



## **Análise de vegetação e fluxo de carbono por meio do sensoriamento remoto óptico em área de recaatingamento no Norte da Bahia**

*Analysis of vegetation and carbon flux through optical remote sensing in a recaatingamento area in Northern Bahia*

SANTOS, Luís Almeida<sup>1</sup>; ALMEIDA, Lucas Ricardo Souza<sup>2</sup>; VIEIRA, Denes Dantas<sup>3</sup>; SOUZA, Judenilton Oliveira dos Santos<sup>4</sup>; SANTOS, Júlio César Novais<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, <sup>1</sup>luis@irpaa.org; <sup>4</sup>nilton@irpaa.org

<sup>2</sup>Universidade Federal do Vale do São Francisco, <sup>2</sup>lucas.ricardo@discente.univasf.edu.br;

<sup>3</sup>denes.vieira@univasf.edu.br; <sup>5</sup>julionovais.santos@gmail.com

### **RESUMO TÉCNICO CIENTÍFICO**

#### **Eixo Temático: Crise ecológica e mudanças climáticas: resistências e impactos na agricultura, nas águas e nos bens comuns**

**Resumo:** A Caatinga é um Bioma exclusivamente brasileiro e rico em espécies endêmicas. Sua vegetação sofre diversas pressões, promovendo diferentes níveis de degradação nos territórios. O sensoriamento remoto é uma estratégia de monitorar e orientar as ações de conservação e recuperação da vegetação. O Recaatingamento foi iniciado em 2009 junto com as Comunidades Tradicionais de Fundo de Pasto, no norte da Bahia. Para analisar o comportamento da vegetação e o fluxo de carbono desde 2009 a 2022, foram utilizadas imagens de satélite da comunidade de Fartura, localizada em Sento Sé, norte da Bahia. Foram processadas imagens com o Índice de Vegetação Normalizada – NDVI, os índices de carbono pelo CO<sub>2</sub>flux e a produção primária bruta de carbono. Foi observado uma melhoria nas condições de Caatinga de 64,5% entre 2009-2010 a 2020 e um valor de carbono sequestrado de 234.084 toneladas de Carbono entre 2010 e 2020. A metodologia de Recaatingamento respondeu positivamente para recuperação e conservação de áreas de Caatinga.

**Palavras-chave:** convivência com o semiárido; carbono; caatinga em pé.

#### **Introdução**

A Caatinga, vegetação predominante da região Semiárida, é uma das vegetações em terra seca mais ricas do mundo. Rica em espécies endêmicas e o único bioma exclusivamente brasileiro, porém de acordo ao uso predatório dos bens naturais, as estimativas apontam que 50% da vegetação nativa já foi perdida para a ocupação e atividades humanas (TORRES, et. al, 2018). Isso é uma grave ameaça à biodiversidade local e mundial.

Os dados recentes acendem um alerta de ameaça ao equilíbrio ambiental da Caatinga. Segundo a Rede MAPBiomias, no período de 35 anos, entre os anos de 1985 e 2020, foram desmatados mais de 10 milhões de hectares de savanas e formações florestais para atividades associadas à agropecuária. No total, a agropecuária avançou sobre 11,26 milhões de hectares de Caatinga e passou a responder por 35,2% da área do bioma em 2020. O total de vegetação nativa da Caatinga (ou seja, a soma das áreas ocupadas por savana, campo e floresta) ocupa



63% do bioma, respondendo por 9,8% da vegetação nativa do Brasil (PROJETO MAPBIOMAS, 2021).

O Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA, sediado no município de Juazeiro, atua no semiárido brasileiro desde o ano de 1990 com a proposta de Convivência com o Semiárido. Esse paradigma é uma forma de evidenciar as potencialidades e as riquezas da região, buscando modos de vida que garantam a justiça social e ambiental. Compreende-se esse paradigma com os princípios semelhantes aos da agroecologia.

Desde o ano de 2010 o IRPAA vem desenvolvendo, de forma pioneira, o Recaatingamento em parceria com as Comunidades Tradicionais de Fundo de Pasto. Essa é uma metodologia de intervenção participativa para a gestão ambiental do território com objetivo de recuperar e conservar áreas de Caatinga, respeitando os traços culturais, ambientais, sociais, agrários e econômicos das comunidades, promovendo autonomia, defesa do território e consciência ambiental.

