GEO FRONTER
ISSN: 2447-9195

SEQUESTRO DE CARBONO EM ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ, ALAGOAS

Carbon Sequestration in Environmental Protection Areas in the Maceió Metropolitan Region, Alagoas

Secuestro de Carbono en Áreas de Protección Ambiental en la Región Metropolitana de Maceió, Alagoas

Wellington dos Santos Graciliano
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Kallianna Dantas Araujo
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Renato Wilian Santos de Lima
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Resumo: As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) desempenham importante papel no contexto das mudanças climáticas, uma vez que a vegetação atua como sumidouro do dióxido de carbono (CO_2), um dos principais gases do efeito estufa. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o sequestro de carbono em Áreas de Proteção Ambiental na Região Metropolitana de Maceió, Alagoas. As áreas de estudo englobam as APAs do Catolé e Fernão Velho, Pratagy e Santa Rita. Utilizou-se imagens de satélite para a avaliação temporal do sequestro de carbono entre os anos 2016 e 2025. Foram aplicados os índices espectrais NDVI e PRI, a partir dos quais foi calculado o índice de sequestro de carbono (CO_2flux). As áreas verdes com melhor conservação ambiental são as que apresentam mais capacidade de sequestrar carbono. Entretanto, verificou-se que a expansão urbana tem contribuído para a redução da média do fluxo de CO_2 nas APAs de Santa Rita e (Catolé e Fernão Velho), uma vez que a supressão da vegetação diminui a absorção de CO_2 da atmosfera. Embora as APAs apresentem resiliência frente às pressões antrópicas, o avanço urbano compromete seus serviços ecossistêmicos, evidenciando a necessidade de ampliação de políticas públicas voltadas à conservação das áreas verdes, aliada ao planejamento urbano sustentável.
Palavras-chave: Vegetação; CO_2flux; Efeito estufa; Geotecnologia.

Abstract: Environmental Protection Areas (APAs) play an important role in the context of climate change, since vegetation acts as a sink for carbon dioxide (CO_2), one of the main greenhouse gases. In this context, the objective of this study was to evaluate carbon sequestration in Environmental Protection Areas within the Metropolitan Region of Maceió, Alagoas. The study areas comprised the Catolé and Fernão Velho, Pratagy, and Santa Rita APAs. Satellite imagery was used to perform a temporal assessment of carbon sequestration between 2016 and 2025. The spectral indices NDVI and PRI were applied, from which the carbon sequestration index (CO_2flux) was calculated. Green areas with better environmental conservation showed greater capacity for carbon sequestration. However, urban expansion was found to contribute to the reduction in the average CO_2 flux in the Santa Rita and Catolé and Fernão Velho APAs, since vegetation suppression decreases the absorption of atmospheric CO_2. Although the APAs demonstrate resilience to anthropogenic pressures, the advance of urbanization compromises their ecosystem services, highlighting the need to expand public policies aimed at

© 2026 - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Brasil. Todos os direitos reservados.
ISSN: 2447-9195. Geofronter, Campo Grande, v. 16, p. 01-24, e10454.

conserving green areas in conjunction with sustainable urban.
Keywords: Vegetation; CO_2flux; Greenhouse effect; Geotechnology.

Resumen: Las Áreas de Protección Ambiental (APAs) desempeñan un papel importante en el contexto del cambio climático, ya que la vegetación actúa como sumidero de dióxido de carbono (CO_2), uno de los principales gases de efecto invernadero. En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar el secuestro de carbono en Áreas de Protección Ambiental de la Región Metropolitana de Maceió, Alagoas. Las áreas de estudio incluyeron las APAs de Catolé y Fernão Velho, Pratagy y Santa Rita. Se utilizaron imágenes satelitales para la evaluación temporal del secuestro de carbono entre los años 2016 y 2025. Se aplicaron los índices espectrales NDVI y PRI, a partir de los cuales se calculó el índice de secuestro de carbono (CO_2flux). Las áreas verdes con mejor conservación ambiental son las que presentan mayor capacidad de secuestrar carbono. Sin embargo, se verificó que la expansión urbana ha contribuido a la reducción del promedio del flujo de CO_2 en las APAs de Santa Rita y Catolé y Fernão Velho, ya que la supresión de la vegetación disminuye la absorción de CO_2 de la atmósfera. Aunque las APAs presentan resiliencia frente a las presiones antrópicas, el avance urbano compromete sus servicios ecosistémicos, evidenciando la necesidad de ampliar las políticas públicas orientadas a la conservación de las áreas verdes, junto con una planificación urbana sostenible.
Palabras clave: Vegetación; CO_2flux; Efecto invernadero; Geotecnología.

Introdução

O aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera tem intensificado as discussões acerca das mudanças climáticas globais, evidenciando a necessidade de estratégias capazes de reduzir essas emissões (Saouter; Gibon, 2024). Algumas iniciativas voltadas à mitigação climática ganharam destaque no cenário internacional, notadamente a partir do Protocolo de Kyoto, em 1997, que estabeleceu mecanismos para auxiliar na redução de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, como florestamento e reflorestamento (Canadell; Raupach, 2008; Payne; Newman, 2005). Essas práticas contribuem diretamente para o sequestro de carbono, uma vez que ampliam a capacidade das plantas de capturar CO_2 por meio da fotossíntese e armazená-lo na biomassa vegetal (Murphy, 2024).

As áreas verdes, como as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), são fundamentais na regulação climática, pois atuam como sumidouros de carbono (Dong *et al*., 2024) e potencializam o sequestro de carbono, já que mantêm a vegetação e os recursos naturais (Almeida, 2024). Nesse contexto, as APAs do Catolé e Fernão Velho, Santa Rita e Pratagy, localizadas na Região Metropolitana de Maceió (RMM), apresentam elevada relevância ecológica, sobretudo no que se refere à conservação dos ecossistemas naturais (Oliveira; Amorim; Lemos, 2020), o que torna seu monitoramento ainda mais importante diante das pressões antrópicas associadas à expansão urbana (Graciliano; Silva Junior; Araujo, 2024).

Como as APAs apresentam caráter de uso sustentável, ao permitir a presença de atividades humanas, e possibilitam a avaliação das interações entre conservação ambiental e dinâmica urbana, faz-se necessário um estudo em todas as APAs na RMM devido a relevância demográfica e os intensos processos de expansão urbana em Maceió (Silva; Silva, 2025), bem como o crescimento populacional (IBGE, 2022), pois reflete a crescente demanda por habitação, infraestrutura e serviços na região (Ribeiro, 2021). Assim, nesse estudo de análise ambiental levou-se em consideração somente as APAs sob gestão estadual, administradas pelo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA), em razão da necessidade de compreender as condições ambientais em uma escala de planejamento mais próxima da realidade local, considerando as estratégias e diretrizes adotadas no âmbito do estado de Alagoas.

Dentre as geotecnologias utilizadas em estudos de análise ambiental voltados à dinâmica da cobertura vegetal (Alves *et al*., 2019), destaca-se o geoprocessamento, que possibilita a aquisição, processamento e análise de dados espaciais em diferentes escalas espaço-temporais, pois contribui para a compreensão das transformações no uso e cobertura do solo (Oliveira; Coelho; Zanchi, 2024) e permite a avaliação do sequestro de carbono em diferentes ambientes (Campos; Lima; Costa, 2023; Soares Filho; Marchioro, 2025).

O índice CO_2flux, denominado Índice de Sequestro de Carbono, é uma das abordagens metodológicas fundamentado na combinação de diferentes índices espectrais derivados de imagens de satélite, como o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e o Photochemical Reflectance Index (PRI) (Baptista, 2003; Rahman *et al*., 2000). A integração desses índices resulta em estimativas mais acuradas do CO_2flux (Nakaji *et al*., 2007; Silva; Baptista, 2025), uma vez que o NDVI é utilizado na estimativa da biomassa e saúde da vegetação, com base na reflectância da luz visível (vermelha) e do infravermelho próximo (Ocampo, 2023), e o PRI, à eficiência do uso da luz no processo fotossintético (Gamon; Serrano; Surfus, 1997).

Essa integração é amplamente utilizada em pesquisas nacionais para determinação do índice CO_2flux, com estudos realizados em fragmentos de Mata Atlântica na região metropolitana da Grande Vitória, Espírito Santo (Soares Filho; Marchioro, 2025), no Bioma Pampa, em Aceguá, Rio Grande do Sul (Mergen *et al*., 2025) e na Caatinga em São José de Piranhas, Paraíba (Gomes *et al*., 2021). Além disso, também há registros de trabalhos internacionais com esse tipo de modelagem, como na Europa (Kovác *et al*., 2022) e Ásia (Nakaji *et al*., 2014), evidenciando sua aplicabilidade em distintos contextos ambientais e geográficos.

