



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



**PAISAGENS AGROFLORESTAIS DE AÇAÍ: UM ESTUDO DE CASOS PARA A  
DETECÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS POR LÓGICA FUZZY**

Disciplina: Introdução ao Geoprocessamento  
Docentes: Silvana Amaral e Marcos Adami  
Discente: Danylo Mendonça Magalhães

INPE  
São José dos Campos  
2023

## RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) são uma forma inovadora e sustentável de produção agrícola que combina componentes agrícolas, florestais e animais em uma mesma área. Esses sistemas têm benefícios econômicos, sociais e ambientais, especialmente para os pequenos produtores. O cultivo do açaí é predominantemente realizado por trabalhadores familiares na região amazônica, em ambientes adequados, como ilhas e várzeas. Este estudo teve como objetivo mapear as regiões com maior ocorrência de SAFs de origem familiar, com foco na produção de açaí. Os municípios de Igarapé-Miri, Abaetetuba e Cametá, na microrregião de Cametá, no Pará, foram selecionados como área de estudo. Assim, foram utilizados dados do Censo Agropecuário de 2017, Terraclass 2020, Cadastro Ambiental Rural (CAR) e informações sobre áreas de assentamentos para reforma agrária. Por meio de técnicas de inferência geográfica e operações fuzzy, foram criados mapas com a classificação dos graus de potencial de ocorrência de SAFs de açaí de origem familiar. Dessa maneira, os resultados indicaram maior potencial nas áreas de ilhas, com concentração de minifúndios e pequenas propriedades. Com isso, esse estudo destacou as regiões com maior potencial para a produção de SAFs de açaí de origem familiar, fornecendo informações relevantes para o planejamento e desenvolvimento desses sistemas agroflorestais na região. Essa abordagem sustentável pode promover um equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação ambiental, além de gerar benefícios socioeconômicos para as comunidades locais.

**Palavras-chave:** Paisagens Agroflorestais; Açaí; Lógica Fuzzy.

## ABSTRACT

Agroforestry Systems (AFS) are an innovative and sustainable form of agricultural production that combines agricultural, forestry, and animal components in the same area. These systems have economic, social, and environmental benefits, especially for small-scale producers. Açai cultivation is predominantly carried out by family workers in the Amazon region, in suitable environments such as islands and floodplains. This study aimed to map the regions with the highest occurrence of family-origin AFS, focusing on açai production. The municipalities of Igarapé-Miri, Abaetetuba, and Cametá, in the microregion of Cametá, Pará, were selected as the study area. Data from the 2017 Agricultural Census, Terraclass 2020, Rural Environmental Registry (CAR), and information on settlement areas for agrarian reform were used. Using geographic inference techniques and fuzzy operations, maps were created classifying the potential degrees of occurrence of family-origin AFS for açai. The results indicated a greater potential in island areas, with a concentration of smallholdings and small properties. Thus, this study highlighted the regions with the highest potential for family-origin AFS for açai production, providing relevant information for planning and developing these agroforestry systems in the region. This sustainable approach can promote a balance between agricultural production and environmental conservation, as well as generate socio-economic benefits for local communities.

**Keywords:** Agroforestry Landscapes; Açai; Fuzzy Logic.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 - Gráfico de Correlação valor x quantidade produzida.....	9
Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.....	10
Figura 3 - Fluxograma de metodologia .....	11
Figura 4 - Estabelecimentos do CAR.....	12
Figura 5 - Mapas de análises do estudo.....	13
Figura 6 - Sistematização do Operador Fuzzy gamma.....	14
Figura 7 - Mapa de Operador Fuzzy gamma.....	15

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
Tabela 1 - Valores da Operação fuzzy gamma.....	4

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 ÁREA DE ESTUDO.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4 RESULTADOS .....	14
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

## **INTRODUÇÃO**

Os Sistemas agroflorestais (SAF) podem ser compreendidos como a associação e a interação entre componentes agrícolas, florestais, e eventualmente animais, em uma mesma área de cultivo (MARTINELLI, 2020). Os sistemas agroflorestais representam uma abordagem inovadora e sustentável para a produção agrícola, oferecendo uma série de benefícios econômicos, sociais e ambientais; tanto para as populações quanto para o ambiente de cultura. Assim, os SAF são uma opção altamente viável e atrativa para os pequenos produtores, representando uma relação mutualística e ao longo da história, desempenharam um papel crucial na vida humana, fornecendo uma ampla gama de produtos e benefícios indiretos (ABDO; VALERI e MARTINS, 2008.).

