



Padrão Espacial de Ocorrência de Plantação de Mandioca na Amazônia Brasileira: a Região Oeste do Estado do Pará

Spatial Pattern of Cassava Farms in the Brazilian Amazon: the Western Region of the State of Pará

Flávia Domingos Pacheco¹, Anielli Rosane de Souza² e Maria Isabel Sobral Escada³

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Observação da Terra e Geoinformática, São José dos Campos-SP, Brasil.
flavia.pacheco@inpe.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3277-6391>

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Observação da Terra e Geoinformática, São José dos Campos-SP, Brasil.
anielli.souza@inpe.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6888-8956>

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Observação da Terra e Geoinformática, São José dos Campos-SP, Brasil.
isabel.escada@inpe.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5822-8265>

Recebido: 12.2022 | Aceito: 01.2024

Resumo: Os principais sistemas de monitoramento do uso e cobertura da terra no Brasil não distinguem a agricultura de pequena escala, categoria que inclui áreas de plantação de mandioca na Amazônia. Gerar informações sobre a distribuição espacial desses sistemas historicamente invisibilizados é fundamental para o desenvolvimento de políticas que visem fortalecer essa economia. O objetivo deste trabalho é identificar áreas potenciais de ocorrência de plantação de mandioca em municípios do Oeste do Pará, com o uso de técnica de inferência geográfica *fuzzy*. A área de estudo corresponde aos municípios de Aveiro, Belterra, Santarém e Mojuí dos Campos. Foram utilizadas variáveis associadas a áreas de plantação de mandioca: proporção de área de vegetação secundária e de mosaicos de ocupação, proximidade de vilas e corpos d'água, presença de unidades de conservação de uso sustentável (UCUS) e de projetos de assentamento (PA). As variáveis foram inseridas em uma grade regular de células de 2 x 2 km e combinadas por meio do operador espacial *fuzzy gamma*. Os resultados indicaram um acerto de 70% na classificação de áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Essas áreas estão mais presentes no município de Santarém (58 – 81%), seguido por Mojuí dos Campos (11 – 14%), Aveiro (9 – 14%) e Belterra (9 – 10%). As áreas de plantação de mandioca concentram-se em áreas ribeirinhas. Nessas áreas também se localiza a maior parte das UCUS e dos PA. Esse método se mostrou robusto e pode ser replicado em períodos intracensitários, apoiando a compreensão sobre a dinâmica e a distribuição espacial, importantes para políticas públicas.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Inferência. *Fuzzy gamma*. Campesinato.

Abstract: The main land use and land cover monitoring systems in Brazil are unable to identify small-scale agricultural land, like cassava farms in the Amazon. Establishing the spatial distribution of these cassava farms, historically undetected, is paramount to the development of public policies to strengthen the trade of this product in the region. Our goal is to use features extracted from open-access spatial databases to identify small-scale cassava farmlands in the Western region of Pará, using Fuzzy spatial analysis. This study includes spatial data from the cities of Aveiro, Belterra, Santarém, and Mojuí dos Campos. The spatial model to predict the occurrence of cassava farms includes the following features: secondary vegetation and mosaic of occupation rates, the proximity to villages and bodies of water, and the existence of conservation units for sustainable use (UCUS) and settlement projects (PA). All layers were manipulated in a regular 2 x 2 km cell grid and combined by the Fuzzy gamma spatial operator. Our model outcomes show 70% accuracy in classifying regions of medium and high potential for the presence of cassava farms. These regions are more prevalent in Santarém (58% – 81%), followed by Mojuí dos Campos (11% – 14%), Aveiro (9% – 14%), and Belterra (9% – 10%). Small-scale cassava farmlands are concentrated along rivers and bodies of water, where most of the UCUS and PA are also located. This robust method can be applied between Census periods, supporting the understanding of cassava farm dynamics and their spatial distribution, which are valuable to the development of agrarian and economic public policies.

Keywords: Geoprocessing. Inference. Fuzzy gamma. Peasantry.

1 INTRODUÇÃO

O espaço geográfico é onde se manifestam as complexas interações sociais e da sociedade com a natureza, sendo entendido como uma dimensão constituinte dessas relações (BECKER; STENNER, 2008). Pensar os espaços geográficos traz luz às potencialidades regionais e permite a construção de propostas a partir de uma consciência espacial, que possibilitem elaborar estratégias que incluam a população local e conciliem o estabelecimento de atividades econômicas com a conservação do bioma (BECKER; STENNER, 2008). Entretanto, a construção do conhecimento sobre os espaços geográficos distribui-se de maneira desigual ao longo dos territórios. Ainda que a ciência tenha tido muitos avanços, existem lacunas quanto à interpretação qualitativa dos dados gerados para a Amazônia brasileira (TILIO NETO, 2010).

O camponês da Amazônia, comumente associado à agricultura de pequena escala, utiliza a terra de diversas formas e possui um conhecimento profundo do bioma, estando mais bem adaptado a essa paisagem. Muitas vezes, a produção de mandioca é conjugada com outras culturas, tais como milho e feijão, por exemplo (SOUZA et al., 2019). As estratégias embasadas nos conhecimentos tradicionais e muitas vezes adaptadas às demandas econômicas e ambientais proporcionam ao camponês maior flexibilidade quanto ao uso da terra. Essa capacidade de adaptação tem historicamente contribuído para que essas formas de produzir sejam capazes de persistir às instabilidades de preço, a mudanças na demanda do produto, entre outros, possibilitando, ao mesmo tempo, abastecer o mercado em períodos com alta demanda e conservar as florestas (COSTA, 2020; VOGT et al., 2015). Conforme explica Costa (2020), o camponês na Amazônia utiliza soluções técnicas que envolvem o manejo dos recursos originários (floresta, água, solo) e mantêm a diversidade e complexidade em sistemas agrofloretais, seja em sistemas baseados no extrativismo ou sistemas agrossilviculturais que reproduzem as características do bioma.

Em relação ao cultivo de mandioca, registros arqueológicos indicam a existência de civilizações complexas e grupos com organização sociopolítica na Amazônia, havendo não apenas caçadores nômades, mas também pescadores e agricultores de mandioca (ALVES-PEREIRA et al., 2018; BECKER, 2006; BECKER, STENNER, 2008). As variedades de mandioca distribuídas pela Amazônia estão associadas às práticas culturais herdadas dessas civilizações originárias por meio de redes de trocas (EMPERAIRE; PERONI, 2006). Diferenças na distribuição espacial foram encontradas em estudo realizado ao longo de seis dos principais rios da bacia, o que sugere que a mandioca brava e mansa tiveram dispersões diferentes ao longo do tempo (ALVES-PEREIRA et al., 2018).

Nos dias atuais, a mandioca permanece como uma das fontes de alimento mais importantes para população amazônica (GUSMÃO; HOMMA; WATRIN, 2016). O Pará é o estado com as maiores áreas de plantação do Brasil, responsável por 17% de toda a área colhida, totalizando 124.234 ha (IBGE, 2017). Dessa área, 88% representam a agricultura familiar¹ e 76% estão em estabelecimentos de até 5 ha (IBGE, 2017). Essa é uma atividade inclusiva e diversificada, que está presente na formação histórica de estruturas camponesas² na Amazônia (COSTA, 2012). Ainda, esse sistema produtivo tem valor histórico-cultural, que vai além da alimentação, pois tanto na forma de cultivo quanto na produção de farinha, utiliza-se o conhecimento histórico do local, fortalecendo tradições e vínculos sociais e contribuindo com a construção da identidade cultural dessa população (PICANÇO, 2017).

O cultivo de mandioca na região Amazônica tem características específicas que o diferencia das demais regiões do Brasil. Sua ocorrência, além de estar associada à agricultura de pequena escala (IBGE, 2017), adota a prática de pousio, em que a terra é abandonada por determinado período para que seja iniciado o processo de regeneração natural, sendo conhecida como agricultura de roçado (EMPERAIRE; PERONI, 2006; LAUE; ARIMA, 2016). Neste sentido, a vegetação secundária passa a compor um ativo do sistema produtivo, podendo ser vista como um mecanismo de restauração (COSTA, 2016). A frequência do cultivo e

¹ Para o IBGE, o conceito de agricultura familiar adotado engloba estabelecimentos dirigidos diretamente pelo produtor ou indiretamente (com intermédio de um capataz); ou por pessoa com laços de parentesco; ou por mais de um produtor (no caso de explorações comunitárias), e unidade de trabalho familiar maior que a unidade de trabalho contratado, e área total do estabelecimento menor ou igual que a área máxima regional por região geográfica (IBGE, 2006).

² Agentes e estruturas camponesas fazem parte das categorias agrárias que fundamentam a produção rural na Amazônia e formam a dinâmica agrária na região com base nas respectivas especificidades de razões e processos decisórios (racionalidades), conceitos discutidos por Costa (2009), e que não são categorias utilizadas pelo IBGE.

a duração do pousio são potenciais indicadores da intensificação do uso da terra (BOSERUP, 1972; JAKOVAC et al., 2017). Estudos revelam que a intensificação do uso da terra tem várias implicações para o ambiente, incluindo a perda da resiliência da vegetação secundária (GEHRING; MANFRED; VLEK, 2005; JAKOVAC et al., 2015; VILLA et al., 2018), redução da produtividade da mandioca (JAKOVAC et al., 2016), assim como redução da qualidade do solo (RIBEIRO FILHO; ADAMS; MURRIETA, 2013).

Em relação aos dados referentes aos sistemas de produção associados ao cultivo da mandioca, uma base de grande importância é a do Censo Agropecuário, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados são levantados por meio de questionários que são aplicados a todos os estabelecimentos agropecuários dos municípios a cada 10 anos. Além do censo, um levantamento também importante, porém menor e mais simplificado é o de Produção Agrícola Municipal (PAM) coletado por meio de questionários às instituições municipais de interesse, anualmente. Em ambos os levantamentos, a menor unidade geográfica de desagregação dos dados disponibilizada no portal do IBGE é municipal³, o que dificulta conhecer a distribuição espacial interna desses sistemas e suas produções, dentro dos municípios. Nesse sentido, como demonstrado por Souza et al. (2019), técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento podem contribuir para a geração de informações complementares, ampliando o conhecimento desses espaços geográficos. Esse é o caso da agricultura de pequena escala, cujo arranjo espacial e produtivo não é incluído ou, muitas vezes, é mapeado de forma imprecisa nos sistemas de monitoramento de uso e cobertura da terra da Amazônia, sendo frequentemente visto como de pouca importância econômica e sendo pouco contemplado no planejamento e nas políticas econômicas agrárias, reforçando sua invisibilidade (ADAMS et al., 2009; SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017).

O tamanho das unidades produtivas da agricultura de pequena escala da Amazônia leva a dificuldades no seu mapeamento: em geral, esses sistemas de produção ocupam áreas inferiores a 1 ha (DAL'ASTA et al., 2014). Os principais sistemas de monitoramento do uso e cobertura da terra da Amazônia (TerraClass, IBGE e MapBiomias), responsáveis por classificar grandes extensões do território, adotam tamanhos das unidades mínimas de mapeamento que não são adequados para o mapeamento de agricultura de pequena escala, como: TerraClass, que utiliza 6,25 ha, e IBGE, que utiliza uma grade de células de 1 km² (IBGE, 2020; INPE, EMBRAPA, 2014). Além disso, as áreas de agricultura de pequena escala têm cobertura da terra mista, com cultivo simultâneo de mais de uma cultura agrícola, fazendo com que seja confundida com outras classes, tais como pastagem e vegetação secundária (DELRUE et al., 2012; PACHECO et al., 2021; RODRIGUES et al., 2020; SOUZA et al., 2019). Assim, em termos operacionais, o mapeamento e espacialização da agricultura de pequena escala encontra limitações quanto às características dos sensores orbitais mais frequentemente utilizados e também em virtude da unidade mínima de mapeamento utilizada (PACHECO et al., 2021; SOUZA et al., 2019). Diante disso, os sistemas de produção formados pela agricultura de pequena escala permanecem mal representados ou se mantêm invisibilizados.