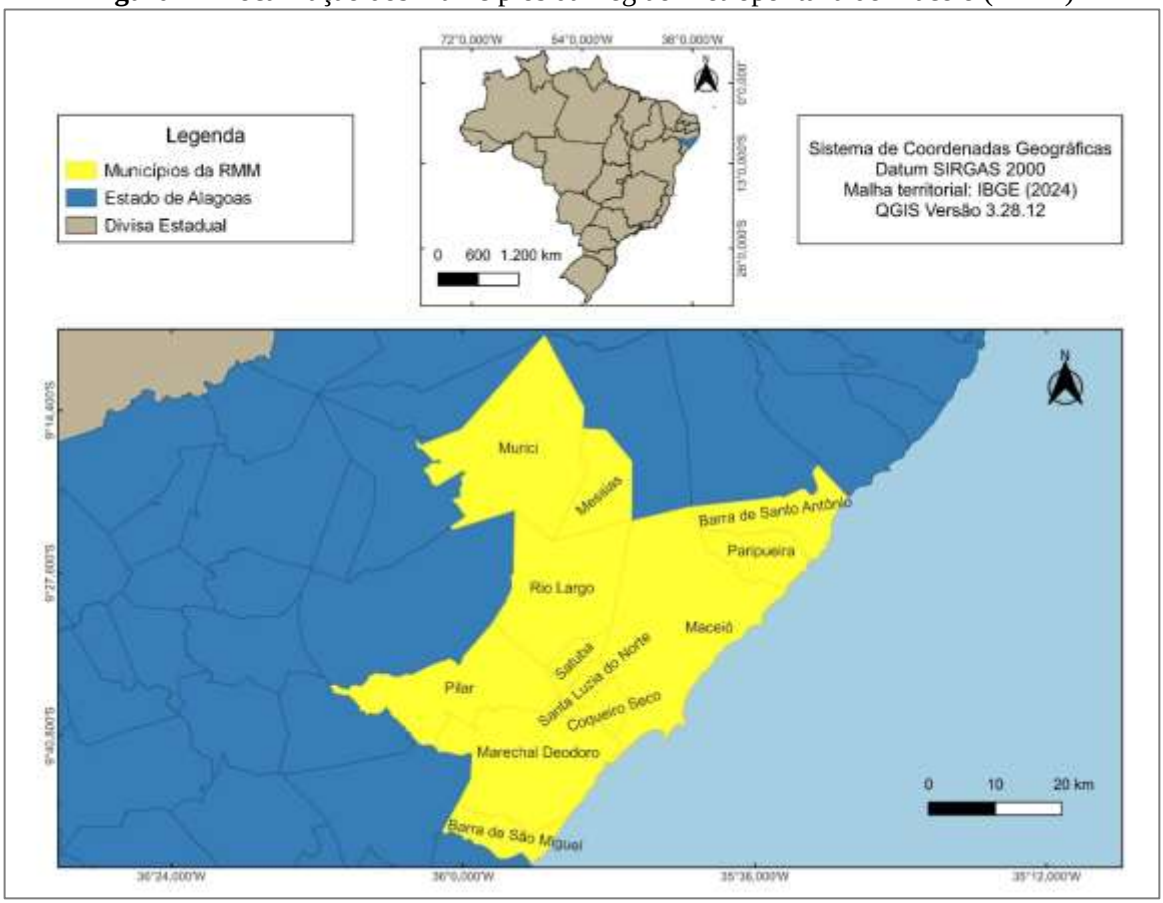
Dessa forma, a quantificação do sequestro de carbono configura-se como uma abordagem relevante para compreender a contribuição da vegetação na mitigação das mudanças climáticas, além de subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental no contexto urbano (Lima *et al*., 2024; Weissert; Salmond; Schwendenmann, 2014). Diante desse contexto, o trabalho objetivou avaliar o sequestro de carbono nas Áreas de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Maceió, Alagoas.

Material e métodos

Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudo englobam as APAs Catolé e Fernão Velho, Santa Rita e Pratagy, integralmente inseridas na RMM, que abrange 2.346,162 km^2 de extensão territorial (Nascimento *et al*., 2018), composta pelos municípios Maceió, Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Marechal Deodoro, Barra de São Miguel, Paripueira, Barra de Santo Antônio, Messias, Pilar e Murici (Ribeiro, 2021) (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos municípios da Região Metropolitana de Maceió (RMM)



Elaboração: Autores, 2026

De acordo com a classificação climática de Köppen, todos os municípios que compõem a RMM apresentam clima As' tropical com chuvas concentradas no outono-inverno (Barros *et al.*, 2012). Os solos mais representativos da região estão associados às unidades geomorfológicas, como a Planície Litorânea (Gleissolos, Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos), Tabuleiros Costeiros (Latossolos) e encostas (Argissolos e Neossolos Litólicos), com remanescentes de floresta ombrófila secundária, restingas e manguezais (Nascimento *et al*., 2018).

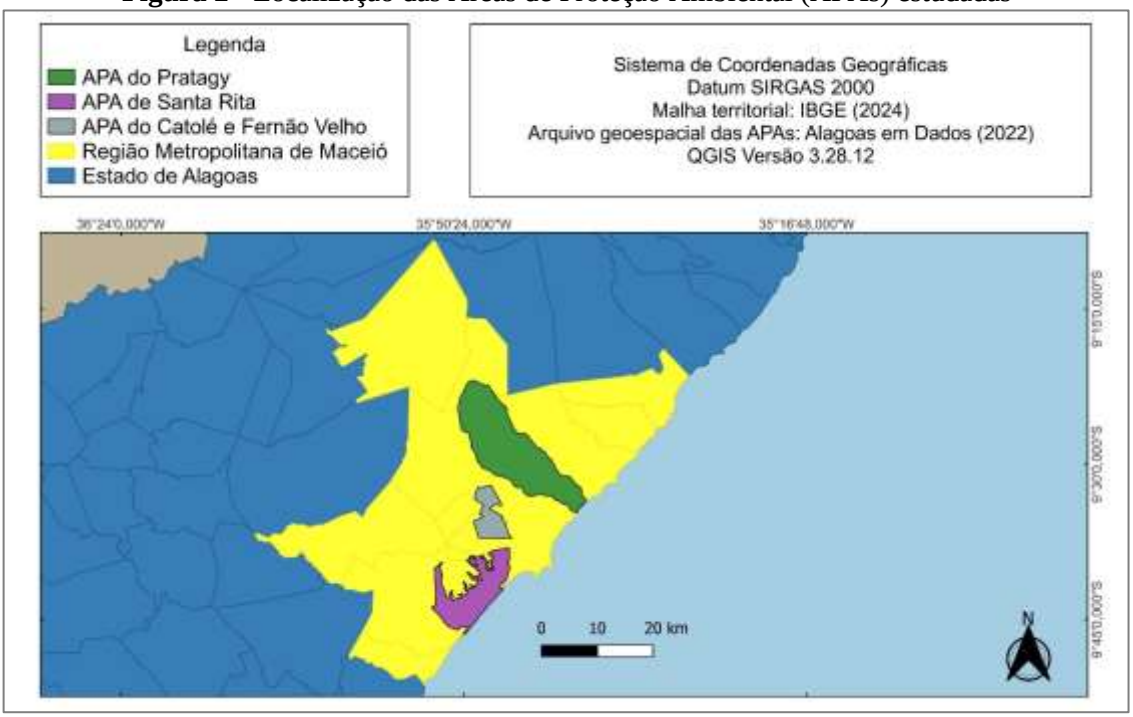
A APA do Pratagy (Figura 2) com aproximadamente 21.417,51 ha, está localizada entre as coordenadas 09°20'00" e 09°35'00" S e 35°38'00" e 35°50'00 O, instituída pelo Decreto Estadual nº 37.589, de 5 de junho de 1998, abrange os municípios Messias, Rio Largo e Maceió (Alagoas, 1998; Lima, 2009), visa conciliar as atividades humanas com a manutenção do equilíbrio ambiental na bacia hidrográfica do rio Pratagy (IMA, 2026).

A APA de Santa Rita (Figura 2) com 10.230 ha, foi criada pela Lei Estadual nº 4.607, de 1984, e abrange os municípios Maceió, Marechal Deodoro e Coqueiro Seco (Alagoas, 1984).

Encontra-se localizada nas coordenadas 9°42'51,72" S e 35°49'10,77" O, visa à proteção das características ambientais das regiões dos canais e lagunas Mundaú e Manguaba (IMA, 2022).

