



Proposta metodológica para o indicador das áreas potenciais de ocorrência de açaí na região do Baixo Tocantins, Pará

Methodological proposal for the indicator of potential açai occurrence areas in the Baixo Tocantins region, Pará

Miguel Alexandre da Cunha ; Maria Isabel Sobral Escada ; Sidnei João Siqueira Sant'Anna

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil.

E-mail: isabel.escada@inpe.br (MISE); sidnei.santanna@inpe.br (SJSS)

*Email para correspondência: miguel.cunha@inpe.br

Recebido (Received): 02/10/2021

Aceito (Accepted): 05/04/2023

Resumo: O açaí possui uma relevância significativa, tanto do ponto de vista econômico quanto alimentar, para as comunidades do Baixo Tocantins, no estado do Pará. No entanto, o mapeamento das palmeiras de açaí tem se mostrado uma tarefa desafiadora devido à sua localização abaixo do dossel florestal, o que dificulta sua identificação por meio de imagens de satélites orbitais. Para superar essa dificuldade, este estudo teve como objetivo identificar as áreas potenciais de ocorrência de açaí nativo por meio do emprego de álgebra de mapas com regras de operação booleana, integrando dados de uso e cobertura da terra a dados hidro-topográficos gerados a partir do algoritmo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND). Os resultados indicam que cerca de 56% da área de estudo apresenta algum potencial de ocorrência de açaí nativo. Para avaliar a classificação gerada, foram analisadas 66 amostras de campo relacionadas à produção do fruto, resultando em uma concordância de 70%. Desse total, aproximadamente 80% apresentaram alto potencial de ocorrência de açaí. Esses resultados fornecem subsídios importantes para um amplo debate sobre políticas públicas regionais relacionadas à economia do açaí, uma vez que a espacialização desse indicador pode auxiliar na inclusão da população local, ao mesmo tempo em que incentiva a conservação dos recursos florestais.

Palavras-chave: Açaí; Análise espacial; Economia agrária; Sensoriamento remoto.

Abstract: Açai is highly significant both economically and nutritionally for the communities of the Baixo Tocantins region in the state of Pará, Brazil. However, mapping açai palm trees has proven to be a challenging task due to their location beneath the forest canopy, which complicates their identification through orbital satellite imagery. To address this challenge, this study aimed to identify potential areas of native açai occurrence by employing map algebra with Boolean operation rules, integrating land use and land cover data with hydro-topographic data generated using the *Height Above the Nearest Drainage* algorithm (HAND). The results indicate that approximately 56% of the study area has some potential for native açai occurrence. To validate the classification, 66 field samples related to fruit production were analyzed, resulting in 70% agreement. Of these, approximately 80% showed high potential for açai occurrence. These findings provide valuable insights for a broader discussion on regional public policies related to the açai economy, as the spatialization of this indicator can support local population inclusion while encouraging the conservation of forest resources.

Keywords: Açai palm tree; Spatial analysis; Agricultural economics; Remote sensing.

1. Introdução

Nos últimos anos, a ideia de florestas tropicais intocadas tem sido questionada devido ao aumento de achados arqueológicos que apresentam evidências ecológicas sugerindo que as atividades humanas, há milhares de anos, têm alterado a paisagem, convivendo e modificando-a de maneira harmônica (DENEVAN, 1992). A Amazônia não escapa a essa realidade, pois, ao longo de milênios de presença humana no bioma, a composição florística tem sofrido alterações significativas (CLEMENT *et al.* 2015).

O manejo dos recursos florestais é uma prática ancestral das populações amazônicas, nas quais diversas espécies foram amplamente utilizadas como recursos alimentares pelos povos indígenas. Durante o período

pré-colombiano, pelo menos 85 espécies de árvores, incluindo as palmeiras, foram domesticadas em algum grau (STEEGE *et al.* 2013). A domesticação de plantas é um processo de longo prazo que resulta da capacidade humana de superar a pressão da seleção ambiental, com o objetivo de manejar e cultivar plantas com características desejáveis (KENNEDY, 2012; BOIVIN *et al.* 2016).

É conhecido que o açaí vem sendo utilizado e domesticado desde o período pré-colombiano. Sua história inclui a influência das ações missionárias jesuítas e os períodos de intensa transformação social, marcados por políticas ditatoriais e pelo auge e queda da economia da borracha (BRONDÍZIO, 2008). No final dos anos 1990, a produção de açaí experimentou um aumento significativo na demanda devido ao seu alto valor nutricional e poder antioxidante (MATOS *et al.* 2017).

Dada a enorme biodiversidade amazônica e a existência de outros produtos comercializáveis, pergunta-se por que somente o açaí se destacou. A razão está nos açazais do estuário do rio Amazonas, que são um legado dos povos indígenas da região (CLEMENT, 1999). Esses açazais estavam prontos para atender à nova demanda decorrente do aumento do consumo em escala nacional e mundial. O açaí tem contribuído de forma significativa para o PIB amazônico. Em 2019, esse produto sozinho representou 3% do PIB paraense (SINDFRUTAS, 2019).

A transformação do açaí em uma 'commodity' foi impulsionada por um grupo de empreendedores (BRONDÍZIO, 2008), enquanto a expansão desse mercado está relacionada à pesquisa e desenvolvimento, principalmente de variedades que se adaptam à terra firme, permitindo a produção em larga escala do 'ouro negro', como é conhecido o açaí (CIALDELLA; NAVEGANTES-ALVES, 2014). Com o aumento da demanda pelo fruto, observa-se a evolução dessa produção, que tradicionalmente era realizada por camponeses extrativistas em ambientes de várzea, sendo incorporada pelo sistema patronal em áreas de platô, que consistem em áreas elevadas com solos argilosos. Nessas áreas, o açaí é cultivado e manejado. Essa mudança ocorreu devido ao desenvolvimento, pela Embrapa, de variedades adaptadas a esses ambientes, como a BRS-Pará e a BRS-Pai d'Égua.

Dessa forma, a produção de açaí se expandiu e se distribuiu pelo território, abrangendo tanto áreas florestais como áreas desmatadas, podendo ser naturalmente encontrado em solos de várzea e igapó. Sua ocorrência predominante em solos de várzea deve-se a estratégias adaptativas e ao desenvolvimento de estruturas anatômicas e fisiológicas que permitem sua sobrevivência em áreas inundadas (OLIVEIRA; AMARAL, 2004).

