

AVALIAÇÃO DE MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE POR CANAIS FLUVIAIS PARA ÁREAS POTENCIAIS DE AÇAÍ

Danylo Mendonça Magalhães¹

¹Divisão de Observação da Terra e Geoinformática (DIOTG) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) São José dos Campos, SP - Brasil (magalhaesdanylo@gmail.com);

RESUMO

Mensurar a acessibilidade dos deslocamentos entre origens de produção do açaí e os destinos finais de comercialização é de fundamental importância para um fruto extremamente perecível. Isso envolve a capacidade de alcançar destinos de forma eficiente, sendo particularmente relevante em áreas geograficamente complexas, como a região amazônica. No Pará, o açaí desempenha um papel econômico e social significativo, destacando a importância do gerenciamento sustentável de recursos naturais, entretanto este insumo possui a necessidade de ser escoado o mais rápido possível, por conta da sua alta perecibilidade. O presente estudo mapeou e avaliou a acessibilidade por canais fluviais a partir de dois métodos diferentes e relacionando-os às áreas de cultivo de açaí. Assim, entendendo que o transporte fluvial é um meio de locomoção fundamental na Amazônia, conectando áreas remotas e contribuindo para a acessibilidade da região. Portanto, foram especializadas as áreas de tempo de viagem gastos, somadas às análises da proximidade dessas áreas com feiras e portos, localizados nos municípios de Cametá e Mocajuba.

Palavras-chave — Tempo de Viagem, Açaí e Nordeste Paraense.

ABSTRACT

Measuring the accessibility of transportation between açai production origins and final transport destinations is of fundamental importance for an extremely perishable fruit. This involves the ability to reach destinations efficiently, particularly relevant in geographically complex areas such as the Amazonia region. In Pará, açai plays a significant economic and social role, emphasizing the importance of sustainable natural resource management. However, the consumption of açai requires rapid distribution due to its high perishability. The present study mapped and assessed accessibility via river channels using two different methods, relating them to açai cultivation areas. Understanding that river transportation is a fundamental means of mobility in the Amazonia, connecting remote areas and contributing to regional accessibility, the study focused on travel time and expenses, coupled with analyses of the proximity of these areas to markets and ports in the Cametá and Mocajuba.

Key words — *Travel Time, Açai and Northeast Pará.*

1. INTRODUÇÃO

A acessibilidade tem sido um fator crítico na conectividade da região amazônica, sobretudo em regiões remotas [1]. A capacidade de alcançar destinos de forma rápida e eficiente desempenha um papel fundamental no acesso a recursos, mercados e oportunidades. Isso se torna ainda mais relevante quando consideramos regiões geograficamente complexas em redes de transporte, como é o caso da Amazônia.

O transporte fluvial pode ser considerado um dos principais meios de locomoção amazônico. Os rios que cortam essa região imensa se transformaram em verdadeiras artérias de conexão, permitindo o acesso a áreas remotas e a movimentação de pessoas e mercadorias [2]. Esse modo de transporte não apenas desempenha um papel crucial na acessibilidade, mas também nos fatores sociais, ambientais e econômicos, uma vez que em muitos casos é tido como preferência mediante à alternativas terrestres.

Em outra medida, a ideia de um "Circuito Espacial Produtivo", é particularmente relevante ao considerarmos a dinâmica econômica de regiões como a Amazônia. Isso implica em entender as interconexões entre áreas geográficas distantes e como elas contribuem para a produção e o desenvolvimento econômico [3]. Essa abordagem pode oferecer alternativas valiosas para a formulação de políticas.

O açaí não é um produto que desempenha um papel crucial na subsistência de muitas comunidades locais [4]. Além disso, sua crescente demanda no mercado global tem gerado novas demandas econômicas de forma significativa. Entretanto, cabe destacar que o açaí é um insumo altamente perecível e encontra como desafio o escoamento para regiões de consumo, de forma ágil e conectada.

Assim, a acessibilidade por tempo de viagem, o transporte fluvial, os circuitos espaciais produtivos e o açaí na região nordeste do Pará são todos elementos interconectados que moldam o desenvolvimento econômico e social de regiões remotas e geograficamente desafiadoras. Portanto, serão empregadas duas metodologias para a criação do modelo de tempo de viagem: o método por tempo de viagem [1] e o método de acessibilidade cumulativa [5].

Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo geral mapear a acessibilidade pelo método de tempo de viagem em deslocamentos por canais fluviais para as sedes dos municípios localizados no nordeste do Pará. Dentro

desse contexto, os objetivos específicos deste estudo se desdobram em duas principais metas. A primeira delas consiste em quantificar os tempos de viagem para os Municípios de Cametá e Mocajuba. A segunda meta é implementar o método por acessibilidade e o método cumulativo para tempos de viagem entre as áreas de alto potencial de açaí [6] até as feiras e portos. Esta abordagem visa identificar oportunidades de mercado e de desenvolvimento local, uma vez que o açaí é um produto amplamente consumido e de grande relevância econômica na região [4].

Ao relacionar a acessibilidade fluvial com as áreas de cultivo deste fruto, será possível propor estratégias para o fortalecimento da economia local e a melhoria na qualidade de vida das comunidades envolvidas. Assim, auxiliando no planejamento e desenvolvimento regional, ao mesmo tempo em que destaca a importância da agricultura de pequena escala, como o cultivo de açaí, na economia local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região nordeste do estado do Pará, abrangendo os municípios de Cametá e Mocajuba (Figura 1). A região é caracterizada por uma vasta rede de rios e canais fluviais, onde a acessibilidade por vias fluviais é essencial para a conectividade e desenvolvimento das comunidades locais. Além disso, a presença de áreas potenciais de cultivo de açaí confere um valor adicional à região, uma vez que esse produto desempenha um papel crucial na economia local, gerando empregos e oportunidades de negócios. Assim, compreender a dinâmica da acessibilidade fluvial e sua relação com o cultivo de açaí é fundamental para promover o crescimento sustentável e a qualidade de vida nesta área do Pará.

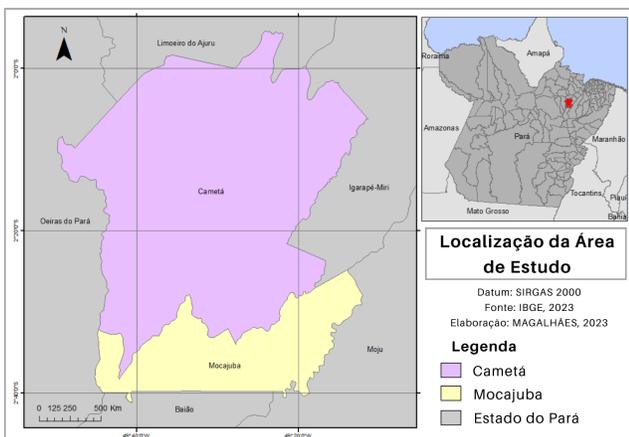


Figura 1. Área de estudo cobrindo os municípios de Cametá, Mocajuba e Baião.

A metodologia da estimativa de acessibilidade por tempo de viagem é uma abordagem utilizada em diversas áreas para avaliar a acessibilidade e a conectividade entre

diferentes locais com base no tempo necessário para se deslocar de um ponto a outro. Essa metodologia envolve o cálculo do tempo de deslocamento entre os lugares de interesse, levando em consideração os modos de transporte disponíveis, as distâncias a serem percorridas e as condições de infraestrutura, como estradas, trilhas, rios, canais fluviais, entre outros.

No contexto de deslocamentos por canais fluviais, ambas as metodologias por tempo de viagem e por acessibilidade cumulativa envolveriam a medição ou a estimativa do tempo que um barco, embarcação ou qualquer outro meio de transporte fluvial levaria para percorrer a distância entre dois pontos ao longo de um rio ou canal. Essas abordagens são valiosas para o planejamento de infraestrutura, análises de acessibilidade regional, tomada de decisões relacionadas ao transporte e desenvolvimento de políticas públicas. Elas permitem avaliar quais áreas são mais ou menos acessíveis por meio de viagens fluviais e identificar oportunidades de melhorias na infraestrutura de transporte aquático.