A produção do açaí, em sua maioria, é conduzida por trabalhadores familiares, especialmente pelos ribeirinhos residentes nas ilhas do Tocantins ou nas proximidades da várzea, onde o açaí cresce em meio à floresta e à vegetação secundária, ambientes propícios para sua cultivo (SOUZA, 2019). Nesse sentido, cabe contextualizar que na Amazônia, dois agentes desempenham um papel fundamental nos sistemas agrários: os camponeses e os patronais. Os camponeses são responsáveis pela produção do açaí, uma cultura que se baseia no conhecimento do bioma e está enraizada em sua cultura local (COSTA, 2021).

Desse modo, segundo Cunha (2021) nos últimos anos, devido à crescente demanda regional e internacional pelo fruto, houve um aumento significativo no interesse comercial e na produção do açaí. Como resultado, a extração desse produto, que anteriormente era realizada em áreas de ilhas e várzeas, passou a ser executada também em ambientes de terra-firme através de técnicas de plantio, irrigação, uso de maquinários e insumos, em condições controladas pela indústria.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é mapear regiões de maior destaque na ocorrência de Sistemas Agroflorestais de origem familiar. Posteriormente, alcançar objetivos específicos, que visam identificar regiões de maior concentração de pequenas propriedades rurais e minifúndios e detectar áreas de maior ocorrência de SAFs familiares de açaí. E para isso foi adotada uma metodologia esquematizada para a melhor aplicação na área de estudo analisada.

## **ÁREA DE ESTUDO**

Em vista disso, foram investigadas para a análise do estudo de casos os municípios da microrregião de canté que mais se destacam no regime de produção de açaí. Assim, foi analisado em um gráfico de correlação entre as variáveis de valor de produção da fruta x quantidade produzida da fruta, ambos oriundos da agricultura familiar, extraídos pelo Censo Agropecuário (2017). Desse modo, pode-se observar que do top 10 de municípios com melhores índices de valor produzido por quantidade, três deles estão na microrregião de Cametá, sendo eles: Igarapé-Miri (PA), Abaetetuba (PA) e Cametá (PA).

