

## Monitoramento do aporte de sedimento em Santana do Araguaia-PA no intervalo de 2013 a 2021

*Monitoring of sediment input in Santana do Araguaia-PA from 2013 to 2021*

*Monitoreo de entrada de sedimentos en Santana do Araguaia-PA de 2013 a 2021*

Eixo temático: Meio Ambiente, Recursos Hídricos E Saneamento.

**SILVA, José Rubens Scantimburgo<sup>1</sup>; AMARAL, Franckeliny de Paula Sales<sup>2</sup>;  
BARBOSA, Leonardo Carlos<sup>3</sup>; SANTOS, Suanne Honorina Martins<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup>rubensscant@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará UNIFESSPA, Brasil

<sup>2</sup>franckeliny@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará UNIFESSPA, Brasil

<sup>3</sup>leonardo.carlos@ufpe.br, Universidade Federal do Pernambuco UFPE, Brasil

<sup>4</sup>suannemartins@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará UNIFESSPA, Brasil

**Resumo:** Em um acúmulo de sedimentos no rio Araguaia que surge no verão amazônico próximo ao distrito de Barreira dos Campos no município de Santana do Araguaia-PA, anualmente é promovido um evento pela prefeitura municipal, popularmente conhecida como “Praia do Boto”, porém ao analisar as imagens, é de fácil observação que ao passar dos anos o local vem sofrendo alterações na sua área e geometria a cada ciclo de cheia e seca do rio. A metodologia adotada de forma primária para realização deste estudo foi o uso do sensoriamento remoto com imagens do satélite Landsat 8 buscando observar e quantificar as devidas alterações nos bancos de areia, em seguida avaliar os dados de precipitação coletadas do satélite TRMM. Tais dados permitiram que o estudo alcançasse a constatação que em um intervalo de 9 anos houve mudança de 254.437,8 m<sup>2</sup> de área com um deslocamento de 373,08 metros confirmando que a cada ciclo ocorre alterações significativas, podendo ser uma preocupação a longo prazo para evento local.

**Palavras-chaves:** Barreira dos Campos; praia do boto; banco de areia; sensoriamento remoto.

**Abstract:** *In a sediment accumulation in the Araguaia River that arises in the Amazon summer near the Barreira dos Campos district in the municipality of Santana do Araguaia-PA, an event is promoted annually by the city hall, popularly known as "Praia do Boto", however, when analyzing the images, it is easy to observe that over the years the place has undergone changes in its area and geometry with each cycle of flood and drought of the river. The methodology adopted in the primary way to carry out this study was the use of remote sensing with Landsat 8 satellite images seeking to observe and quantify the appropriate changes in the sandbanks, then evaluate the precipitation data collected from the TRMM satellite. These data allowed the study to reach the finding that in a 9-year interval there is a change of 254,437.8 m<sup>2</sup> of area with a displacement of 373.08 meters confirming that significant changes occur at each cycle, and maybe a long-term concern for a local event.*

**Keywords:** *Barreira of Campo; boto beach; sand bank; remote sensing.*

**Resumen:** *En una acumulación de sedimentos en el río Araguaia que surge en el verano amazónico cerca del distrito de Barreira dos Campos en el municipio de Santana do Araguaia-PA, un evento es promovido anualmente por el ayuntamiento, conocido popularmente como "Praia do Boto", sin embargo, al analizar las imágenes, es fácil observar que a lo largo de los años el lugar ha sufrido cambios en su área y geometría con cada ciclo de inundación y sequía del río. La metodología adoptada en la forma principal de llevar a cabo este estudio fue el uso de teledetección con imágenes satelitales Landsat 8 buscando observar y cuantificar los cambios apropiados en los bancos de arena, luego evaluar los datos de precipitación recolectados en las estaciones meteorológicas alrededor del cuerpo de agua. Estos datos permitieron al estudio lograr el hallazgo de que tales cambios realmente han estado ocurriendo con cada ciclo y que los cambios son significativos para el sitio, y pueden ser una preocupación a largo plazo para las fiestas locales.*

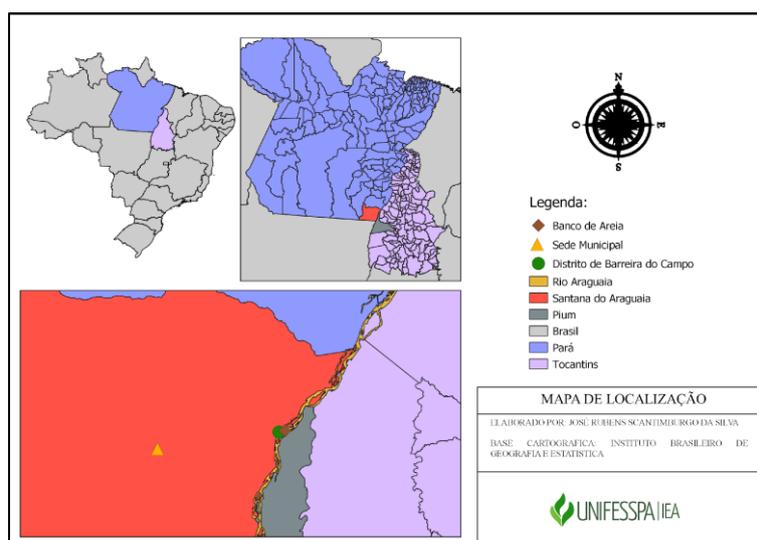
**Palabras clave:** *Barreira dos Campos; playa boto; banco de arena; detección remota.*

