessas fitofisionomias, ressaltando as possíveis áreas prioritárias aumentando a eficácia dos esforços para conservação [24].

A área de vegetação secundária em diferentes estados brasileiros entre os anos de 2018 e 2022, indicando uma variação significativa entre eles. Estados como Bahia (BA) e São Paulo (SP) exibem grandes extensões de vegetação secundária, com BA tendo um aumento expressivo para 2710,55 km² e SP para 2064,77 km² em 2022. Minas Gerais (MG) também se destaca com 5053,97 km², refletindo o maior incremento absoluto na área total de vegetação secundária. Em contraste, estados como Alagoas (AL) e Paraíba (PB) possuem áreas significativamente menores, com 114,46 km² e 19,04 km² respectivamente, indicando variações regionais pronunciadas.

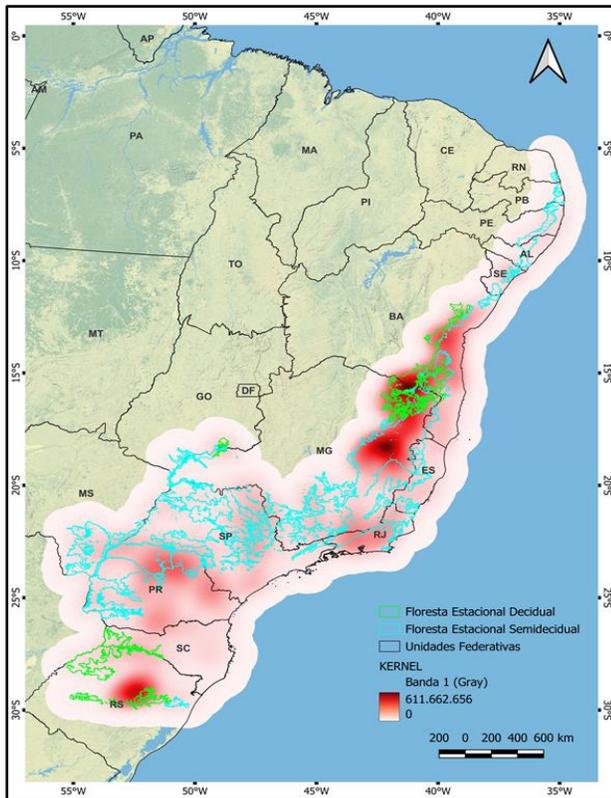


Figura 2. Mapa de Kernel da distribuição espacial da vegetação secundária e limite das fitofisionomias de Floresta Estacional Decidual e Semidecidual.

A análise das taxas de vegetação secundária por estado revela variações significativas entre diferentes regiões do Brasil (Gráfico 5). A Bahia (BA) e Minas Gerais (MG) destacam-se com as maiores áreas de vegetação secundária, apresentando incrementos substanciais de 100,64% e 201,52%, respectivamente. Esses estados, com 2710,55 km² (BA) e 5053,97 km² (MG), refletem um crescimento robusto na recuperação de vegetação secundária, **sugerindo políticas de conservação eficazes.**

Em contraste, estados como Paraíba (PB) e Pernambuco (PE) apresentaram taxas negativas, com -7,63% e -35,82%, respectivamente, indicando uma redução na área de vegetação secundária. Alagoas (AL) também teve uma leve diminuição de -18,97%.

Outros estados como São Paulo (SP) e Paraná (PR) mostraram crescimento moderado de 77,64% e 86,35%, respectivamente. São Paulo, com 2064,77 km², continua a ser um dos estados com maior área de vegetação secundária, **destacando-se na recuperação ambiental.**

Essas variações refletem a dinâmica complexa e regional da **regeneração de vegetação secundária**, ressaltando a importância de estratégias de conservação adaptadas às condições específicas de cada estado.