As Comunidades Tradicionais de Fundo de Pasto são reconhecidas no Estado da Bahia como um modo de vida tradicional. Possuem característica de uso e gestão coletiva das áreas de Caatinga, gerenciada pela associação comunitária. Nessa área, a comunidade utiliza pasto nativo de forma e o extrativismo de frutos, fibras e outros materiais. Além do uso para as necessidades, a Caatinga se configura como um espaço de memórias, culturas, religiosidade, entre outros. Esse fato evidencia a importância da Caatinga em pé para essas famílias.

Diante disso, para contribuir com a gestão ambiental dos territórios, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento de imagens se apresentam como uma importante ferramenta, devido a ampla possibilidade de análises e avaliações da vegetação, da quantidade de biomassa, cobertura do solo, dentre outras. As imagens adquiridas dos satélites possuem propriedade espectrais da vegetação, com os comprimentos de ondas visíveis e infravermelho próximo que possuem interação com as folhas das plantas (LOPES et al.,2020; SILVA JUNIOR et al., 2021).

## **Metodologia**

O estudo de caso desenvolveu-se, no período de 2009 a 2022, na comunidade de Fartura situada no município de Santo Sé, situado no território do Sertão do São Francisco, região norte do estado da Bahia. A comunidade está localizada a 82 km do município e ocupa uma área de Fundo de Pasto de cerca de 2.500 hectares.

Para avaliar a condição da vegetação da Caatinga foi aplicado o método criado por Rouse (et. al, 1973), com o cálculo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI. Esse índice é um dos mais utilizados em pesquisa e monitoramento de vegetação.



A visualização da vegetação é estabelecida em uma escala de 0 a +1 em valores, onde o cálculo é realizado com dados de reflectância do infravermelho próximo (NIR) e o vermelho (R). Este índice leva em consideração a elevada absorção da clorofila que é observada na faixa espectral do vermelho (0,66  $\mu\text{m}$ ) e na elevada reflectância evidenciada pela estrutura presente no interior das folhas que reflete na faixa do infravermelho próximo (0,80  $\mu\text{m}$ ) (Francisco et al., 2020).

Para a mensuração do fluxo de carbono é necessário o Índice de Reflectância Fotoquímica-PRI (GAMON, 1993). Esse índice é uma relação entre a feição de absorção no azul e o pico máximo de reflectância do verde, com relação da luz durante o processo fotossintético, com os resultados expressos de 1 a -1 (BAPTISTA, 2003). Para evitar os valores negativos, o PRI necessita de um reescalamento, aplicando um intervalo de 0 a 1, passando a ser sPRI.

A determinação do fluxo de carbono na área foi pelo **CO<sub>2</sub>flux**, que é obtido da multiplicação do NDVI e sPRI (RAHMAN et al., 2000). A integração desses dois índices determina a eficiência de sequestro de carbono em escala de -1 a 1. Para estimação bruta do carbono fixado pela vegetação em kg/ha/ano, na área total do Recaatingamento, foi utilizado o produto MOYD17A3H obtido pelo sensor MODIS (Plataforma Orbital Terra).

As imagens foram pré-processadas pelo software ArcGIS versão 10.5, onde para gerar os índices, primeiro foi preciso fazer uma conversão dos números digitais em fator de reflectância, e em seguida os cálculos dos índices (Tabela 1). Os resultados foram plotados em um mapa, representando todo o período do estudo, para facilitar a visualização das áreas com maiores e menores quantidades de biomassa.

Tabela 1. Equações utilizadas para os cálculos dos índices espectrais

Índice	Equação	Referência
NDVI	$\text{NDVI} = (\rho\text{NIR} - \rho\text{RED}) / (\rho\text{NIR} + \rho\text{RED})$	Rouse al.(1973)
PRI	$\text{PRI} = (\rho\text{BLUE} - \rho\text{GREEN}) / (\rho\text{BLUE} + \rho\text{GREEN})$	Gamon, Serrano e Surfus (1997)
sPRI	$\text{sPRI} = (\text{PRI} + 1) / 2$	Baptista (2003)
CO <sub>2</sub> flux	$\text{CO}_2\text{flux} = \text{NDVI} * \text{sPRI}$	Rahman et al.(2000)