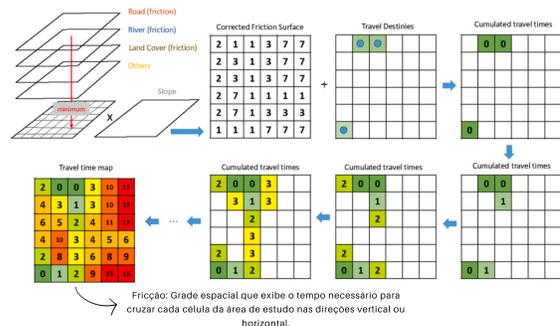


Figura 2. Funcionamento de uma superfície de atrito, aplicando valores de velocidade. Adaptado de Schielein (2021)

Neste método, foram utilizados dois arquivos para a construção da base inicial de fricção, o dado de uso e cobertura [7] e o dado de ordem de canais do rio Tocantins [8]. Ambos os dados que se encontravam como dados vetoriais, foram convertidos para dados rasterizados para o prosseguimento da operação. Assim, foi aplicada uma velocidade para cada dado raster. Para os pesos de velocidade das classes de uso e cobertura foram utilizados valores inspirados em trabalhos anteriores [1], que se orientaram pela velocidade média dos carros do IBAMA (Tabela 1).

Classe	Km/h
Floresta Primária	3
Floresta Secundária	3
Silvicultura	3
Pastagem	5
Agricultura	5
Mineração	1

Área Urbana	30
Água	14
Desflorestamento	1

Tabela 1. Velocidades para as classes de uso e cobertura.

Assim, foi utilizado a extensão do software Qgis, chamada de r.series, que se utiliza das ferramentas da linguagem de programação R para compilar camadas de dados raster, sobrepondo a partir do georreferenciamento indicado, as informações em ambos os arquivos.

Outro dado utilizado foi a base das sedes municipais de cada município da área de estudo: Cametá e Mocajuba. Como um arquivo vetorial, o dado foi destacado para o uso em etapas posteriores. A partir de outra ferramenta do software Qgis, chamada r.cost, também elaborada por linguagem R, foram obtidos através da base de pontos vetoriais de sede dos municípios, a real superfície de atrito que se pode percorrer por canais fluviais até o ponto mais distante possível de uma área.

Outro método adotado neste estudo baseia-se no conceito de acessibilidade cumulativa, que é entendida como o potencial de acesso a oportunidades espacialmente distribuídas, e é considerada um dos principais resultados do desenvolvimento espacial, resultante da distribuição geográfica da oferta de acessibilidade e de oportunidades [5].

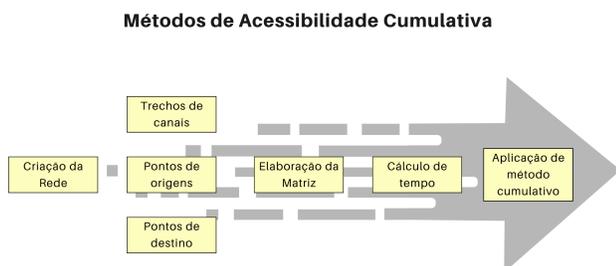


Figura 3. Fluxograma de métodos da medida de acessibilidade cumulativa

Essa abordagem implica a soma do número de oportunidades que podem ser acessadas dentro de um determinado tempo de viagem, distância ou outra medida de custo relevante para o contexto em questão. A aplicação dessa medida permitirá uma análise abrangente da conectividade e da facilidade de acesso às oportunidades em áreas específicas, proporcionando insights valiosos para a compreensão dos padrões de desenvolvimento espacial na região em estudo.

$$A_i = \sum_j W_j I(c_{ij} \leq \gamma)$$

Onde:

A_i : acessibilidade da zona de origem i ;
 W_j : quantidade de oportunidades na zona j ;
 I : valor booleano que retorna valor 1 caso o custo de viagem (c_{ij}) seja menor ou igual ao limiar (γ) e 0 caso contrário.

Figura 4. Fórmula da medida de acessibilidade cumulativa.

Dessa maneira, foi elaborada uma matriz de tempo de viagem com as disposições dos pontos de origem e os pontos de destino, que foram os pontos de ilhas e os pontos de feiras e portos dos Municípios de Cametá e Mocajuba. Assim, a matriz final contou com a elaboração de uma rede de canais produzida através da ferramenta “Network Analyst”, no software ArcGis 10.8, que foi usada para a entrada dos valores calculados de distância e de tempo gastos.

