

APLICAÇÕES DO NDWI E SAVI NA IDENTIFICAÇÃO DO ASSOREAMENTO NA MICROBACIA RIO TUCURUÍ BACIA DO JUCURUÇU - BAIXO RIO XINGU

Hermogens Felipe Lemos Gonçalves¹

Wellington De Pinho Alvarez²

INTRODUÇÃO

O assoreamento de leitos fluviais é um fenômeno ambiental significativo que impacta a disponibilidade dos recursos hídricos. Identificar e monitorar esses processos são essenciais para estudos de caso, bem como para a gestão sustentável das bacias hidrográficas. Neste estudo, direcionamos nossa atenção à microbacia do rio Tucuruí, localizada no sudoeste do Estado do Pará, com uma área de 71 km², que enfrenta o processo de assoreamento do seu leito. Para essa identificação, empregamos ferramentas de sensoriamento remoto, como o Índice de Água da Diferença Normalizada (NDWI) e o Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (SAVI).

Segundo Machado (2002), a aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em modelos hidrológicos e suas aplicações nessas bacias possibilitam a realização de diversas operações, projetos, calibrações, simulações e comparações entre modelos. Essa importância ficou evidente durante a comparação entre os modelos NDWI e SAVI.

A combinação dessas duas ferramentas não apenas teve como objetivo a identificação dos corpos hídricos (NDWI) ou a avaliação da saúde da vegetação (SAVI) ao redor das Áreas de Preservação Permanente (APP), como também buscou ressaltar as nuances entre os índices. Na microbacia do rio Tucuruí, onde o NDWI identifica os corpos hídricos a partir da resposta da presença de águas, o SAVI, por outro lado, identifica a mesma área como água ou solo desnudo. A vegetação ciliar se tornou-se fundamental para a análise o regime hídrico assim,

“As matas ciliares, localizadas às margens de cursos de água (rios, lagos, nascentes, etc), são formações florestais que exercem importante função na estabilidade dos solos das áreas marginais, na regularização do regime hídrico e na manutenção qualitativa de água” (BENICÍO, et al., 2017 p. 54).

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Pará - UFPA, hermogenfpl6@gmail.com;

² Professor orientador: Doutor, Faculdade de Geografia - UFPA, Walvarez@ufpa.br;

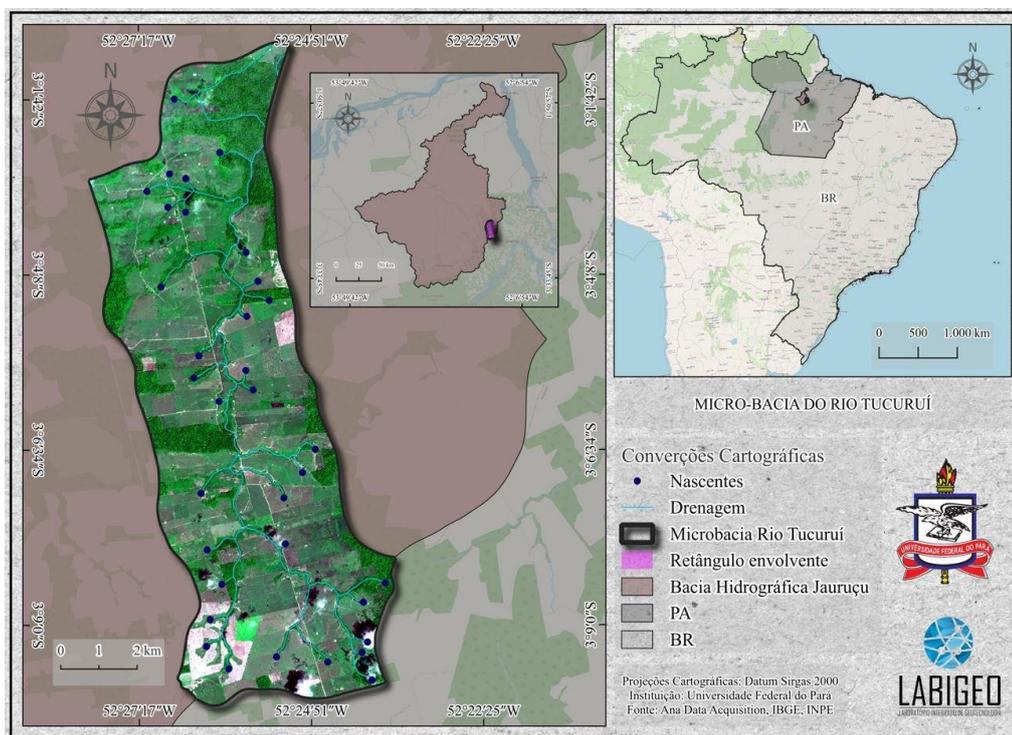
A partir do ponto destacado por BENÍCIO (2017), a mata ciliar passa a ter importância de estabilizar o solo e uma vez vulnerável, nesse sentido rio Tucuruí ficou sujeito ao assoreamento, devido a ampla e processual substituição de floresta por pastagem (ALVAREZ, 2020). A partir disto, com a ferramenta SAVI, notou-se a resposta do solo desnudo onde se verifica o leito do igarapé, representando uma possível sedimentação ao longo do corpo hídrico.