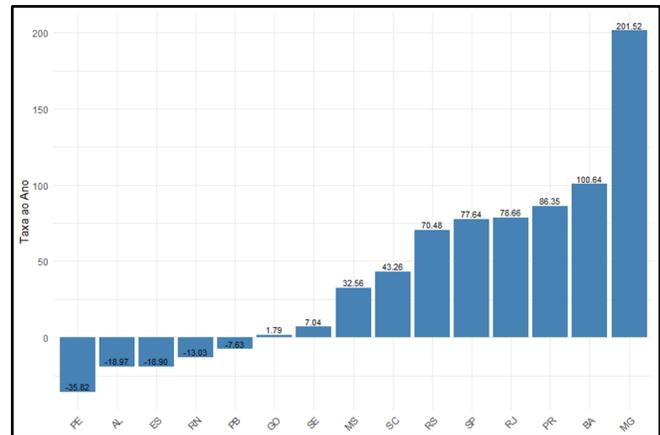


Gráfico 5. Taxa de vegetação secundária por estado.

5. CONCLUSÕES

Os resultados desta análise revelam uma dinâmica variada na regeneração da vegetação secundária dentro do bioma da Mata Atlântica entre os anos de 2018 e 2022. Fitofisionomias como a Floresta Estacional Decidual e a Floresta Estacional Semidecidual destacaram-se com as maiores taxas de crescimento, indicando uma recuperação significativa da vegetação secundária. Este estudo também mostrou variações regionais pronunciadas, com estados como Bahia e Minas Gerais apresentando aumentos substanciais na área de vegetação secundária, enquanto outros, como Alagoas e Paraíba, registraram reduções. A análise espacial detalhada revelada pelo mapa de calor ~~KERNEL~~ sugere áreas prioritárias para a conservação, ressaltando a necessidade de políticas específicas de manejo e conservação adaptadas às diferentes realidades regionais.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (2012) "Manual Técnico da vegetação brasileira", <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf>, August.
- [2] MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- [3] MITTERMEIER, R.; TURNER, W.; LARSEN, F.; BROOKS, T.; GASCON, C. Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. *Biodiversity Hotspots*. [S. l.: s. n.], 2011. p. 3–22. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_1.
- [4] Willig, M. R., D. M. Kaufman, and R. D. Stevens. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: Pattern, process, scale and synthesis. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34: 273–309.
- [5] Willig, M.R., Kaufman, D.M., & Stevens, R.D. (2003). Latitudinal Gradients of Biodiversity: Pattern, Process, Scale, and

Synthesis. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34, 273-309.

[6] Milton Cezar Ribeiro, Jean Paul Metzger, Alexandre Camargo Martensen, Flávio Jorge Ponzoni, Márcia Makiko Hirota, The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation, Biological Conservation, Volume 142, Issue 6, 2009, Pages 1141-1153, ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320709000974>)

[7] Ponzoni, F.J. and Pessoa, A.C.M. (2015) “Análise temporal da ação antrópica sobre diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro” Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, vol 17, pages 0123-0130.

[8] ARAÚJO, Ubiracy Craveiro. Mata Atlântica: do disciplinamento jurídico acerca da competência legislativa para autorizar a sua supressão. In: INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Aspectos jurídicos da proteção da Mata Atlântica. São Paulo: ISA, 2001. p. 30-44.

[9] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Limite dos biomas. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2019.

[10] FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - Período 2022-2023: Relatório Técnico. São Paulo, 2024.

[11] FUNDAÇÃO INTERNACIONAL DE RESEARCH FOR AGRICULTURE (CIFOR). Functional Recovery of Secondary Tropical Forests. CIFOR Knowledge, 2024.

[12] CENAMO, M. C.; PAVAN, M. N.; BARROS, A. C.; CARVALHO, F. Guia sobre projetos de REDD+ na América Latina. 2. ed. Manaus: The Nature Conservancy: Idesam, 2010. 96 p.

[14] WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com Araucária utilizando imagens do satélite Ikonos II. Ciência Florestal, v. 19, n. 2, p. 169-181, 2009.