Para a aplicação dos valores de tempo de viagem, foram usadas as condicionantes da fórmula de acessibilidade cumulativa com a funcionalidade “Cost OD Matrix”, ainda no software ArcGis 10.8. Sendo assim, na rede de canais foram aplicados para a operacionalização as velocidades médias dos trajetos percorridos de barco em campo nas cidades de Mocajuba e Cametá. Para o dado de ordem de canais foram aplicados valores de forma autônoma, partindo do princípio que o curso principal possui 14 km/h (Tabela 2), baseando as ordens de canais de acordo com o modelo de Strahler [9]. Portanto, o canal principal pode ser percorrido com 40 km/h e os canais seguinte foram sendo reduzidos em 5 km/h, de acordo com a tabela a seguir.

Ordem de canais	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta	Quinta	Oitava	Curso Principal
Seco e úmido	15	15	20	25	30	35	40

Tabela 2. Velocidades para as classes de ordem de canais.

Para a tabela 2, foram indicadas as velocidades de acordo com as hierarquias de canais. Cabe ressaltar que os valores de velocidade das ordens também foram utilizados na metodologia por tempo de viagem e em casos de sobreposição entre determinada ordem de canal com classe de uso e cobertura, foi extraída sempre a velocidade mais alta, ou seja o valor máximo destacado na dinâmica.

Dessa maneira, as duas metodologias foram elaboradas de forma a somar informações que sejam complementarem as análises sobre diferentes formas de medidas de acessibilidade de tempo de viagem.

Assim, cabe destacar que grande parte dessas áreas destacadas como áreas de alto potencial de açaí [6] são indicadas como áreas de ilhas, portanto, áreas que se localizam justamente sobre o curso principal do rio

Tocantins. Entretanto, pequenas áreas também podem ser encontradas em regiões de terra firme

3. RESULTADOS

Os mapas foram organizados de forma a atender os objetivos iniciais propostos, seguindo os métodos estabelecidos. Assim, foi elaborado inicialmente, o mapa de tempo de viagem por canais fluviais, para os municípios de Cameté e Mocajuba. Com base no produto confeccionado através da ferramenta r.cost, a figura abaixo (Figura 5) indica a superfície de atrito que um deslocamento dentro da área de estudo pode ter, partindo dos pontos de destino, que são feiras e portos onde se comercializa o açaí e considerando os canais fluviais como principais formas de locomoção.

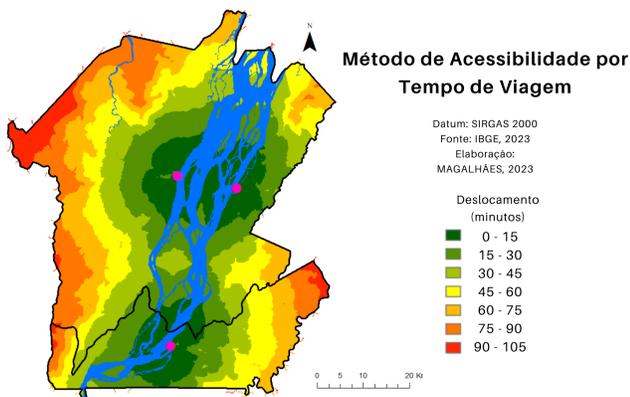


Figura 5. Mapa de tempo de viagem, com tempo de deslocamentos a partir de um ponto de destino.

Dessa maneira, destaca-se o tempo de deslocamento que cada região no mapa pode possuir. Os valores de menor tempo de deslocamento são justamente os mais próximos às localidades de áreas urbanas, onde estão as sedes dos municípios de Mocajuba e Cameté, assim como o porto do Carapajó. Em sua maioria, as ilhas ao longo do rio Tocantins também apresentam baixos valores de tempo de deslocamento. Os valores razoáveis localizaram-se principalmente em áreas um pouco mais distantes do curso principal do rio, mas que ainda sim fossem bem cobertas por uma boa quantidade de canais de ordens maiores. Já as áreas de maior dificuldade de interiorização de deslocamento, indicadas pelas cores vermelhas no mapa, marcam regiões mais distantes do curso principal e são recobertas por canais de ordens menores, que possuem entre 75 - 90 min e 90 - 105 min para uma locomoção.

De outra maneira, com a utilização da metodologia por medida de acessibilidade cumulativa. Os valores obtidos na matriz de tempo de viagem foram calculados para os três pontos de destinos, de acordo com os 56 pontos de origem analisados.