Conhecer as áreas de plantação de mandioca por meio de sua espacialização é oportuno e necessário para que a construção de conhecimento sobre esse cultivo e a produção camponesa possam ser consideradas nas políticas de desenvolvimento regional e econômico, assim como para apoiar os tomadores de decisão na elaboração de mecanismos políticos e econômicos para fortalecer essa produção (GUSMÃO; HOMMA; WATRIN, 2016; SOUZA et al., 2019). Assim, o objetivo deste trabalho é identificar áreas com potencial de ocorrência de agricultura de pequena escala com plantação de mandioca, em municípios do estado do Pará, a partir do uso de técnica de inferência geográfica do tipo *fuzzy gamma* aplicada a fatores ambientais, de regime de terras, populacionais e de uso da terra.

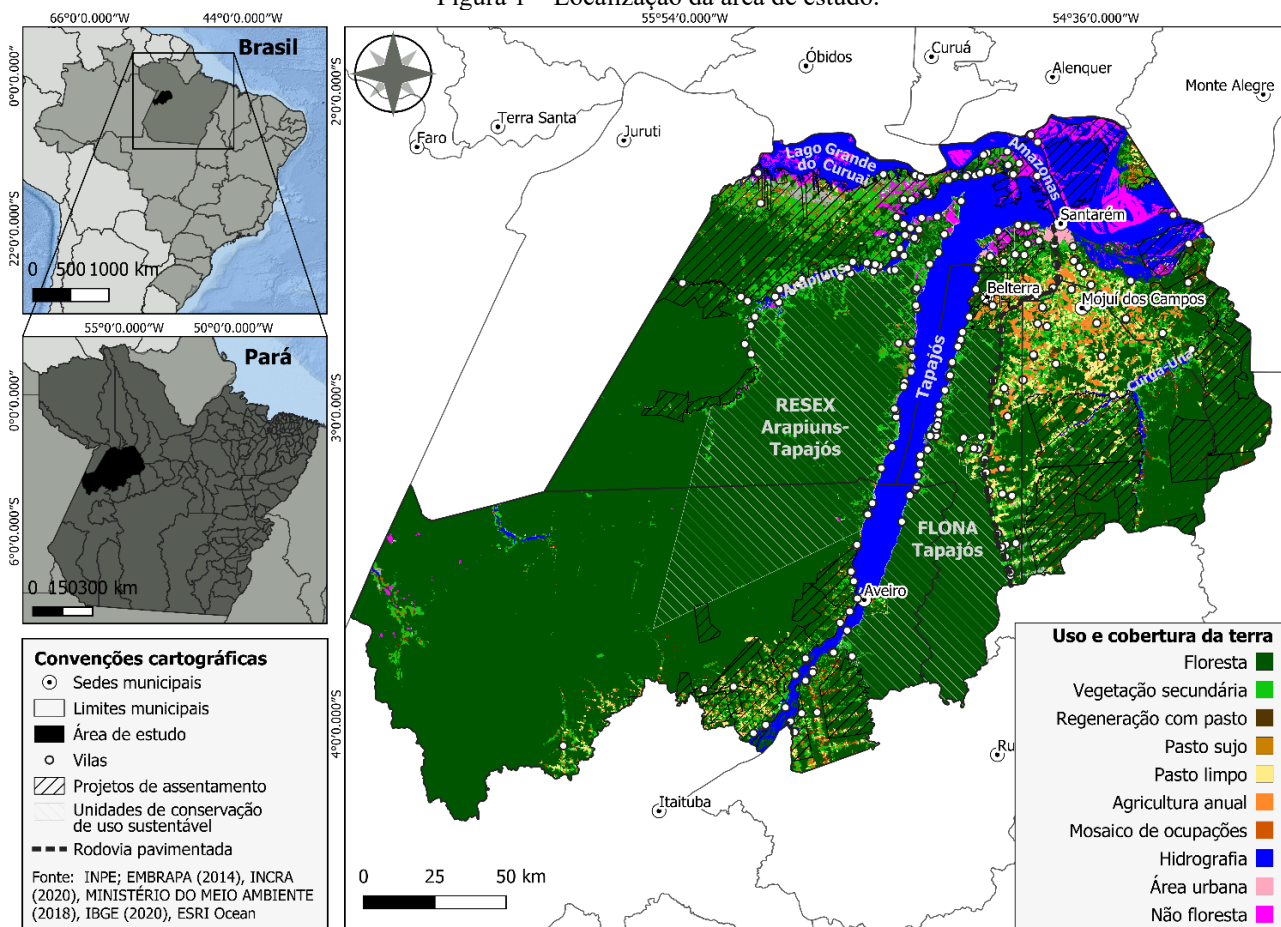
2 ÁREA DE ESTUDO

A agricultura de pequena escala no Pará está presente principalmente nas mesorregiões Nordeste e Baixo Amazonas (CARVALHO et al., 2019). Para este estudo, foi delimitada uma área formada pelos municípios de Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém, localizados na mesorregião do Baixo Amazonas, bem

³ É possível obter dados com um maior nível de desagregação, porém, o acesso é dificultado devido à necessidade de autorização prévia do IBGE e o acesso ser apenas dos dados *in loco*, na instituição. Ademais, algumas variáveis e em algumas regiões, o dado não pode ser fornecido por questão de confidencialidade (IBGE, 2017).

como pelo município de Aveiro, localizado no Sudoeste Paraense (Figura 1). O município de Santarém tem destaque na produção de mandioca, sendo o 8º maior produtor do estado do Pará (IBGE, 2017).

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Os autores (2024).

Observa-se a partir do mapeamento feito pelo projeto TerraClass do ano de 2014 (INPE; EMBRAPA, 2014), que a região se destacava pelas áreas contínuas de floresta primária, em algumas regiões de Aveiro, Santarém e Belterra. A vegetação secundária é mais presente nas áreas próximas aos corpos d'água, especialmente no trecho entre o rio Amazonas e rio Arapiuns, pois são áreas de ocupação antiga, com comunidades estabelecidas há mais de 100 anos (entre 20 e 319 anos), de acordo com Amaral et al. (2009). Em 2014, a região do Planalto Santareno⁴ apresentava significativas áreas de agricultura anual, associada principalmente à produção de soja (SOUZA, 2016). O pasto limpo também tem destaque nessa região e no entorno da BR-163 e, em menor proporção, nas áreas próximas ao rio Tapajós, e em Aveiro.

A região possui duas unidades de conservação de uso sustentável: Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns e Floresta Nacional do Tapajós (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018), ambas têm a presença de moradores, conciliando a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais. A Floresta Nacional se trata de “uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas” (BRASIL, 2000). A Reserva Extrativista está associada à presença de “populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade” (BRASIL, 2000). Os projetos de assentamento são delimitados tanto pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, quanto pelo Instituto de Terras do Pará (INCRA, 2020)

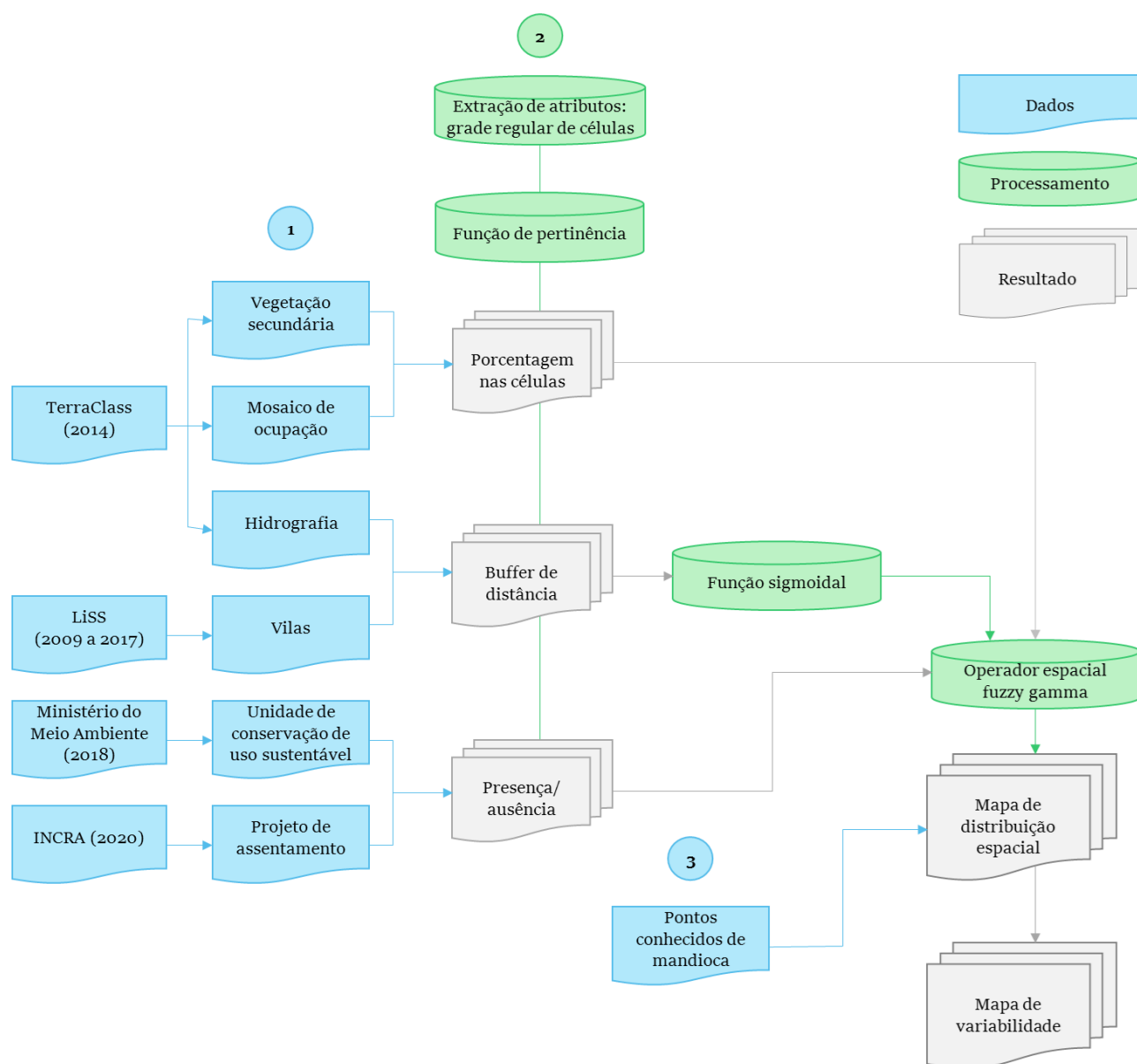
⁴ Planalto Santareno é uma região formada por terras firmes e altas no eixo da rodovia Cuiabá-Santarém e engloba parte dos municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos (SÁ et al., 2006).

e ocupam 21% da área de estudo (939.299 ha). Existem muitas vilas e comunidades na região e, em expedições de campo, entre 2008 a 2017, foram visitadas e registradas 273 localidades (AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013; DAL’ASTA et al., 2014, AFFONSO et al., 2016; DAL’ASTA et al., 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As principais etapas realizadas no trabalho são apresentadas na Figura 2. O fluxograma apresenta, de maneira resumida, cada uma das etapas desenvolvidas nesse estudo, que envolvem a preparação dos dados utilizados (1), os procedimentos para sua manipulação e geração de mapas com diferentes potenciais de ocorrência de agricultura de pequena escala com plantação de mandioca, com o operador espacial *fuzzy gamma* (2), além da avaliação dos resultados (3). Os tópicos seguintes apresentam com maior detalhe cada uma das etapas. Foram utilizados os seguintes programas para desenvolvimento das etapas: TerraView 5.5.1, TerraView 5.3.3, QGIS 3.10.7 e ArcGIS Pro.