Para compreender os modos de produção dos Sistemas Agrários Associados à Produção de Açaí (SIAPAs), é necessário considerar a atuação de dois agentes que coexistem na produção rural: o camponês e o patronal. Os modos de produção dos camponeses caracterizam-se pela diversidade estrutural e pela grande interação e dependência dos recursos florestais. Esse processo gera paisagens compostas por mosaicos de uso da terra heterogêneos. Por outro lado, os agentes patronais que produzem açaí plantado em terra firme caracterizam-se por produzir paisagens homogêneas, devido às escolhas tecnológicas empregadas em sua produção (COSTA *et al.* 2021).

Ambos os agentes deixam suas marcas na paisagem amazônica, manifestando-se em diferentes padrões espaciais. Esses padrões de paisagem são definidos pela composição e arranjo espacial de diferentes classes de uso e cobertura da terra (GEIST; LAMBIN, 2002). É possível observar esses padrões por meio de dados derivados de sensoriamento remoto, como no caso das áreas agrícolas em larga escala, que exibem grandes manchas geométricas de desmatamento, ou nas áreas extrativistas, que apresentam extensas áreas florestais contínuas com pequenas clareiras.

Atualmente, há uma escassez de informações sobre a distribuição espacial dos SIAPAs, principalmente devido à ausência de uma classificação específica para os diferentes tipos de produtos florestais ou agrícolas nos sistemas de monitoramento de uso e cobertura da terra. Isso ocorre porque os programas de monitoramento, como TerraClass, Prodes e MapBiomias, não têm como foco principal a identificação e o mapeamento desses sistemas (SOUZA *et al.* 2019b).

As imagens de satélite, como as do Landsat-8, amplamente utilizadas nos mapeamentos de uso e cobertura da terra na Amazônia, devido à disponibilidade de séries temporais (ALMEIDA *et al.* 2016; MORAIS *et al.* 2021), não possibilitam a realização de um mapeamento detalhado dos SIAPAs, uma vez que as informações espaciais importantes, como forma e textura, além dos dados radiométricos, não são suficientes. O mapeamento das palmeiras na Amazônia não é um interesse recente. Nos trabalhos de Brondízio *et al.* (1993; 1994) na Ilha do Marajó (PA), foram utilizadas imagens Landsat TM para observar a possibilidade de diferenciação dessas palmeiras de outros alvos, em pequenas áreas de floresta de várzea manejada e não manejada. Embora os resultados desse trabalho tenham sido avaliados como satisfatórios,

para áreas mais extensas e heterogêneas, o uso de imagens como as do Landsat, com resolução espacial de 30 metros, não é recomendado.

Nos últimos anos, novas tecnologias em sensoriamento remoto surgiram, incluindo imagens orbitais com melhor resolução espacial, temporal, radiométrica e espectral, o que oferece maior possibilidade de mapeamento das palmeiras de açaí. Entretanto, o açaí de touceira (*Euterpe oleracea* Mart.), que ocorre em regiões de várzea, com outras espécies arbóreas e palmeiras, como o buriti (*Mauritia flexuosa*) e o jaci (*Attalea butyracea*) (BRONDÍZIO *et al.* 1994), tem suas folhas frequentemente abaixo do dossel florestal, devido à prática de corte das estirpes mais altas, para melhoria da produção e facilitação da coleta do fruto. Portanto, o mapeamento do açaí em imagens ópticas, utilizando apenas o atributo espectral, não é suficiente para distingui-lo de outras espécies arbóreas (SOUZA *et al.* 2019a).

Mais recentemente, com a possibilidade do uso de imagens obtidas com VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), estudos têm utilizado algoritmos de inteligência artificial para a identificação de palmeiras em áreas florestais. Ferreira *et al.* (2020), por exemplo, desenvolveram um método para detectar indivíduos de espécies de palmeiras com base em operações morfológicas, como a rede neural convolucional ResNet. Nesse estudo, três espécies foram identificadas na Amazônia: *Attalea butyracea* (jaci), *Euterpe precatoria* (açaí-solitário) e *Iriartea deltoidea* (paxiubão). Pode-se citar também o projeto Netflora, desenvolvido pela Embrapa (2024), que utiliza algoritmos treinados com Inteligência Artificial (IA) para identificar árvores e palmeiras de valor econômico em localidades específicas da Amazônia. Com base em informações botânicas contidas nas imagens (ortofotos) de VANTs, o algoritmo é capaz de identificar a localização de espécies arbóreas e de palmeiras na floresta.

Nota-se que em nenhum desses projetos a espécie que ocorre na região do Baixo Tocantins, *Euterpe oleracea* Mart. (açaí de touceira), é contemplada no mapeamento. Apesar do grande potencial das imagens de VANT na identificação e mapeamento preciso de palmeiras, a capacidade de mapeamento de áreas extensas é limitada, devido à autonomia de voo desses veículos e à baixa altitude, quando comparada com as imagens orbitais. Dado o contexto apresentado e a importância econômica e histórica da produção do açaí, torna-se cada vez mais relevante o desenvolvimento de metodologias que permitam conhecer sua distribuição espacial.

Assim, como alternativa ao mapeamento direto de áreas de ocorrência de açaí com imagens de sensoriamento remoto, pode-se utilizar dados secundários e métodos espaciais de inferência para delimitação de áreas de potencial ocorrência de palmeiras de açaí em escala regional, sendo essa a principal contribuição deste estudo. Dados espaciais de uso e cobertura da terra, combinados com dados de elevação do terreno, do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), podem ser utilizados como preditores de áreas de potencial ocorrência de palmeiras de açaí, considerando que o ambiente natural do açaí são áreas alagáveis presentes nas várzeas e ilhas dos rios amazônicos. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta metodológica para a representação espacial das áreas potenciais de ocorrência do açaí, por meio de álgebra de mapas (TOMLIN; BERRY, 1979), combinando diferentes dados espaciais e utilizando regras lógicas de operação booleana, desenvolvidas e aplicadas para a combinação matemática das camadas de dados geoespaciais.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende a porção nordeste do Pará, delimitada territorialmente pelos municípios de Cametá, Mocajuba, Baião, Abaetetuba e Igarapé-Miri (**Figura 1**). A região é banhada pelo rio Tocantins e seus afluentes, e é ocupada por Projetos de Assentamentos Agroextrativistas, Reservas Extrativistas, Comunidades Quilombolas e Terras Indígenas.