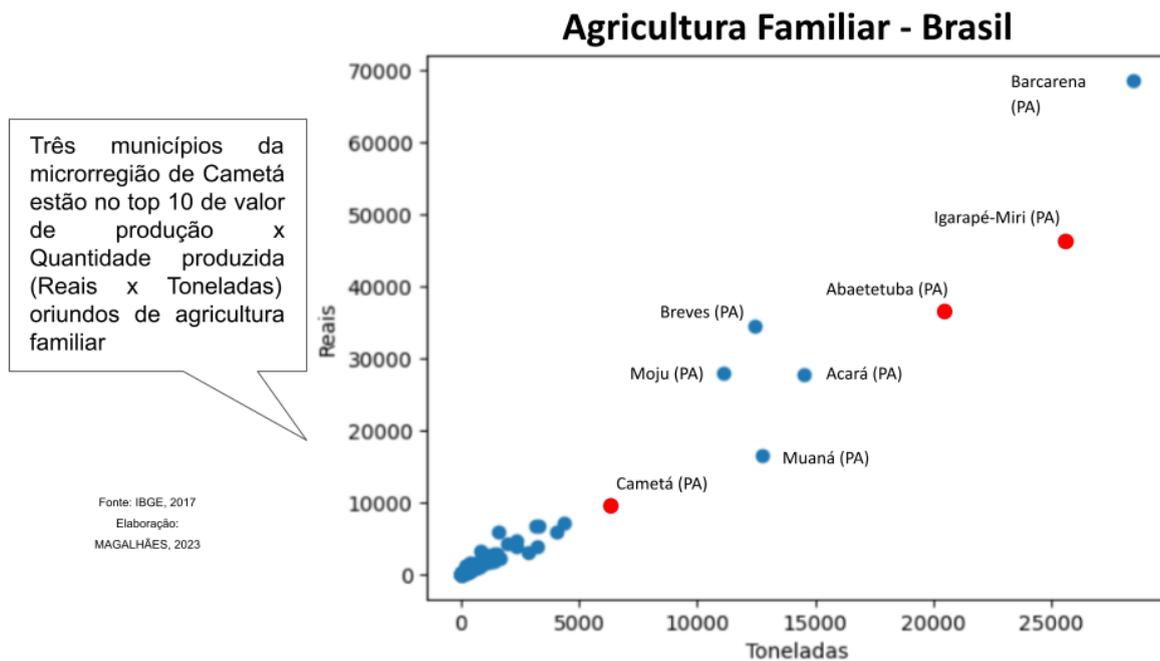


Figura 1 - Gráfico de Correlação valor x quantidade produzida  
Fonte: IBGE, 2017

A área de estudo do presente trabalho está pautada na análise do estudo de caso dos municípios de Igarapé-Miri, Abaetetuba e Cametá; localizados na microrregião de Cametá no Pará. Na microrregião de Cametá, em particular, as interações socioculturais e econômicas entre os municípios se estabeleceram e continuam a existir hoje, dentro da delicada relação entre áreas rurais e urbanas, no fornecimento de alimentos para as sedes municipais e, principalmente, para a capital Belém. O consumo local de frutas frescas ao longo de décadas cultivou um mercado cativo e uma produção regular, resultando em um notável equilíbrio entre a produção e o consumo (DE OLIVEIRA; NETO e PENA, 2007).

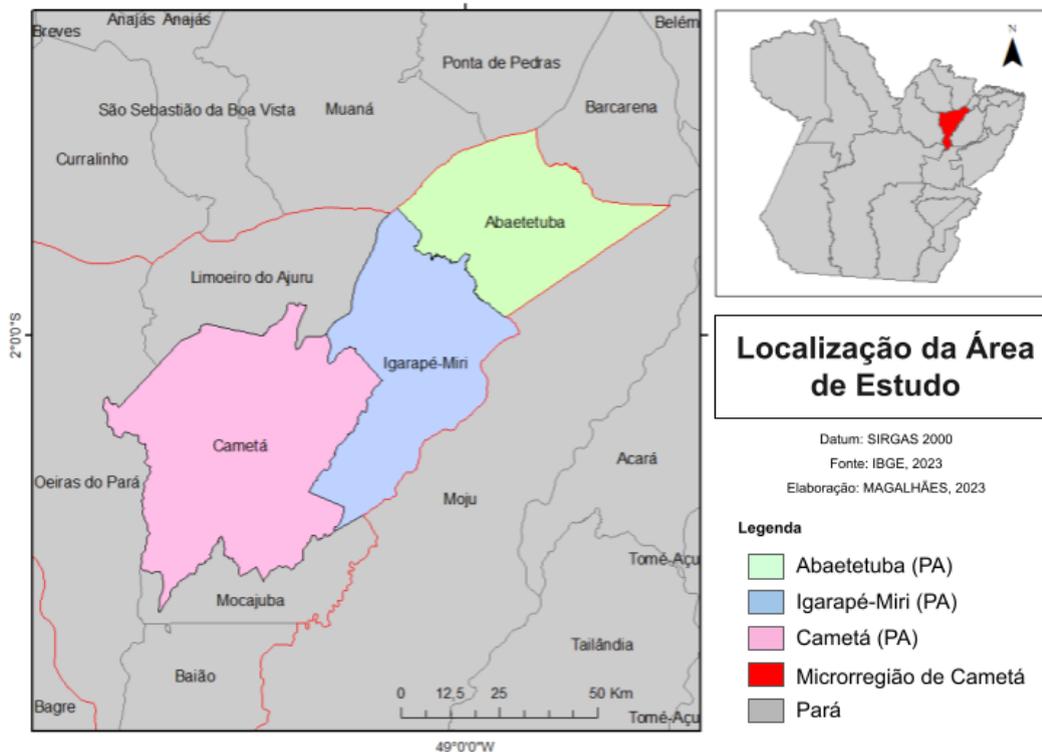


Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo  
 Fonte: IBGE, 2017

## METODOLOGIA

Assim, dentre os materiais e métodos foi estabelecido uma série de esquematizações que pudessem ser orientadas pelos objetivos gerais e específicos do trabalho e nesse sentido, foram detalhados os dados das ferramentas utilizadas no emprego das análises do presente artigo. Por conseguinte, os caminhos metodológicos estabelecidos foram guiados através de um levantamento bibliográfico sistemático sobre condições do campo, estudos rurais, cultura de açaí, aplicações em SIG e operações de inferência geográfica.