Figura 2 – Fluxograma metodológico para espacialização das áreas potenciais de agricultura de pequena escala com plantação de mandioca a partir de inferência geográfica baseada no operador espacial *fuzzy gamma*.



Fonte: Os autores (2024).

3.1. Preparação do banco de dados

O banco de dados é constituído por dados vetoriais contendo os indicadores que estão associadas à plantação de mandioca na Amazônia. Foram definidos seis indicadores de áreas de plantação de mandioca, levando em consideração as especificidades da região de estudo, observadas em expedições campo (AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013; DAL'ASTA et al., 2014, AFFONSO et al., 2016; DAL'ASTA et al., 2017) e na literatura (DUTRIEUX et al., 2016; EMPERAIRE, PERONI, 2006; JAKOVAC et al., 2016, 2017; LAUE, ARIMA, 2016, PACHECO et al., 2021; SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017, 2019; VAN VLIET et al., 2013). Os fatores escolhidos são referentes ao uso e cobertura da terra (vegetação secundária e mosaico de ocupação), presença de comunidades (corpos d'água e vilas) e usos especiais (projetos de assentamento e unidades de conservação de uso sustentável), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Fatores e Indicadores utilizados para mapeamento das áreas com diferentes potenciais de ocorrência de plantação de mandioca.

Fator/ Indicador	Premissa	Fonte
Ambiental/ Vegetação secundária	Áreas desmatadas em processo de regeneração natural devido ao abandono, podendo indicar práticas de agricultura familiar com períodos de pousio (ALMEIDA et al., 2016)	TerraClass (INPE; EMBRAPA, 2014)
Uso da terra/ Mosaico de ocupação	O mosaico de ocupação é composto por áreas que possuem usos e cobertura da terra diversificados, que não podem ser discriminados devido à resolução espacial dos sensores utilizados e da área mínima de mapeamento de 6,25 ha e, dentre eles, está a agricultura de pequena escala (ALMEIDA et al., 2016; SOUZA et al., 2019; SOUZA, 2016)	TerraClass (INPE; EMBRAPA, 2014)
Ambiental/ Corpos d'água	Presença de comunidades ribeirinhas com pequenos produtores rurais que cultivam lavouras para subsistência (AFFONSO et al., 2016; AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013)	TerraClass (INPE; EMBRAPA, 2014)
População/ Vilas	Presença de comunidades ribeirinhas ou de terra firme com pequenos produtores rurais que cultivam lavouras para subsistência, presença de quintal/roça (AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013; DAL'ASTA et al., 2014, AFFONSO et al., 2016; DAL'ASTA et al., 2017; JAKOVAC et al., 2017)	Expedições de campo (AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013; DAL'ASTA et al., 2014, AFFONSO et al., 2016; DAL'ASTA et al., 2017)
Regime de terras/ Projetos de assentamento	Áreas ocupadas por famílias que exploram a terra para sustento próprio, utilizando exclusivamente a mão-de-obra familiar (INCRA, 2020)	Acervo fundiário (INCRA, 2020)
Regime de terras / Unidades de conservação de uso sustentável	Categoria que admite a presença de moradores e permite atividades que façam uso dos recursos naturais, desde que assegurada a perenidade dos recursos renováveis e dos processos ecológicos (ICMBIO, 2021)	Ministério do Meio Ambiente (2018)

Fonte: Os autores (2024).

3.2. Abordagem *fuzzy*

Os modelos baseados em lógica *fuzzy*, permitem uma maior flexibilidade nas combinações de mapas quando comparados à álgebra booleana. Burrough e McDonnell (1998) recomendam a utilização dessa técnica para tratar de fenômenos ambíguos, vagos ou ambivalentes em modelos matemáticos ou conceituais. Diferentemente da teoria clássica de conjuntos, onde uma função de pertinência é definida como verdadeira ou falsa, ou seja, 1 ou 0, o grau de pertinência do conjunto *fuzzy* é expresso em termos de escala que varia continuamente entre 0 e 1, cujos valores são definidos por meio do uso de diferentes funções matemáticas. Indivíduos próximos ao conceito central têm valores da função de pertinência próximos de 1, os que estão

distantes recebem valores menores, próximos de 0.

A álgebra de mapas escolhida para esse estudo foi a lógica *fuzzy*, com o uso do operador espacial *fuzzy gamma*, representado pela Eq. (1). Esse operador foi selecionado devido à possibilidade de representar casos intermediários entre a soma algébrica e o produto algébrico, produzindo, assim, diferentes resultados ao compor mapas a partir da combinação dos indicadores. A lógica *fuzzy* permite a combinação de camadas com dados de diferentes unidades de medida, pois opera com os valores em uma mesma escala adimensional e, devido a esse gradiente, é possível fazer uso de dados com valores contínuos (KOSKO; ISAKA, 1993; ZADEH, 1968).

$$\mu_{combinação} = (1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i))^\gamma * (\prod_{i=1}^n \mu_i)^{1-\gamma} \tag{1}$$

onde:

$\mu_{combinação}$ = valor de pertinência fuzzy para o i-ésimo mapa
 γ = operador *fuzzy gamma*

O operador *fuzzy gamma* (γ) é um parâmetro escolhido entre [0,1]. Quando o *fuzzy gamma* é igual a 1, a combinação equivale à soma algébrica, quando o *fuzzy gamma* é igual a 0, a combinação equivale ao produto algébrico *fuzzy*. Assim, dependendo do valor do *fuzzy gamma* utilizado, pode-se produzir valores de saída intermediários, situados entre a tendência de maximização pela soma algébrica *fuzzy* e de minimização com o produto algébrico *fuzzy*.

Para preparar as camadas a serem combinadas pelo operador *fuzzy gamma*, foi feita transformação dos dados utilizando funções de pertinência e redistribuição em uma grade regular de células descritos na seção 3.2.1. Posteriormente, foram testados diferentes valores, definidos empiricamente, para o operador espacial *fuzzy gamma*, gerando diferentes mapas.

3.2.1 TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS COM FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA

A função de pertinência indica a correspondência entre o fenômeno estudado e o dado numa determinada unidade de observação por meio do intervalo entre 0 a 1, refletindo a importância relativa de cada mapa, bem como a importância relativa de cada classe em um único mapa (BONHAM-CARTER, 1994). Esse método se baseia na atribuição de pesos aos dados de entrada a partir da *expertise* do especialista, portanto, os valores atribuídos à função de pertinência são empíricos (BONHAM-CARTER, 1994).

Foram utilizados os indicadores apresentados no Quadro 1 e as variáveis que representam esses indicadores, bem como os valores de função de pertinência obtidos de maneiras distintas são apresentados na Tabela 1. Essas variáveis foram geradas em um espaço celular por meio de operadores de preenchimento de células de resolução espacial de 2 x 2 km. A escolha do tamanho das células foi feita de forma empírica. O espaço celular foi posteriormente convertido para uma grade regular de mesma resolução espacial.

Tabela 1 – Representação dos indicadores na grade regular de 2 x 2 km.

Indicador	Variável	Valores da grade
Vegetação secundária	% da classe na célula	[0,02 - 1]
Mosaico de ocupação	% da classe na célula	[0,02 - 1]
Corpos d'água	Distância a corpos d'água	[0,02 - 1]
Vilas	Distância a vilas	[0,02 - 1]
Projetos de Assentamento	Ausência/presença	0,02 ou 1
Unidades de conservação de uso sustentável	Ausência/presença	0,02 ou 1

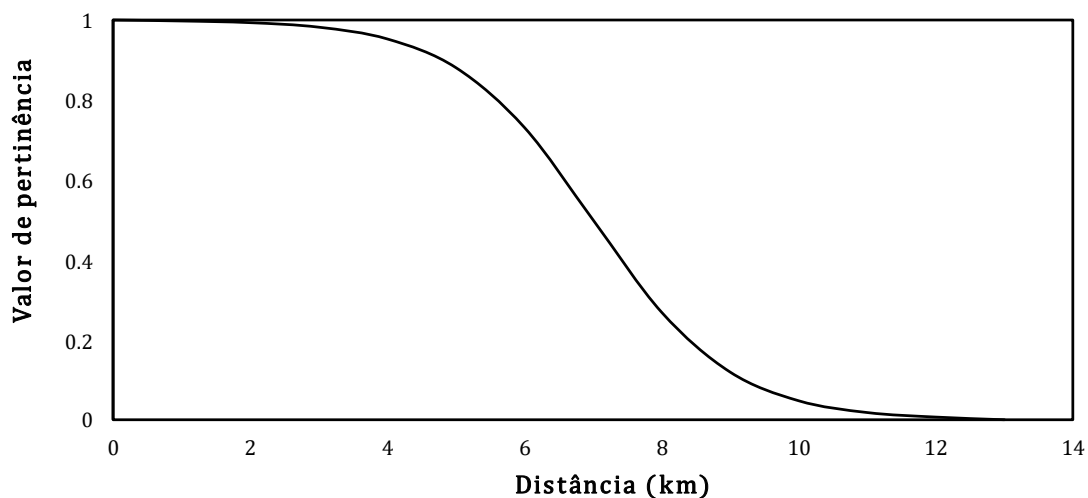
Fonte: Os autores (2024).

O intervalo das camadas foi alterado para [0,02 - 1]. Esse ajuste foi necessário pois a segunda parte da equação é uma multiplicação de todas as camadas e, para todas as células em que ao menos uma camada tenha

valor 0, o resultado será 0, independente da pertinência das demais camadas, o que não é uma situação factível.

Para os dados referentes ao uso e cobertura da terra, foi calculada a porcentagem ocupada pelas classes mosaico de ocupação e vegetação secundária nas células. Para a classe mosaico de ocupação, o máximo valor obtido foi de 0,73, por isso, foi feito o reescalonamento dos dados para o intervalo de pertinência. Para as camadas de hidrografia e vilas, foi gerado um vetor com buffer de até 12 km para definição dos valores de pertinência, dado que essa é a distância máxima percorrida entre as residências e as áreas de plantação (AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013; DAL'ASTA et al., 2014, AFFONSO et al., 2016; DAL'ASTA et al., 2017). Para isso, foi utilizada a função sigmoidal, assim, as células mais próximas dos corpos d'águas/vilas recebem valor 1. Esse valor reduz-se conforme a distância aumenta e, após 12 km, as células recebem valor 0,02 (Figura 3). Para os dados de projetos de assentamento e de unidades de conservação de uso sustentável também foi feita extração de atributos, considerando a presença e ausência de cada camada na célula, ou seja, as células que tinham sobreposição com projetos de assentamento/ unidades de conservação de uso sustentável receberam valor 1 e as demais receberam o valor 0,02.