O território rural do Baixo Tocantins se destaca como o principal produtor de açaí no Pará, com 65% de toda a produção do estado. A microrregião de Cametá colheu 82.440 toneladas de açaí em 2021, enquanto a mesorregião do Marajó ficou em segundo lugar, produzindo 36.396 toneladas do fruto (IBGE, 2021). Essa vocação se reflete em grande parte na produção comercializada por meio de associações e cooperativas de produtores, atendendo aos mercados consumidores local, regional e internacional.

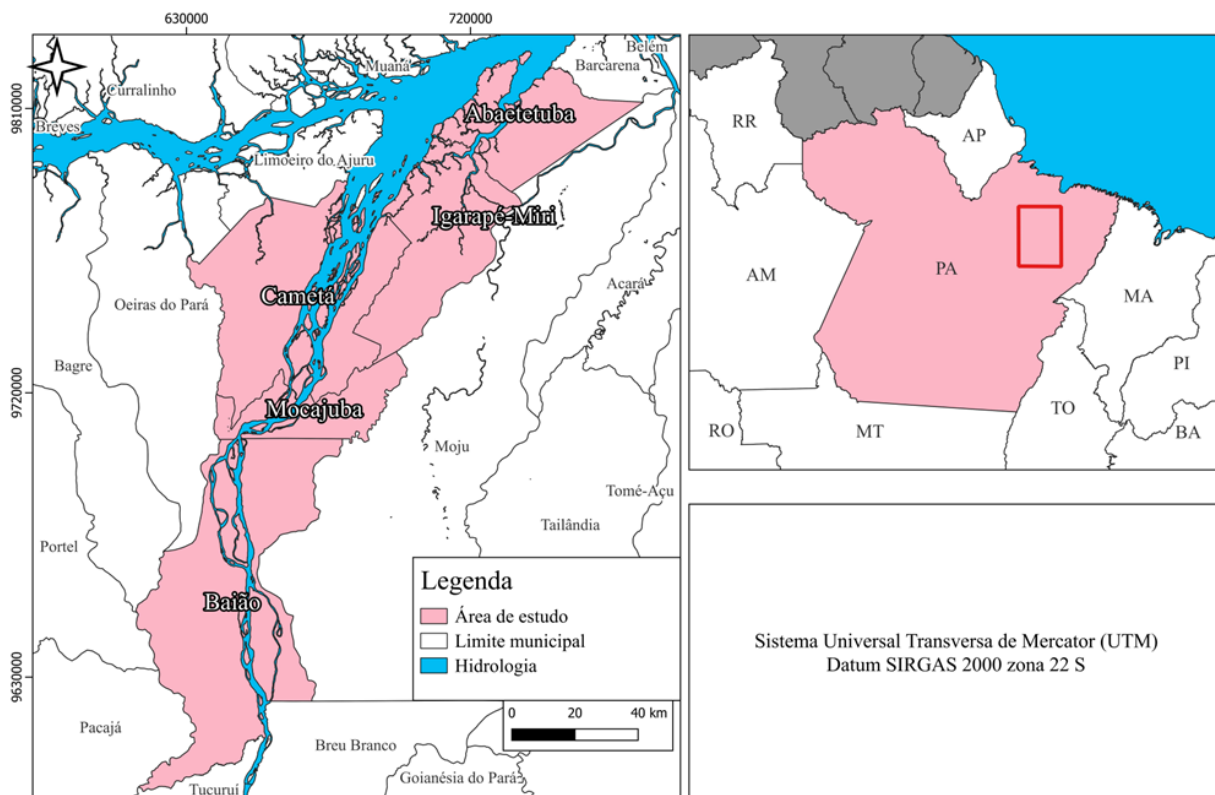


Figura 1: Localização da região do Baixo Tocantins, PA.

A produção camponesa nos municípios de estudo não se restringe unicamente à produção de açaí, também inclui outros sistemas tecno-produtivos relacionados à produção de mandioca, pimenta-do-reino, arroz, milho, entre outros. Alguns desses cultivos podem ser encontrados em sistemas agroflorestais ou em consórcios. Como mencionado anteriormente, observa-se também a presença do açaí em áreas de terra firme. Entretanto, nesse ambiente, o açaí é plantado com mudas provenientes de variedades desenvolvidas pela Embrapa e, quando cultivado em terra firme, requer investimentos, como a instalação de sistemas de irrigação, o uso de insumos, maquinários, entre outros, para que a produção em escala se viabilize.

2.2. Procedimento de mapeamento das áreas potenciais de ocorrência de açaí

O fluxograma detalhado do processo de mapeamento das áreas potenciais de ocorrência de açaí encontra-se na **Figura 2**. A representação espacial das áreas potenciais de ocorrência de palmeiras de açaí iniciou-se pela etapa de preparação da base de dados. Utilizou-se o dado de Uso e Cobertura da terra, fornecido pelo TerraClass e produzido pelo INPE, para o ano de 2020. As classes de floresta primária, vegetação secundária, não-floresta e hidrografia foram mantidas. Enquanto, as classes de agricultura, pastagem, desflorestamento e área urbana foram mescladas em uma única classe denominada 'outros usos da terra'.

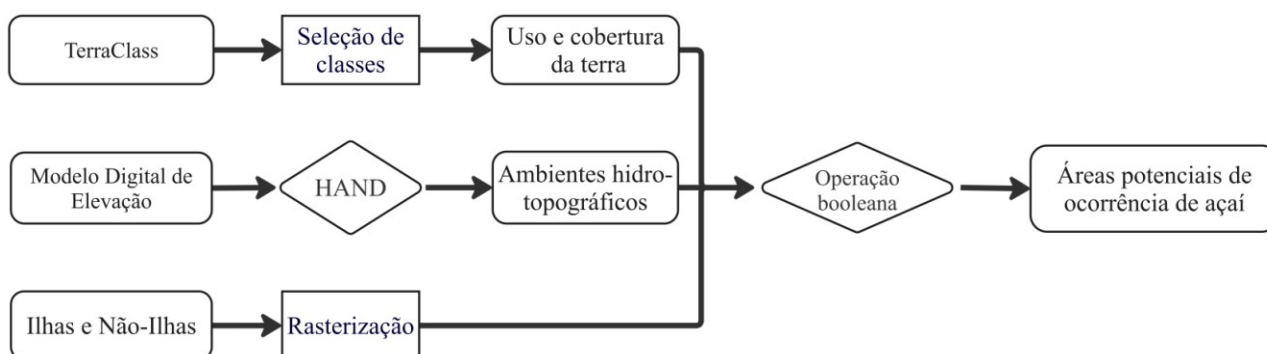


Figura 2: Fluxograma metodológico do mapeamento das áreas potenciais de ocorrência de açaí.