O objetivo primordial deste estudo foi identificar o assoreamento no leito da microbacia do rio Tucuruí. Utilizando ferramentas de sensoriamento remoto, como o NDWI e o SAVI. O NDWI destacou corpos hídricos, enquanto o SAVI revelou áreas de solo exposto onde deveriam existir leitos hídricos. Essa metodologia permitiu que fosse verificado o impacto da diminuta APP e da presença de voçorocas no assoreamento justificando a pesquisa.

METODOLOGIA

O assoreamento em leitos fluviais é um fenômeno de impacto significativo para a manutenção da disponibilidade dos recursos hídricos. A microbacia do rio Tucuruí está localizada ao sudoeste do Estado do Pará, interior da bacia hidrográfica do Jauruçu (ver figura 01). A ausência de vegetação para usos antrópicos sempre alterou a paisagem e provocou impactos ambientais quando não planejados. Na microbacia, seu leito sofre com o processo de assoreamento, e como dito anteriormente, a visita em campo foi de fundamental importância para comprovar os resultados obtidos através do NDWI e SAVI.

Figura 01: Mapa de Localização da microbacia do rio Tucuruí



Fonte: Ana Data Acquisition, IBGE, INPE 2023. Elaboração: Autores, 2023.

O NDWI, conforme proposto por McFeeters (1996), é utilizado para detectar corpos d'água, nessa pesquisa foi utilizado para observar onde se encontram as águas no leito da microbacia. O SAVI, introduzido por Huete (1988), ajusta o índice de vegetação para minimizar a influência do solo, sendo útil para análise de vegetação em áreas com solo exposto, como as Áreas de Preservação Permanente (APP). Para fundamentar os resultados obtidos por sensoriamento remoto, foram realizadas visitas em campo, permitindo a verificação e validação das informações detectadas por NDWI e SAVI.

Para a coleta de dados, foram adquiridas imagens do satélite Sentinel-2, do programa Copernicus, capturadas em 22/07/2023. A data foi escolhida devido à baixa cobertura de nuvens, de apenas 21%, visando uma melhor precisão. A resolução dessas imagens é de 10 metros por pixel. A única exceção foi o mapa de localização da área de pesquisa, para o qual foram utilizadas imagens do satélite CBERS-4A, do INPE, com resolução de 2 metros por pixel, para a data 16/01/2023 pela mesma justificativa de percentual de nuvens.

O NDWI foi utilizado para identificar a presença de corpos hídricos, sendo essencial para observar onde se encontram as águas no leito da microbacia do rio Tucuruí.

Para o cálculo do NDWI, foram utilizadas as Bandas 03 (Verde), com comprimento de onda de 0.560 μm (micrômetros), e a banda 8 (Infravermelho Próximo - NIR), com comprimento de onda de 0.842 μm (micrômetros). Essas bandas foram processadas no Sistema de Informações Geográficas (SIG) por meio do software gratuito QGIS 3.34.5 (QGIS. ORG, 2024). Após a transferência dos dados para o SIG, as bandas foram reprojetaadas para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) adotando o Datum Sirgas 2000 22S, para garantir a precisão e conformidade com os levantamentos geodésicos e cartográficos. Assim foi realizado o recorte pela “camada de máscara” da microbacia do rio Tucuruí.