Figura 3 – Função sigmoidal utilizada para atribuir valores de pertinência ao buffer de hidrografia e vilas.



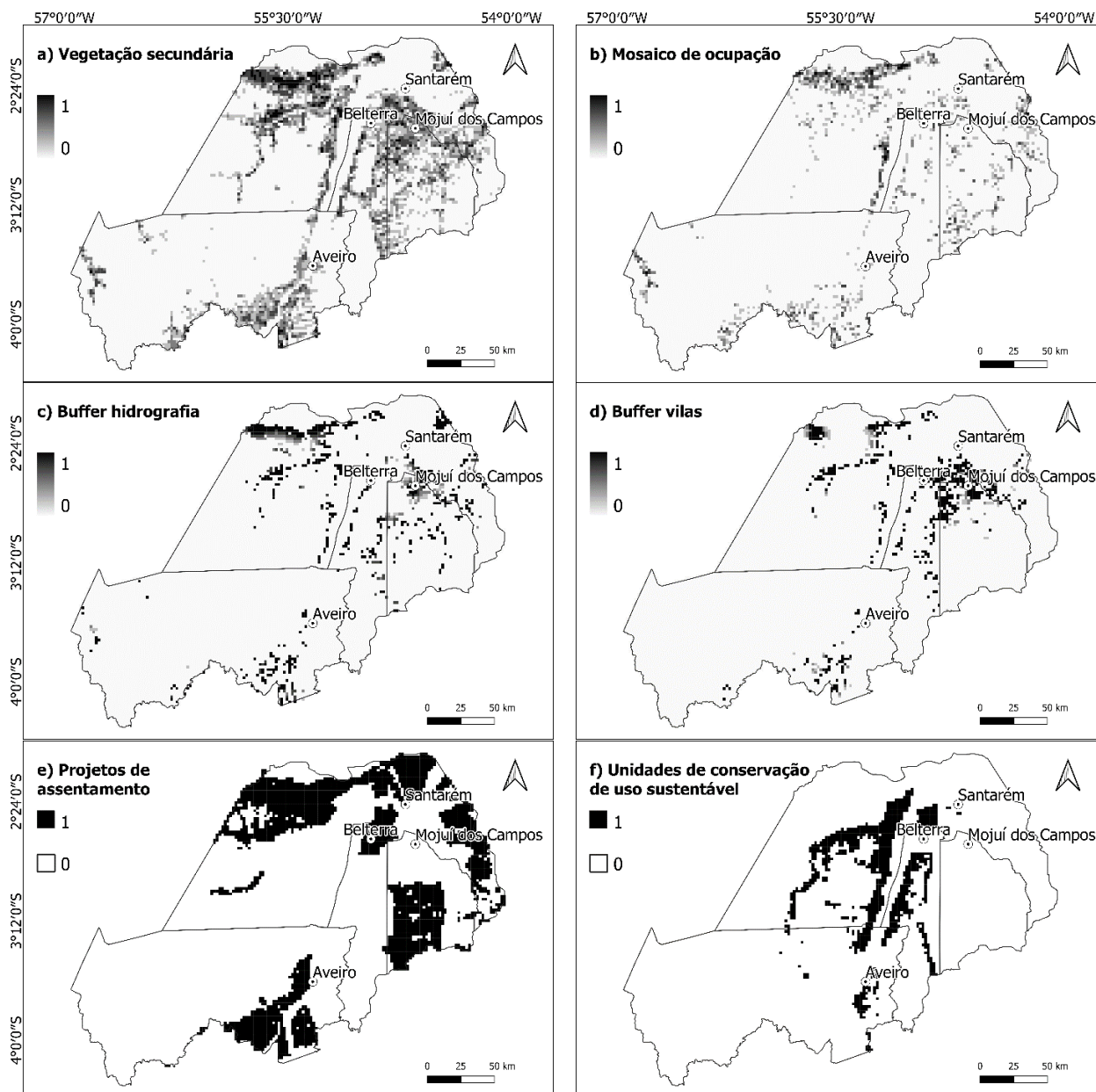
Fonte: Os autores (2024).

Após transformar os dados e preparar os indicadores, foi criada uma máscara com as classes de uso e cobertura da terra que, por definição, não contemplam áreas de plantação de mandioca, a saber: área urbana, floresta, reflorestamento, pasto limpo, pasto com solo exposto, mineração, hidrografia e não-floresta (INPE; EMBRAPA, 2014). A máscara foi utilizada para excluir essas áreas das camadas de projetos de assentamento, unidades de conservação de uso sustentável, buffer de hidrografia e buffer de vilas. Ao final, foram obtidas seis grades de células (Figura 4), que foram combinadas utilizando o operador espacial *fuzzy gamma* para gerar o mapa com a distribuição espacial dos diferentes potenciais de ocorrência de plantação de mandioca.

3.2.2 COMBINAÇÃO DOS MAPAS COM OPERADOR ESPACIAL *FUZZY GAMMA*

Os valores do operador *fuzzy gamma* foram testados ao longo do intervalo de 0 a 1 para a composição de diferentes mapas. Posteriormente, foi feito fatiamento dos mapas, considerando as seguintes classes de potencial de ocorrência de plantação de mandioca: baixo [0, 0.25], médio [0.25, 0.5] e alto [0.5, 1].

Analisando visualmente os resultados gerados pelo operador *fuzzy gamma* e a distribuição espacial das células classificadas com os diferentes potenciais de ocorrência de plantação de mandioca, os valores de *fuzzy gamma* entre 0.91 e 0.92 retornaram resultados aderentes ao observado na literatura e em expedições de campo (COELHO et al., 2021; SOUZA, 2016; SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017; AMARAL et al., 2009; ESCADA et al., 2013; DAL'ASTA et al., 2014; AFFONSO et al., 2016).

Figura 4 – Grades regulares de células com os indicadores utilizados para manipulação do operador *fuzzy gamma*.

Fonte: Os autores (2024).

3.3. Mapa de variabilidade da classificação

O mapa de variabilidade da classificação foi obtido utilizando-se os melhores mapas, avaliados visualmente, gerados pela variação do operador *fuzzy gamma*. Foram sobrepostos os mapas com valores de *fuzzy gamma* de 0,910, 0,911, 0,912, 0,913, 0,914, 0,915, 0,916, 0,917, 0,918, 0,919 e 0,920. Para cada grade, foi calculado o número de vezes em que houve atribuição das classes médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Esse mapa define zonas de estabilidade e instabilidade da classificação das áreas de ocorrência de plantação de mandioca. As zonas de estabilidade são definidas pela classificação mais frequente de áreas com as classes de médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca na grade de células, indicando área em que a classificação é mais consistente. Nas zonas de instabilidade, a frequência de ocorrência dessas classes é variável, indicando regiões com menor consistência dos resultados.

Dada a limitação devido à ausência de pontos coletados em campo, optou-se por validar os resultados utilizando pontos de plantação de mandioca. Foram coletados 80 pontos via interpretação visual de imagens de satélite disponibilizadas no *Google Earth Pro* e *Planet Explorer*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A identificação e espacialização das áreas com diferentes potenciais de ocorrência de plantação de mandioca são discutidas em relação à maneira com que os indicadores utilizados ocorrem em cada contexto, assim como em relação às características regionais. Sendo a espacialização o principal resultado e contribuição deste trabalho, a discussão se dá a partir das áreas identificadas pelo método utilizado e da contribuição do método. Vale ressaltar que os resultados foram gerados a partir da combinação de dados de uso e cobertura da terra de 2014 e, portanto, reflete a conformação da paisagem daquele ano.

A distribuição espacial das classes de potencial de ocorrência de plantação de mandioca traz luz a novas interpretações da organização do território pelos seus agentes sociais, neste caso, na figura daqueles responsáveis pela produção de pequena escala. Os resultados são, sobretudo, um esforço inicial em identificar novas territorialidades na Amazônia e suas relações com sistemas produtivos (SÁ; COSTA; TAVARES, 2006), colocando ênfase na maneira e arranjo espacial com que essas classes se distribuem na paisagem.

4.1. Contribuição dos indicadores na determinação das classes

As células classificadas como baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca, que estavam fora da máscara de exclusão, têm contribuição de até três indicadores: apenas um indicador de uso e cobertura e dois indicadores de presença de comunidades. As células de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca têm contribuição de ao menos um indicador de cada grupo: uso e cobertura da terra, presença de comunidades e regime de terras. As células de alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca têm a contribuição máxima, equivalente a cinco indicadores, isso porque os indicadores de regime de terras (unidades de conservação de uso sustentável e projetos de assentamento) não podem ocorrer simultaneamente no espaço.

Tabela 2 – Número mínimo de indicadores para cada classe de potencial de ocorrência de plantação de mandioca.

Classe	Uso e cobertura da terra	Presença de comunidades	Regime de terras
Baixo	0	0	0
Médio	1	1	1
Alto	2	2	1

Fonte: Os autores (2024).

4.2. Potencial de ocorrência de plantação de mandioca

Ao observar a espacialização dos diferentes potenciais de ocorrência de plantação de mandioca (Figura 5), nota-se que o resultado corrobora com o trabalho de Souza (2016), que observou áreas onde se localiza a produção camponesa, denominada pela autora de agricultura familiar, sendo um indicativo das áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca. A autora, a partir de uma tipologia de padrões da paisagem, identificou os sistemas de produção camponeses associados à agricultura e ao extrativismo com agricultura. Souza (2016) denomina Agricultura Familiar 1 as áreas de produção camponesa que são destinadas às atividades agropecuária, que faz cultivo de lavoura branca (arroz, feijão, milho, mandioca), pecuária e produção de frutas e cacau, ocupando áreas entre 0,0023 e 100 ha. Os padrões da paisagem são marcados predominantemente por manchas de vegetação secundária contínuas. A categoria Extrativismo e Agricultura familiar 2, também áreas de produção camponesa, são aquelas onde o extrativismo é praticado junto com agricultura. O tamanho das áreas agrícolas geralmente não ultrapassa 0,05 ha e as manchas de vegetação secundária e de floresta primária são grandes e contínuas, sendo a última predominante. A maior parte da produção de mandioca da área de estudo se dá em estabelecimentos menores que 5 ha (98%) e em estabelecimentos de agricultura familiar (92%), de acordo com o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017). Embora as abordagens metodológicas e escala de análise do IBGE (2017) e Souza (2016) sejam diferentes, ambas indicam o mesmo tipo de atores associados à produção de mandioca.

Os diferentes resultados de distribuição espacial das áreas com potenciais de ocorrência de plantação de mandioca com diferentes valores para o operador espacial *fuzzy gamma* permitem tanto interpretações mais

precisas em termos de área, mas que não incorpora as áreas de pousio – valores menores de *fuzzy gamma*; quanto resultados menos precisos em termos de área, mas com células que incorporam as área de pousio – valores maiores de *fuzzy gamma*. Esse método pode ser replicado em períodos intracensitários, apoiando a compreensão sobre a dinâmica e a distribuição espacial em intervalos mais curtos.

Analisando os resultados por município (Tabela 3), Santarém é o que tem a maior parte de seu território com áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca, ocupando valores entre 13 e 23% da sua área. Em Belterra, as áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca variam de 8% a 17% e, em Mojuí dos Campos de 8% a 20%. Em Aveiro, essas classes englobam de 3 a 7% do território. Em termos absolutos, as áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca corroboram com o desempenho dos municípios para valores de área colhida de mandioca, indicados no Censo Agropecuário (IBGE, 2017): Santarém apresentava os maiores valores, Aveiro e Mojuí dos Campos apresentavam valores intermediários similares entre si e Belterra apresentava os menores valores (Tabela 4).