A importância dessas classes reside no fato de que a produção agrícola em pequena escala, particularmente os sistemas de roçado, ocorre em meio à vegetação secundária, onde o pousio e a regeneração são parte do sistema de cultivo e acontecem, em grande parte, em áreas de terra firme. Por outro lado, as atividades extrativistas e os sistemas agroflorestais podem estar incluídos em áreas de floresta primária (açai) e/ou áreas de vegetação secundária (açai e cacau).

Além disso, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido através do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros. O MDE passou por correções, uma vez que sua normalização original é referente ao nível do mar. Para obter um MDE em relação à drenagem mais próxima, foi utilizado o algoritmo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND) na extração da rede de drenagem.

O algoritmo HAND calcula a diferença de altitude de um ponto em relação à drenagem mais próxima, representando uma distância vertical (RENNÓ *et al.* 2008). O procedimento foi realizado no TerraHidro, onde foi calculada a área de contribuição mínima de uma nascente para gerar um LDD (*Local Drain Directions*). Nessa etapa, é definido um valor que determina o limiar de densidade da rede de drenagem dentro das células do MDE.

O valor do limiar é crucial, pois determina a densidade da rede de drenagem extraída, dependendo do objetivo e do conhecimento da área de estudo. Para uma rede de drenagem mais densa, é necessário um limiar menor (maior detalhamento da rede de drenagem), enquanto para uma rede menos densa, utiliza-se um limiar maior (menor nível de detalhamento). O valor do limiar pode variar entre números inteiros, sendo maior do que 1. No entanto, escolher arbitrariamente a área de contribuição de cada nascente pode levar a uma rede de drenagem superestimada ou subestimada.

Com o objetivo de definir os limiares da rede de drenagem de forma mais precisa, Pinheiro, Rennó e Escada (2009) propuseram uma metodologia que considera as características das Unidades Geomorfológicas (UGs) no uso do algoritmo HAND. Essa abordagem foi adotada neste trabalho, no qual os limiares foram escolhidos de forma empírica, mas levando em consideração o relevo de cada uma das seis UGs que compõem a região: Tabuleiros paraenses (90), Tabuleiros do Xingu (110), Planície Amazônica (90), Patamar (90), Terraços fluviais (110) e Leque aluvial (240).

Ao final, a rede de drenagem gerada foi dividida em quatro categorias de ambientes hidro-topográficos: áreas de baixio (-22 a 2 metros), onde os solos são totalmente alagáveis; áreas de transição (2 a 3 metros), influenciadas pela sazonalidade dos rios; áreas de vertente (3 a 5 metros), que apresentam superfície inclinada; e áreas de platô (acima de 5 metros), caracterizadas por serem superfícies planas e de terra firme. Tanto as informações do TerraClass quanto os resultados dos ambientes hidro-topográficos foram combinados por meio de regras de álgebra booleana na linguagem do LEGAL do *software* Spring, adaptando-se e aprimorando-se o procedimento estabelecido por Souza *et al.* (2019a).

As regras estabelecidas na **Figura 3** definem os níveis de potencial de ocorrência de palmeiras de açai com base na combinação das classes de Uso e Cobertura da terra e dos diferentes tipos de ambientes hidro-topográficos gerados pelo algoritmo HAND. Quando as classes de floresta primária ou vegetação secundária ocorrem em áreas de baixio ou transição, assim como em áreas Não-ilha, são consideradas de alto potencial de ocorrência de açai.

Para ser considerado como alto potencial nas áreas de ilhas, é necessário que haja a presença de floresta primária. Essa classe está bem representada no Uso e Cobertura do TerraClass, não sendo necessário incluir outras variáveis. Onde a floresta primária está presente, há uma maior chance de encontrar palmeiras de açai em seu estado nativo. Se as classes de floresta primária ou vegetação secundária ocorrerem em áreas de vertente, elas são classificadas como de potencial moderado para a ocorrência de açai.

Se as classes de floresta primária ou vegetação secundária ocorrerem em áreas de platô, isso indica um baixo potencial para a ocorrência de açai. Nessas áreas, a presença de palmeiras de açai nativas é incomum e há maior predominância de plantios. Por fim, se a área em questão apresentar classes de não-floresta, hidrografia ou outros usos da terra, é identificada como ausência de potencial para a ocorrência de açai. Para avaliar os resultados gerados pelas regras, foram obtidos pontos de referência de GPS na região de estudo em 2022.

Ao final da classificação, foi aplicado um filtro majoritário de moda com o objetivo de suavizar os resultados e reduzir o impacto de valores discrepantes ou ruídos nos dados. Esse filtro determina o valor mais frequente em uma região específica e atribui esse valor às células vizinhas. O tamanho da janela de vizinhança escolhida para determinar a moda foi de 5x5 (ou seja, 25 células no total), sendo que cada valor

na região é substituído pelo valor mais comum entre seus vizinhos. Essa abordagem contribui para eliminar valores extremos ou atípicos, resultando em uma visualização mais uniforme e coerente dos dados.

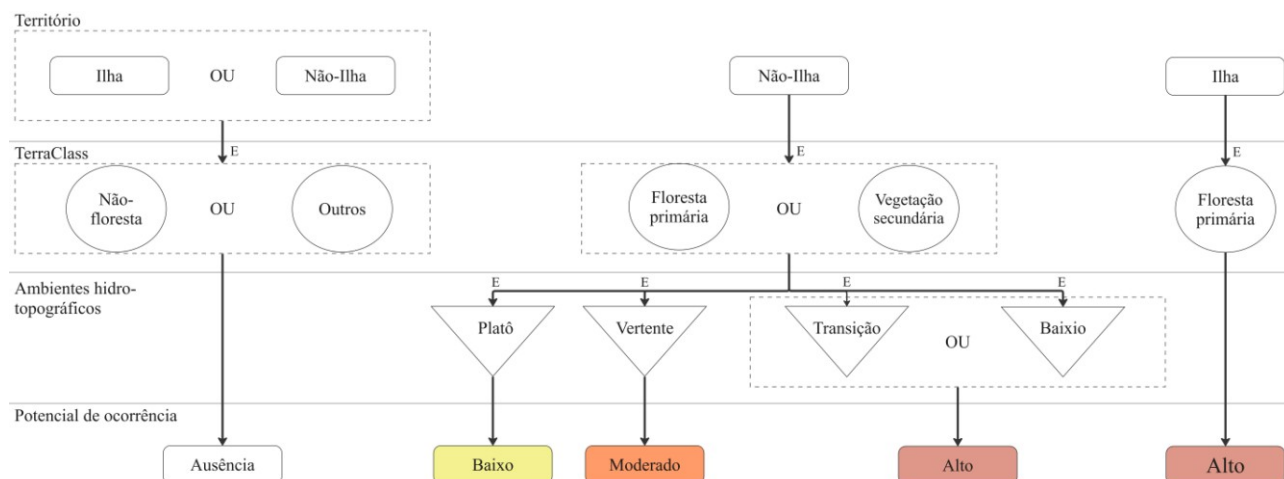


Figura 3: Regras lógicas booleana para o mapeamento das áreas potenciais de ocorrência de açaí.