[15] MATOS, F. D. A.; KIRCHNER, F. F. Estimativa da floresta ombrófila densa de terra firme na amazônia central com o satélite Ikonos II. FLORESTA, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 157 - 171. 2008.

[16] VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. Análise do desempenho dos índices de vegetação NDVI e SAVI a partir de imagens Aster. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... Curitiba, p. 1828-1834, 2011.

[17] JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução da 2ª edição por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphanyo (coordenador); Antonio R. Formaggio; Athos R. Santos; Bernardo F. T. Rudorff; Cláudia M. Almeida; Lênio S. Galvão. São José dos Campos: Parêntese, p. 672, 2009.

[18] LYMPEROPOULOS, Eleftherios; TZOUVELI, Paraskevi; KOLLIAS, Stefanos. Satellite image super-resolution for forest localization. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). IEEE, 2024.

[19] Chanchí, Gabriel Elías & Ospina, Manuel & Saba, Manuel. (2023). Vegetation Identification in Hyperspectral Images Using Distance/Correlation Metrics. Atmosphere. 14. 1148. 10.3390/atmos14071148.

[20] Haoming, Wan., Yunwei, Tang., Linhai, Jing., Hui, Li., Fang, Qiu., Wenjin, Wu. (2021). Tree Species Classification of Forest Stands Using Multisource Remote Sensing Data. Remote Sensing, 13(1):144-. doi: 10.3390/RS13010144.

[21] Camila, Linhares, de, Rezende., Alexandre, Uezu., Fabio, Rubio, Scarano., Dorothy, Sue, Dunn, de, Araujo. (2015). Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. Biodiversity and Conservation, 24(9):2255-2272. doi: 10.1007/S10531-015-0980-Y.

[22] Duarte, Victor & Abreu, Vítor & Dias, Henrique & Kunz, Sustanis & Berg, Eduardo. (2022). How environmental factors condition natural regeneration in the altitudinal gradient of a montane rainforest. 10.21203/rs.3.rs-2281878/v1.

[23] Poorter L, Rozendaal DMA, Bongers F, Almeida JS, Álvarez FS, Andrade JL, Arreola Villa LF, Becknell JM, Bhaskar R, Boukili V, Brancalion PHS, César RG, Chave J, Chazdon RL, Dalla Colletta G, Craven D, de Jong BHJ, Denslow JS, Dent DH, DeWalt SJ, Díaz García E, Dupuy JM, Durán SM, Espírito Santo MM, Fernandes GW, Finegan B, Granda Moser V, Hall JS, Hernández-Stefanoni JL, Jakovac CC, Kennard D, Lebrija-Trejos E, Letcher SG, Lohbeck M, Lopez OR, Marín-Spiotta E, Martínez-Ramos M, Meave JA, Mora F, de Souza Moreno V, Müller SC, Muñoz R, Muscarella R, Nunes YRF, Ochoa-Gaona S, Oliveira RS, Paz H, Sanchez-Azofeifa A, Sanaphre-Villanueva L, Toledo M, Uriarte M, Utrera LP, van Breugel M, van der Sande MT, Veloso MDM, Wright SJ, Zanini KJ, Zimmerman JK, Westoby M. Functional recovery of secondary tropical forests. Proc Natl Acad Sci U S A. 2021 Dec 7;118(49):e2003405118. doi: 10.1073/pnas.2003405118. PMID: 34845017; PMCID: PMC8670493.

[24] HERMY, Martin; ENDELS, Patrick; JACQUEMYN, Hans; BRYN, Rein. Conservation of Plants. In: Encyclopedia of Life Sciences. John Wiley & Sons, Ltd, 2007. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0003353>[7].

[24] Yue, W., Feng, B., Zhou, Q., Xu, R., & Li, M. (2024). An assessment of the Ecological Conservation Redline: unlocking priority areas for conservation. Journal of Environmental Planning and Management, 67(5), 1034–1052. <https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2145939>.