Tabela 3 – Intervalos de classes de potencial de ocorrência de plantação de mandioca, por município, em mil hectares, considerando o *fuzzy gamma* de 0,910 a 0,920.

Potencial	Aveiro		Belterra		Mojuí dos Campos		Santarém	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Baixo	1.593,5	1.660,2	365,9	404,1	399,0	458,9	1.386,1	1565,2
Médio	42,5	103,6	29,76	66,7	39,9	99,8	179,2	341,4
Alto	4,8	10,4	5,9	7,2	0	0	45,5	62,5

Fonte: Os autores (2024).

Tabela 4 – Área colhida de mandioca, por município, em hectares.

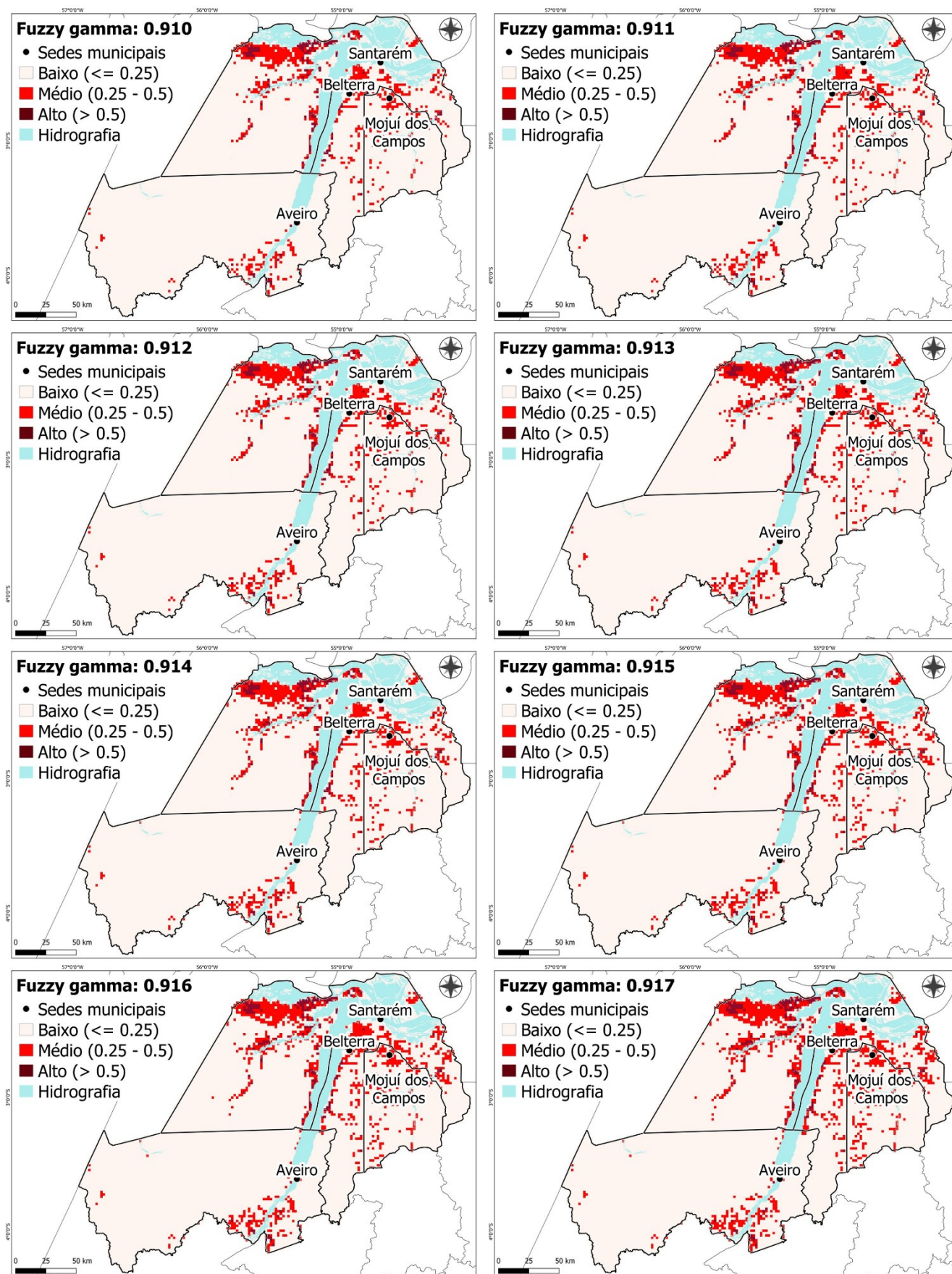
	Aveiro	Belterra	Mojuí dos Campos	Santarém	Total
Área colhida	918,00	246,00	904,00	3.507,00	5.575,00

Fonte: Censo Agropecuário. IBGE (2017).

Observando a área de estudo por completo, Santarém teve maior registro das classes de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca, apresentando de 58 a 65% das células enquadradas nessas classes. Isso chama a atenção por ser um município que tem passado por grandes transformações devido à entrada da soja. Muitas áreas de produção camponesa têm cedido terras para a produção de soja (COELHO et al., 2021), mas a conversão total dessas áreas para a agricultura de larga escala não ocorreu (SOUZA, 2016). Em Belterra e Mojuí dos Campos, as áreas de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca ficaram dispersas ao longo do território, principalmente na região do Planalto Santareno. Juntos, os dois municípios possuem de 21 a 25% dessas células. Em Aveiro, estão localizadas 14 a 16% das áreas de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca, sendo a maioria dispersa no entorno do rio Tapajós, muitas delas inseridas na área da FLONA Tapajós e da RESEX Tapajós-Arapiuns.

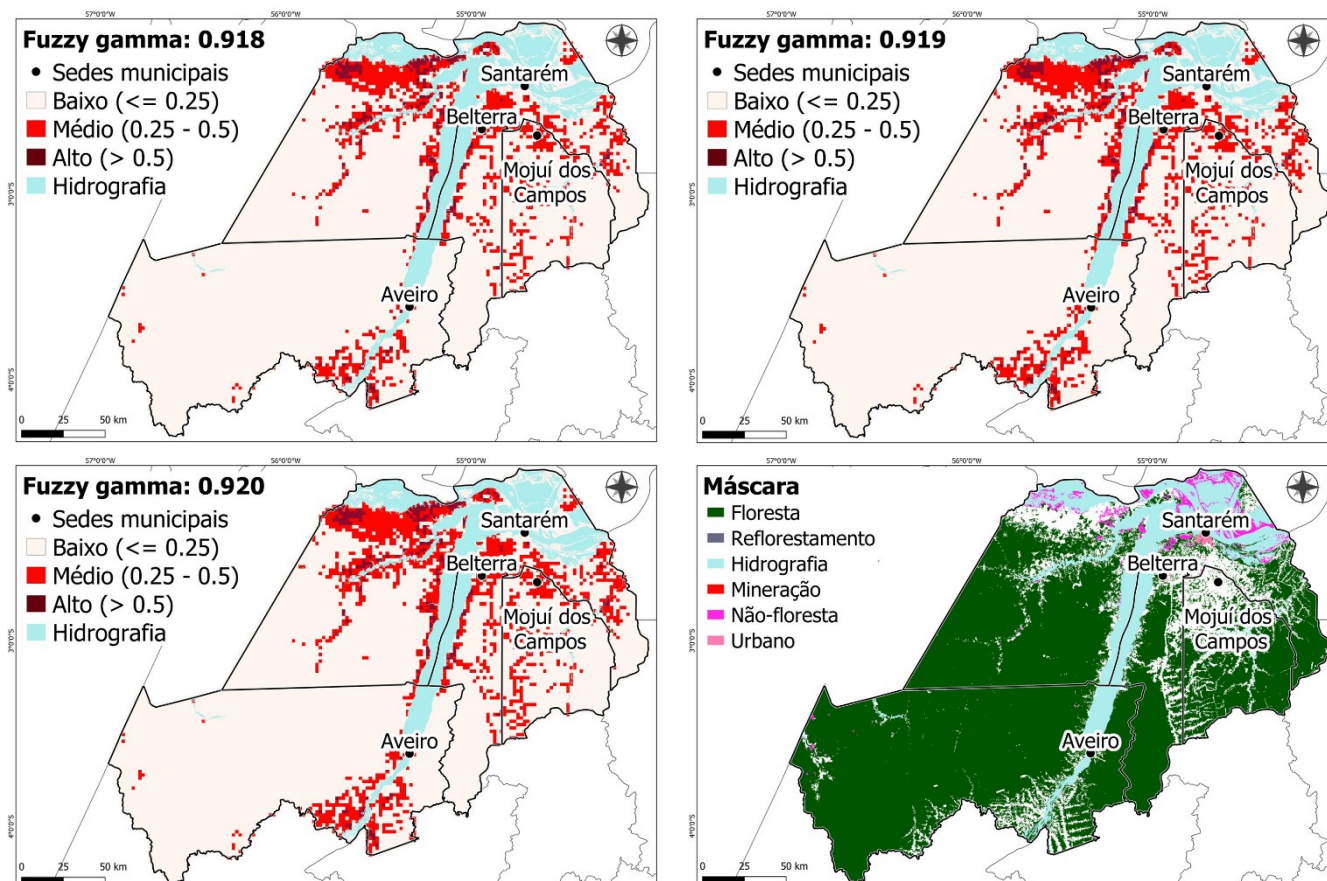
Aveiro foi o principal município em relação às áreas de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca (41 – 43%) e é também o que possui maiores áreas contínuas de floresta primária. Santarém registrou 37 – 38% das células com baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca, principalmente devido à presença de floresta primária e agricultura anual de larga escala. Belterra e Mojuí dos Campos registraram, respectivamente, 10% e 11% dessa classe, apresentando expressiva presença de agricultura anual de larga escala e pastagem.

Figura 5 – Mapas de distribuição espacial com as classes com potenciais de ocorrência de plantação de mandioca com diferentes valores para o operador espacial *fuzzy gamma*.



Fonte: Os autores (2024).

Figura 5 – Mapas de distribuição espacial com as classes com potenciais de ocorrência de plantação de mandioca com diferentes valores para o operador espacial *fuzzy gamma*.



Fonte: Os autores (2024).

4.3. Áreas de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca

As áreas de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca têm de 2,5M a 3,7M ha e predominam em Aveiro (41 – 43%), seguido por Santarém (37 – 38%), Mojuí dos Campos (11%) e Belterra (10%). O regime de terras é muito importante nessas áreas: 41 a 70% dessas células localizam-se em projetos de assentamento ou em unidade de conservação de uso sustentável. A alta proporção de áreas com baixo potencial de ocorrência se deve à presença de floresta primária, que representava a principal cobertura da terra, no TerraClass de 2014 (INPE; EMBRAPA, 2014).