Fonte: elaborado pelos autores

## Resultados e Discussão

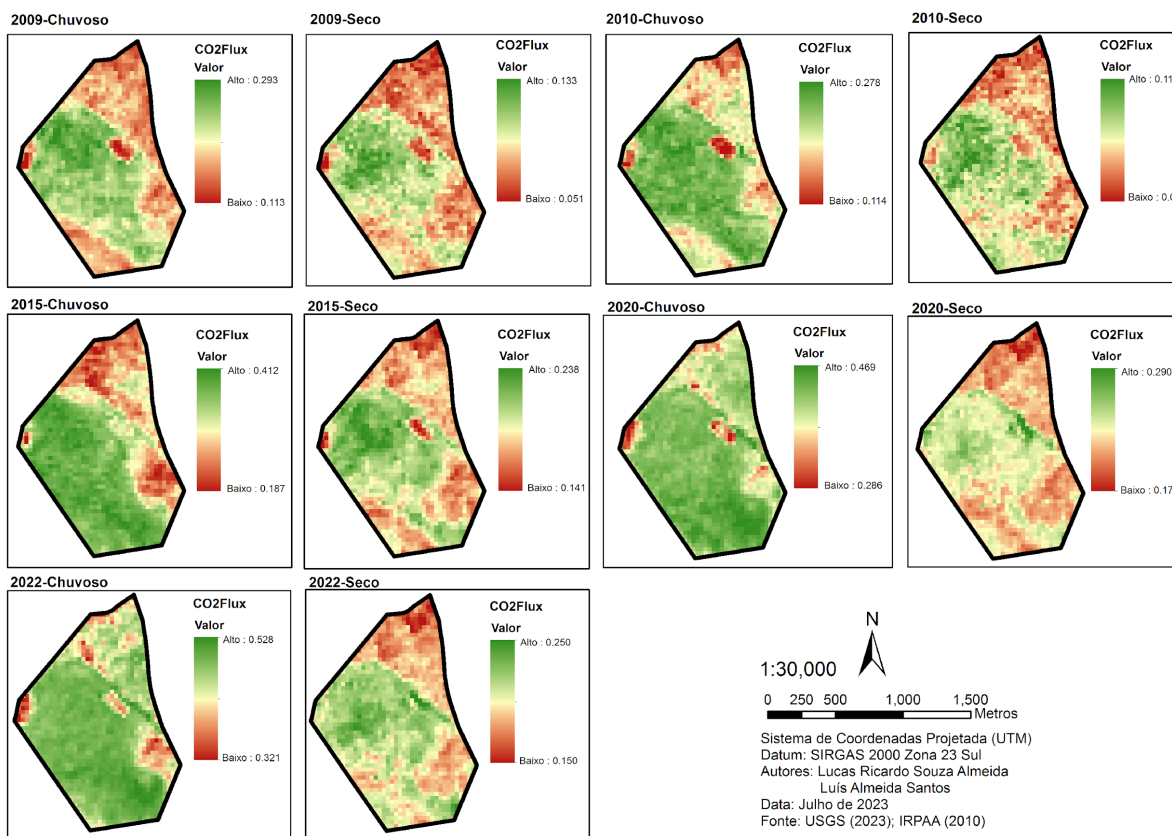
Os resultados obtidos pelos mapas gerados com o CO<sub>2</sub>flux evidenciam uma melhoria da vegetação em área isolada do Recaatingamento. Os valores obtidos nos períodos chuvosos foram maiores que nos períodos secos. Essa flutuação de valor, demonstra a relação direta entre a vegetação da Caatinga e o período chuvoso, evidenciando a adaptabilidade do bioma.

O índice máximo de fluxo de carbono pelo CO<sub>2</sub>flux no período chuvoso de 2009-2010, data de início do projeto, foi de 0,293 e 0,278 respectivamente. Houve um aumento significativo nos índices para 0,469 em 2020, um aumento de



aproximadamente 64,5%. Esses dados são dados pelo incremento de biomassa pela regeneração natural e as intervenções desenvolvidas pela Comunidade.