A APA do Catolé e Fernão Velho (Figura 2), instituída pela Lei Estadual nº 5.347, de 1992, está inserida nos municípios Satuba, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Maceió e Rio Largo (Alagoas, 1992), localizada nas coordenadas geográficas 09°32’02,91” e 09°37’06,20” S e 35°48’45,90” e 35°49’19,62” O, com uma área de 3.778,00 ha, se propõe a preservar as características dos ambientes naturais e ordenar a ocupação e o uso do solo (Carvalho; Guimarães Júnior, 2019).

Figura 2 - Localização das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) estudadas



Elaboração: Autores, 2026

Mapeamento do sequestro de carbono nas APAs estudadas

É importante destacar que a quantificação da biomassa da vegetação pode ser obtida pelos métodos direto (destrutivo) e indireto (não destrutivo) (Guimarães *et al*., 2022). O método direto envolve a remoção, coleta e pesagem do material vegetal, permitindo a obtenção da biomassa por meio de medidas realizadas diretamente sobre os indivíduos amostrados (Nakai, 2016). Embora apresente maior precisão, esse procedimento demanda mais tempo e esforço em campo, além de causar danos diretos à vegetação (Qureshi; Pariva; Hussain, 2012). Em contrapartida, os métodos indiretos (não destrutivos) apresentam maior praticidade, com destaque para o uso do sensoriamento remoto (Bright; Hicke; Hudak, 2012).

Foram selecionadas duas imagens de satélite nas datas 20/07/16 (ápice da quadra chuvosa) e 16/04/25 (início do período chuvoso), por meio da plataforma United States Geological Survey (USGS), correspondentes à órbita 214 e ponto 67 (USGS, 2026). A escolha das cenas baseou-se em critérios relacionados à qualidade e comparabilidade dos dados, incluindo limite máximo de 10% de cobertura de nuvens e utilização exclusiva dos satélites Landsat 8-9 (Collection 2 Level 2), que possuem resolução espacial de 30 m. De acordo com USGS (2025), os satélites Landsat possuem bandas espectrais ideais para monitorar às alterações climáticas, urbanização, incêndios florestais e mudanças na biomassa (avaliações de carbono).

A etapa de geoprocessamento foi realizada no software QGIS (QGIS Development Team, 2026), onde inicialmente foi calculado o NDVI, a partir das bandas 5 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho), conforme a equação (1) proposta por Rouse *et al*. (1973):

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V) \quad (1)$$

Em que:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

IVP = Banda do Infravermelho Próximo;

V = Banda do Vermelho.

Esse índice varia de -1 a 1, onde valores negativos indicam ausência de cobertura vegetal, como corpos d'água e áreas urbanas, enquanto valores positivos variam desde áreas com pouca vegetação até aquelas com maior densidade de biomassa verde (Polonio, 2015).

Posteriormente, foi calculado o PRI a partir das bandas 2 (azul) e 3 (verde), de acordo com a equação (2), desenvolvida por Gamon, Serrano e Surfus (1997):

$$PRI = (B - G) / (B + G) \quad (2)$$

Em que:

PRI = Índice de Refletância Fotoquímica;

B = Banda do azul;

G = Banda do verde.

Os valores variam de -1 a 1 e quanto mais próximo de zero (-0,2 a 0,2), corresponde a vegetação sadia e, consequentemente, maior eficiência fotossintética (Gamon; Serrano; Surfus, 1997; Gamon; Penuelas; Field, 1992). Esse índice apresenta grande potencial para estimar a eficiência do uso da luz pela vegetação, pois é sensível às variações nos pigmentos do ciclo das xantofilas, responsáveis por regular a energia luminosa absorvida, permitindo inferir mudanças na atividade fotossintética por meio da refletância espectral (Rahman *et al*., 2000).

Como os valores do PRI podem ser negativos, procedeu-se à sua normalização para uma escala que varia entre 0 e 1, de modo a torná-lo compatível com a escala do NDVI (Rahman *et al*., 2000; Silva; Baptista, 2015). Para isso, foi utilizado o scaled Photochemical Reflectance Index (sPRI), conforme a equação (3):

$$sPRI = (PRI + 1) / 2 \quad (3)$$

Em que:

sPRI = Índice de Refletância Fotoquímica reescalonado para valores positivos;

PRI = Índice de Refletância Fotoquímica.

Também foi realizada a integração do NDVI e sPRI para estimativa do CO_2flux ou sequestro de carbono (Baptista, 2003; Rahman *et al*., 2000), mediante equação (4):

$$CO_2flux = NDVI * sPRI \quad (4)$$

Em que:

CO_2flux = Índice de sequestro de carbono;

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

sPRI = Índice de Refletância Fotoquímica reescalonado para valores positivos.

Todos os cálculos foram realizados por meio da ferramenta “Calculadora Raster” do software QGIS (QGIS Development Team, 2026).

Análise estatística

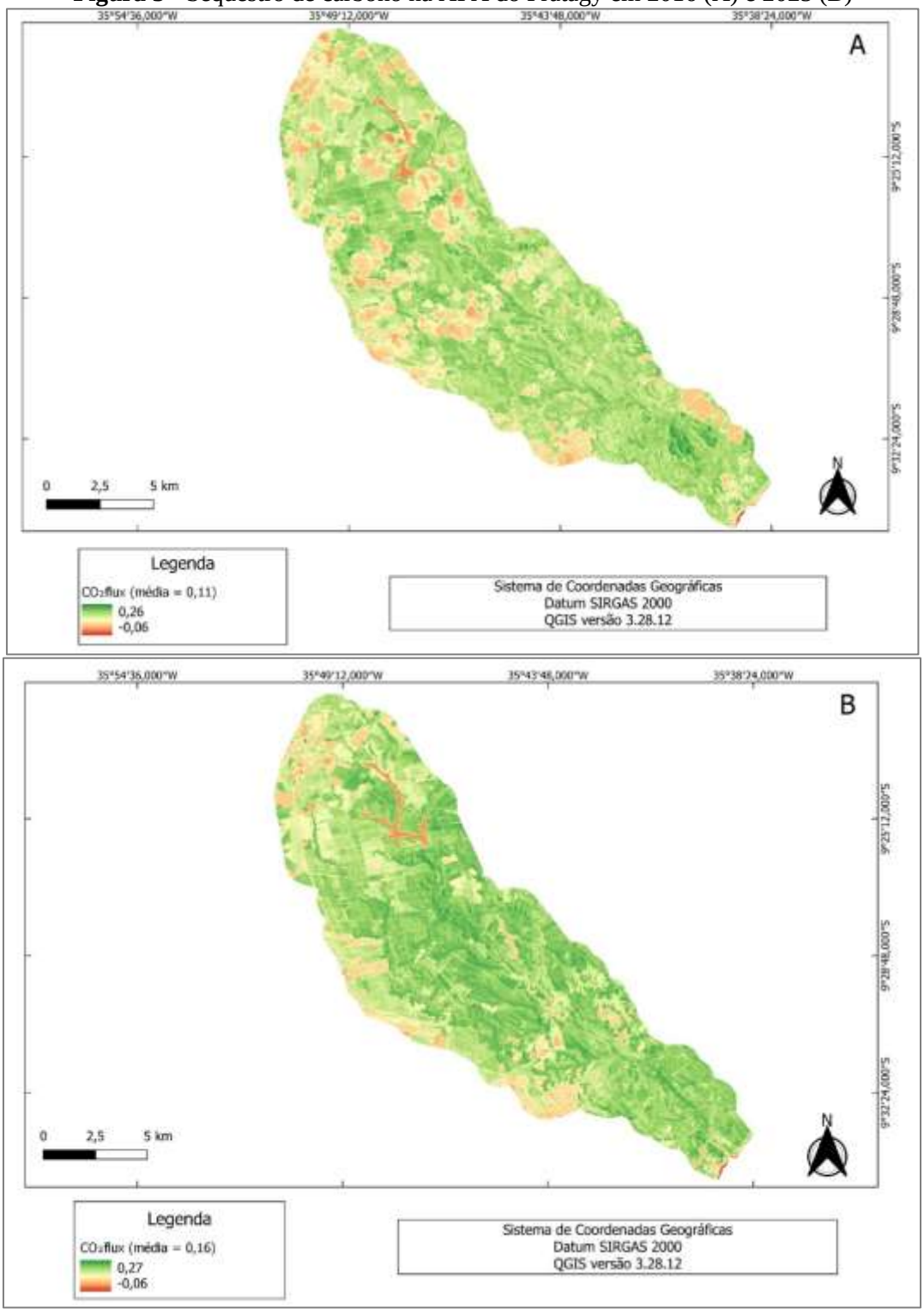
A análise da variabilidade dos dados e as comparações temporais entre os períodos avaliados (2016 e 2025) foi feita pela estatística descritiva, através da ferramenta “Estatística da camada raster” do software QGIS (QGIS Development Team, 2026), sendo extraídos os valores mínimo, máximo e média do CO_2flux referente a cada APA.