As células classificadas como baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca estão em contextos de uso e cobertura da terra que não possibilitam o desenvolvimento desta atividade. A máscara excluiu aproximadamente 3.800,00 ha onde o uso e cobertura da terra, por definição, não permite a plantação de mandioca, sendo os principais: floresta primária (84%) e hidrografia (14%). A aplicação da máscara de exclusão teve importante contribuição para a definição dessas áreas. Porém, existem células de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca que estão fora da máscara de exclusão, conforme exemplificado na Figura 6. Essa situação é mais comum na região do Planalto Santarém, onde há agricultura anual de larga escala, assim como pastagem. Essas células que não foram incorporadas na máscara têm, em média, cerca de 10% de agricultura anual de larga escala e 33% de pasto (limpo ou sujo), de acordo com o INPE e a EMBRAPA (2014). Cabe destacar que nessa região não há áreas de regime de terras favorável à plantação de mandioca (projetos de assentamento e unidades de conservação). Apesar de ser observada a presença de populações ribeirinhas e comunidades, assim como áreas com vegetação secundária, os indicadores associados a esses elementos não são expressivos o suficiente para que as células sejam classificadas como médio ou alto potencial.

Por outro lado, existem células que tiveram parte do uso e cobertura excluída pela máscara, mas foram classificadas como médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca em virtude dos demais

usos e coberturas presentes e também demais indicadores, o que justifica a máscara de exclusão ter área maior do que as áreas de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Essa situação foi mais comum nas margens dos rios e em células que tinham tanto floresta primária, quanto vegetação secundária, conforme exemplificado na Figura 7. Apesar das áreas de exclusão de floresta primária e/ou hidrografia, as células têm a presença de manchas de vegetação secundária e estão em projeto de assentamento e dentro do buffer de hidrografia e vilas, justificando sua classificação.

Figura 6 – Exemplos de células fora da máscara de exclusão, que foram classificadas como baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca devido à pouca contribuição dos indicadores: (a) célula com predomínio de agricultura anual de larga escala; (b) célula com agricultura anual de larga escala e pastagem; (c) célula com predomínio de pastagem.

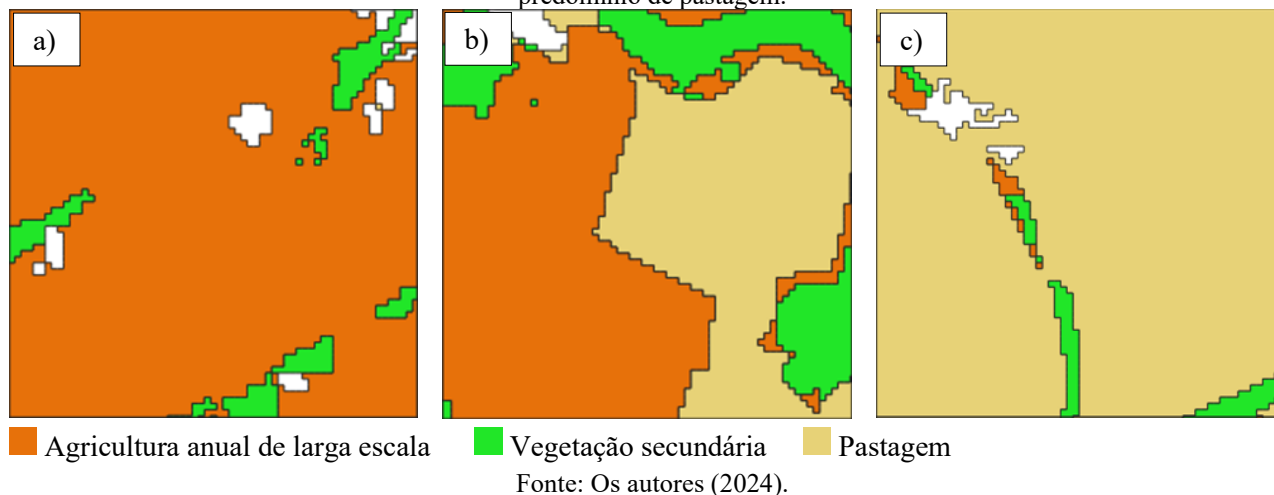
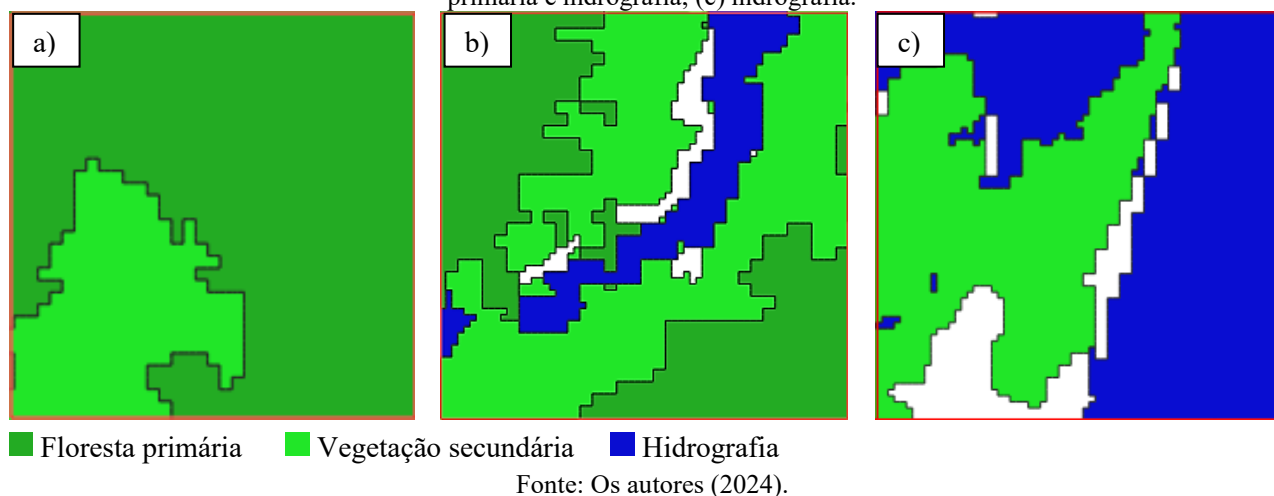


Figura 7 – Exemplos de células classificadas como médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca, que tiveram parte de sua área excluída pela máscara: (a) maior parte da célula possui floresta primária; (b) floresta primária e hidrografia; (c) hidrografia.



4.4. Áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca

As áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca reúnem os resultados obtidos para a distribuição espacial das áreas de plantação de mandioca. Portanto, a apresentação e discussão dessas classes ficam mais bem fundamentadas se feitas concomitantemente. As áreas de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca aparecem principalmente em Santarém (58 – 65%), seguido por Aveiro (14 – 16%), Mojuí dos Campos (11 – 14%) e Belterra (10 – 11%). Observa-se que Aveiro e Mojuí dos Campos tiveram resultados bem próximos, mas certamente por motivos diferentes. As áreas com médio potencial estão concentradas às margens dos rios Arapiuns, Tapajós, lago Grande do Curuai e próximas à sede municipal de Santarém. De maneira geral, as áreas de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca têm em comum a importante contribuição da vegetação secundária, proximidade a corpos d'água e presença de projeto de assentamento ou unidade de conservação de uso sustentável. Ou seja, essas áreas têm influência de ao menos

um indicador de cada categoria: uso e cobertura da terra, presença de comunidades e regime de terras.

Apenas 1 – 2% da área de estudo foi considerada como alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca, sendo a maior parte em Santarém (78 – 81%), seguida por Aveiro (9 – 13%) e Belterra (9 – 10%). Mojuí dos Campos não registrou nenhuma área. Todas estão a uma distância máxima de 5,8 km dos corpos d'água principais e se encontram principalmente nas áreas ribeirinhas entre o rio Arapiuns e lago Grande do Curuai. Em relação às vilas, a distância máxima até as células de alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca é de 12,7 km. Entre 88% e 89% dessas áreas estão dentro da RESEX Tapajós-Arapiuns ou FLONA Tapajós ou inseridas em algum projeto de assentamento. É importante notar que todas as células têm ao menos uma parte de sua área sobreposta às áreas de projeto de assentamento ou unidade de conservação de uso sustentável. Em relação ao uso e cobertura da terra, essas áreas apresentavam, em média, $47 \pm 19\%$ de vegetação secundária e $9 \pm 9\%$ de mosaico de ocupação (INPE; EMBRAPA, 2014). Para os limiares utilizados, essas áreas apresentam cinco dos seis indicadores utilizados, valor máximo possível, dado que a presença de projeto de assentamento e unidade de conservação de uso sustentável não pode ocorrer simultaneamente⁵.

4.4.1 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO POTENCIAL DE PLANTAÇÃO DE MANDIOCA

As áreas às margens dos rios Arapiuns, Tapajós e lago Grande do Curuai formam a principal região para as classes de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Essa é uma região de ocupação antiga, com comunidades estabelecidas há mais de 100 anos (AMARAL et al., 2009) e tem a presença do sistema de roçado, que inclui a plantação de mandioca e possui baixa intensificação do uso da terra (ESCADA et al., 2013; SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017). Mais especificamente nas bordas da FLONA Tapajós e RESEX Tapajós-Arapiuns, em especial na foz do Tapajós, há alto índice de diversidade de paisagem, o que implica em heterogeneidade do uso e cobertura da terra. Dentre eles, está a produção camponesa praticada pelas comunidades ribeirinhas (SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017). Apesar de ambas as regiões serem importantes para a agricultura de pequena escala e plantação de mandioca, existem particularidades que as diferenciam.

A agricultura dentro da FLONA Tapajós é mais diversificada do que na RESEX Tapajós-Arapiuns e suas comunidades apresentam menores distâncias até Santarém (30.7 ± 15.4 km), algumas inclusive com acesso a estradas (CAMILOTTI et al., 2020). O acesso permite que as viagens sejam mais frequentes, facilitando o financiamento e a comercialização de produtos agrícolas. Isso reflete na maneira com que as comunidades utilizam os recursos, seja na diversificação ou especialização e intensificação de produtos agrícolas ou florestais (BRONDIZIO, 2009; CAMILOTTI et al., 2020).

Na RESEX Tapajós-Arapiuns, o cultivo de mandioca é predominante e representa 70% da renda, havendo também contribuição dos produtos extrativistas (CAMILOTTI et al., 2020; ESCADA et al., 2013; SOUZA, 2016). Importante parte da produção agrícola das comunidades localizadas na RESEX Tapajós-Arapiuns é destinada ao autoconsumo e a maior parte do comércio acontece dentro e entre as comunidades (CAMILOTTI et al., 2020). Mensalmente, são realizadas viagens até Santarém para comércio de farinha de mandioca e plantas medicinais (CAMILOTTI et al., 2020). A maior distância das comunidades até Santarém influencia também na maneira na qual essa população percebe a importância dos produtos extrativistas de origem florestal, sendo eles mais importantes do que em outros grupos (comunidades agroextrativistas da FLONA Tapajós e de terra firme ao redor da Transamazônica), indicando uma relação positiva entre a diversidade de produtos florestais explorados e a distância até Santarém (CAMILOTTI et al., 2020; DAL'ASTA et al., 2014). A agricultura de pequena escala é impactada pela localização dos produtores, sendo o acesso às estradas e aos mercados locais historicamente uma das maiores limitações para a economia regional na Amazônia (AGUIAR, 2012; BRONDIZIO, 2009). A existência de iniciativas locais permite reunir esforços para que comunidades dependentes das florestas e que praticam a agricultura de pequena escala tenham melhor

⁵ As áreas de projeto de assentamento e de unidades de conservação de uso sustentável, via de regra, não têm sobreposição. Todavia, em Santarém, existe uma exceção: a Área de Proteção Ambiental Alter do Chão tem sobreposição com dois projetos de assentamento do INCRA (INCRA, 2020; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018). Essa situação expõe uma dificuldade institucional na delimitação dessas áreas e evidencia a necessidade de acompanhar as dinâmicas dos interesses dos atores envolvidos nestes territórios (FREIXO, 2019).

acesso ao mercado e seus produtos tenham maior valor agregado (BRONDIZIO et al., 2021). Em pesquisa realizada em 174 municípios da Amazônia Legal, metade das iniciativas locais mapeadas estavam inseridas em comunidades ou terras privadas e a outra metade em áreas com regime de terras favorável à agricultura de pequena escala: 18% em comunidades presentes em unidades de conservação, 15% em terras indígenas ou quilombolas e 17% em áreas de projeto de assentamento (BRONDIZIO et al., 2021). Em mapeamento da região da RESEX Tapajós-Arapiuns, a tipologia encontrada por Souza (2016) foi justamente o sistema de produção em que o camponês se baseia no extrativismo e também na agricultura, denominada pela autora como Extrativismo e Agricultura familiar 2. Essa região tem como característica a longa presença de comunidades indígenas e miscigenadas, algumas com mais de 150 anos (ESCADA et al., 2013). Em áreas ribeirinhas com comunidades caboclas e indígenas, a agricultura de roçado permanece como o principal uso da terra (VAN VLIET et al., 2013).