Em seguida, foi utilizada a "calculadora raster" para aplicar a fórmula do NDWI na cena Sentinel 2:

$$NDWI = \frac{(GREEN - NIR)}{(GREEN + NIR)} \quad \text{ou seja} \quad NDWI = \frac{(Band\ 3 - Band\ 8)}{(Band\ 3 + Band\ 8)}$$

O Índice de Vegetação Ajustada do Solo, foi escolhida como ferramenta para analisar o problema do solo exposto nas medições da vegetação, o que em Áreas de Preservação Permanente (APP) é especialmente útil.

Para realizar o cálculo do SAVI, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2, empregando as bandas 08 (Infravermelho Próximo - NIR), com comprimento de onda de 0.842 μm (micrômetros) e resolução de 10 metros por pixel, e a banda 4, com comprimento de onda de 665 μm e resolução também de 10 metros por pixel. As imagens foram importadas para o software gratuito SIG QGIS 3.34.5 e reprojetaadas para o Sistema de Referência de Coordenadas Datum Sirgas 2000 UTM 22S.

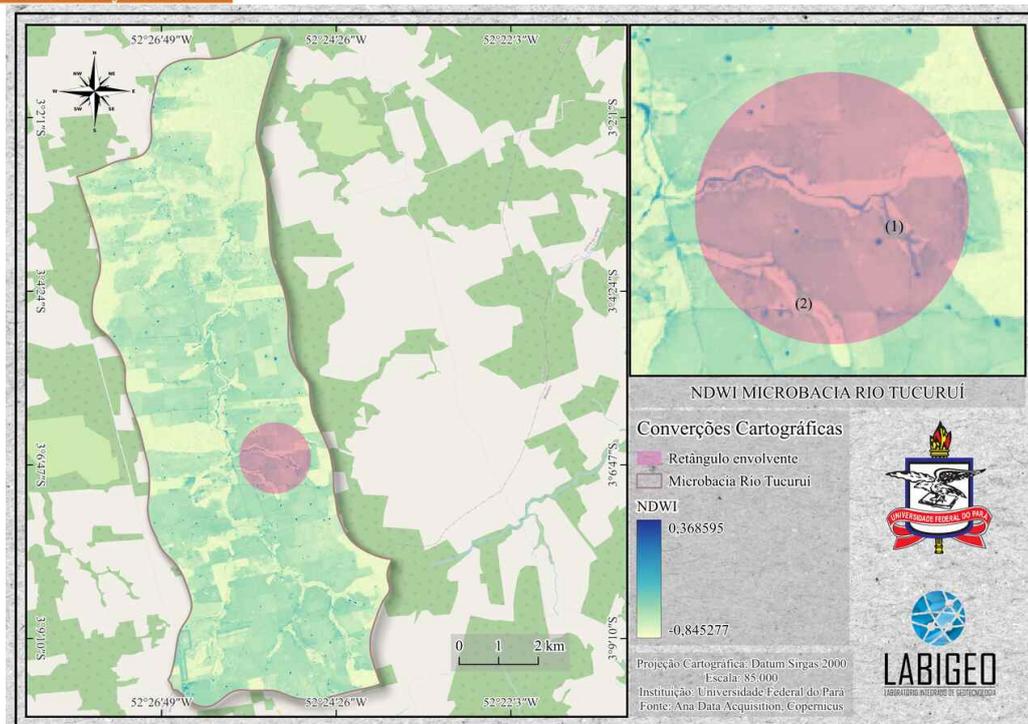
Após a reprojeção, foi necessário recortar as imagens utilizando a “camada de máscara” da microbacia do rio Tucuruí. Com isso finalizado, foi utilizada a "Calculadora Raster" para aplicar a fórmula do SAVI às bandas do Sentinel-2, utilizando o fator de correção ao solo (L) definido como 0.5:

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{NIR + RED + L} * (1 + L). \text{ ou seja } SAVI = \frac{(Band 8 - Band 4)}{Band 8 + Band 4 + 0.5} * (1 + 0.5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Reconhecendo que o processo de antropização recente realizada na microbacia provocou a perda de mais de 80% da cobertura vegetal (DIAS et al, 2018), a degradação do solo, associada a erosões e assoreamento são fenômenos acelerados e intensificados pelo trabalho humano. Isso tudo faz da detecção remota de corpos hídricos por meio (NWI) e solo (SAVI) fundamentais não somente aos estudos geográficos, como também à gestão ambiental. Essas ferramentas demonstraram ser eficazes na identificação dos fenômenos já indicados, uma vez que facilmente obtidos. Na figura a seguir ganha destaque o NDWI.