## 1 Introdução

No sudeste do Pará, no município de Santana do Araguaia nas margens do Rio Araguaia encontra-se a comunidade de Barreira dos Campos fazendo fronteira com município de Pium do Tocantins (figura 1), local frequentado pelos moradores do município paraense para utilizações recreativas do rio, durante os verões amazônicos é comum a prefeitura municipal conceder uma festa em um acúmulo de sedimentos formado no rio, conhecida popularmente como “Praia do Boto”. Ao longo dos anos, o banco de areia utilizado para o evento vem sofrendo grandes alterações relacionadas à sua área e geometria a cada ciclo de cheia e seca do rio, essas mudanças são perceptíveis visualmente.

Esse fenômeno acontece principalmente pelos ventos e chuvas ocasionando o processo erosivo em rochas e solos que deixam por consequência a ocupação de sedimentos em espaços de corpos hídricos, além da substituição da vegetação nativa por coberturas antropizadas nas margens do rio que colaboram com o processo de assoreamento (COUCEIRO, 2009; CARVALHO, 2000; QUILBÉ, 2006).

Figura 1 - Mapa de localização



Fonte: Autor (2022)

Esta pesquisa tem por objetivo analisar as mudanças ao longo dos anos, correlacionando com a

precipitação do local e sua influência nos sedimentos da região. Para análise de como as características desses acúmulos vem se transformando ao longo dos anos, foi utilizada imagens de satélite com bandas multiespectrais devido a facilidade de acesso atualmente, assim foi viável determinar tamanho, geometria e deslocamento, através do Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG), toda essa análise sem a necessidade de uma visita in loco, além da possibilidade de ter dados disponíveis de um intervalo de tempo extenso dependendo do satélite utilizado, deixando assim o estudo mais refinada.

Como a decisão de utilizar as imagens do satélite Landsat 8, com os artifícios citados e auxílio dos dados de precipitação do satélite TRMM é possível verificar alterações no acúmulo de sedimentos no intervalo de 9 (nove) anos. A escolha do trecho estudado se deu pela realização do evento citado anteriormente, na busca de alcançar a população local e contribuir com valor científico.

## 2 Referencial teórico

O Veraneio da Praia do Boto realizado no mês de julho pela prefeitura de Santana do Araguaia é um evento regional realizado em um distrito que se destaca pela formação de praias banhadas pelo rio Araguaia, o fluxo de pessoas que são atraídas pela programação são essenciais para o comércio local. Dito isto, é importante compreender a maneira que um acúmulo de sedimentos se comporta em um corpo d'água analisando as mudanças da paisagem e biológica que pode ser alterada a cada ciclo de mudança, gerando importantes instrumentos de gestão e tomada de decisões de interesse público (COUCEIRO, 2009).

Dentro de um contexto de estudos hidrológicos a tecnologia de Sensoriamento Remoto (SR) possibilita o monitoramento da dinâmica de grandes bacias hidrográficas, podendo atuar com instrumentos ópticos que trabalham com a radiação solar ou eletromagnética em processos de verificação de absorção e espelhamento das superfícies, onde são aplicadas medições de irradiância e radiância que calculam a reflectância de superfície (BARBOSA; DE MORAES NOVO; MARTINS; 2019). Segundo Novo (2010), o SR é associado ao uso conjunto de sensores e equipamentos de processamento para obtenção de dados à distância sobre fenômenos da superfície. Neste trabalho o SR proporcionou a análise espaço-temporal do banco de areia situados no Rio Araguaia utilizado para um evento anual, através de imagens do LANDSAT 8, tal como os autores Azevedo e Barbosa (2020) verificaram as alterações ambientais na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingú também no estado do Pará.

França et al., (2012) explica que para identificar e caracterizar diversas superfícies há diferentes índices que calculam valores radiométricos através de operações que envolvem diferentes bandas capazes de investigar propriedades espectrais, determinando variados materiais como vegetação, edificações ou água, entre os específicos que mais se destacam são: NDVI, NDBI e NDWI. O NDWI - *Normalized difference water index* (Índice de Água de Diferença Normalizada) possui duas formulações, propostas por McFeeters (1996) e Gao (1996), muito utilizado para ressaltar corpos hídricos e minimizar as respostas dos demais alvos. Pesquisas constataram que o NDWI definida por Gao (1996) possui maior sensibilidade ao distinguir o teor de umidade no solo (PEREIRA ET AL., 2018).