Resultados e Discussão

Observou-se um aumento do sequestro de carbono na APA do Pratagy entre os anos 2016 (CO_2flux = 0,11) e 2025 (CO_2flux = 0,16) (Figuras 3A e 3B). Esses resultados evidenciam a capacidade de resiliência dessa UC, mesmo sob a intensa pressão antrópica (Almeida, 2024), uma vez que sugere melhoria na atividade fotossintética, associada ao aumento da produtividade das plantas (Gondim; Rondon, 2020), ou à recuperação vegetacional dessa área anteriormente degradada. Esse padrão é corroborado por estudos sobre o uso e cobertura do solo na APA do Pratagy, que indicam aumento da formação florestal ao longo do tempo, passando de 18,08% em 1998 para 20,89% em 2012 e atingindo 27,32% em 2022 (Graciliano;

Silva Junior; Araujo, 2024; Oliveira, 2024). Segundo Martelli (2022), a vegetação contribui para o sequestro de CO_2, pois reduz sua concentração na atmosfera e atua na mitigação das mudanças climáticas, uma vez que esse gás é um dos principais responsáveis pelo efeito estufa.

Figura 3 - Sequestro de carbono na APA do Pratagy em 2016 (A) e 2025 (B)

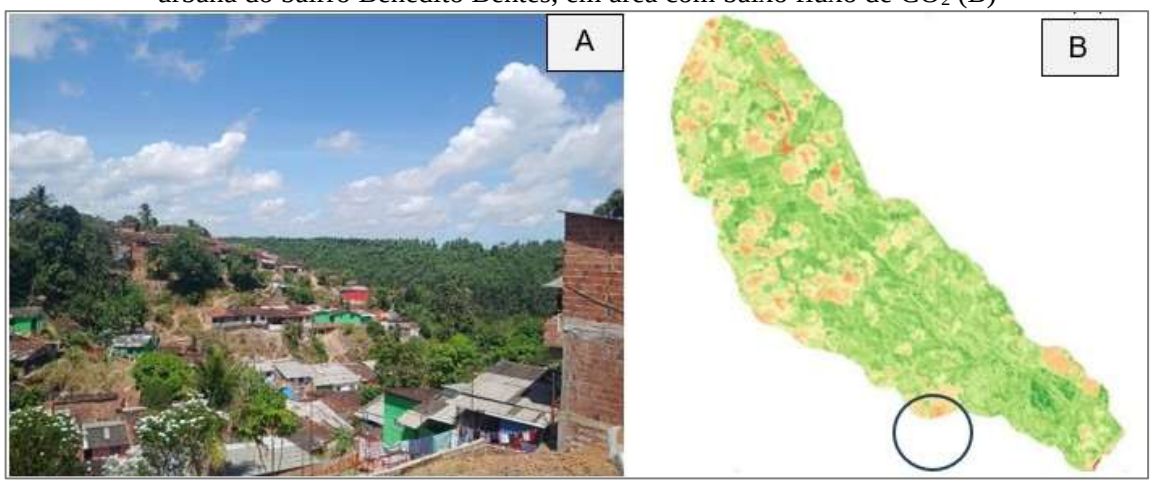


Elaboração: Autores, 2026

Os valores máximos do fluxo do dióxido de carbono mantiveram-se praticamente estáveis entre os anos 2016 (CO_2flux = 0,26) e 2025 (CO_2flux = 0,27) (Figuras 3A e 3B), indicando que as áreas com maior eficiência fotossintética são similares em relação ao sequestro de carbono nesse período. Por outro lado, não se observou alterações nos menores fluxos desse gás (CO_2flux = -0,06) nos locais com ausência ou baixa cobertura vegetal, como áreas degradadas, corpos d'água e/ou urbanizadas (Figuras 3A e 3B). Ressalta-se que a variação anual do regime hídrico influencia a dinâmica fenológica da vegetação, podendo refletir-se nas respostas espectrais obtidas dos índices NDVI e PRI (Ulsig *et al*., 2017).

Analisando-se espacialmente as áreas urbanizadas, verificou-se semelhança entre os anos analisados, com redução no fluxo de dióxido de carbono, notadamente no bairro Benedito Bentes, em Maceió, onde a ocupação em encostas coexiste com remanescentes de vegetação (Figuras 4A e 4B), evidenciando o impacto direto da urbanização desordenada sobre a vegetação. De acordo com Kang *et al*. (2025), o avanço urbano influencia diretamente o sequestro de carbono, ao reduzir a cobertura vegetal e, consequentemente, a capacidade de retenção de CO_2. Nesse sentido, destaca-se a necessidade de maior atenção por parte do órgão gestor quanto o controle do uso e ocupação do solo, visando à conservação da vegetação e manutenção dos serviços ecossistêmicos na APA do Pratagy.

Figura 4 - Expansão urbana no remanescente florestal da APA do Pratagy em 2025 (A), mancha urbana do bairro Benedito Bentes, em área com baixo fluxo de CO_2 (B)

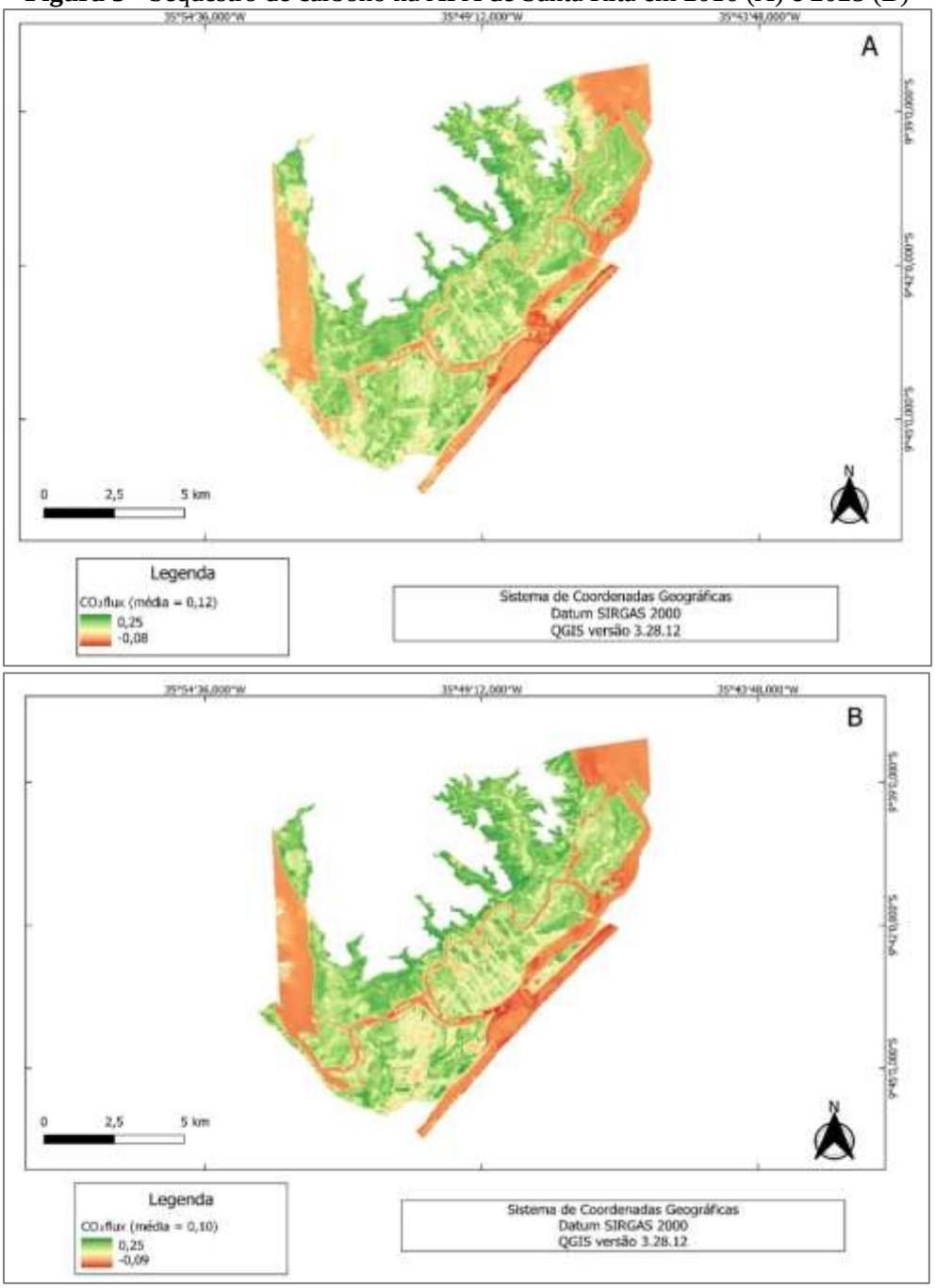


Elaboração: Autores, 2026

Em relação a APA de Santa Rita (Figuras 5A e 5B), as áreas com maior fluxo de dióxido de carbono (CO_2flux = 0,25) foram registradas em regiões próximas ao Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), devido às características ambientais, como maior disponibilidade hídrica e conservação da vegetação, fatores que potencializam a fotossíntese, e

consequentemente, o sequestro de carbono (Gentine *et al.*, 2019). Em contrapartida, foi constatada uma redução na média do CO_2 entre os anos 2016 (CO_2flux = 0,12) e 2025 (CO_2flux = 0,10), notadamente na porção central da APA, onde houve diminuição da absorção do CO_2 em virtude da redução da cobertura vegetal, em detrimento da expansão do perímetro urbano no município Marechal Deodoro, onde já há conflitos entre o poder público e o mercado imobiliário (Souza; Barbosa; Fonseca, 2021).

