

CAPÍTULO 1

RIO DE JANEIRO: UMA ANÁLISE SOBRE O USO DO SOLO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Telmo B. Silveira Filho, Fabiano C. Balieiro, Monise A. F. Magalhães



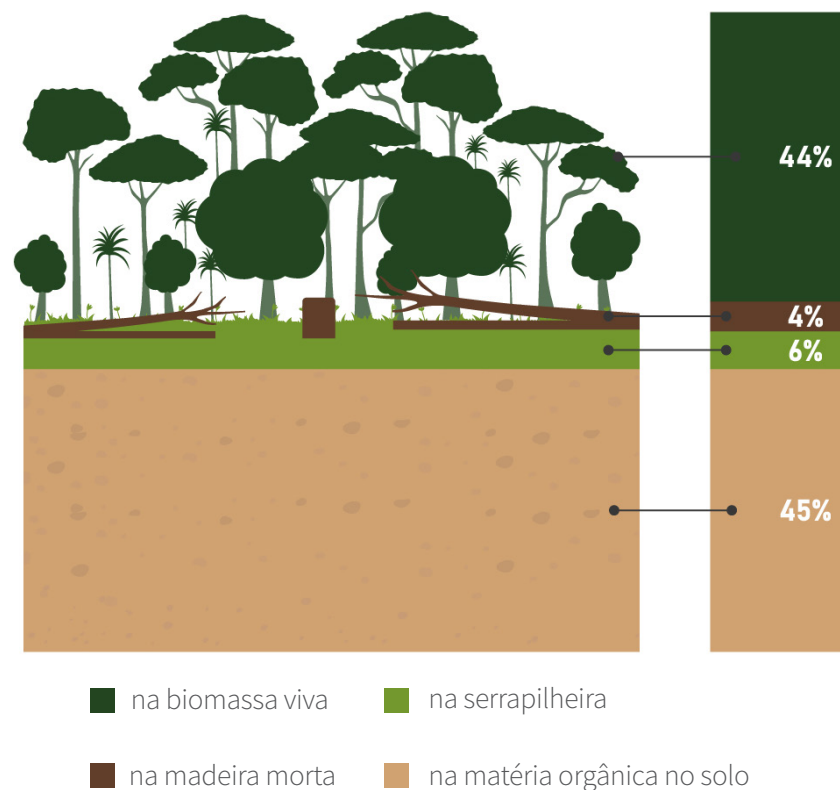
Os desafios impostos pelas mudanças climáticas, que já são uma realidade em muitos aspectos do cotidiano, requerem um diálogo multissetorial e estratégias distintas de ações já abordadas por diversos atores da sociedade, sobretudo os cientistas, formuladores de políticas, empresas e investidores. As ações de mitigação das emissões de gases do efeito estufa (GEE) dependem de uma contribuição substancial dos ecossistemas florestais, especialmente das florestas tropicais. Além disso, soma-se o fato de que as ações de adaptação são cruciais para minimizar os riscos das populações diante dos desafios atuais, em que mais uma vez as Soluções baseadas na Natureza (SbN) se apresentam como grandes aliadas.

Dessa forma, os ecossistemas florestais que muitas vezes foram e ainda são observados como obstáculo ao “desenvolvimento”, como reflexo de atraso à modernidade, se apresentam como a principal estratégia para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Porém, esses mesmos ecossistemas, sua biodiversidade e funcionalidade são afetados pelas mudanças climáticas. Por isso, é necessário reforçar a aliança global pelo monitoramento, conservação e restauração dos ecossistemas florestais, que têm o solo como seu substrato principal.

Os ecossistemas terrestres armazenam grandes quantidades de carbono (C) nas plantas e no solo, desempenhando um papel importante na regulação climática global, que sofre rápidas mudanças em função das ações antrópicas, com destaque para a dinâmica do uso da terra (Heimann; Reichstein, 2008; Harris *et al.*, 2021). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2020), a maior parte do carbono florestal é encontrada na biomassa viva (44%) e na matéria orgânica do solo (45%), com o restante na madeira morta e na serrapilheira (Figura 1).

FIGURA 1. Proporção dos estoques de carbono nos compartimentos

Proporção de reservatórios florestais de carbono (2020)



Fonte: Adaptada pelos autores de FAO (2020).

Devido à importância dos ecossistemas na regulação do clima, políticas públicas e práticas sustentáveis baseadas em evidências científicas devem ser almejadas pelas sociedades, governantes e instituições oficialmente constituídas. Dessa forma, a tomada de decisões sobre gestão florestal, em nível regional, nacional e internacional, visando ações de conservação da biodiversidade e manutenção dos serviços florestais, necessita de informações florestais consistentes e atualizadas (Nesha *et al.*, 2022).