O primeiro mapa (Figura 6) conta com a análise do tempo de viagem da feira do açaí de Mocajuba, que em sua

maioria concentra os valores de deslocamento em até duas horas, entretanto são registrados que algumas outras ilhas acessam o ponto entre 2 horas e 3 horas e 15 minutos de deslocamento. A feira do açaí encontra-se inacessível somente para pontos de origem maiores que 3 horas e 15 minutos.

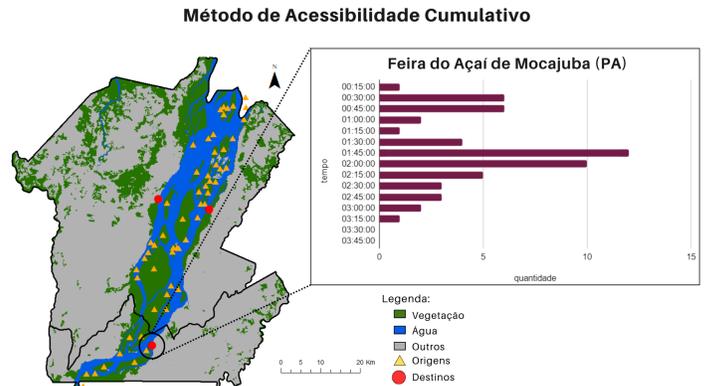


Figura 6. Mapa de acessibilidade cumulativa entre a feira do açaí de Mocajuba e as áreas de alto potencial de açaí.

Para o mapa da feira do açaí de Cameté (Figura 7), registra que a maioria dos deslocamentos entre pontos de origens e destinos estão concentrados nos intervalos de 30 - 45 min e 45 min - hora. Os percursos para a feira de Mocajuba são concluídos em até 1 hora e 15 minutos, portanto, pode-se entender que este ponto de destino é um ponto de alta centralidade para os deslocamentos de ilhas de alto potencial de açaí, que se localizam ao redor. Dentre todos os pontos de destino analisados, a feira de Cameté foi a mais destacada em ter o menor tempo de deslocamento das ilhas ao destino final.

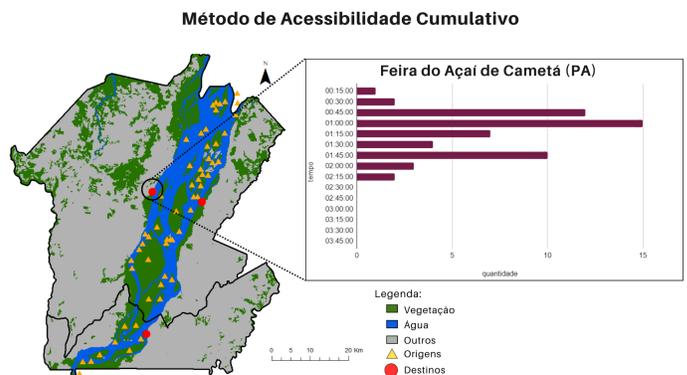


Figura 7. Mapa de acessibilidade cumulativa entre a feira do açaí de Cameté e as áreas de alto potencial de açaí.

Já o mapa do porto do Carapajó (Figura 8) não registou deslocamentos em até 30 minutos de tempo de viagem, apesar de ter os valores bem dispersos ao longo dos intervalos de tempo. Este destino também apresenta uma quantidade considerável de deslocamentos acima de 3 horas, diferentemente dos demais destinos analisados anteriormente. Portanto, dentre os três destinos da matriz de

tempo de viagem, o porto do Carapajó é o ponto de destino mais dificultoso da área de estudo.

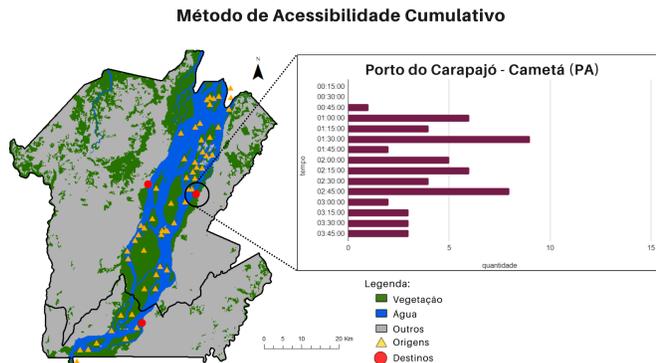


Figura 8. Mapa de acessibilidade cumulativa entre o porto do Carapajó e as áreas de alto potencial de açaí.