Os dados de precipitação por meios tradicionais como de pluviômetros representam a quantidade de chuva em apenas um ponto, e adota-se esse valor para as proximidades, isso implica que para se obter valores detalhados necessita de uma quantidade significativa de instrumentos (NÓBREGA et al., 2008; SILVA 2013). Almeida (2017) reforça que no Brasil existem regiões com escassez de pluviômetros e muitos desses equipamentos com dados pouco

consistentes.

Uma alternativa que surge para suprir essa necessidade de dados e precipitação e a utilização de sensores através de satélites, dentro desse cenário surge o satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) lançado em 1997 pela National Aeronautics and Space Agency NASA juntamente com a National Space Development Agency of Japan JAXA que auxilia justamente regiões onde se apresenta uma escassez de métodos convencionais (KUMMEROW et al., 2000). Segundo Anjos (2017), esse satélite vem sendo utilizado de maneira ampla na monitoração de chuvas. O mesmo avalia as estimativas de chuva convectivas como estratiformes de maneira sem descontinuidade ou ausência de dados mensais através de uma identificação dinâmica. Por interpolação são gerados mapas de estimativas de chuva para facilitar a interpretação e a análise (NASA 2015).

O cenário de mudança no acúmulo de sedimentos nos cursos d'água, como o que ocorre no distrito da Barreira do Campo, tem origem nos processos erosivos. Essa realidade foi estudada por Miranda (2007) que avaliou a dinâmica das modificações morfológicas na Baía do Guajará – Belém/PA. Couceiro (2009), explica que de acordo com as características do sedimento e do fluxo de água da região, esses sedimentos podem ser transportados por distâncias maiores que 1 km, a velocidade também é definida por essas propriedades. A mesma autora afirma que as partículas finas, que é o caso do objeto de estudo já que se trata de bancos de areia, podem se infiltrar nos primeiros 30cm do leito e voltar ser suspensa pelo fluxo da água.

### 3 Metodologia

O intervalo escolhido para análise se dá pela preferência de utilização de imagens de apenas um satélite, o Landsat 8, que teve seu lançamento no ano de 2013 possibilitando uma amostragem de 9 anos (2013 a 2021). As imagens foram coletadas do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey-USGS).

Para confecção das imagens RGB foram utilizadas as bandas 2 (azul), 3 (verde) e a 4 (vermelha) e para ter uma qualidade de 15 metros utilizou a banda 8 (Pancromática) de cada anos, em uma mescla simples formando uma imagem de composição RGB. Já para elaboração do NDWI foram necessárias as bandas 3 (verde) e 5 (infravermelho próximo), para o cálculo utilizou a fórmula proposta por Gao (1996) conforme abaixo.

$$NDWI = \frac{\text{banda 3} - \text{banda 5}}{\text{banda 3} + \text{banda 5}} \quad (1)$$

Os processamentos de todas as imagens foram realizados no software de licenciamento gratuito Qgis na a versão 3.16.10. Também foram utilizadas shapefile disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para a determinação territorial tendo em vista que o local do estudo encontra-se em uma fronteira entre estados.

Os dados de precipitação mensais foram coletados do algoritmo 3B43 v7 do satélite TRMM com resolução espacial de 0,25°, os dados são fornecidos pelo observatório Geovanni da NASA e contem dados de 01 de janeiro de 1998 há 31 de dezembro de 2019 sendo necessário tratamento geoestatísticos como filtragem de dados por Hoaglin et al (1992) onde são descartados valores discrepantes do limite inferior ( $L_i$ ) e do limite superior ( $L_s$ ) conforme as equações 2 e 3 abaixo, teste de Kolmogorov-Smirnov, confecção de um semi-variograma através do programa GeoEas e análise de dependência linear e ajustando como modelos teóricos, para projeção dos anos de 2020 e 2021.

$$L_i = Q_i - 1,5A_p \quad (2)$$

$$L_s = Q_s + 1,5A_p \quad (3)$$

Onde:

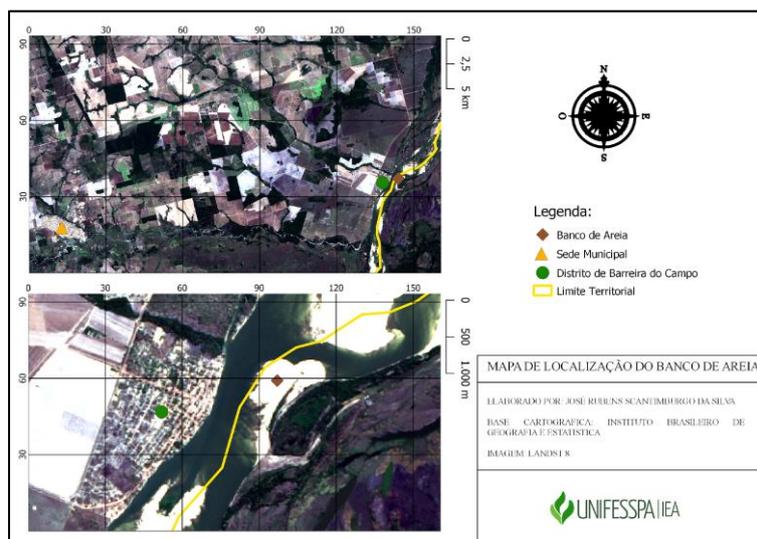
$L_i$  e  $L_s$  são os limites inferior e superior;  $Q_i$  e  $Q_s$  são os quartis inferior e superior;  $A_p$  é a amplitude entre o 1 e 3 quartil.

#### 4 Resultados e discussões

Apesar do evento que ocorre anualmente ser promovida pela prefeitura de Santana do Araguaia no Pará, a figura 2 deixa evidente que o banco de areia não se encontra em território paraense, pela determinação territorial disponibilizado pelo IBGE o acúmulo de sedimentos pertence ao território tocantinense no município de Pium.

A maior implicância nesse caso são as normas ambientais, uma vez que por se tratar de estados diferentes podem ter regimentos diferentes, fazendo que a prefeitura tenha uma atenção redobrada. Outro ponto é a própria utilização do espaço territorial vizinho, como não pertence ao município de Santana do Araguaia para promoção do evento necessita de formalização com município vizinho ou até mesmo contratos de aluguel.

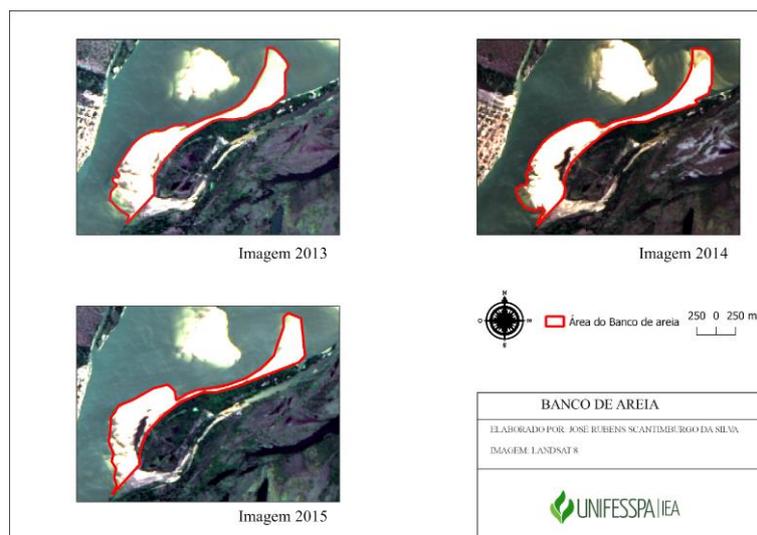
Figura 2 - Delimitação territorial



Fonte: Autor (2022)

Para que possua uma melhor definição da área do banco de areia em cada ano, foi utilizado as imagens de composição RGB, através das mesmas foram feitos os contornos dos bancos de areia em cada ano com o intuito de facilitar a visualização da mudança geométrica pois se tornaria ineficaz uma análise sem um referencial geométrico. Na figura 3 é perceptivo que no ano de 2013 possui duas grandes áreas ligadas por uma faixa comprida, porém nos próximos anos essa faixa vai perdendo espessura, em 2014 já é visível que essa faixa aparenta ser mais comprida, porém mais fina chegando ao ponto que em 2015 sua espessura fica ínfima.

Figura 3 – Composição RGB nos anos 2013, 2014 e 2015

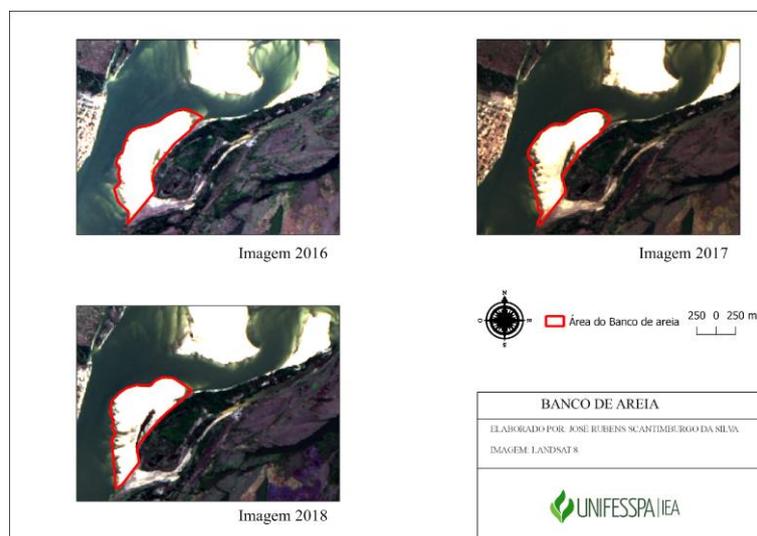


Fonte: Autor (2022)