Figura 04: Mapa de Índice de Água da Diferença Normalizada (NDWI).



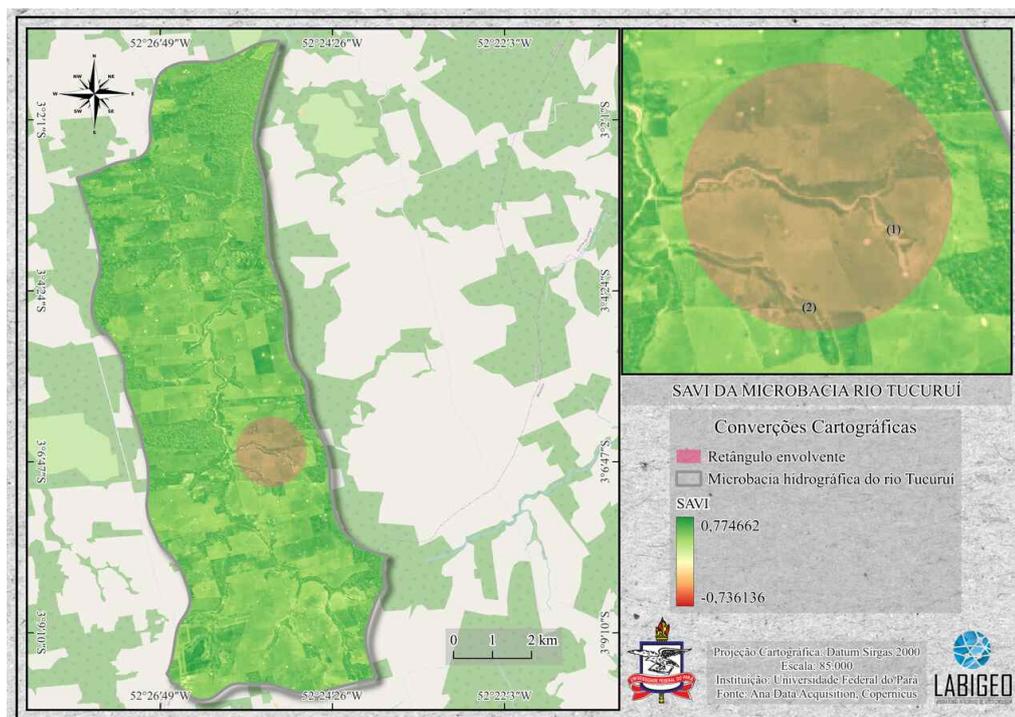
Fonte: Ana Acquisition, Copernicus 2023. Elaboração: Autores: 2023

Os dados gerados pelo Índice de Água da Diferença Normalizada (NDWI) forneceram parâmetros essenciais para uma análise aprofundada da área de estudo. Os leitos da microbacia do rio Tucuruí pertencem a rios de primeira ordem, nos mostrando a partir do índice a presença desses corpos hídricos, uma vez que essa ordem não deveria ser registrada devido a presença de vegetação. A detecção desses leitos pelo NDWI revelou que a região está exposta a radiação solar e a erosão devido à falta de vegetação.

Nota-se que a presença de corpos hídricos são identificados no NWI nos pixels de valores positivos, por isso, no recorte em vermelho nota-se 2 (dois) corpos hídricos, porém somente um o curso presença (1) contém resposta correspondente a presença de água, ao passo que no curso (2), apresenta pixels de valores negativos, que representam ausência de água. No entanto, salta aos olhos a constatação de que os dois são corpos hídricos, porém somente o número 1 não tem APP considerável e seu leito está muito assoreado devido a presença de uma voçoroca.

Ao comparar com o mapa de localização, observou-se que algumas áreas de drenagem não foram detectáveis no NDWI, indicando que a vegetação ciliar nessas regiões está em condições aceitáveis. Isso significa que onde o índice é detectável, as áreas estão expostas e apresentam riscos de assoreamento do leito. O SAVI, por outro lado, possibilitou a avaliação detalhada da vegetação e do solo desnudo (ver figura 05).

Figura 05: Mapa de Índice de Vegetação Ajustada do Solo (SAVI).



Fonte: Ana Data Acquisition, Copernicus 2023. Elaboração: Autores, 2023.