3. Resultados e discussões

O resultado dos ambientes hidro-topográficos gerados pelo HAND é apresentado na **Figura 4**. Na região de estudo, observa-se uma predominância de áreas de platôs, seguidas por baixios. Foi observado que as áreas de não-floresta tendem a estar em altitudes mais baixas em relação à drenagem mais próxima, devido à diferença de altura desses tipos de vegetação, conforme comentado por Pinheiro, Rennó e Escada (2009).

Os resultados revelaram que aproximadamente 56% da área de estudo apresentou potencial de ocorrência de açaí, variando de baixo a alto, como ilustrado na **Figura 5**. Esses resultados demonstram a relevância e a extensão das áreas onde o cultivo de açaí é viável dentro da região de estudo.

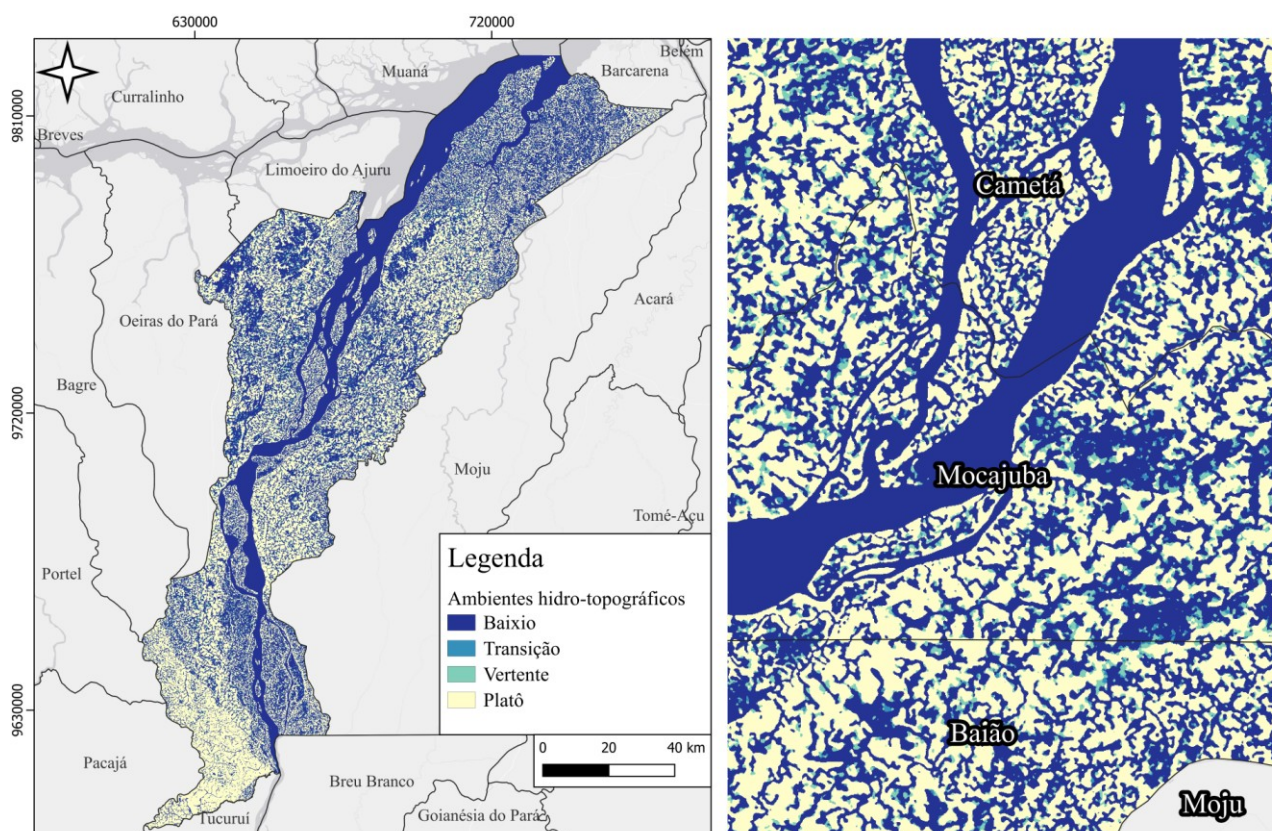


Figura 4: Categorias de ambientes hidro-topográficos.

Os resultados do mapeamento revelaram que 25% da área correspondem a alto potencial de ocorrência de açaí, abrangendo uma extensão de 2.847 km². Além disso, 7% (693 km²) da área foram classificadas com potencial moderado. A classe de potencial baixo representou 24% da área total, correspondendo a 2.814 km². Por fim, áreas de não ocorrência de açaí, incluindo a hidrografia e outros usos da terra, abrangeram 44% da área de estudo, correspondendo a 5.019 km². Esses resultados fornecem uma visão abrangente da distribuição e da magnitude do potencial de ocorrência de açaí na região estudada.

Os resultados obtidos fornecem uma primeira aproximação das áreas de ocorrência do açaí nativo e sua distribuição espacial. No entanto, o desempenho do mapeamento foi influenciado pela qualidade dos dados de entrada utilizados. A classificação de uso e cobertura da terra utilizada teve um impacto significativo no resultado final, uma vez que apresenta limitações e desafios, resultando em confusão entre diferentes classes.