A faixa que ligava as duas grandes áreas teve sua espessura tão resumida nos anos seguintes que em 2016 já pode ser considerada como insignificante, de modo que pode se considera dois bancos de areia separados, porém o presente estudo seguirá abordando apenas o acúmulo de sedimentos que é utilizado pela prefeitura de Santana do Araguaia.

Na figura 4 a primeira grande diferença que os contornos apresentam é a separação já citada dos bancos de areia, entretanto outro fato muito importante que em 2016 a geometria do local era de certa forma abalada, já em 2017 essa forma começa ter uma alteração a sudoeste perdendo a forma anterior algo que fica mais explícito em 2018 gerando algo mais retilíneo nessa região.

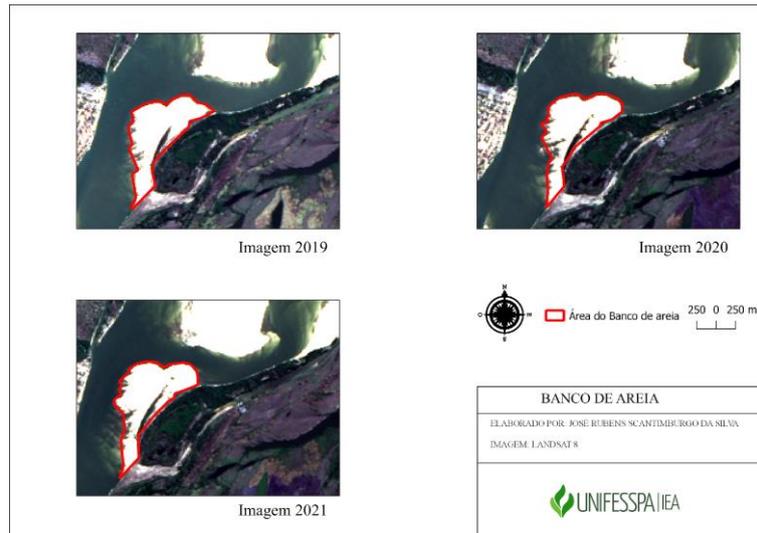
Figura 4 – Composição RGB nos anos 2016, 2017 e 2018



Fonte: Autor (2022)

Nos últimos três anos de análise o comportamento de alteração na região sudoeste do banco de areia continua, também é possível perceber na figura 5 que no ano de 2019 começa a surgir imperfeições na geometria e uma faixa de água no centro do banco de areia, essas imperfeições bem como a faixa de água vão acentuando nos anos seguintes 2020 e 2021.

Figura 5 – Composição RGB nos anos 2019, 2020 e 2021

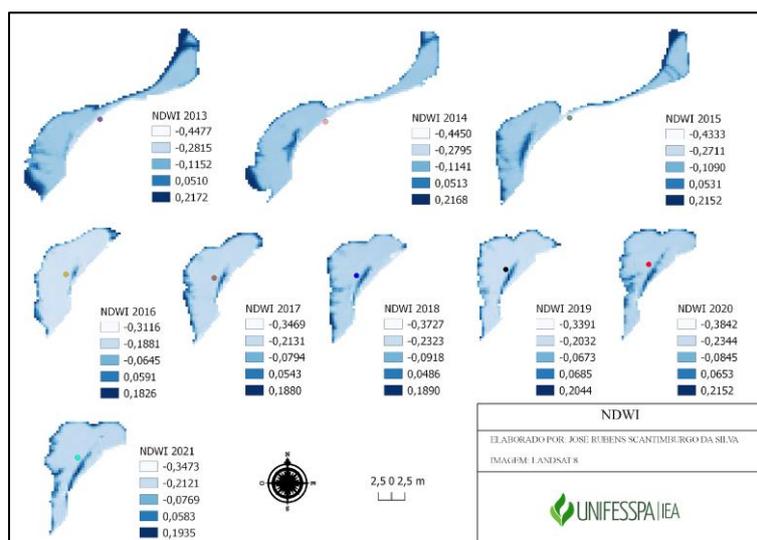


Fonte: Autor (2022)

Com o propósito de confirmar se as áreas contornadas em cada ano a partir da composição RGB com a banda pancromática corresponde realmente aos acúmulos de sedimentos, foram produzidas as imagens de NDWI para cada ano, posteriormente as imagens foram recortadas na área de interesse e em seguida utilizando a função do próprio software Qgis para cálculo de centroide, definido para cada ano em estudo.