Dessa maneira, inicialmente foram filtrados a partir do critério de produção agrofamiliar os municípios estudados no presente trabalho. Através do Censo Agropecuário (2017), foram correlacionados os fatores de valor produzido por quantidade produzida de açaí oriundo da agricultura familiar. Nesse sentido, foram correlacionados através de uma gráfico produzido por código python, no google collab, essa demonstração. Foram esclarecidos que dentre as 10 maiores correlações entre valor por produção, três delas estão na microrregião de Cametá, justamente os municípios de Igarapé-Miri, Cametá e Abaetetuba.

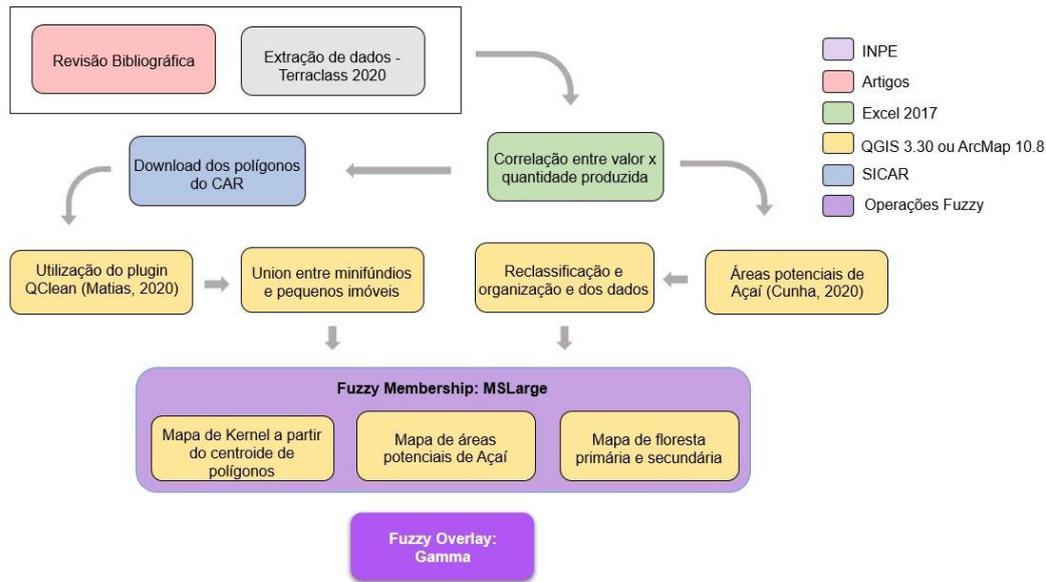


Figura 3 - Fluxograma de metodologia  
 Fonte: Elaboração própria, 2023

Dos dados utilizados foram usadas as camadas do Terraclass 2020, referente ao uso e cobertura da terra, essa camada foram delimitada para o recorte de estudos utilizando apenas os três municípios em questão, posteriormente as classes de uso e cobertura do terra classe foram reclassificadas em apenas outras três: floresta natural, floresta secundária e outros; entendendo que para os objetivos de mapeamento de sistemas agroflorestais, trabalhar com feições florestais é importante para esta análise.

Outro dado relevante para a análise é o dado de áreas potenciais de açaí, que foi extraído através das aplicações de Cunha (2020), que utilizava uma metodologia para a representação espacial dessas áreas potenciais de ocorrência de açaí, empregando dados de uso e cobertura da terra e dados de ambientes hidro-topográficos obtidos a partir do algoritmo Height Above the Nearest Drainage (HAND). Essa camada também foi delimitada a partir da área de estudo em questão, que abriga os municípios de Igarapé-Miri, Cametá e Abaetetuba e também posteriormente reclassificada, com três classificações: Alto potencial, moderado potencial e baixo potencial.