É importante notar que, apesar da persistência da agricultura de roçado em regiões ribeirinhas da Amazônia, esses sistemas têm se modificado ao responder às recentes transformações socioeconômicas (JAKOVAC, 2015). A organização territorial das vilas do Planalto Santareno, próximas à sede urbana de Santarém, tem sido modificada com as ações de incentivo à produção de grão, especialmente a soja, responsável pela intensificação do uso da terra (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; SOUZA, 2016; SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017). A expansão da agricultura industrial e mecanizada na região de Santarém, entre 1999 e 2015, ocorreu sobre áreas de vegetação secundária (20%), pastagem (20%) e floresta (18%), mas majoritariamente sobre áreas de agricultura camponesa (42%), de acordo com Coelho et al. (2021).

Nessa região do Planalto Santareno, em Belterra, Mojuí dos Campos e parte de Santarém, as áreas de médio potencial de ocorrência de plantação de mandioca aparecem mais afastadas dos centros urbanos e dispersas pela paisagem, onde a agricultura anual e pasto são importantes usos da terra (INPE; EMBRAPA, 2014). Ao longo das rodovias, áreas de agricultura de roçado têm sido substituídas pela agricultura de larga escala e pastagem (VAN VLIET et al., 2013), registrando aumento da intensificação do uso da terra (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; SOUZA, 2016; SOUZA; ESCADA; MONTEIRO, 2017). A abertura de rodovias facilitou o acesso e impulsionou a circulação de pessoas e mercadorias entre diferentes áreas, moldando processos de formação de povoados na região (SÁ; COSTA; TAVARES, 2006).

No município de Aveiro, as áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca predominam no entorno do rio Tapajós, onde se encontram as comunidades. Nessa região, além da vegetação secundária, são importantes as áreas de pasto limpo e pasto sujo. Portanto, as células de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca surgem devido à presença da vegetação secundária, das vilas e da proximidade ao rio, mas aparecem dispersas, entre áreas de pastagem.

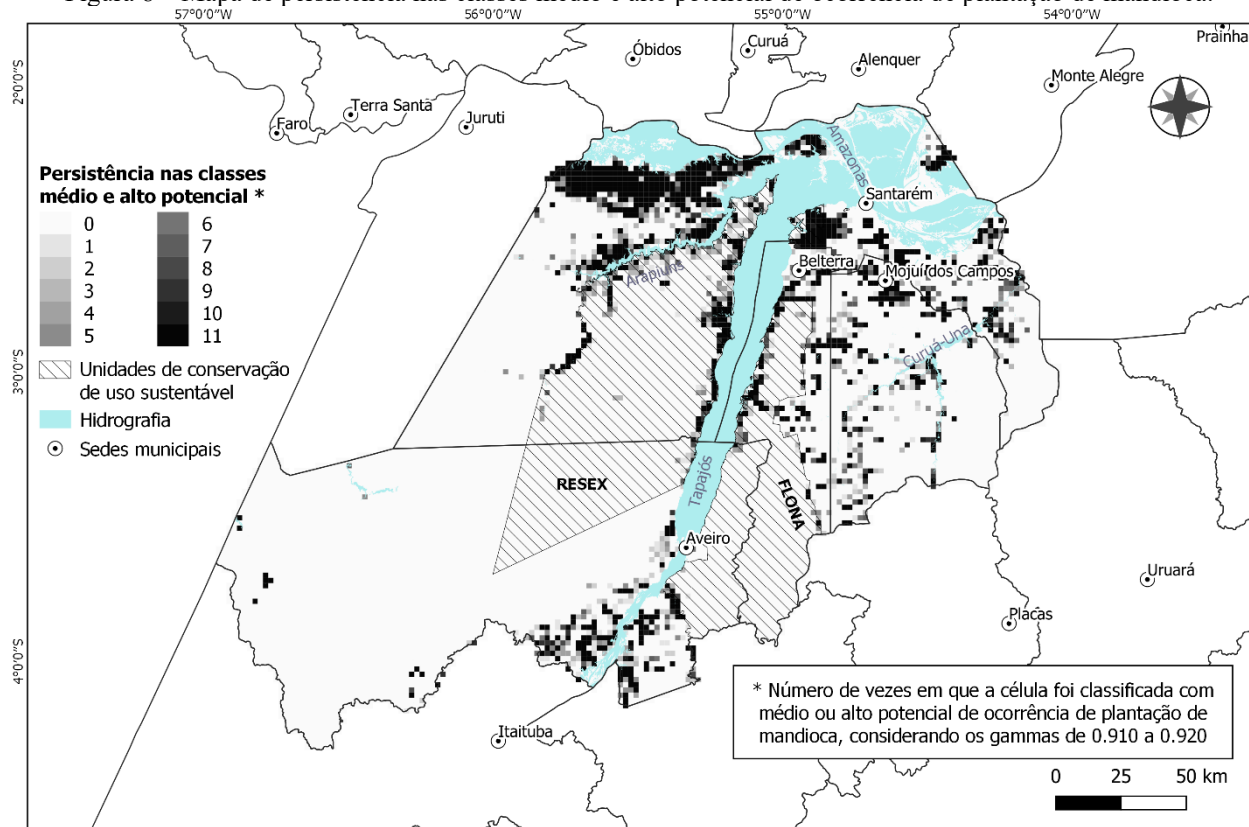
4.5. Zonas de estabilidade

O mapa de distribuição espacial apresenta as células classificadas como baixo, médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca. A maioria dos pontos de plantação de mandioca registrados por interpretação visual aparece dentro das células de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca (51 – 71%), para os valores de *fuzzy gamma* de 0,910 a 0,920. A menor parte aparece nas células de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca (29 – 49%). Em relação ao mapa de persistência e as zonas de estabilidade (Figura 8), 51% dos pontos estão em áreas que foram classificadas como médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca para todos os valores de *fuzzy gamma* no intervalo de 0,910 a 0,920. Cerca de 18% dos pontos estão em áreas classificadas como médio ou alto potencial de 1 a 9 vezes para o intervalo de *fuzzy gamma* mencionado anteriormente. Por fim, 30% dos pontos estão em áreas que foram classificadas como baixo potencial para todos os *fuzzy gamma*.

Resumidamente, 70% dos pontos de referência de plantação de mandioca aparecem dentro de células que foram classificadas, pelo menos, 1 vez como médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca pelo mapa de variabilidade da classificação. O mapa de variabilidade dá suporte à discussão ao indicar as áreas onde as classes médio e alto persistem e, portanto, representam maior potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Esse acerto é muito próximo ao acerto de trabalhos que mapeiam agricultura de pequena escala na Amazônia usando classificação orientada a objetos, que alcançaram resultados entre 60 e

80% (PACHECO et al., 2021; SOUZA, 2016). Dessa maneira, a técnica aqui empregada se mostra como uma alternativa viável, capaz de contribuir com a espacialização de áreas de potencial de ocorrência de plantação de mandioca por meio de inferência geográfica.

Figura 8 – Mapa de persistência nas classes médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca.



Fonte: Os autores (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição espacial das áreas com diferentes potenciais de plantação de mandioca está concentrada em áreas ribeirinhas, principalmente às margens do lago Grande do Curuai, assim como dos rios Arapiuns, Tapajós e Curuá Una, onde as unidades de conservação de uso sustentável e projetos de assentamento têm importante contribuição e a principal cobertura da terra era vegetação secundária. Nas áreas de terra firme, onde a agricultura anual de larga escala e pecuária são predominantes, as áreas potenciais de plantação de mandioca aparecem mais dispersas na paisagem. Santarém se destaca como o principal município em relação às áreas de médio e alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Belterra e Mojuí dos Campos tiveram resultados intermediários e similares entre si. Aveiro é o município onde predominam as áreas de baixo potencial de ocorrência de plantação de mandioca. Em relação aos pontos de plantação de mandioca classificados por interpretação visual, quando comparados com o mapa de persistência e zonas de estabilidade, verificou-se que 70% dos pontos estão em células que foram classificadas, pelo menos, uma vez como médio ou alto potencial de ocorrência de plantação de mandioca pelo mapa de variabilidade da classificação. Esse acerto é similar a outros trabalhos que mapeiam agricultura de pequena escala na Amazônia.

A abordagem *fuzzy*, apoiada no uso de funções de pertinência e no operador espacial *fuzzy gamma*, se mostrou adequada para análise de distribuição espacial, retornando resultados que foram validados pelos pontos conhecidos de mandioca, assim como pela bibliografia existente para a região, cujas narrativas estão em concordância com a espacialização das áreas com potencial de ocorrência de plantação de mandioca. A determinação dos indicadores do fenômeno foi tão importante quanto a determinação da máscara com os usos e coberturas da terra que, por definição, não poderiam apresentar ocorrência de plantação de mandioca. Além disso, a escolha da abordagem *fuzzy gamma* possibilitou trabalhar com diferentes indicadores e ter resultados utilizando intervalos de valores em vez de apresentar números fixos para as áreas de plantação de mandioca. Aliado a isso, a construção das zonas de estabilidade também contribuiu para destacar as áreas que são mais

relevantes quanto ao potencial de plantação de mandioca.

A espacialização e discriminação das áreas potenciais de plantação de mandioca com essa técnica de inferência geográfica são um avanço metodológico inicial e foram capazes de revelar as áreas prioritárias em relação a esse sistema de cultivo tão importante, porém invisibilizado. Ao estudar sistemas de cultivo na Amazônia, é preciso adaptar as metodologias clássicas e fazer uso de novas abordagens que sejam capazes de captar as características específicas dessa região. A abordagem *fuzzy gamma* se mostrou robusta e com resultados satisfatórios quando comparada com outros métodos de classificação. Os resultados obtidos colaboram com reflexões para o estudo de sistemas produtivos agrários e podem ser utilizados para apoiar a elaboração de políticas de desenvolvimento regional, assim como na espacialização de dados oficiais de produção de mandioca com o uso de modelos de distribuição de dados em áreas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Contribuição dos Autores

Conceptualização: F.D.P. e M.I.S.E. Curadoria dos dados: F.D.P. Análise formal: F.D.P. e M.I.S.E. Aquisição de financiamento: M.I.S.E. Investigação: F.D.P., A.R.S. e M.I.S.E. Metodologia: F.D.P. e M.I.S.E. Administração do projeto: F.D.P. e M.I.S.E. Supervisão: M.I.S.E. Validação: A.R.S. e M.I.S.E. Visualização: F.D.P. Redação – minuta inicial: F.D.P. Redação – revisão e edição: F.D.P., A.R.S. e M.I.S.E.