Em uma imagem NDWI os valores podem ser de -1 a 1 onde quando menor negativo for mais ausência de água sendo o valor de -1 solo seco, e quanto maior positivo for indica presença de água sendo o valor 1 a presença de água pura. Na figura 6 percebe-se que o maior valor positivo de todas as imagens e de 0,2172 no ano de 2013, isso indica presença de água, porém por ser um valor relativamente baixo pode se trata de uma profundida rasa indicando coerência nos contornos adotados. Outra informação apresentada da figura 6 são os centroides de cada forma geométrica dos bancos de areia, esse dado tem como funcionalidade quantificar uma possível movimentação do acúmulo de sedimentos e o seu sentido.

Figura 6 – NDWI com centroides



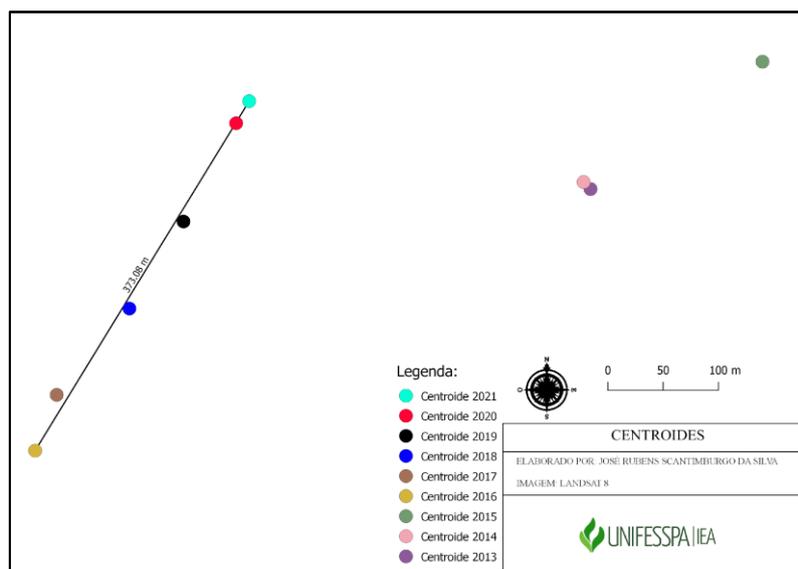
Fonte: Autor (2022).

Apenas observando a figura anterior fica de maneira abstrata o quanto realmente se moveu os bancos de areia, já na figura 7 pode-se observar os centroides de cada ano sobpostos, para

compreender esse dado e necessário recapitular que nos anos 2013, 2014 e 2015 o banco de areia possuía uma geometria distinta, isso explica o motivo dos centroides desses anos possuir essa discrepância.

Para quantificar a distância percorrida tem que se considerar a partir do ano de 2016 para que tenha uma coerência nos resultados, pois como já citado os anos anteriores possuem uma grande diferença. Isso ocasiona que diferente do restante do trabalho essa análise terá um intervalo de apenas 6 anos. Na figura 7 indica que a distância percorrida de 2016 a 2021 é de 373,08 metros.

Figura 7 - Centroides sobpostos



Fonte: Autor (2022)

Algo que é apropriado de análise é a área de areia em cada ano, a partir dos contornos criados foi possível quantificar cada área conforme o quadro 1, primeiramente é perceptivo que existe uma diferença considerável do primeiro ano em análise para o último, uma diferença de 254.437,8 m<sup>2</sup> em 9 anos, é evidente que essa diferença é por conta da grande faixa que liga duas áreas considerável nos 3 primeiros anos, após isso ocorre mudanças, porém não tão significativo.

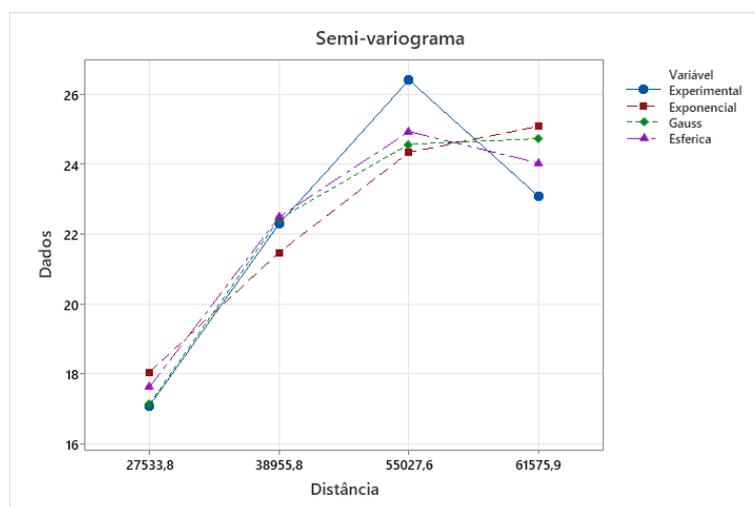
Quadro 1 – Precipitação de cada mês

Área do Banco de Areia (m <sup>2</sup> )	
2013	936390,86
2014	947349,11
2015	849320,52
2016	671691,49
2017	663466,47
2018	673447,44
2019	644576,55
2020	632084,08
2021	681953,06