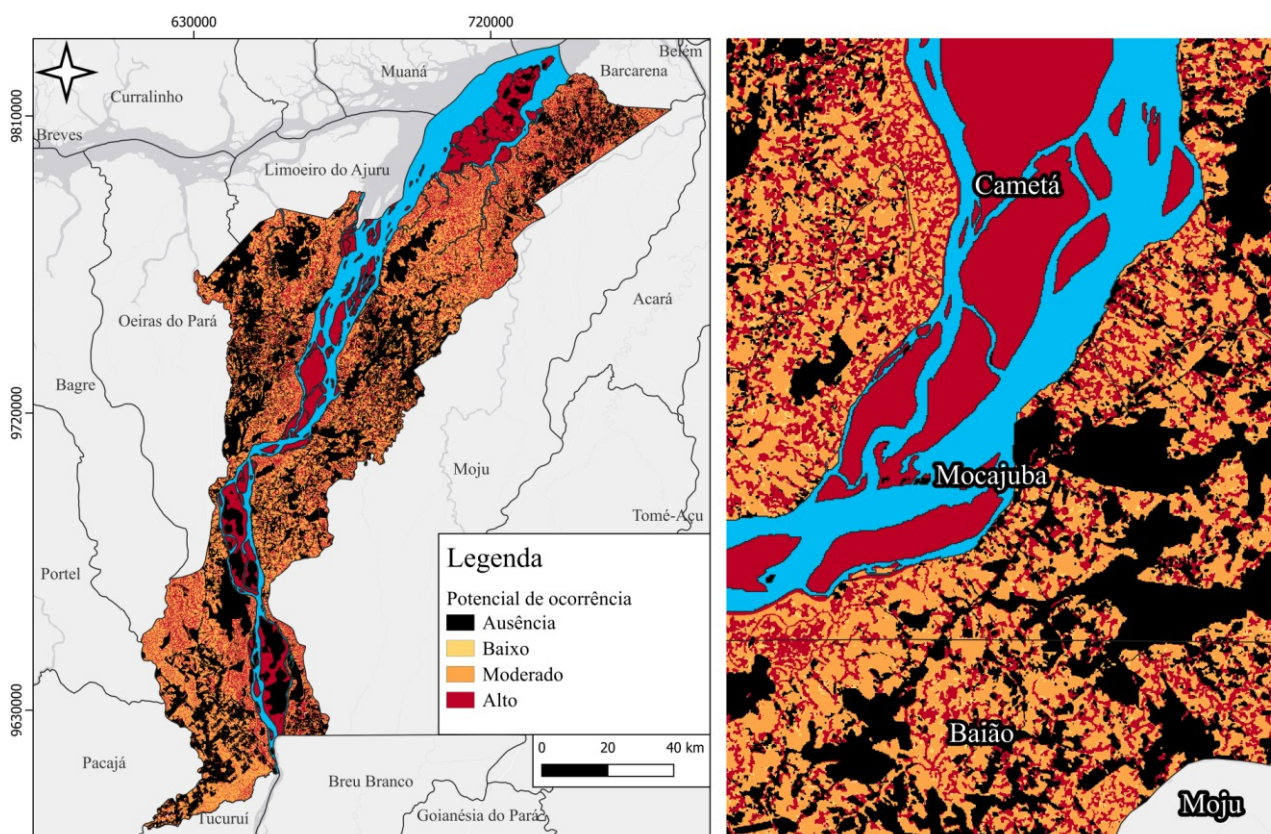


Figura 5: Classificação das áreas potenciais de ocorrência de açaí nativo.

Pelas regras criadas, o açaí nativo só poderia ocorrer em áreas de floresta ou de regeneração. Entretanto, há confusões entre as classes nos dados do TerraClass, principalmente entre vegetação secundária e pastagem. Existem várias razões para isso, como a resolução espacial do sensor utilizado (OLI/Landsat de 30 metros), a unidade mínima de mapeamento, o pequeno tamanho das feições presentes na região e sua heterogeneidade.

Outro impacto ocorreu na geração do mapa de ambientes hidro-topográficos. Os dados foram derivados do MDE de 30 metros, que é uma reamostragem do SRTM de 90 metros. Isso faz com que um valor de altitude antes atribuído a uma área de 900 m², por exemplo, seja agora atribuído a uma área de 8.100 m² (BARROS, 2007). O produto gerado apresenta, ainda, valores negativos e áreas sem dados, onde não foi possível calcular o valor da altitude.

Foram realizadas avaliações das áreas de interesse por meio de 66 pontos aleatórios de presença de açaí nativo. Essa avaliação resultou em uma concordância de 70%. Considerando os pontos de concordância, 80% foram identificados como de alto potencial, 2% como de potencial moderado e 18% como de baixo potencial. Para verificar a ausência de áreas potenciais, foram utilizados 100 pontos obtidos em campo, abrangendo diferentes classes, como açaí plantado, mandioca, dendê, pastagem, entre outras. Nesse caso, 91% dos pontos concordaram com o mapeamento, indicando a ausência de áreas potenciais. A maior confusão ocorreu entre vegetação secundária (3%) e açaí plantado (2%), o que é compreensível, levando-se em consideração a escala de mapeamento.

As regras de operação booleana desenvolvidas neste estudo representam uma evolução das regras propostas por Souza *et al.* (2019a). Os autores utilizaram apenas duas categorias de indicadores para determinar o potencial de ocorrência de açaí: 'Alto' e 'Baixo'. Para ser considerado de alto potencial, era necessária a presença de vegetação secundária ou floresta primária e estar em área de baixio ou ecótono. Para ser classificado como de baixo potencial, era necessária a presença de vegetação secundária ou floresta primária em áreas de platô, ou outros usos da terra em associação com baixio, ecótono e platô.

No estudo de Souza *et al.* (2019a), no entanto, não foram mapeadas as áreas de ausência e de potencial moderado de ocorrência de açaí. Como resultado, o mapa de ambientes hidro-topográficos não considerou as áreas de transição. Entretanto, essas áreas de transição podem ser propícias para o plantio de açaí nativo por várias razões, como a possibilidade de apresentarem condições edáficas favoráveis, ou seja, solos mais férteis e com melhor drenagem em comparação às vertentes mais íngremes. Enquanto nas vertentes a água tende a escorrer rapidamente, na terra firme há pouca disponibilidade de água. Explorar as informações de ambientes hidro-topográficos é importante uma vez que esses ambientes podem ser utilizados como um *proxy* para distinguir áreas de várzea e de terra firme (PINHEIRO *et al.* 2015; RENNÓ, 2008).

Souza *et al.* (2019a) mapearam 208.496 hectares (43%) como 'Alto' potencial de ocorrência de açaí e 270.940 hectares (57%) como 'Baixo' potencial de ocorrência de açaí, considerando os municípios de Cametá, Mocajuba, Baião e Mojú, no Baixo Tocantins-PA. Os autores mostraram que a distribuição das áreas com alto potencial de ocorrência de açaí não é homogênea nas áreas de Não-ilha, sendo que, nas ilhas e nas áreas próximas ao rio Tocantins, de várzea, predominam as áreas de alto potencial, devido às condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento e à produção do açaí.