A terceira base relevante para as orientações do estudo é a base do Cadastro Ambiental Rural (CAR), onde se podem extrair polígonos de imóveis rurais autodeclarados com diversos tipos de informações, como: tamanho em área, tipo do imóvel e status do processo de imóvel. No trabalho para o CAR foi aplicado um plugin, no software QGIS, em que todas as sobreposições foram extraídas entre áreas coincidentes, assim com o feito em Matias (2020). Dessa maneira, foram destacados os tipos de imóveis declarados como

minifúndios ou pequenas propriedades, entendendo serem relevantes para o pequeno produtor ou produtor familiar.

Na Figura 4, pode se observar a ocorrência dessas áreas destacadas:

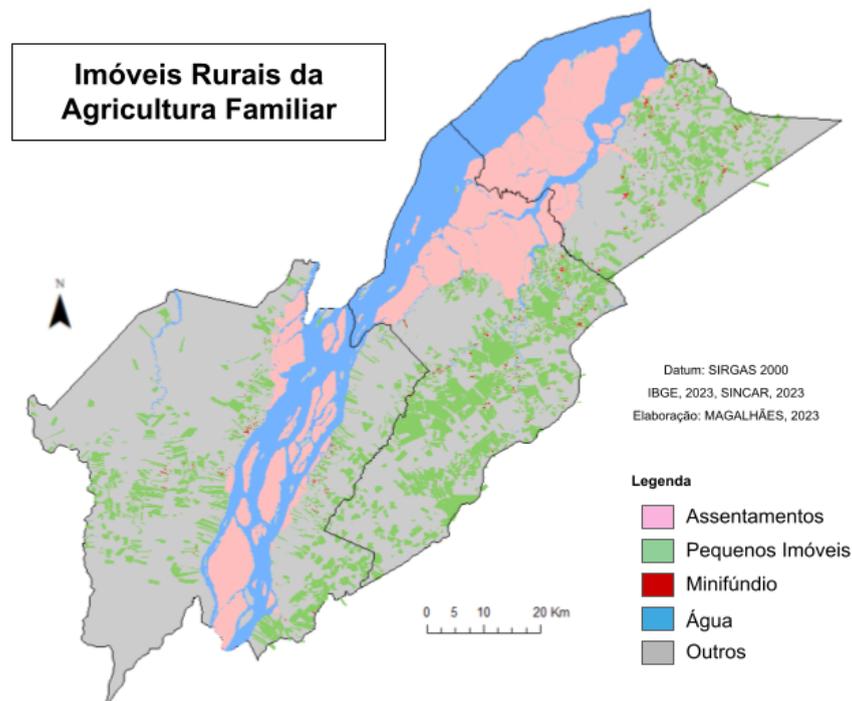


Figura 4 - Estabelecimentos do CAR  
Fonte: IBGE, 2020 e SICAR, 2020

Cabe destacar também a ocorrência das áreas de assentamento para a reforma agrária, amplamente localizadas em áreas de ilhas. Há nas ilhas do rio Tocantins, uma série de Projetos de Assentamentos para a Reforma Agrária (PAE). Assim, Maia (et al, 2017) as famílias assentadas pelo PAE nos municípios do Baixo Tocantins chegam ao total de aproximadamente de 21.312 no período entre 2004 e 2009 em 93 PAE, ocupando aproximadamente 206.686 hectares (Maia et al, 2017). Em outra medida, Soares (et al, 2021) esclarece também que a faixa continental de terra firme, apresentam uma combinação de três tipos de classe de uso da terra: vegetação secundária, que é típica de áreas de roça, os mosaicos de ocupação, que nada mais são do que as áreas de pequena propriedade agropastoril e minifúndios da agricultura familiar (SOARES et al, 2021).

Por conseguinte, dentre os três dados relevantes indicados durante a metodologia, foi estabelecido um esquema de criação de três mapas distintos para a criação de uma inferência geográfica, utilizando operações fuzzy. O primeiro mapa é constituído pelo mapa de uso e cobertura do TerraClass 2020, com as classes reclassificadas; o segundo mapa é constituído pela concentração de pontos dos centróides de minifúndios e pequenas propriedades,

demonstrado através do mapa de densidade de Kernel e o terceiro mapa é oriundo dos dados de Cunha (2020), com os graus de potencialidades reclassificados