Fonte: Autor (2022)

Como a principal hipótese para as alterações na área de areia exposta e a chuva, dentro de um cenário de pouco equipamento de medição de precipitação como pluviômetro e mesmo nos existente uma grande defasagem nos dados, para observar os dados de precipitação foi utilizado os satélites TRMM para o intervalo de 2013 à 2019 obtendo os resultados de 2020 e 2021 por regressão linear. Porém para validação dos dados, foram submetidos à processos estatísticos, inicialmente uma filtragem utilizando Hoaglin et al (1992) onde obteve o limite inferior de 60,056 mm e limite superior de 238,881 mm dessa maneira nenhum dado de precipitação foi descartado uma vez que o maior valor de precipitação e de 206,645 mm e o menor de 104,851 mm. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov obteve que não os dados não são normalmente distribuídos. Para satisfazer a normalidade aplicou-se a transformação logarítmica em seguida a filtragem que novamente não teve dados descartados e obtendo uma distribuição normal.

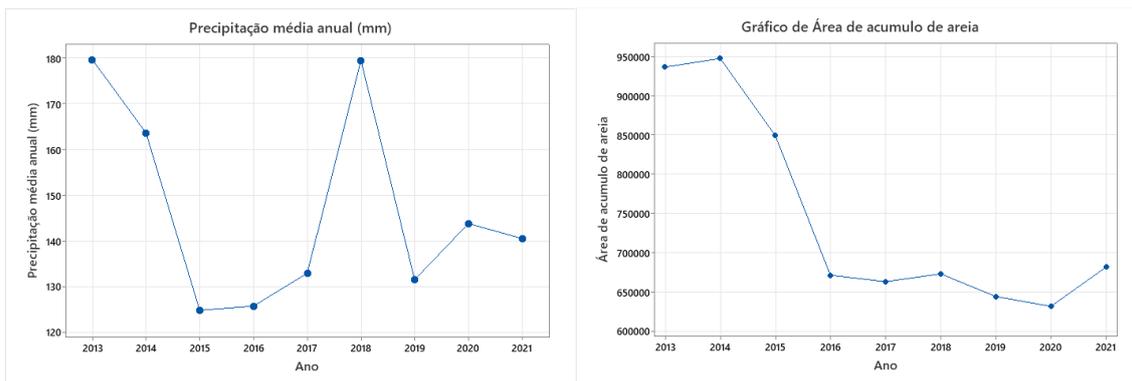
Gráfico 1 – Semi-variograma.



Fonte: Autor (2022)

Após a confirmação de distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, iniciou a análise geostatística pelo software GeoEas que analisou a dependência espacial através do semi-variograma clássico, em posse desses dados deu início ao ajuste do modelo teórico, para esse estudo considerou três modelos: Exponencial, Esférico e Gaussiano. Conforme o gráfico 01 acima e possível observar através de análise visual que o modelo que mais se aproxima da função dos dados experimentais e o exponencial, desse forma e possível a utilização dos dados para análise científica do estudo.

Gráfico 2 – Precipitação média e área do banco de areia



Fonte: Autor (2022)

Ao comparar a diferença na precipitação com referência do ano anterior conforme o gráfico 02 acima é possível notar que não existe uma correlação entre os dados, na primeira análise, no ano de 2014 teve uma menor média de precipitação em relação a 2013, no gráfico de área de acúmulo de areia apresenta um aumento na área algo que possui coerência, porém nos anos seguintes essa correlação não permanece, como em 2015 que em relação ao ano anterior possui uma média inferior porém isso não resulta em uma maior área exposta, pelo contrário demonstra uma área ainda menor.

A divergência entre os dados permanece em 2016, 2017 e 2018 onde é notória uma crescente nos valores de precipitação, porém a área de acúmulo de areia se mantém quase que constante. Em 2019 com relação ao seu predecessor, existe uma grande diferença em quantidade de chuva, porém essa diferença não refletida em uma maior área exposta, em 2020 e 2021 seguindo a mesma análise não apresentam correlação entre os dados, podendo indicar que tal mudança de área não é influenciado pela quantidade de chuva, sendo outro fator desconhecido.