Figura 5 - Sequestro de carbono na APA de Santa Rita em 2016 (A) e 2025 (B)



Elaboração: Autores, 2026

Em trabalho realizado por Andrade, Oliveira e Conceição (2017), foi apontado que 35,33% (2.445 ha) da APA, notadamente na Ilha de Santa Rita (porção central) e Massagueira (sentido sul), apresentava baixo potencial de preservação devido à pressão antrópica (Figura 6). Esses resultados também demonstram uma relação entre a intensificação do uso e ocupação do solo com a redução do processo de fotossíntese, uma vez que a supressão da vegetação diminui a quantidade e qualidade das plantas de absorver CO_2 da atmosfera (Alves *et al*., 2024), e, como consequência, resulta no aumento da concentração desse gás na atmosfera.

Figura 6 - Áreas potenciais para preservação ambiental na APA de Santa Rita

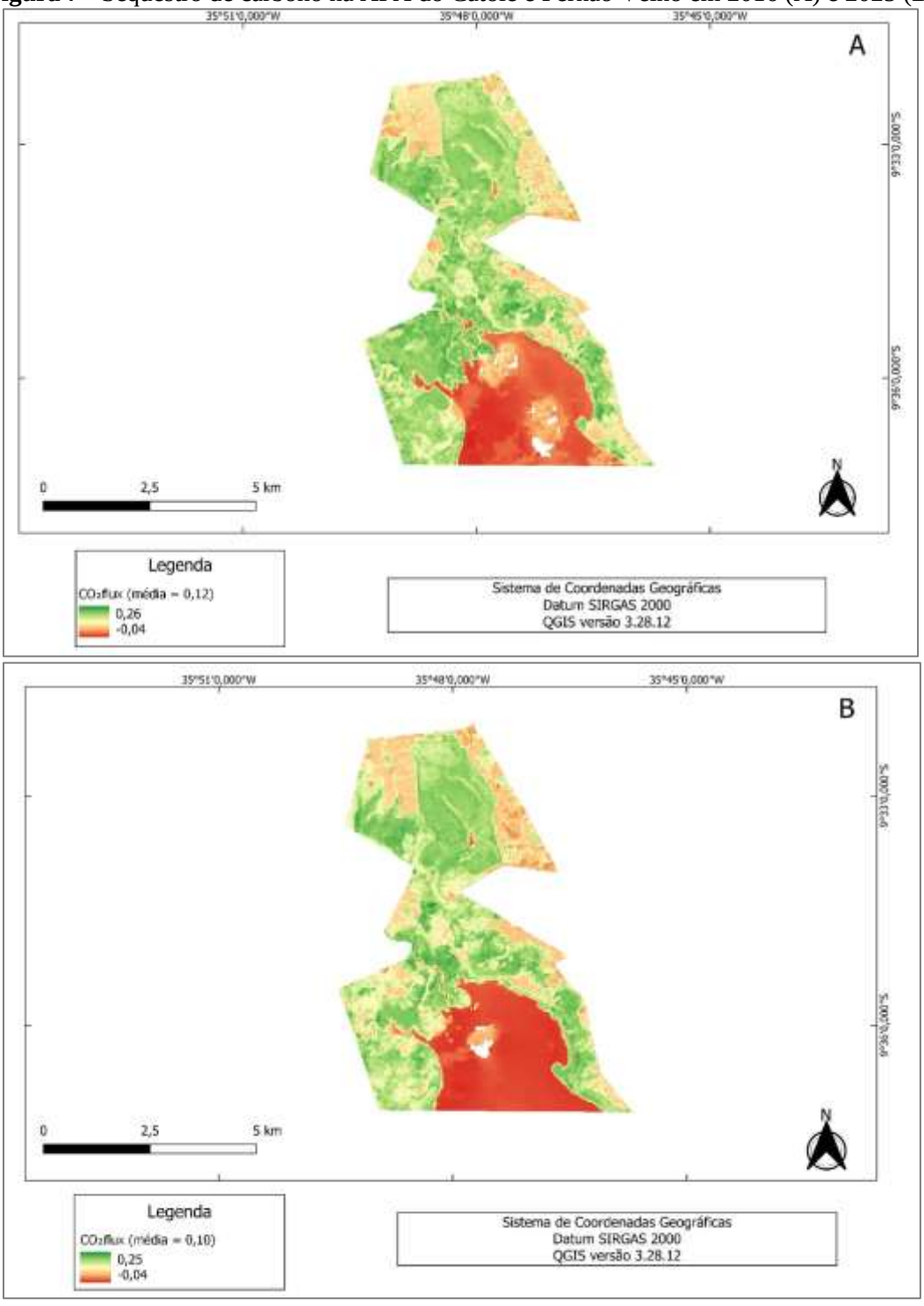


Fonte: Adaptado de Andrade, Oliveira e Conceição, 2017

Em relação à APA do Catolé e Fernão Velho (Figuras 7A e 7B), também foi constatada uma queda do fluxo de CO_2 entre 2016 (CO_2flux = 0,12) e 2025 (CO_2flux = 0,10), associada a mudanças na cobertura vegetal, notadamente no município Santa Luzia do Norte, onde houve redução da vegetação ativa (plantas que estão realizando fotossíntese, crescendo e absorvendo CO_2 da atmosfera), e em Maceió no ano de 2025, especificamente no entorno da Mata do Catolé e no bairro Santa Amélia, onde nota-se maior intensidade da cor vermelha, correspondente à

expansão urbana. Silva e Costa Neto (2023), constataram um aumento no número de empreendimentos imobiliários na RMM, fato que impacta diretamente as áreas verdes e compromete a eficiência do sequestro de carbono na região.

Figura 7 - Sequestro de carbono na APA do Catolé e Fernão Velho em 2016 (A) e 2025 (B)