Observou-se que houve pouca variação entre os resultados encontrados por Souza *et al.* (2019a) e este estudo ao avaliar apenas o percentual das áreas de alto potencial de cultivo de açaí em Cametá e Mocajuba, que representam 44% da área total. Abaetetuba é o município com maior ocorrência de alto potencial de açaí nativo, com 33% de sua área territorial, seguido por Igarapé-Miri, com 27%.

Os resultados estão de acordo com os dados da Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE. Em 2020, no município de Igarapé-Miri, a produção de açaí foi de 420 mil toneladas, o que o torna o 1º município do Brasil que mais produz esse fruto. Em seguida, estão os municípios de Cametá, com 159.540 toneladas, e Abaetetuba, com 109.200 toneladas. Mocajuba colheu 4.991 toneladas e, por fim, Baião colheu 3.889 toneladas de açaí.

Entender a espacialidade da produção de açaí está relacionado a questões como segurança e soberania alimentar na Amazônia, uma vez que esse produto está culturalmente incorporado à dieta da população local, acompanhado de farinha e do peixe. O mapeamento da ocorrência das palmeiras de açaí contribui para o cumprimento do Objetivo 2 da Agenda 2030, que visa erradicar a fome e a má nutrição (DE OLIVEIRA MORAES; MELLO, 2022). Além disso, esse fruto representa uma oportunidade e garantia de renda para as populações locais, uma vez que a cadeia produtiva movimentou mais de R\$ 3 bilhões anuais (COMEX DO BRASIL, 2017).

Considerando ainda que o estado possui um território altamente favorável à ocorrência de palmeiras de açaí, para o poder público, identificar suas áreas de potencial ocorrência significa olhar para uma população até então invisível em relação ao acesso ao crédito e à assistência técnica. Reforçando esse aspecto, observou-se em campo que, dos 15 estabelecimentos agropecuários visitados, 14 não tinham assistência técnica, e 10 nunca haviam tido acesso ao crédito rural. Além disso, constatou-se que, naquele momento, nenhum deles participava de projetos do governo federal ou estadual.

4. Conclusões

O valor cultural do açaí como produto econômico prioritário destaca a necessidade de alinhar as políticas públicas voltadas para o fortalecimento dessa cadeia com o desenvolvimento sustentável e a preservação dos modos de produção locais. Nos últimos anos, a região amazônica tem experimentado crescimento econômico e desigualdades sociais que não condizem com os princípios de sustentabilidade, nem com as metas ambientais e econômicas de responsabilidade das diversas esferas governamentais.

Nesse sentido, a espacialização do indicador das áreas potenciais de ocorrência de açaí nativo tem um papel fundamental ao auxiliar na formulação de estratégias econômicas e territoriais voltadas para o desenvolvimento regional. Este trabalho contribui com subsídios para o debate sobre estratégias que visam à inclusão da população local na economia, uma vez que foi constatado que 56% da área de estudo possui potencial para a ocorrência de palmeiras de açaí nativo.

Para trabalhos futuros, algumas variáveis podem ser incluídas visando o aprimoramento deste trabalho, como a avaliação da qualidade do MDE utilizado, conforme proposto por Valeriano (2005), que constatou que a *krigagem* pode melhorar a precisão dos dados altimétricos do SRTM. Essa técnica utiliza a correlação espacial dos dados amostrados para preencher os espaços vazios no MDE, como citado por Orlando (2020).

Com relação aos limiares escolhidos para a extração da rede de drenagem, será necessário realizar uma análise de sensibilidade e testar diferentes limiares, a fim de compreender melhor o impacto desses parâmetros na geração dos ambientes hidro-topográficos. A avaliação da concordância do HAND pode ser realizada por meio de pontos de referência ou medições em campo, conforme proposto por Claudino (2022).

Outra sugestão é realizar o refinamento das classes de vegetação secundária em estágios inicial e avançado, utilizando dados de alta resolução espacial do sensor WPM do satélite CBERS-4A, visto que ele oferece ampla cobertura na área de estudo e apresenta baixa densidade de nuvens (< 10%). Além disso, será necessário desenvolver estratégias para avaliar a classificação gerada, por meio de análise estatística, a fim de verificar a representatividade das áreas potenciais de ocorrência de açaí.

Apesar das limitações de resolução espacial dos dados utilizados, a análise regional foi bem-sucedida dentro da proposta estabelecida, por meio da integração de dados de diferentes fontes e do emprego de regras que podem ser adaptadas para outras localidades onde o açaí nativo ocorre. A possibilidade de utilizar dados de livre acesso e gratuitos pode auxiliar de forma relevante os trabalhos que visam fortalecer arranjos produtivos relacionados à cadeia do açaí, promovendo a democratização do conhecimento e das técnicas de mapeamento, e revelando, na cartografia do bioma, os modos de vida dos camponeses que resistem.

Referências

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; DINIZ, C. G.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and Modis data. *Acta Amazônica*, v. 46, p. 291-302, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>

BARROS, R. S. D.; CRUZ, C. B. M. Avaliação da altimetria do modelo digital de elevação do SRTM. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13.; 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: INPE, 2007. p. 1243-1250.

BOIVIN, N. L.; ZEDER, M. A.; FULLER, D. Q.; CROWTHER, A.; LARSON, G.; ERLANDSON, J. M.; DENHAM, T.; PETRALIA, M. D. Ecological consequences of human niche construction: Examining long-term anthropogenic shaping of global species distributions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 113, p. 6388-6396, 2016. <https://doi.org/10.1073/pnas.1525200113>

BRONDÍZIO, E. S.; MORÁN, E. F.; MAUSEL, P.; WU, Y. Dinâmica na vegetação do Baixo Amazonas: Análise temporal do uso da terra integrando imagens Landsat TM, levantamentos florísticos e etnográficos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7.; 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, 1993. p. 38-46.

BRONDÍZIO, E. S.; MORAN, E. F.; MAUSEL, P.; WU, Y. Land use change in the Amazon estuary: Patterns of Caboclo settlement and landscape management. *Human Ecology*, v. 22, p. 249-278, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF02168853>

BRONDÍZIO, E. S. *The Amazonian caboclo and the açaí palm: forest farmers in the global market*. Indiana: New York Botanical Garden Press, 2008.

CIALDELLA, N.; NAVEGANTES-ALVES, L. D. F. O ouro negro "açaí" irá beneficiar a agricultura familiar na Amazônia oriental? Reflexões sobre as mudanças recentes nas práticas de produção de açaí. *In: ANAIS DO CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS E PRODUÇÃO*, 10., 2014, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2014. p. 6.