Sendo assim, acreditamos que nas regiões tropicais é imprescindível a criação ou reforço das capacidades locais e regionais de copilar, recopilar e analisar dados para gerar e difundir informações, em especial sobre os ativos florestais e sua biodiversidade, a fim de suprir as necessidades e especificidades de diversos públicos.

Considerando os efeitos das mudanças climáticas, os inventários florestais em larga escala tornam-se essenciais para avaliar, desenvolver cenários e contribuir para políticas de adaptação e mitigação dos impactos já instaurados. Nesse sentido, enquanto a biomassa viva aérea total é uma característica florestal de interesse particular, a contribuição do solo fica pouco visibilizada. Os solos florestais e a biomassa lenhosa detêm a maior parte do carbono da biomassa terrestre do planeta Terra (Houghton, 1999).

Mudanças no uso do solo causados pela ação antrópica em ecossistemas terrestres, principalmente nos ecossistemas florestais, como queimadas ou desmatamentos para a agropecuária e a mineração, podem compor de 15 a 40% do valor anual das emissões de GEE.

Tais mudanças no uso do solo exerceram e continuam a exercer grande pressão sobre a Mata Atlântica, formação florestal mais antiga do Brasil. Segundo Paduá (2004), esse bioma foi alvo de várias “culturas esgotadoras”, e há relatos do século XIX de mais de 300 anos de ação humana de negação da generosidade e dos benefícios da natureza brasileira. As marcas desse passado persistem e dificultam os processos de recuperação das áreas degradadas.

O território do estado do Rio de Janeiro é coberto integralmente pela Mata Atlântica, a qual foi estabelecida há cerca de 50 e 70 milhões de anos, quando três fatores passaram a ocorrer paralelamente: i) formação do Oceano Atlântico; ii) formação de sistemas de montanhas na borda atlântica da América do Sul; e iii) aumento da temperatura na Terra (Marques *et al.*, 2016; Leitão-Filho, 1987). Esta evolução garantiu a formação de regiões geomorfológicas distintas e diversos ambientes de formação de solos no diminuto território do estado. Com uma área de 4.378.158 ha, a superfície do estado corresponde a 0,5% do território nacional, e teve seu patrimônio natural dilapidado quase em sua totalidade. Como consequência da ocupação e do uso do solo, a cobertura florestal no território estadual foi gradativamente reduzida, e atualmente tem pouco mais de 15% do original, embora ainda resguarde cerca de 33% de cobertura florestal em diversos estágios sucessionais, com os maiores remanescentes recobrimdo os maciços serranos (Figura 2).