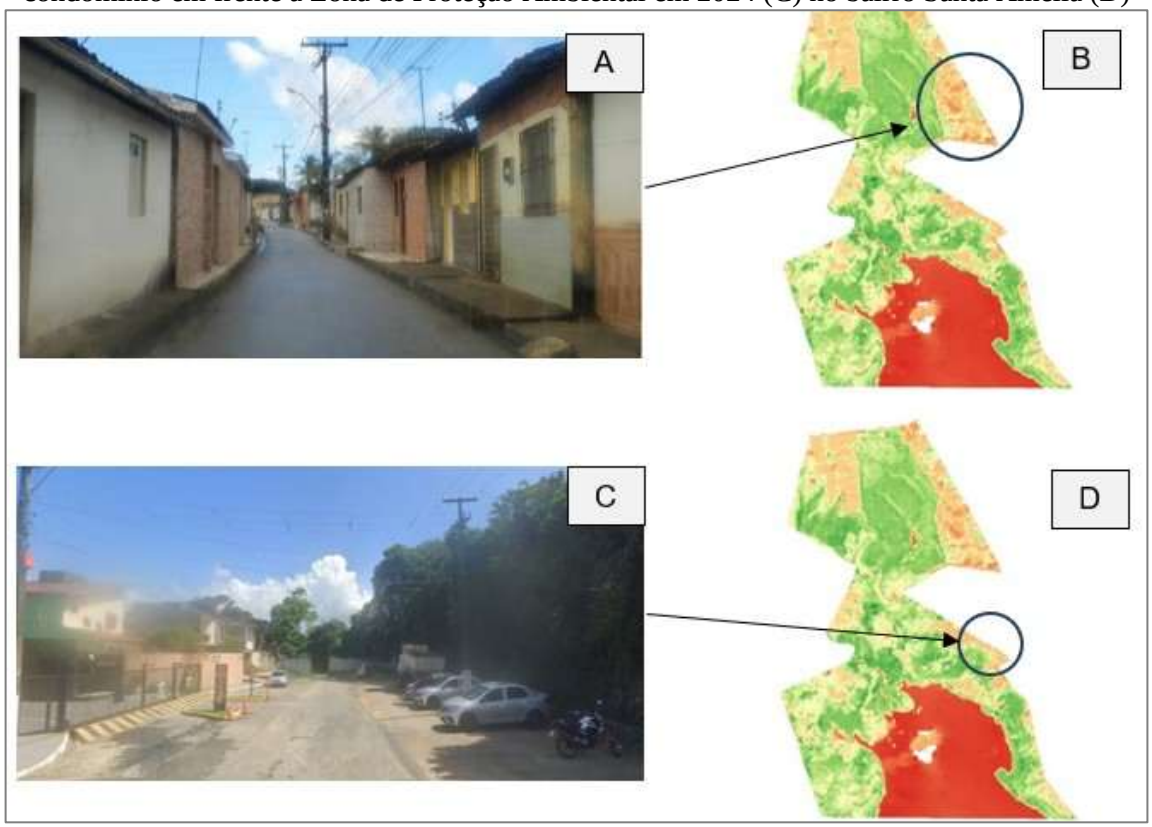


Elaboração: Autores, 2026

Em estudo realizado por Melo (2023), foi identificado aumento de ocupações residenciais na borda da Mata do Catolé, no bairro Santos Dumont, em Maceió (Figuras 8A e 8B), evidenciando o avanço da urbanização em áreas protegidas, o que levanta preocupações sobre a conservação da vegetação remanescente. Segundo Javed (2025), impactos antrópicos, como desmatamento e fragmentação da vegetação, afetam o processo do sequestro de carbono.

No bairro Santa Amélia, devido ao crescimento urbano também verificou-se impacto na redução do sequestro de carbono em razão da especulação imobiliária, que tem ampliado o uso do solo dentro dos limites da APA, com construções de condomínios residenciais (Figuras 8C e 8D) (GOOGLE EARTH, 2024). A expansão de empreendimentos na região demonstra a crescente ocupação de áreas que deveriam ser destinadas à conservação, reforçando a necessidade de maior fiscalização por parte dos órgãos gestores, bem como a adoção de estratégias voltadas à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas por meio da conservação e gestão sustentável dos ecossistemas (Javed, 2025).

Figura 8 - Residências adjacentes à Mata do Catolé em 2023 (A) no bairro Santos Dumont (B) e condomínio em frente a Zona de Proteção Ambiental em 2024 (C) no bairro Santa Amélia (D)



Elaboração: Autores, 2026

Nesse contexto, destaca-se a importância da conservação de áreas protegidas, pois, além de contribuírem para a mitigação das mudanças climáticas por meio do armazenamento de CO_2 na biomassa vegetal, também se configuram como espaços para o desenvolvimento de pesquisas científicas, atividades de educação ambiental e melhoria da qualidade de vida da população (Andrade *et al*., 2023; Ribeiro; Borgo; Maranho, 2013).

Considerações Finais

As APAs do Pratagy, Santa Rita e (Catolé e Fernão Velho) apresentam capacidade de resiliência frente às pressões antrópicas, uma vez que continuam desempenhando serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono. Isso evidencia que, mesmo diante das alterações no uso e ocupação do solo, essas áreas ainda mantêm sua funcionalidade ambiental, o que reforça sua relevância no contexto urbano.

No entanto, a continuidade da expansão urbana na Região Metropolitana de Maceió representa um fator de risco, uma vez que a conversão de áreas naturais para a implementação de loteamentos, vias e empreendimentos imobiliários reduz a capacidade de absorção de CO_2 pela vegetação. Esse processo contribui para a intensificação do efeito estufa e, como consequência, agrava impactos ambientais, como o aquecimento das cidades, alterações no regime de chuvas e maior ocorrência deslizamentos de encostas.

Diante desse cenário, torna-se fundamental a ampliação de políticas públicas voltadas à proteção das áreas protegidas, com ênfase no controle da expansão urbana e conservação das áreas verdes. Recomenda-se que os órgãos gestores reforcem a fiscalização, estimulem a recuperação de áreas degradadas e integrem o planejamento ambiental às estratégias de desenvolvimento urbano.

Contribuições dos autores (CRediT): Concepção: X.X. e Y.Y.; metodologia: X.X.; análise: X.X.; coleta/produção de dados: X.X.; escrita (primeira versão): X.X.; escrita (revisão e edição): X.X. e Y.Y.; supervisão: Y.Y. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito.
Uso de inteligência artificial: Os autores declaram não ter utilizado ferramentas de inteligência artificial em nenhuma etapa da elaboração do manuscrito ou da realização da pesquisa.

Referências

ALAGOAS. **Decreto nº 37.589, de 05 de junho de 1998**. Cria Área de Proteção Ambiental do Pratagy e dá providências correlatas. Maceió: Governador do Estado de Alagoas, 1998. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2025/08/APA-do-Pratagy-Decreto.pdf. Acesso em: 23 mar. 2026.

ALAGOAS. **Lei nº 5.347, de 27 de maio de 1992**. Dispõe sobre a Área de Proteção Ambiental do Catolé e de Fernão Velho e dá outras providências correlatas. Maceió: Governador do Estado

de Alagoas, 1992. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2025/08/APA-do-Catole-e-Fernao-Velho-Lei-5.347-92.pdf. Acesso em: 23 mar. 2026.

ALAGOAS. **Lei nº 4.607, de 19 de dezembro de 1984**. Cria área de proteção ambiental e dá outras providências. Maceió: Governador do Estado de Alagoas, 1984. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2025/08/APA-de-Santa-RIta-Lei-4.607-84.pdf. Acesso em: 23 mar. 2026.

ALMEIDA, Mariana Lessa Pinheiro de. **Recuperação de áreas degradadas na Área de Proteção Ambiental do Pratagy no município de Maceió, Alagoas, visando a compensação das emissões de GEE**. 2024. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2024. Disponível em: http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/16988. Acesso em: 21 mar. 2026.

ALVES, Flávio Antônio Fernandes; BEZERRA, Iracema Raquel Santos; NUNES, Ana Cláudia; SOUZA, Shirley Macedo de; BRANDÃO, Eduarda Jesus; LIMA, Thiago Fernandes. Impactos de mudanças climáticas para a fisiologia e morfologia vegetal e à sociedade. **Revista Ambientale**, Arapiraca, v. 16, n. 1, p. 24-36, jan./abr. 2024. DOI: https://doi.org/10.48180/ambientale.v16i1.560.

ALVES, Rayanna Barroso de Oliveira; SILVA, Hernande Pereira da; ARAÚJO FILHO, José Coelho de; DOMINGUES, Marco Antonio de Oliveira; ALBUQUERQUE, Jones de Oliveira. Use of Vegetation Cover Index (ICV) to identify susceptible areas to desertification process in the municipalities of Betânia, Floresta and Itacuruba, Pernambuco, Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Recife, v. 9, n. 6, p. 343-352, nov./dez. 2019. DOI: https://doi.org/10.29150/jhrs.v9.6.p343-352.

ANDRADE, Gabriela Cantuária Nobre; SANTOS, Gabriel Silva dos; MATOS, Emilly Fegalo Pires; CARDOSO, Phillipe Valente. Análise do índice CO_2FLUX em áreas de preservação ambiental em São Gonçalo - RJ. **Revista Continentes**, Seropédica, v. 1, n. 22, p. 86-103, jan./jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.51308/continentes.v1i22.415.

ANDRADE, Esdras de Lima; OLIVEIRA, Alex Nazário Silva; CONCEIÇÃO, Daniel Nivaldo da. Áreas potenciais para preservação na Área de Proteção Ambiental de Santa Rita, Alagoas. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 2, n. 4, p. 91-103, dez. 2017. DOI: https://doi.org/10.28998/contegeo.2i4.6325.

BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Validação da modelagem de sequestro de carbono para ambientes tropicais de Cerrado, por meio de dados AVIRIS e Hyperion. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1037-1044. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.07.21.45/doc. Acesso em: 22 mar. 2026.

BARROS, Alexandre Hugo Cezar; ARAÚJO FILHO, José Coelho de; SILVA, Ademar Barros da; SANTIAGO, Gabriela Ayane Chagas Felipe. **Climatologia do Estado de Alagoas**. 2. ed. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/950797. Acesso em: 23 mar. 2026.