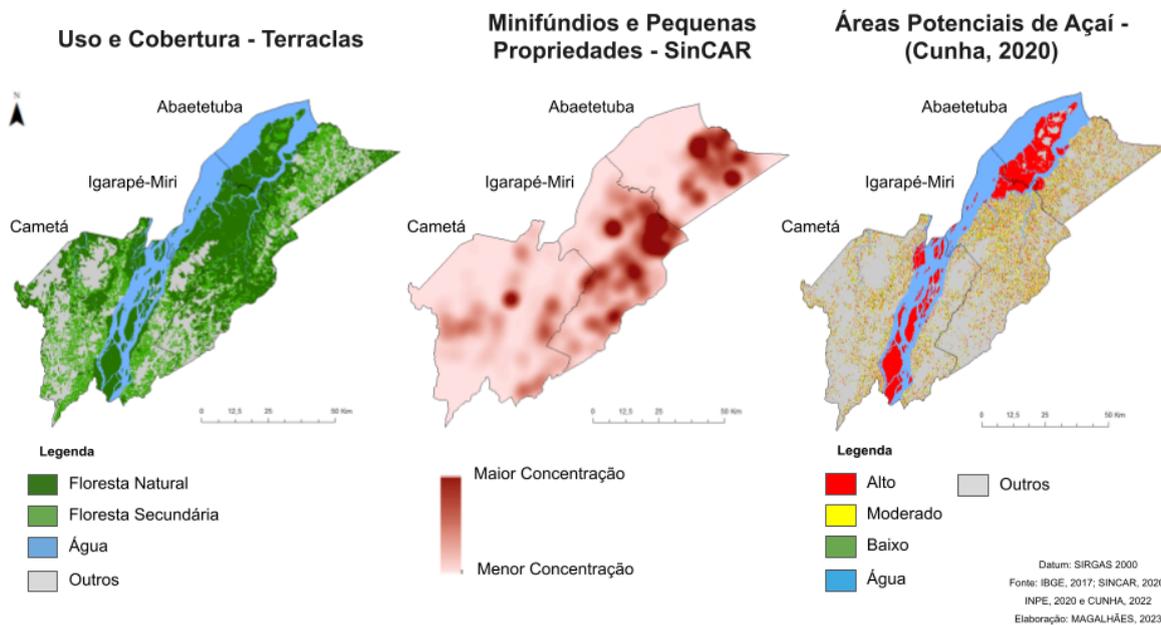


Figura 5 - Mapas de análises do estudo  
Fonte: Terraclass, 2020; SICAR, 2020 e CUNHA, 2020

Nesse sentido, os dados indicados foram introduzidos em operações fuzzy, de inferência geográfica, para que seus valores fossem normalizados e por fim analisados com uma maior pertinência. O primeiro método de operação fuzzy a ser utilizado foi o método MSlarge, que indica quanto maior um valor ele é, maior sua pertinência para o estudo. O método MSlarge foi aplicado para todos os três mapas, visando a normalização de todos os valores. De acordo com Escada (1998), os modelos baseados em lógica Fuzzy oferecem maior flexibilidade na combinação de mapas com pesos e podem ser implementados nos Sistemas de Informação Geográfica por meio de uma linguagem específica. Assim como nos conjuntos Booleanos, os conjuntos fuzzy permitem a manipulação de dados utilizando métodos lógicos para selecionar e combinar informações de diferentes conjuntos. Dessa forma, é possível utilizar vários operadores para obter um mapa resultante da sobreposição de diversos planos de informação fuzzy.

Nesse sentido, marcados os operadores MSlarge para a normalização dos valores dos conjuntos de dados, foi utilizado um operador em comum para a obtenção de um mapa final, o operador Fuzzy gamma. O operador *fuzzy gamma* permite relacionar mapas a partir da combinação entre a soma algébrica fuzzy e o produto algébrico *fuzzy* ajustado por um

coeficiente gamma que representa o valor de pertinência fuzzy para cada mapa que será combinado (PENHA, FONSECA e KORTING, 2017)