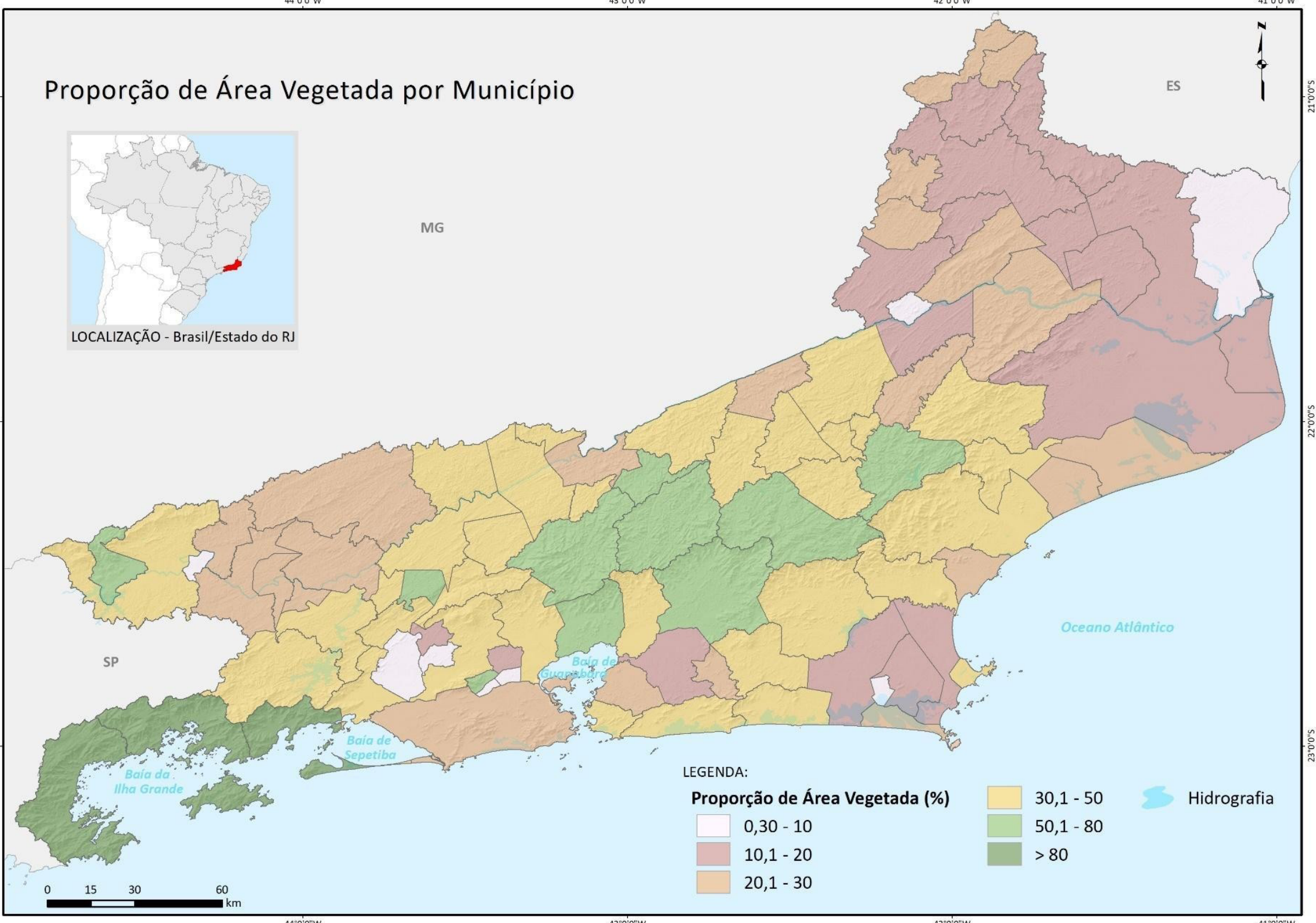
FIGURA 2. Proporção de área vegetada pelo bioma Mata Atlântica nos municípios do estado do Rio de Janeiro
Ano-base 2013, escala de mapeamento 1:25.000.

Fonte: Silveira-Filho (2024).

Proporção de Área Vegetada por Município



LOCALIZAÇÃO - Brasil/Estado do RJ



LEGENDA:

Proporção de Área Vegetada (%)

- 0,30 - 10
- 10,1 - 20
- 20,1 - 30

- 30,1 - 50
- 50,1 - 80
- > 80

Hidrografia

Este riquíssimo patrimônio natural tem uma diversidade de habitats, desde restingas e manguezais nas planícies costeiras e fluviais, florestas de baixadas, maciços serranos, até os campos de altitude a cerca de 2.790 metros no Pico das Agulhas Negras (Figura 3). Essa ampla variação altitudinal em um território relativamente pequeno, associada à geomorfologia, ao clima e a outros fatores, é responsável por grande diversidade de fauna e flora, reconhecidas como uma das mais ricas do país; o estado é inclusive considerado uma importante região de endemismo da biodiversidade (Silveira-Filho; Rambaldi, 2018).

Abrigando 8% da população brasileira em seus 92 municípios, um total de mais de 16 milhões de habitantes, o Rio de Janeiro é um dos estados mais densamente populosos do país – tem a segunda maior densidade demográfica (365,23 hab/km²) –, com cerca de 90% da população vivendo em ambientes urbanos (IBGE, 2024). Uma das primeiras regiões do país ocupada pelos colonizadores, o Rio de Janeiro é um estado cuja secular atividade humana modificou profundamente sua paisagem, constituída atualmente por um mosaico de áreas naturais e seminaturais cercadas por zonas urbanizadas.

Em seu ambiente rural, o estado do Rio de Janeiro conta com um universo de aproximadamente 65 mil estabelecimentos, sendo que 43.599 (cerca de 66,8%) são propriedades de agricultura familiar (EMATER-RIO, 2024). Sob a perspectiva de módulos fiscais, cerca de 88% dos imóveis rurais estão classificados em até 4 (quatro) módulos, indicando a necessidade premente de um olhar e estratégias que convirjam em ações conservacionistas de manejo do solo.