O SAVI revelou a qualidade variável da vegetação presente nas matas ciliares, valores de -0.02 a 0.2 como mostrado no curso (2), onde as margens do leito apresentam resposta de solo exposto ou vegetação escassa, isso contrasta com valores de 0.5 a 0.7 em áreas onde o leito está completamente coberto pela mata ciliar no curso (1). Esses valores mais altos indicam uma vegetação saudável, que está dentro dos parâmetros das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

No recorte circular do mapa, na drenagem 2 nota-se a resposta do SAVI para solo na fração correspondente ao corpo hídrico, isso demonstra o processo de assoreamento do leito, já no corpo hídrico 2, verifica-se resposta para vegetação arbustiva e arbórea, sugerindo uma área de maior estabilidade ecológica e possivelmente um melhor estado de conservação ambiental.

Com o solo desnudo, a microbacia ficou exposta à incidência solar e às precipitações, resultando no carreamento de sedimentos para os leitos, isto resulta em impacto considerável na microbacia do rio Tucuruí, pois a falta de vegetação ciliar facilita esse carreamento de sedimentos (ver figura 06 A; B).

Figura 06 [A; B]: Leito assoreado da microbacia rio Tucuruí.



Fonte: Autores, 12/06/2023.



Fonte: Autores, 12/06/2023.

A comparação entre os resultados do NDWI e do SAVI revela importantes nuances sobre a saúde ambiental da microbacia do rio Tucuuruí. O NDWI destacou corpos hídricos e expôs áreas de rios de primeira ordem que deveriam estar protegidas por vegetação ciliar, mas que se encontram vulneráveis devido à exposição do solo. Por outro lado, o SAVI permitiu uma análise detalhada da vegetação, mostrando que áreas nas margens do leito com valores baixos indicam vegetação comprometida, enquanto valores mais altos em locais cobertos por mata ciliar apontam para uma vegetação saudável. Notavelmente, o SAVI detectou a presença de solo exposto no leito da microbacia em vez de água, sinalizando assoreamento, o que foi confirmado durante a visita de campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação dos resultados pelos índices NDWI e SAVI ofereceu percepções cruciais sobre a microbacia do rio Tucuuruí. O NDWI identificou a presença de água em rios, indicando a exposição desses corpos hídricos à erosão e assoreamento devido à falta de vegetação ciliar adequada para sua proteção. Por outro lado, o SAVI detectou solo exposto no leito da microbacia em vez de água, confirmando a ocorrência de assoreamento. A validação desses achados durante a visita de campo reforça a precisão dos dados de sensoriamento remoto.

Assim, a combinação dos índices NDWI e SAVI se mostra eficaz para identificar e monitorar o assoreamento em leitos fluviais. Esses índices não apenas revelam a presença de corpos hídricos e a saúde da vegetação, mas também apontam áreas críticas que necessitam de intervenção imediata. A pesquisa ressalta a urgência de ações de conservação e recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) para assegurar a sustentabilidade hídrica e ecológica da microbacia do rio Tucuuruí, em conformidade com a legislação ambiental vigente.

Palavras-chave: Assoreamento; NDWI, SAVI, Microbacia, Vegetação Ciliar.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, W, P. **Amazônia de domínio da União: expressões da ordem-desordem na exploração do potencial paisagístico na bacia do Jaurucu, baixo rio Xingu – Pará.** 2020. 198f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

BENICÍO, Lucas et al. **Análise da degradação ambiental da mata ciliar da represa da Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO.** Enciclopédia Biosfera, v. 14, n. 26, 2017.

DIAS, R, B.; ALVAREZ, W, P. SANTOS, T, S. **Cadastro ambiental rural como ferramenta de gestão do território: o caso da subproteção da microbacia do Jaurucu/PA.** Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas. n. 10, p. 47-55, 2018

HUETE, Alfredo R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote sensing of environment,** v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

MACHADO, Ronalton Evandro. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. Tese de Doutorado. University of São Paulo, Brazil.

MCFEETERS, Stuart K. **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.** International journal of remote sensing, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996.

QGIS. ORG. Download: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: 24 de jun. 2024

SARI, Vanessa; POLETO, Cristiano; CASTRO, Nilza Maria dos Reis. Caracterização dos processos hidrossedimentológicos em bacias rurais e urbanas. **Enciclopédia Biosfera. Goiânia, GO. Vol. 9, n. 16 (2013), p. 596-624, 2013.**