BRIGHT, Benjamin; HICKE, Jeffrey; HUDAK, Andrew. Estimating aboveground carbon stocks of a forest affected by mountain pine beetle in Idaho using lidar and multispectral imagery. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 124, n. 9, p. 270-281, set. 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.016.

CAMPOS, Jean Oliveira; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de; COSTA, Diógenes Félix da Silva. Mapeamento do serviço ecossistêmico de sequestro de carbono prestado pela cobertura florestal do Parque Estadual Mata do Pau-Ferro e sua zona de amortecimento, Areia, Paraíba. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 17, n. 2, p. 115-135, jul./dez. 2023. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rga/article/view/7888. Acesso em: 22 mar. 2026.

CANADELL, Josep; RAUPACH, Michael Robin. Managing forests for climate change mitigation. **Science**, Washington, v. 320, n. 5882, p. 1456-1457, jun. 2008. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1155458.

CARVALHO, Gustavo Silva de; GUIMARÃES JÚNIOR, Sinval Autran Mendes. **Plano de manejo da área de proteção ambiental do Catolé e Fernão Velho**. 1. ed. Maceió: IMA/SAUER, 2019. 318 p. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2026/03/IMA-Alagoas-PLANO-DE-MANEJO_APA-DO-CATOLE-E-FERNAO-VELHO.pdf. Acesso em: 23 mar. 2026.

DONG, Lili; WANG, Yiquan, AI, Lijiao, CHENG, Xiang, LUO, Yu. A review of research methods for accounting urban green space carbon sinks and exploration of new approaches. **Frontiers in Environmental Science**, Lausanne, v. 12, n. 1, p. 1-17, fev. 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1350185.

GAMON, John; SERRANO, Luis; SURFUS, Jeffrey. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. **Oecologia**, Berlim, v. 112, n. 4, p. 492-501, nov. 1997. DOI: https://doi.org/10.1007/s004420050337.

GAMON, John; PENUELAS, Josep; FIELD, Christopher. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 41, n. 1, p. 35-44, jul. 1992. DOI: https://doi.org/10.1016/0034-4257(92)90059-S

GENTINE, Pierre; GREEN, Julia; GUÉRIN, Marceau; SENEVIRATNE, Sonia; HUMPHREY, Vincent; ZHANG, Yao; ZHOU, Sha. Coupling between the terrestrial carbon and water cycles - a review. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 14, n. 8, p. 1-19, jul. 2019. DOI: https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab22d6.

GOMES, Daniel da Silva; SANTOS, Sabrina Kelly dos; SILVA, José Henrique Constantino Sales; SANTOS, Teófilo de Medeiros; SILVA, Ermerson de Vasconcelos; BARBOSA, Alex da Silva. CO_2flux e temperatura da superfície edáfica em áreas de Caatinga**. Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 4, p. 1898-1908, maio/jun. 2021. DOI: https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p1898-1908.

GONDIM, Evania; RONDON, Josimara Nolasco. The crucial role of photosynthesis in sustaining plant life and its impact on the global ecosystem, climate, and human survival.

Advances in Herbal Research, Sheridan, v. 3, n. 1, p. 1-5, dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.25163/ahi.319925.

GOOGLE EARTH. **Vista de um condomínio em frente a Zona de Proteção Ambiental no bairro Santa Amélia em Maceió, Alagoas**. 2024. Disponível em: https://maps.app.goo.gl/FTP2SRnReeoWpaot7. Acesso em: 27 ago. 2026.

GRACILIANO, Wellington dos Santos; SILVA JUNIOR, Jeilson Rodrigues da; ARAUJO, Kallianna Dantas. Avaliação temporal do uso e ocupação do solo em Unidades de Conservação, em Maceió, Alagoas. **Geofronter**, Campo Grande, v. 10, n. 1, p. 1-26, nov. 2024. DOI: https://doi.org/10.61389/geofronter.v10.8943.

GUIMARÃES, Mariana Rocha Santos; PRADO, Rachel Bardy; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso; MONTEIRO, Joyce Maria Guimarães; SANSEVERO, Jerônimo Boelsums Barreto. Perspectivas para estimativa de biomassa viva e estoque de carbono acima do solo em áreas verdes urbanas do domínio Mata Atlântica, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 17, n. 4, p. 41-59, out./dez. 2022. DOI: https://doi.org/10.5380/revsbau.v17i4.86446.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas territoriais**. 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html. Acesso em: 23 mar. 2026.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Censo 2022**. 2022. Disponível em: censo2022.ibge.gov.br/panorama. Acesso em: 23 mar. 2026.

IMA. INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE. **APA do Pratagy**. 2026. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/apa-do-pratagy/. Acesso em: 23 mar. 2026.

IMA. INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Santa Rita**. 3. ed. Maceió: IMA, 2022. 69 p. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2026/03/IMA-Alagoas-PLANO-DE-MANEJO_APA-SANTA-RITA.pdf. Acesso em: 23 mar. 2026.

JAVED, Syeda Okasha. Role of forest ecosystems in carbon sequestration. **ACADEMIA Biota Nexus Journal**, Rawalpindi, v. 1, n. 4, p. 13-23, out./dez. 2025. Disponível em: https://academia.edu.pk/index.php/bnj/article/view/1405. Acesso em: 26 abr. 2026.

KANG, Jieming; ZHANG, Qian; ZHANG, Baolei; HU, Yuanman; ZHANG, Chuyi; LI, Chunlin. Dual impacts of urban expansion on the carbon sequestration capacity of urban vegetation: a multi-scale global study. **Ecological Indicators**, Amsterdã, v. 176, n. 7, p. 1-10, jul. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113746.

KOVÁC, Daniel; AČ, Alexander; SIGUT, Ladislav; PENUELAS, Josep; GRACE, John, URBAN, Otmar. Combining NDVI, PRI and the quantum yield of solar-induced fluorescence improves estimations of carbon fluxes in deciduous and evergreen forests. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 829, n. 28, p. 1-18, jul. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154681.

LIMA, Ingrid Carla Ferreira de; COSTA, Laíze Jorge da; ALVES, Ana Beatriz; SILVA, Ane Cristine Fortes da; SINFRÔNIO, José Antônio de Moura; BRITO, Wilderlan Barreto; SILVA, Davyd Selton Barbosa da. Valoração da cobertura vegetal da arborização urbana quanto ao sequestro de carbono da região geográfica de Princesa Isabel, Paraíba. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 20, n. 2, p. 40-44, jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.30969/vb5e9983.

LIMA, Bianor Monteiro. **Áreas de proteção permanente - APPs em Maceió:** do ideário conservacionista aos usos sócio-ambientais das zonas de interesse ambiental e paisagístico. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009. Disponível em: http://repositorio.ufal.br/handle/riufal/702. Acesso em: 23 mar. 2026.

MARTELLI, Anderson. Forest fragment in the municipal spring of Itapira-SP favors carbon neutralization mitigaging the greenhouse effect. **Journal of Interdisciplinary Debates**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 284-302, mar. 2022. DOI: https://doi.org/10.51249/jid.v3i01.688.

MELO, Vivian Fonseca de. **Parque Coco-Catolé:** uma proposta de parque ecológico urbano em espaço livre público adjacente à APA do Catolé no bairro Santos Dumont, Maceió-AL. 2023. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023. Disponível em: http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/12245. Acesso em: 04 abr. 2026.

MERGEN, Alecsander; SOUZA, Vanessa de Arruda; MABONI, Cristiano; BREMM, Tiago; STEFANELLO, Michel Baptistella; PINHEIRO, Maria Eduarda Oliveira; VEECK, Gustavo Pujol; PILLAR, Valério; BAGGIO, Rodrigo; ROBERTI, Débora. Trocas de CO_2 em dois diferentes manejos de pastagens no Bioma Pampa. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 47, n. 3, p. 1-19, jul. 2025. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X84056.

MURPHY, Denis. Carbon sequestration by tropical trees and crops: a case study of oil palm. **Agriculture**, Basel, v. 14, n. 7, p. 1-31, jul. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture14071133.

NAKAI, Érica Silva. **Quantificação da biomassa e estoque de carbono em diferentes coberturas vegetais por meio de sensoriamento remoto**. 2016. 153 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. DOI: https://doi.org/10.11606/T.11.2016.tde-28112016-141806.

NAKAJI, Tatsuro; KOSUGI, Yoshiko; TAKANASHI, Satoru; NIIYAMA, Kaoru; NOGUCHI, Shoji; TANI, Makoto; OGUMA, Hiroyuki; NIK, Abdul Rahim; KASSIM, Abd Rahman. Estimation of light-use efficiency through a combinational use of the photochemical reflectance index and vapor pressure deficit in an evergreen tropical rainforest at Pasoh, Peninsular Malaysia. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 150, n. 11, p. 82-92, jul. 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.04.021.