Figura 1. Mapa de Fluxo de Carbono entre 2009 e 2022 no período chuvoso e seco

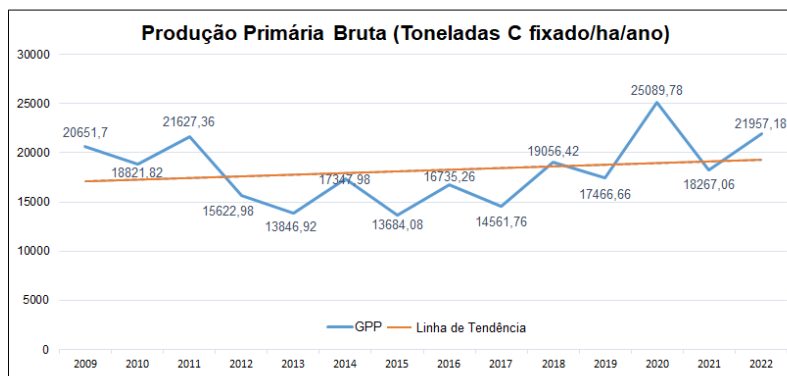


Com relação aos períodos secos dentro da área isolada, pode-se observar uma redução na coloração avermelhada entre os períodos de 2010 e 2020, inclusive com os valores mínimos 0,05 e de 0,171 respectivamente. Isso indica que a área teve uma resposta positiva, mesmo com o período de estiagem, com um aumento na sua resiliência.

O gráfico de Produção primária Bruta (Figura 2) evidenciou o potencial de sequestro de carbono pela área do Recaatingamento. De acordo com a linha de tendência, vê-se uma melhoria na área isolada.



**Figura 2.** Produção Primária Bruta de 2009 a 2022



Fonte: elaborado pelos autores

Esses números foram obtidos pelos acumulados a cada 8 dias pelo sensor MODIS. De acordo com as informações obtidas pelos algoritmos do sensor, desde o início do Recaatingamento entre 2010 e 2022 houve um sequestro pela vegetação de aproximadamente 234.084 toneladas de carbono. Esse valor não leva em consideração o carbono estocado e sequestrado no solo, o que indica que esses valores podem ser ainda maiores com os dados de solo. O solo armazena aproximadamente quatro vezes mais carbono que a cobertura vegetal (WATSON, 2001).

## Conclusões

A análise temporal do índice CO<sub>2</sub>Flux na área do Recaatingamento mostrou uma correlação direta entre a recuperação da vegetação e o aumento dos valores do índice. Isso indica que as medidas de restauração, como o isolamento da área, plantio de espécies nativas e o controle da erosão do solo, têm sido eficazes na regeneração da vegetação.

O sensoriamento remoto fornece dados espaciais e temporais abrangentes, permitindo uma avaliação contínua da recuperação da área perturbada. O uso de técnicas de sensoriamento remoto como os índices de vegetação, facilita a monitorização não invasiva da vegetação em grandes áreas, fornecendo informações valiosas para o planejamento e implementação de ações de restauração e conservação.

## Referências bibliográficas

BAPTISTA, G. M. M. 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 -SBSR, XI, 2003. Belo Horizonte -MG. Anais... São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais -INPE, p. 1037-1044.



DRYFLOR 2016 Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications *Science* 353 1383–7

GAMON, J. A.; SERRANO, L.; SURFUS, J. S. The photochemical reflectance index: a optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia*, v. 112, p. 492-501, 1997.

MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/vegetacao-nativa-perde-espaco-para-a-agropecuaria-nas-ultimas-tres-decadas>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

RAHMAN, A.F.; GAMON, J.A.; FUENTES, D.A.; ROBERTS, D.; PRENTISS, D.; QIU, H. (2000). Modeling CO<sub>2</sub> flux of boreal forest using narrow-band indices from AVIRIS imagery. In: AVIRIS Workshop, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia, 2000.

ROUSE, J.W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Third Earth Resources Technology Satellite –1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351. Washington, D.C., p. 309-317, 1973.

TORRES, R.R.; LAPOLA, D.M.; GAMARRA, N.L.R. **Future Climate Change in the Caatinga**. In: SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Eds.). *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America* New York, Springer, p. 383-410, 2017.

WATSON, R. T. (Ed.). **Climate change 2001: synthesis report: third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 2001. 408 p