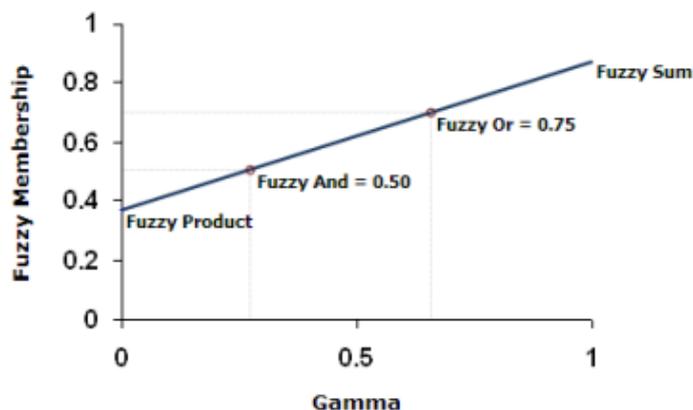


Figura 6 - Sistematização do Operador Fuzzy gamma  
 Fonte: PENHA, FONSECA e KORTING, 2017

Dessa maneira, foram gerados os valores finais normalizados entre 0 - 1 e posteriormente categorizados em classes de muito alto, alto, moderado, baixo e muito baixo mapa maior potencial de ocorrência de produção de açaí por sistemas agroflorestais de origem familiar.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Assim, dados os valores finais de normalização dos dados, a categorização surge como forma de indicar graus potenciais de ocorrência de sistemas agroflorestais de açaí por origem familiar. Em vista disso os valores da tabela 1, podem ser indicados como 0,87 - 0,74 muito alto; 0,73 - 0,63 alto; 0,62 - 0,49 moderado; 0,20 - 0,48 baixo e 0 - 0,19 muito baixo.

Valores (Fuzzy)	Graus
0,74 - 0,87	Muito Alto
0,63 - 0,73	Alto
0,49 - 0,62	Moderado
0,20 - 0,48	Baixo
0 - 0,19	Muito Baixo

Tabela 1 - Valores da Operação fuzzy gamma  
Fonte: Elaboração própria, 2023

Dessa maneira, esses valores foram aplicados no mapa oriundo das operações de inferência geográfica, que se utilizou os operadores finais de lógica fuzzy gamma. Assim, na figura 7, pode se observar uma variação de combinação de graus de potencialidades, indicando os maiores valores justamente nos locais de maior pertinência nas análises fuzzy combinadas em áreas florestais, concentração de minifúndios e pequenas propriedades e potencialidades de ocorrência de açaí.