Os solos apresentam grande variabilidade de características e propriedades em virtude de seu ambiente de formação e das modificações

antrópicas (Figura 4). O solo pode ser conceituado como a cobertura superficial da crosta terrestre, constituída por material mineral e orgânico, com capacidade de armazenar água e ar e de fornecer suporte ao crescimento de plantas e de outros organismos do solo. Como meio de crescimento para as plantas, o solo tem quatro principais funções: i) dar suporte ao crescimento das raízes; ii) armazenar água e suprir as plantas desse elemento; iii) armazenar ar para as raízes das plantas; e iv) fornecer nutrientes para as plantas (Anjos; Pereira, 2013). Ou seja, os solos são responsáveis por sustentar a vida, as florestas e a segurança alimentar, provendo serviços ecossistêmicos múltiplos.

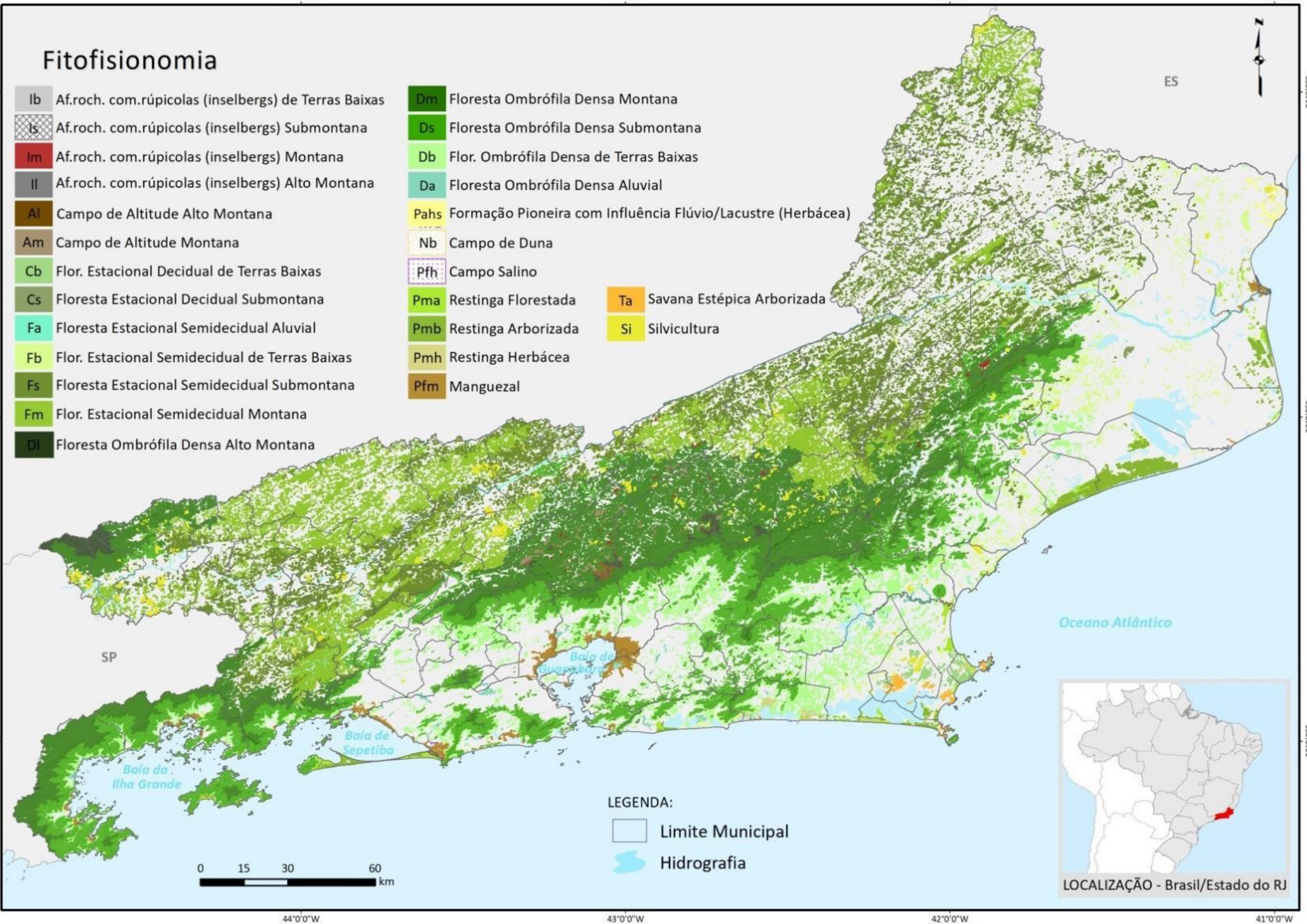


FIGURA 3. Classes de cobertura vegetal no estado do Rio de Janeiro Ano-base 2013, escala de mapeamento 1:25.000.

Fonte: Silveira-Filho (2024).