NAKAJI, Tatsuro; IDE, Reiko; OGUMA, Hiroyuki, SAIGUSA, Nobuko, FUJINUMA, Yasumi. Utility of spectral vegetation index for estimation of gross CO_2 flux under varied sky

conditions. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 109, n. 3, p. 274-284, ago. 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.01.006.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do; LOMBARDO, Magda Adelaide; GUIMARÃES JÚNIOR, Sinval Autran Mendes; ANDRADE, Esdras de Lima. Análise da vulnerabilidade físico-ambiental causada pelas chuvas intensas na Região Metropolitana de Maceió. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 67, p. 268-288, set. 2018. DOI: https://doi.org/10.14393/Hygeia196718.

OCAMPO, Anton Louise de. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) estimation based on filter augmented imaging. *In*: INTERNATIONAL ELECTRICAL ENGINEERING CONGRESS, 1., 2023, Krabi. **Anais** [...]. Krabi: Mahasarakham University, 2023. p. 84-88. DOI: https://doi.org/10.1109/iEECON56657.2023.10126616.

OLIVEIRA, Alan Gomes de; COELHO, Juliana Ribeiro de Mesquita; ZANCHI, Fabrício Berton. Trinta e um anos de uso do solo, cobertura e ocupação no município de Santa Cruz Cabrália, Bahia. **Revista de Geografia**, Recife, v. 41, n. 5, p. 19-29, set./dez. 2024. DOI: https://doi.org/10.51359/2238-6211.2024.262433.

OLIVEIRA, Mariana Barbosa Valdevino de. **Análise geoambiental da área de proteção ambiental do Pratagy, Alagoas – Brasil**. 2024. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2024. Disponível em: http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/15316. Acesso em: 03 abr. 2026.

OLIVEIRA, Alex Nazário Silva; AMORIM, Clarice Maia Ferreira de; LEMOS, Rosângela Pereira de Lyra. **Alagoas**: unidades de conservação: as riquezas das áreas protegidas no território alagoano. 2. ed. Maceió: Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas, 2020, 346 p. Disponível em: https://www2.ima.al.gov.br/educacao-ambiental/publicacoes/livros/. Acesso em: 21 mar. 2026.

PAYNE, Daniel; NEWMAN, Richard. The Kyoto Protocol (1997). *In*: PAYNE, Daniel; NEWMAN, Richard (eds.). **The Palgrave Environmental Reader**. New York: Palgrave Macmillan, 2005. p. 273-278. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-349-73299-9_32.

POLONIO, Vanessa Durante. **Índices de vegetação na mensuração do estoque de carbono em áreas com cana-de-açúcar**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2015. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/132026. Acesso em: 28 mar. 2026.

PORTAL ALAGOAS EM DADOS. **Unidades de Conservação no estado de Alagoas**. 2022. Disponível em: https://dados.al.gov.br/catalogo/pt_PT/dataset/unidades-de-conservacao-no-estado-de-alagoas/resource/93c8a1d6-c659-499d-8699-550055cd0be4. Acesso em: 24 mar. 2026.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project**, 2026. Disponível em: https://qgis.org. Acesso em: 24 mar. 2026.

QURESHI, Ashi; PARIVA, Ruchi Badola; HUSSAIN, Syed Ainul. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. **Environmental Science & Policy**, Amsterdã, v. 16, n. 2, p. 81-89, fev. 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.11.001.

RAHMAN, Abdullah Faiz; GAMON, John; FUENTES, David; ROBERTS, Dar; PRENTISS, Dylan; QIU, Hong. Modeling CO_2 flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. *In*: AVIRIS WORKSHOP, 10., 2000, Pasadena. **Anais** [...]. Pasadena: JPL/NASA, 2000. p. 1-8. Disponível em: https://aviris.jpl.nasa.gov/proceedings/2000_toc.html. Acesso em: 22 mar. 2026.

RIBEIRO, Roselma Lopes. **A região metropolitana de Maceió:** entre os limites territoriais e a conurbação. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/10964. Acesso em: 23 mar. 2026.

RIBEIRO, Juliana Baladelli; BORGO, Marília; MARANHO, Leila Teresinha. Áreas protegidas de Curitiba (PR - Brasil) como sumidouros de CO_2. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 181-190, abr./jun. 2013. DOI: https://doi.org/10.5380/rf.v43i2.27380.

ROUSE, John; HAAS, Robert; SCHELL, José; DEERING, David. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In*: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Anais** [...]. Washington: NASA, 1973. p. 309-317. Disponível em: https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614. Acesso em: 28 mar. 2026.

SAOUTER, Erwan; GIBON, Thomas. Climate Change. *In*: SAOUTER, Erwan; GIBON, Thomas (eds.). **All you need to know about the next energy revolution**: solutions for a truly sustainable future. Cham: Springer, 2024. p. 31-44. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-51332-9_2.

SILVA, João Bandeira da; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Mapeamento do sequestro de carbono na cidade de Iguatu, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, Recife, v. 6, n. 1, p. 36-48, jan./abr. 2025. DOI: https://doi.org/10.66205/rbsr.v6i1.203.

SILVA, Paulo Rogério de Freitas; SILVA, Rostan Antonio de Lima. Reconhecendo metrópole, um estudo de interpretação da realidade de Maceió, Alagoas, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Heredia, v. 1, n. 74, p. 285-308, jan./jun. 2025. DOI: https://doi.org/10.15359/rgac.74-1.11.

SILVA, Paulo Rogério de Freitas; COSTA NETO, Edson Valente. Os aglomerados subnormais a partir da produção informal de moradias na região metropolitana de Maceió Alagoas. **Revista de Geografia**, Recife, v. 40, n. 3, p. 228-240, set./dez. 2023. DOI: https://doi.org/10.51359/2238-6211.2023.254707.

SILVA, Suzy Cristina Pedroza da; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Análises espectrais da vegetação com dados Hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de CO_2 em diferentes ambientes na Amazônia brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 354-370, abr./jun. 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000200020.

SOARES FILHO, Adelsom; MARCHIORO, Eberval. Análise temporal de sequestro de carbono na determinação de mudanças ambientais em fragmento de Mata Atlântica Capixaba. **Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, Guimarães, v. 7, n. 2, p. 3-23, jul./dez. 2025. Disponível em: https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/5925. Acesso em: 22 mar. 2026.

SOUZA, Larissa Audrey Marinho de; BARBOSA, Fellipe Eduardo Soares Souza; FONSECA, Libel Pereira. Contrastes em zoneamento: plano diretor de Marechal Deodoro e Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Rita. **Caderno de graduação**, Maceió, v. 6, n. 3, p. 207-218, maio 2021. Disponível em: https://periodicos.grupotiradentes.com/cdghumanas/article/view/9224. Acesso em: 03 abr. 2026.

ULSIG, Laura; NICHOL, Caroline; HUEMMRICH, Karl; LANDIS, David; MIDDLETON, Elizabeth; LYAPUSTIN, Alexei; MAMMARELLA, Ivan; LEVULA, Janne. Detecting inter-annual variations in the phenology of evergreen conifers using long-term MODIS Vegetation Index Time Series. **Remote Sensing**, Basel, v. 9, n. 1, p. 1-21, jan. 2017. DOI: https://doi.org/10.3390/rs9010049.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer**. 2026. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov. Acesso em: 24 mar. 2026.

USGS. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **What is the Landsat satellite program and why is it important?**. 2025. Disponível em: https://www.usgs.gov/faqs/what-landsat-satellite-program-and-why-it-important. Acesso em: 24 mar. 2026.

WEISSERT, Lena; SALMOND, Jennifer; SCHWENDENMANN, Luitgard. A review of the current progress in quantifying the potential of urban forests to mitigate urban CO_2 emissions. **Urban Climate**, Amsterdã, v. 8, n. 2, p. 100-125, jun. 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.01.002.

AUTORES

Wellington dos Santos Graciliano
Doutorando em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió - AL, Brasil
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9441-492X
E-mail: wellington_santos1994@outlook.com

Kallianna Dantas Araujo
Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (UFAL), Maceió - AL, Brasil
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6476-1640
E-mail: kallianna.araujo@igdema.ufal.br

Renato Wilian Santos de Lima
Doutorando em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió - AL, Brasil
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9381-5812
E-mail: renato6609@hotmail.com

Data de submissão: 11 de maio de 2026.
Aceito para publicação: 27 de agosto de 2026.
Data de publicação: 03 de novembro de 2026