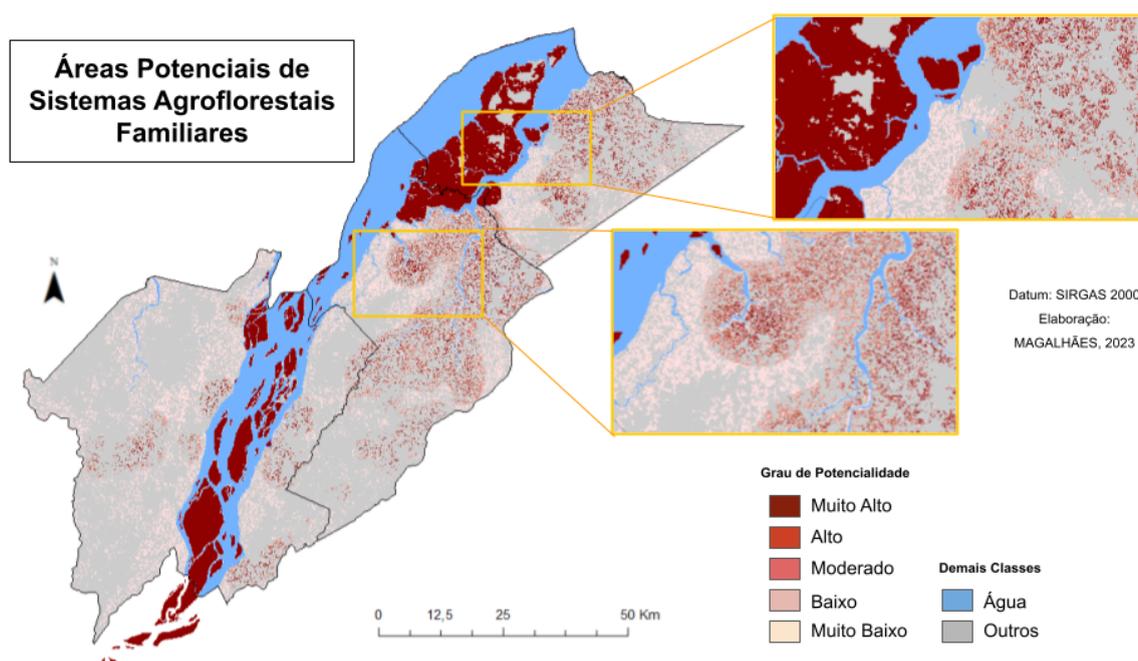


Figura 7 - Mapa de Operador Fuzzy gamma  
Fonte: Elaboração própria, 2023

Dentre essas condições pode-se observar um destaque das áreas de ilha, que em Cunha (2020) possuíam uma alto grau de potencialidade de ocorrência de açaí por inteiro. Outro ponto a se destacar são as áreas interioranas de dois municípios específicos, Igarapé-Miri e Abaetetuba, onde foram observadas fortes manchas de graus de potencialidades nas porções nordestes dos dois municípios. Para ambos também, as porções sul e interioranas não possuíram destaque considerável. Já para o município de Cametá, os destaques permaneceram voltados para as porções de ilha, entretanto as áreas interioranas tanto nas porções leste quanto nas porções oeste, não foram consideradas relevantes mediante aos graus de potencialidades.

## CONSIDERAÇÕES FINAL

A microrregião de Cametá desempenha um papel de destaque na produção de açaí no Brasil. Com suas ricas áreas de cultivo, essa região se estabeleceu como um dos atores protagonistas nessa importante cadeia produtiva. Neste contexto, os municípios de Igarapé-Miri e Abaetetuba se destacam pela maior ocorrência de áreas potenciais para sistemas agroflorestais de açaí. Entretanto, uma característica marcante nos três municípios é a presença de ilhas de açaí com uma probabilidade maior de ocorrência.

Para a continuidade do presente trabalho, é fundamental agregar mais variáveis ao estudo, considerando o circuito espacial produtivo da agricultura familiar amazônica. Alguns exemplos seriam a proximidade de hidrovias, que facilitam o escoamento da produção, e a proximidade de infraestrutura, como estradas e mercados, que afetam diretamente a logística e comercialização dos produtos. Além disso, é essencial realizar visitas a campo, permitindo uma maior proximidade das dinâmicas locais, o diálogo com os agricultores e a observação direta das áreas de cultivo, visando fortalecer as parcerias entre os envolvidos nessa cadeia produtiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, Sérgio Valiengo; MARTINS, Antônio Lúcio Mello. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.

ESCADA, Maria Isabel Sobral. Aplicação de Técnica Fuzzy em SIG como alternativa para o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). **São José dos Campos**, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). TerraClass. 2014. Disponível em: Acesso em: 01 de maio de 2023.

MAIA, R. O. M.; RAVENA, N.; ACEVEDO MARIN, R. E. REFORMA AGRÁRIA DO GOVERNO LULA: A REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA E OS ASSENTAMENTOS NAS ILHAS DO PARÁ/Land reform of the Lula government: the land regularization and the settlements in the islands of Pará. *REVISTA NERA*, [S. l.], n. 35, p. 153–173, 2017. DOI: 10.47946/rnera.v0i35.4187. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/4187>. Acesso em: 2 maio. 2023.

MARTINELLI, João Victor. Os sistemas agroflorestais no Brasil : abordagem conceitual, ecológica e socioeconômica. 2020. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020.

MATIAS, M. R. Identificação e caracterização de tipologias de agricultura urbana e periurbana nos municípios de São José dos Campos e Jacareí - SP. Trabalho final da disciplina de Geoprocessamento do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto no INPE. 2020.

PENHA, Thales Vaz; FONSECA, Leila Maria Garcia; KORTING, Thales Sehn. Inferência fuzzy na análise de vulnerabilidade de fragmentos florestais na Amazônia mato-grossense.

SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL (SICAR). Cadastro Ambiental Rural do Estado do Pará. 2001. Disponível em:. Acesso em:03 de maio de 2023.

SOARES, Daniel et al. Produção do espaço agrário e dinâmicas territoriais na Amazônia Tocantina: transporte rural-urbano, agricultura familiar e ambientes em Abaetetuba (PA). 2021.

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: 02 maio. 2023.