Fitofisionomia

Ib	Af.roch. com.rúpicolas (inselbergs) de Terras Baixas	Dm	Floresta Ombrófila Densa Montana
Is	Af.roch. com.rúpicolas (inselbergs) Submontana	Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana
Im	Af.roch. com.rúpicolas (inselbergs) Montana	Db	Flor. Ombrófila Densa de Terras Baixas
Il	Af.roch. com.rúpicolas (inselbergs) Alto Montana	Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial
Al	Campo de Altitude Alto Montana	Pahs	Formação Pioneira com Influência Flúvio/Lacustre (Herbácea)
Am	Campo de Altitude Montana	Nb	Campo de Duna
Cb	Flor. Estacional Decidual de Terras Baixas	Pfh	Campo Salino
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	Pma	Restinga Florestada
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	Pmb	Restinga Arborizada
Fb	Flor. Estacional Semidecidual de Terras Baixas	Pmh	Restinga Herbácea
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Pfm	Manguezal
Fm	Flor. Estacional Semidecidual Montana	Ta	Savana Estépica Arborizada
DI	Floresta Ombrófila Densa Alto Montana	Si	Silvicultura



LEGENDA:

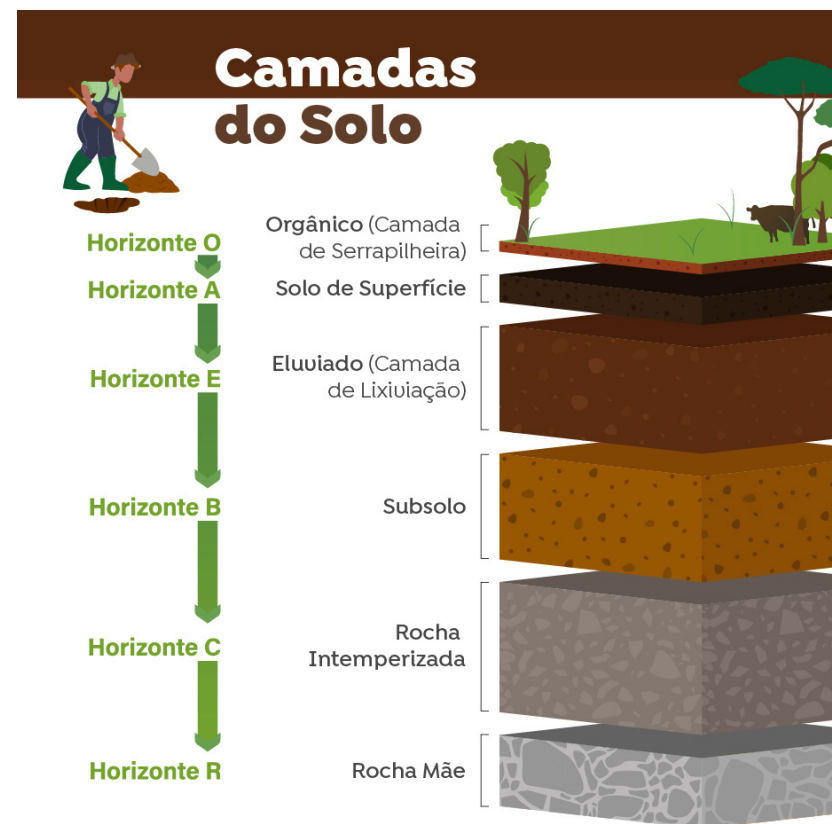
- Limite Municipal
- Hidrografia



Dentre as principais atividades e usos alternativos do solo no ambiente rural do estado do Rio de Janeiro, destacam-se, a partir da importância na economia agropecuária: i) a bovinocultura, presente em 89 municípios, com áreas de pastagem presentes em todos os 92 municípios, ocupando 52% do território estadual; ii) a olericultura, presente em 85 municípios; iii) a criação de pequenos e médios animais, principalmente avicultura de corte, a apicultura (encontrada em 77 municípios) e a avicultura de postura (encontrada em 76 municípios); iv) a fruticultura atividade de maior importância econômica do setor agrícola estadual, especialmente as culturas do abacaxi, citrus e banana; e v) outras culturas seculares como cana-de-açúcar, mandioca, milho e café. Podemos também incluir a cultura de louro (*Laurus nobilis* - *Lauraceae*), espécie nativa da região Sul do Mediterrâneo, e o urucum (*Bixa orellana* – *Bixaceae*), espécie nativa de ampla distribuição no Brasil. Por fim, com menos expressão econômica, mas não menos importante, estão presentes a floricultura, a pesca artesanal, a silvicultura e os cereais (EMATER-RIO, 2024).