Com isso, a análise em conjunto dos três destinos estudados podem estabelecer que apesar das ilhas estarem disponibilizadas ao longo de todo curso do rio Tocantins, as duas feiras, tanto de Cametá, quanto de Mocajuba possuem uma boa acessibilidade. Entretanto, o porto do Carapajó é marcado por não ter uma acessibilidade tão boa no modelo elaborado. Vale destacar que ambas as feiras estão localizadas mais próximas às sedes municipais. Esta análise somada à análise de tempo de viagem, proposta por Schielein, pode enriquecer a discussão pois adiciona os deslocamentos nos interiores das ilhas e em terra firme às análises. Assim, cabe destacar que as ilhas mais acessíveis às feiras do açaí e que sejam pequenas, pois possuem um menor deslocamento por terra, podem ser justamente os pontos de origem com maior facilidade para o escoamento do fruto na região.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento da metodologia foi crucial para a conversão das metas de objetivos traçados e para a melhor execução dos objetivos indicados. A metodologia por tempo de viagem se mostrou uma abordagem adequada para avaliar a acessibilidade em deslocamentos por canais fluviais na região estudada do nordeste do Pará. Assim, como a metodologia por acessibilidade cumulativa é bem sucedida na mensuração do tempo de deslocamento em relação às oportunidades dispostas na região.

No entanto, os dados da malha fluvial disponíveis foram considerados razoáveis, pois a escala disponível não apresenta um bom detalhamento exigido para análise realizada. Aprimorar o dado de malha de canais é uma tarefa fundamental para uma análise mais detalhada e precisa da acessibilidade da região.

Para os próximos passos da pesquisa, visa-se replicar a metodologia por tempo de viagem e por acessibilidade cumulativa em uma das microbacias do Rio Tocantins, entendendo ser uma análise mais adequada para a

elaboração de um trabalho que se utiliza uma ramificação por canais fluviais. Em outra medida, busca-se também aplicar correções de declividade, levando em consideração as características específicas do terreno, a fim de obter estimativas ainda mais precisas dos tempos de deslocamentos. Além disso, explorar outras sobreposições, como dados demográficos ou de uso da terra, e adicionar pontos de origem e destinos adicionais para as análises, permitindo uma visão mais abrangente da conectividade e acessibilidade nessa área.

8. REFERÊNCIAS

- [1] SCHIELEIN, J et al. The role of accessibility for land use and land cover change in the Brazilian Amazon. *Applied Geography*, v. 132, p. 102419, 2021.
- [2] MEDEIROS, Juliana Terezinha da Silva et al. O transporte fluvial e o direito à dignidade da pessoa humana na Amazônia. 2011.
- [3] CASTILLO, R; FREDERICO, S. Espaço geográfico, produção e movimento: uma reflexão sobre o conceito de circuito espacial produtivo. *Sociedade & Natureza*, v. 22, p. 461-474, 2010.
- [4] SOUZA, A. R; ESCADA, M. I. S.; SANTOS, G. V. S. S; MONTEIRO, A. M. V. et al. Cartografia do Açaí: Representação espacial de áreas potenciais de ocorrência de açaí no baixo Tocantins, nordeste do Pará. In: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos. Anais eletrônicos...* São José dos Campos, INPE. Disponível em: . Acesso em: 22 ago. 2023.
- [5] PÁEZ, A., et al. Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators. *Journal of Transport Geography*, v. 25, p. 141-153. 2012
- [6] CUNHA, M. Caracterização Tipológica dos Sistemas Agroflorestais de Açaí na Região de Cametá e Mocajuba, Pará. INPE, São José dos Campos, 2021.
- [7] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). TerraClass. 2020. Disponível em: . Acesso em: 11 de ago de 2023.
- [8] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia do Rio Tocantins-Araguaia 1:100.000. Acesso em: 11 de ago de 2023.
- [9] STRAHLER, A. N. "Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography". *Geological Society of America Bulletin*, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.
- [10] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Bases Cartográficas de Sedes Municipais. 2017. Acesso em: 21 de ago de 2023.