CLAUDINO, C. M. D. A.; ABRANTES, S. L. M.; ALMEIDA, A. A. R. D.; SENA, T. D. S.; SILVA, C. S. D.; FILGUEIRA, H. J. A. Avaliação de diferentes modelos digitais de elevação na geração de mapas de

suscetibilidade a inunda o a partir do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND). **Geociências**, São Paulo, v. 41, p. 227-241, 2022. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16313>

CLEMENT, C. R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources: The relation between domestication and human population decline. **Economic Botany**, v. 2, p. 188-202, 1999. <https://doi.org/10.1007/BF02866498>

CLEMENT, C. R.; JUNQUEIRA, A. B.; MOREIRA, P. A.; LINS, J.; LEVIS, C.; CABRAL, T. S.; LIMA, P. P. Ecologia histórica e a cria o da agrobiodiversidade na Amazônia: Li es para a agroecologia. In: SANTILLI, J.; BUSTAMANTE, M.; BARBIERI, R. L. (Orgs.). **Agrobiodiversidade e Agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa: Cole o Transi o Agroecológica, 2015. p. 27-50.

COMEX DO BRASIL. No Pará, produ o de açai deve ter mais assistência técnica e investimentos, informa o Mapa. 2017. Disponível em: <https://comexdobrasil.com/no-para-producao-de-acai-deve-ter-mais-assistencia-tecnica-e-investimentos-informa-o-mapa/>. Acesso em: 9 out. 2023.

COSTA, F. D. A.; SCHMINK, M.; HECHT, S. B.; ASSAD, E.; BEBBINGTON, D.; BRONDÍZIO, E.; FEARNSIDE, P.; GARRETT, R.; HEILPERN, S.; MCGRATH, D. Complex, diverse, and changing agribusiness and livelihood systems in the Amazon. **Science Panel for the Amazon**, v. 15, p. 7, 2021. <https://doi.org/10.55161/CGAP7652>

DENEVAN, W. M. **Native American populations in 1492: Recent research and a revised hemispheric estimate**. 2. ed. Madison: University of Wisconsin Press, 1992.

DE OLIVEIRA MORAES, P. M.; MELLO, D. Políticas públicas na cadeia produtiva do açai: segurança e soberania alimentar na Amazônia e a agenda 2030. **Research, Society and Development**, v. 11, p. e453111032850-e453111032850, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32850>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Netflora. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/acre/netflora>. Acesso em: 14 ago. 2024.

FERREIRA, M. P.; DE ALMEIDA, D. R. A.; DE ALMEIDA PAPA, D.; MINERVINO, J. B. S.; VERAS, H. F. P.; FORMIGHIERI, A.; FERREIRA, E. J. L. Individual tree detection and species classification of Amazonian palms using UAV images and deep learning. **Forest Ecology and Management**, v. 475, p. 118397, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118397>

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. **BioScience**, v. 52, p. 143-150, 2002. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estat stica. Produ o Agrícola Municipal. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 22 mai. 2024.

KENNEDY, J. Agricultural systems in the tropical forest: A critique framed by tree crops of Papua New Guinea. **Quaternary International**, v. 249, p. 140-150, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.06.020>

MATOS, C. B. E.; SAMPAIO, P. T. B.; RIVAS, A. A. A.; MATOS, J. C. S.; HODGES, D. G. Economic profile of two species of genus *Euterpe*, producers of açai fruits, from the Pará and Amazonas States - Brazil. **International Journal of Environment**, v. 2, p. 1822-1828, 2017. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.4.46>

MORAIS, L. M. R.; JUNIOR, J. A. S.; MOURA, M. V. Dinâmica espaço-temporal do desmatamento na Amazônia utilizando imagens Landsat. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 7.; 2021, **Anais... CONTECC**, 2021.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 34, p. 21-34, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000100004>

ORLANDO, F. C.; BIAS, E. D. S. Análise da qualidade dos dados SRTM ao longo de todo o território brasileiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, p. 340-348, 2020. https://doi.org/10.11137/2020_2_340_348

PINHEIRO, T. F.; RENNÓ, C. D.; ESCADA, M. I. S. Utilização de um novo algoritmo descritor de terreno para o mapeamento de ambientes de terra firme na Amazônia. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 14.; 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6069-6076.

PINHEIRO, T. F.; RENNÓ, C. D.; ESCADA, M. I. S. Hand terrain descriptor for mapping regional scale ecohydrological units in Amazon terra firme. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, p. 691-700, 2015. <https://doi.org/10.14393/rbcv67n3-44657>

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V. Hand, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018>

SINDFRUTAS – SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FRUTAS E DERIVADOS DO ESTADO DO PARÁ. Caminhos do açaí: Pará produz 95% da produção do Brasil, fruto movimentou US\$ 1,5 bi e São Paulo é o principal destino no país, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2019/03/15/caminhos-do-acai-para-produz-95-da-producao-do-brasil-fruto-movimentou-us-15-bi-e-sghtml>. Acesso em: 02 out. 2024.

SOUZA, A. R.; ESCADA, M. I. S.; SANTOS, G. V. S. S.; MONTEIRO, A. M. V. Cartografia do açaí: Representação espacial de áreas potenciais de ocorrência de açaí no Baixo Tocantins, nordeste do Pará. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19.; 2019, Santos. **Anais...** Santos: INPE, 2019a. p. 7.

SOUZA, A. R.; ESCADA, M. I. S.; MARUJO, R. D. F. B.; MONTEIRO, A. M. V. Cartografia do invisível: Revelando a agricultura de pequena escala com imagens Rapideye na região do Baixo Tocantins, PA. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 38, p. 137-153, 2019b. <https://doi.org/10.11606/rdg.v38i1.151603>

STEEGE, H. T.; PITMAN, N. C. A.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SALOMÃO, R. P.; GUEVARA, J. E.; *et al.* Hyperdominance in the Amazonian tree flora. **Science**, v. 342, p. 1243092, 2013. <https://doi.org/10.1126/science.1243092>

TOMLIN, C. D.; BERRY, A. A mathematical structure for cartographic modeling in environmental analysis. *In*: AMERICAN CONGRESS ON SURVEYING AND MAPPING, 39.; 1979, Falls Church. **Anais...** Falls Church, 1979. p. 269-283.

VALERIANO, M. D. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto topodata. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12.; 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 3595-3602.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição- NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).