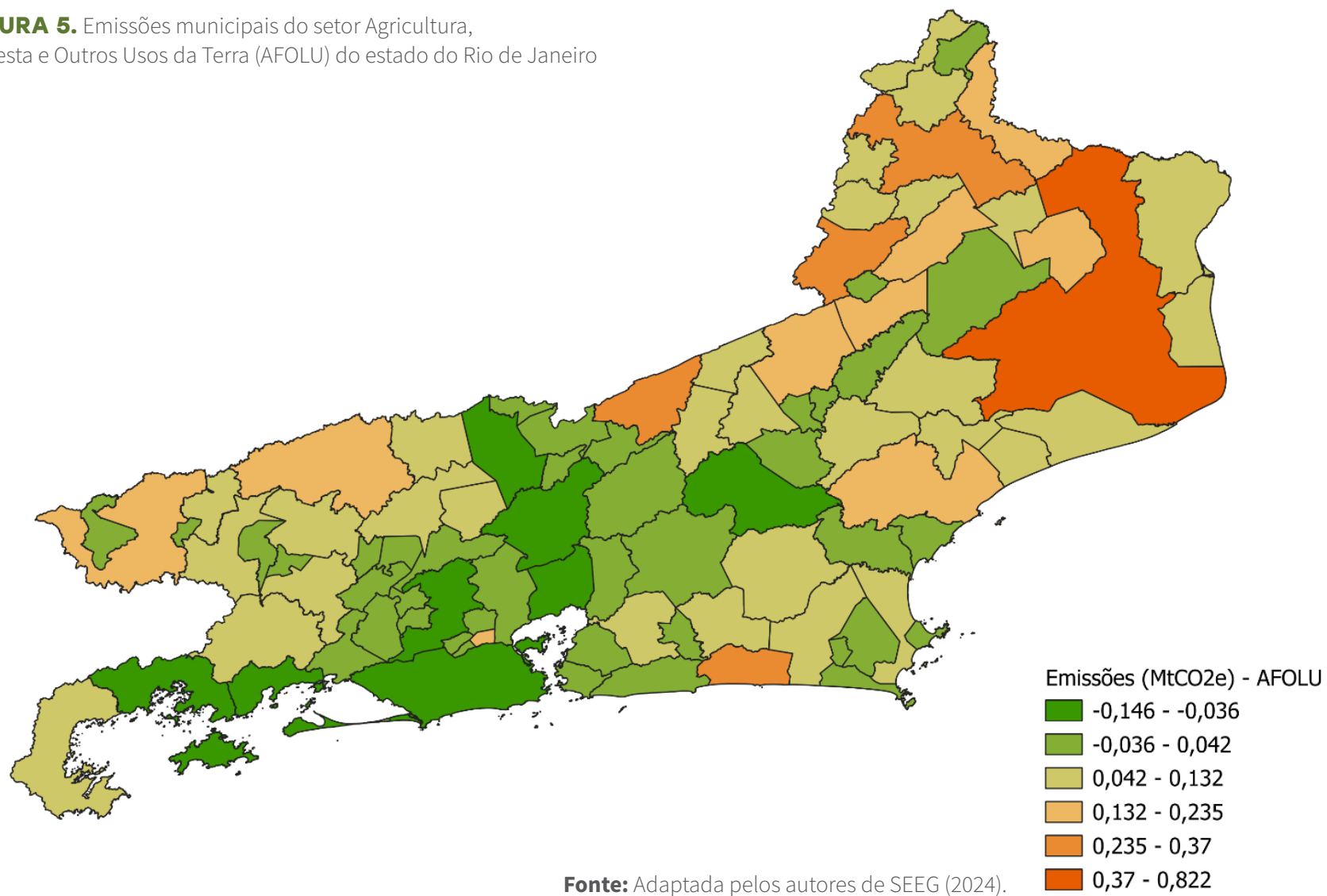
Diante deste cenário, o estado do Rio de Janeiro tem um grande potencial para contribuir na mitigação das emissões de GEE e para fomentar práticas conservacionistas que garantam a segurança hídrica, alimentar e demais serviços ecossistêmicos.