## 5 Conclusões

O primeiro ponto pertinente apresentado é o fato de que apesar de ser utilizado pela prefeitura de Santana do Araguaia-PA, geograficamente o acúmulo de sedimentos pertence ao município de Pium-TO seguindo as determinações territorial do IBGE, informação interessante tendo em vista que os estados podem ter políticas ambientais diversas além do ponto que tal utilização pode acarretar em aluguéis e taxas para utilização.

Com as imagens de composição RGB e confirmada pelas imagens de NDWI ficou comprovado que ao logo dos 4 anos iniciais houve uma grande perda de área no local, por conta da perda de uma faixa de sedimentos que ligava duas áreas maiores, após esses anos a mudança de área não teve mudança significativa. Os dados de precipitação não se confirmaram como fator principal de alteração na área de acúmulo de areia, uma vez que os valores não se correlacionam indicando que tais alterações são provocadas por efeitos desconhecidos.

O deslocamento no sentido do fluxo do rio é algo perceptivo em análises visuais, e confirmado pelo deslocamento do centroide de ano cada ano, porém tal análise teve um intervalo de 6 anos pois os 3 primeiros anos possuem uma discrepância na distância por conta da diferença geométrica, porém mesmo com um intervalo mais reduzido o acúmulo de sedimento deslocou 373,08 metros. Por fim esse trabalho deixa como sugestão para futuros trabalhos analisar e identificar quais fatores desconhecidos pode está influenciando na geometria desse banco de areia, bem como estudos sobre o sistema burocrático para utilização do local, e também estudos com um intervalo de tempo mais extenso para uma análise mais apropriada.

## Referências

- ALMEIDA, K. N.; Análise de desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a região hidrográfica do rio Itapemirim, 2017.
- ANJOS, R. S.; Qualidade de dados do satélite TRMM para espacialização das chuvas na microrregião de Itaparica-PE, 2017.
- AZEVEDO, L. S.; BARBOSA, L. C. Estudo do índice de vegetação e temperatura da superfície terrestre na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu (PA) utilizando Google Earth Engine. Revista de Geociências do Nordeste, Caicó, Rio Grande do Norte, v. 6, n. 2, p. 244-256, julho-dezembro 2020.
- BARBOSA, Claudio Clemente Faria; DE MORAES NOVO, Evlyn Marcia Leão; MARTINS, Vitor Souza (Ed.). Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.
- CARVALHO, N. Guia de avaliação de assoreamento de reservatório (Aneel). Brasília. 2000. 140p.
- COUCEIRO, S. M.; PADOVESI-FONSECA, C. Sedimentos reduzem biodiversidade. Ciência Hoje, v. 262, p. 60-63, 2009.
- DE MORAES NOVO, Evlyn ML. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. Editora Blucher, 2010.
- França, A.F., Tavares Junior, J.R.; Moreira Filho, J.C.C., 2012. Índices NDVI, NDWI E NDBI como ferramentas ao Mapeamento temático do entorno da lagoa Olho D'água, em Jaboatão dos Guararapes-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 4, Recife-PE, 001-009.
- Gao, B.C.; 1996. NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote sensing of environment, 58(3): 257-266.
- Hoaglin, D. C.; Mosteller, F.; Tukey, J. W. Análise exploratória de dados: Técnicas robustas. Lisboa: Edições Salamandra. 1992. 446p.
- KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. S.; ADLER, R.; OLSON, W. S. The status of the tropical rainfall measuring mission (TRMM) after two years in orbit. Journal of Applied Meteorology, p. 1965-1982, 2000.
- McFeeters, S.K., 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 17, 1425-1432.
- MIRANDA, A. G.; MENDES, A. C. Evolução batimétrica da Baía de Guajará, Belém/PA. Anais. XI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Belém: Anais XI Congresso da ABEQUA. p. 1-3, 2007.
- NASA. TRMM 3B43\_V7. Disponível em [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM\\_3B43\\_7/summary](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/TRMM_3B43_7/summary) > . Acesso em setembro de 2022.
- NÓBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; GALVÍNCIO, J. D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. Rev. Geografia, v. 25, n. 1, p. 6-20, 2008.
- Pereira, L.E., Marques E.A., Grigio, A.M., Paranhos Filho, A.C., 2018. Comparative Analysis

of Normalized Difference Water Index (NDWI) Methods in Continental Wetland. ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (UFRJ. IMPRESSO) 41, 654- 662.

QUILBÉ, R.; ROUSSEAU, A. N.; DUCHEMIN, M.; POULINA, A.; GANGBAZOC, G.; VILLENEUVE, J. P. Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient loads in streams: Application to the Beaurivage River (Québec, Canadá). Journal of hydrology, v, 1, n. 1, p.1-16, 2006.

SILVA, D. P.; FERREIRA, M. E.; Uso de Imagens do Satélite TRMM para Quantificação do Regime de Chuvas e Nebulosidade no Bioma Cerrado, Brasil, 2013.