FIGURA 4. Diagrama das camadas do solo



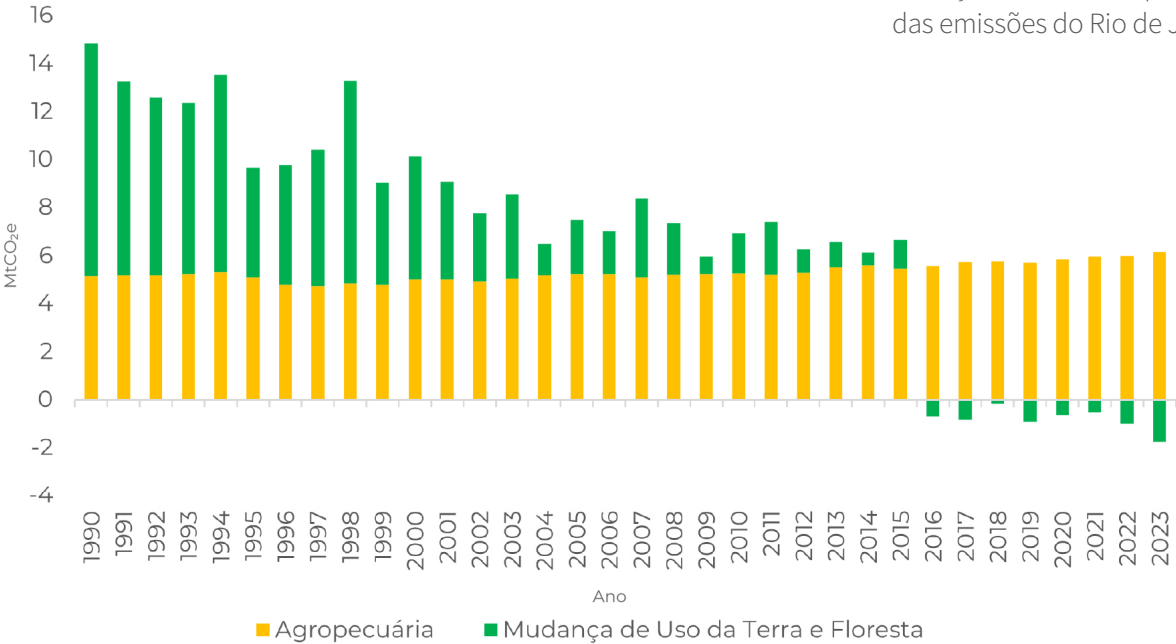
Fonte: Adaptada pelos autores de FAO (2020).

FIGURA 5. Emissões municipais do setor Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU) do estado do Rio de Janeiro



Os municípios e regiões de governo que se destacaram como principais emissores do setor de AFOLU, em 2023, encontram-se no Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro. Seus municípios apresentam as menores taxas de cobertura de Mata Atlântica, resultante do histórico de mudança do uso e degradação do solo, sendo na maior parte vinculadas às atividades agropecuárias (Figura 5).

FIGURA 6. Série histórica das emissões decorrentes desagregadas para agropecuária e mudanças de uso da terra para o estado do Rio de Janeiro



Diferente do perfil nacional de emissões de GEE, na qual o setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (em inglês, *Agriculture, Forestry and Other Land Use – AFOLU*), que em 2023 correspondeu a 27,4% (SEEG, 2024) no estado do Rio de Janeiro, no mesmo período, a agropecuária e as Mudanças de Uso da Terra e Floresta (MUT) representaram as menores participações no cenário de emissões do estado, com emissões totais estimadas em 6,17 e -1,75 MtCO₂e, respectivamente (Figura 6). No cenário de emissões líquidas, o setor da Agropecuária representa 9,2% das emissões totais, e as emissões negativas do setor de MUT representam 2,61% das emissões positivas do estado. Ou seja, no cenário atual, a remoção de carbono proveniente do setor já representa 2,61% do total das emissões do Rio de Janeiro (SEEG, 2024).

Fonte: Adaptada pelos autores de SEEG (2024).

Conforme a Figura 6, as emissões do subsetor de Mudanças de Uso da Terra (MUT) tendem a diminuir ao longo dos próximos anos. Isso decorre da redução das emissões provenientes das categorias de desmatamento, outras mudanças de uso da terra e restauração florestal. É possível observar, a partir de análises mais acuradas, o aumento da remoção das emissões promovida pela conservação da vegetação nativa. Diante do panorama de uso do solo e sua relação com as emissões de GEE apresentados até aqui, algumas iniciativas no âmbito da política pública estadual visando o combate ao desmatamento e às queimadas, bem como à criação e gestão de Unidades de Conservação (UCs) e incentivos à restauração florestal, para a redução das emissões de GEE, destacam-se: Programa Olho no Verde, Programa de Apoio à Criação e Gestão de Unidades de Conservação Municipais (PROUC), Programa Estadual de Apoio às Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), Programa Replantando Vidas da CEDAE e Programa Florestas do Amanhã.

Tais contribuições podem ser mais significativas desde que o monitoramento, a avaliação e a contabilidade do carbono nos solos em escala de paisagem sejam aplicados às práticas sustentáveis, como, por exemplo, a Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), além das ações de ampliação da restauração da Mata Atlântica com base na adequação das propriedades rurais.



A manutenção dos solos saudáveis e funcionais contribuem para o objetivo 15 dos ODS da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que é “Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres”, com o objetivo de combater a desertificação, a degradação do solo e a perda de biodiversidade, garantindo a gestão sustentável das florestas e ecossistemas de água doce e a conservação das montanhas e zonas áridas.

REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C.; PREREIRA, M. G. Principais classes de solo do estado do Rio de Janeiro. In: FREIRE, L. R. (coord.). **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Ed. Universidade Rural, 2013. p. [37]-68.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Relatório anual de atividades 2023**. Niterói, RJ: EMATER-RIO, 2024. 166 f.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Global Forest Resources Assessment 2020**: main report. Rome: FAO, 2020. 164 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9825en>. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/d6f0df61-cb5d-4030-8814-0e466176d9a1>. Acesso em: 01 out. 2025.

HARRIS, N. L. *et al.* Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes. **Nature Climate Change**, v. 11, p. 234-240, 21 Jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00976-6>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00976-6>. Acesso em: 26 set. 2024.

HEIMANN, M.; REICHSTEIN, M. Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks. **Nature**, v. 451, p. 289-292, 16 Jan. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature06591>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature06591>. Acesso em: 26 set. 2024.

HOUGHTON, R. A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. **Tellus**, v. 51, n. 2, p. 298-313, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022. [Rio de Janeiro: IBGE, 2024]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 01 fev. 2024.

LEITÃO-FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. **IPEF**, n. 35, p. 41-46, abr. 1987.

MARQUES, M. C. M.; SILVA, A. C. L.; RAJÃO, H.; ROSADO, B. H. P.; BARROS, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; FINOTTI, R.; NECKEL-OLIVEIRA, S.; AMORIM, A.; CERQUEIRA, R.; BERGALLO, H. G. Mata Atlântica: o desafio de transformar um passado de devastação em um futuro de conhecimento e conservação. In: PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. (org.). **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC: CNPq: PPBio, 2016. p. 51-67.

NESHA, K.; HEROLD, M.; DE SY, V.; BRUIN, S.; ARAZA, A.; MÁLAGA, N.; GAMARRA, J. G. P.; HERGOUALC'CH, K.; PEKKARINEN, A.; RAMIREZ, C.; MORALES-HIDALGO, D.; TAVANI, R. Exploring characteristics of national forest inventories for integration with global space-based forest biomass data. **Science of the Total Environment**, v. 850, 1 Dec. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157788>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722048872>. Acesso em: 26 set. 2024.

SILVEIRA-FILHO, T. B. **Flora, biomassa e carbono da Floresta Atlântica no estado do Rio de Janeiro**: um retrato do primeiro ciclo do Inventário Florestal Nacional (2013-2016). 2024. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

SILVEIRA-FILHO, T. B.; RAMBALDI, D. M. A contribuição do estado do Rio de Janeiro para a conservação de plantas no Brasil. *In*: MARTINELLI, G.; MARTINS, E.; MORAES, M.; LOYOLA, R.; AMARO, R. (org.). **Livro vermelho da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CNCFlora, 2018. p. 20-24.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Emissões de GEE (2023) Rio de Janeiro/RJ. Piracicaba, SP: SEEG, 2024. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territorio/rj-rio-de-janeiro> SEEG. Acesso em: 01 out. 2025.

SOBRE OS AUTORES

Telmo Borges Silveira Filho

É Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Doutor em Ciências Ambientais e Florestais pela mesma universidade. Possui experiência em gestão florestal e atua como servidor público desde 2006. Superintendente de Mudanças do Clima e Florestas na Subsecretaria de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (SEAS). (telmoborges.florestal@gmail.com).

Fabiano de Carvalho Balieiro

É Engenheiro Agrônomo, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Doutor em Ciência do Solo, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). É Pesquisador da Embrapa Solos desde 2007 e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambientais e Florestas da UFRRJ (desde 2019). Atua nas áreas de ciclagem de nutrientes e dinâmica da matéria orgânica em florestas naturais e plantadas, e outros agroecossistemas. (fabiano.balieiro@embrapa.br).

Monise Aguillar Faria Magalhães

É Engenheira Florestal, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com especialização em Unidades de Conservação (UCs). Possui experiência em gestão de projetos ambientais e florestais e políticas públicas. Atua na área há mais de 15 anos. Hoje trabalha para a Superintendência de Mudanças do Clima e Florestas na Subsecretaria de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (SEAS). (monise.seas@gmail.com).