Conflitos de Interesse

As autoras informam que não há conflito de interesse.

Referências

- ADAMS, C.; MURRIETA, R.; NEVES, W.; HARRIS, M. Amazon peasant societies in a changing environment : political ecology, invisibility and modernity in the rainforest. **Amazon Peasant Societies in a Changing Environment: Political Ecology, Invisibility and Modernity in the Rainforest**, p. 1–358, 2009. Springer Netherlands.
- AFFONSO, A. G.; ESCADA, M. I. S.; AMARAL, S.; SOUZA, A. R.; SIQUEIRA, J. M.; TORRES, N. C.; CAMILOTTI, V. L.; DAL'ASTA, A. P.; COSTA, L. C. O.; SOARES, F. R. **As comunidades ribeirinhas do Baixo Tapajós (PA): infraestrutura, mobilidade, serviços sócio ambientais e conectividade**. São José dos Campos, 2016.
- AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intrarregional**, 2012. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; 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 Amazonica**, v. 46, n. 3, p. 291–302, 2016. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. DOI 10.1590/1809-4392201505504.
- ALVES-PEREIRA, A.; CLEMENT, C. R.; PICANÇO-RODRIGUES, D.; VEASEY, E. A.; DEQUIGIOVANNI, G.; RAMOS, S. L. F.; PINHEIRO, J. B.; ZUCCHI, M. I. Patterns of nuclear and chloroplast genetic diversity and structure of manioc along major Brazilian Amazonian rivers. **Annals of Botany**, v. 121, n. 4, p. 625–639, 2018. DOI 10.1093/aob/mcx190.
- AMARAL, S.; ESCADA, M. I. S.; ANDRADE, P. R.; ALVES, P. A.; PINHEIRO, T. F.; PINHO, C. M. D.; MEDEIROS, L. C. C.; SAITO, E. A.; RABELO, T. N. **Da canoa à rabeta: estrutura e conexão das**

- comunidades ribeirinhas no Tapajós (PA). Pesquisa de campo jun/jul de 2009. São José dos Campos, 2009.
- BECKER, B. Da preservação ao uso sustentável da Biodiversidade. In: I. Garay; B. Becker (Orgs.); **Dimensões humanas da biodiversidade**. p.355–380, 2006. Petrópolis: Vozes.
- BECKER, B. K.; STENNER, C. Um futuro para a Amazônia. , p. 150, 2008. Oficina de Textos.
- BONHAM-CARTER, G. F. Tools for Map Analysis: Multiple Maps. **Geographic Information Systems for Geoscientists**, p. 267–337, 1994. DOI 10.1016/B978-0-08-042420-0.50014-6.
- BOSERUP, E. **Evolução agrária e pressão demográfica**. São Paulo: Hucitec e Polis, 1972.
- BRASIL. **Lei nº. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. 2000.
- BRONDIZIO, E. Agriculture intensification, economic identity, and shared invisibility in amazonian peasantry: Caboclos and colonists in comparative perspective. **Amazon Peasant Societies in a Changing Environment: Political Ecology, Invisibility and Modernity in the Rainforest**, p. 181–214, 2009. DOI 10.1007/978-1-4020-9283-1_9.
- BRONDIZIO, E.; ANDERSSON, K.; DE CASTRO, F.; FUTEMMA, C.; SALK, C.; TENGÖ M.; LONDRES, M.; TOURNE, D. C. M.; GONZALEZ, T. S.; MOLINA-GARZÓN, A.; LOPES, G. R.; SIANI, S. M. O. Making place-based sustainability initiatives visible in the Brazilian Amazon. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 49, p. 66-78, 2021. DOI 10.1016/j.cosust.2021.03.007.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- CAMILOTTI, V. L.; PINHO, P.; BRONDÍZIO, E. S.; ESCADA, M. I. S. The Importance of Forest Extractive Resources for Income Generation and Subsistence among Caboclos and Colonists in the Brazilian Amazon. **Human Ecology**, v. 48, n. 1, p. 17–31, 2020. DOI 10.1007/s10745-020-00127-7.
- CARVALHO, R.; ADAMI, M.; AMARAL, S.; BEZERRA, F. G.; DE AGUIAR, A. P. D. Changes in secondary vegetation dynamics in a context of decreasing deforestation rates in Pará Brazilian Amazon. **Applied Geography**, v. 106, n. February, p. 40–49, 2019. DOI 10.1016/j.apgeog.2019.03.001.
- COELHO, A.; AGUIAR, A.; TOLEDO, P.; ARAÚJO, R.; CANTO, O. FOLHES, R.; ADAMI, M. Rural landscapes and agrarian spaces under soybean expansion dynamics: a case study of the Santarém region, Brazilian Amazonia. **Regional Environmental Change** 2021 21:4, v. 21, n. 4, p. 1–11, 2021. Springer. DOI 10.1007/s10113-021-01821-y.
- COSTA, F. A. **Economia Camponesa nas Fronteiras do Capitalismo**. v. 1. Belém: NAEA, 2012.
- COSTA, F. A. Contributions of fallow lands in the Brazilian Amazon to CO2 balance, deforestation and the agrarian economy: Inequalities among competing land use trajectories. **Elementa**, v. 4, p. 1–24, 2016. DOI 10.12952/journal.elementa.000133.
- COSTA, F. DE A. Trajetórias Tecnológicas como Objeto de Política de Conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 8, n. 1, p. 35–86, 2009. Universidade Estadual de Campinas. DOI 10.20396/rbi.v8i1.8648975.
- COSTA, F. DE A. Economia camponesa referida ao bioma da Amazônia: atores, territórios e atributos. **Papers do NAEA**, v. 29, n. 2, 2020. Universidade Federal do Para. DOI 10.18542/papersnaea.v1i2.10390.
- DAL’ASTA, A. P.; SOUZA, A. R.; PINHO, C. M. D.; SOARES, F. R.; REGO, G. F. J.; SIQUEIRA, J. M.; ESCADA, M. I. S.; BRIGATTI, N.; AMARAL, S.; CAMILOTTI, V. L.; DÓRIA, V. E. M. **As comunidades de terra firme do Sudoeste do Pará**: população, infraestrutura, serviços, uso da terra e conectividades. São José dos Campos, 2014.
- DAL’ASTA, A. P.; SOUZA, A. R.; PINHO, C. M. D.; SOARES, F. R.; REGO, G. F. J.; SIQUEIRA, J. M.; ESCADA, M. I. S.; BRIGATTI, N.; AMARAL, S.; CAMILOTTI, V. L.; DÓRIA, V. E. M. **As comunidades de terra firme do Sudoeste do Pará**: população, infraestrutura, serviços, uso da terra e conectividades. Expedição de campo 2013 versão atualizada. São José dos Campos, 2017.
- DELRUE, J.; BYDEKERKE, L.; EERENS, H.; GILLIAMS, S.; PICCARD, I.; SWINNEN, E. Crop mapping in countries with small-scale farming: a case study for West Shewa, Ethiopia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 7, p. 2566–2582, 2012. Taylor & Francis. DOI

10.1080/01431161.2012.747016.

- DUTRIEUX, L. P.; JAKOVAC, C. C.; LATIFAH, S. H.; KOOISTRA, L. Reconstructing land use history from Landsat time-series: Case study of a swidden agriculture system in Brazil. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 47, p. 112–124, 2016. Elsevier. DOI 10.1016/j.jag.2015.11.018.
- EMPERAIRE, L.; PERONI, N. Traditional Management of Agrobiodiversity in Brazil: A Case Study of Manioc. **Human Ecology**, v. 35, n. 6, p. 761–768, 2006. DOI 10.1007/s10745-007-9121-x.
- ESCADA, M. I. S.; DAL’ASTA, A. P.; SOARES, F. DA R.; ANDRADE, P. R.; PINHO, C. M. D.; MEDEIROS, L. C. C.; CAMILOTTI, V. L.; SANTOS, J. N. A.; FERREIRA, V. C.; AMARAL, S. **Infraestrutura, serviços e conectividade das comunidades ribeirinhas do Arapiuns, PA**. São José dos Campos, 2013.
- FREIXO, C. S. **Sobreposições em áreas protegidas: unidades de conservação e terras indígenas no entorno de Santarém – PA**, 2019. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- GEHRING, C.; MANFRED, D.; VLEK, P. L. G. Resilience of secondary forest regrowth after slash-and-burn agriculture in Central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 519–527, 2005. DOI 10.1017/S0266467405002543.
- GUSMÃO, L. H. A.; HOMMA, A. K. O.; WATRIN, O. D. S. Análise cartográfica da concentração do cultivo de mandioca no Estado do Pará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 20, n. 3, p. 51, 2016. DOI 10.5902/2236499420962.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Agricultura Familiar - FAO/INCRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2006/dados-sobre-agricultura-familiar-fao-incra>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censo-agropecuário-2017>>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil**. Rio de Janeiro, 2020.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). Grupos de Unidades de Conservação. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/grupos>>. Acesso em: 16 set. 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). Acervo fundiário. Disponível em: <<https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Acesso em 20 jun. 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). TerraClass. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php>. Acesso em: 16 set. 2021.
- JAKOVAC, C. C. **Resilience of Amazonian landscapes to agricultural intensification**, 2015. Wageningen University.
- JAKOVAC, C. C.; DUTRIEUX, L. P.; SITI, L.; PEÑA-CLAROS, M.; BONGERS, F. Spatial and temporal dynamics of shifting cultivation in the middle-Amazonas river: Expansion and intensification. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, p. 1–15, 2017. DOI 10.1371/journal.pone.0181092.
- JAKOVAC, C. C.; PEÑA-CLAROS, M.; KUYPER, T. W.; BONGERS, F. Loss of secondary-forest resilience by land-use intensification in the Amazon. **Journal of Ecology**, v. 103, n. 1, p. 67–77, 2015. DOI 10.1111/1365-2745.12298.
- JAKOVAC, C. C.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R. C. G.; BONGERS, F.; KUYPER, T. W. Swiddens under transition: Consequences of agricultural intensification in the Amazon. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 218, p. 116–125, 2016. Elsevier. DOI 10.1016/j.agee.2015.11.013.
- KOSKO, B.; ISAKA, S. Fuzzy Logic. **Scientific American**, v. 269, n. 1, p. 76–81, 1993. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24941550?seq=1#metadata_info_tab_contents>. Acesso em: 17 set. 2021.

- LAUE, J. E.; ARIMA, E. Y. Spatially explicit models of land abandonment in the Amazon. **Journal of Land Use Science**, v. 11, n. 1, p. 48–75, 2016. DOI 10.1080/1747423X.2014.993341.
- LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 12, p. 659–669, 2009. DOI 10.1016/j.tree.2009.06.009
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Unidades de Conservação do Brasil. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>>. Acesso em: 22 mar. 2020.
- PACHECO, F. D.; MATIAS, M. R.; SILVA, G. M.; SOUZA, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ESCADA, M. I. S. Image Classification Methods Assessment for Identification of Small-Scale Agriculture in Brazilian Amazon. The Thirteenth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services. **Anais...** p.12–19, 2021. Nice. Disponível em: <www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=geoprocessing_2021_1_40_30034>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- PAULA, D. S. **Expansão da agricultura de larga escala na bacia do rio Curuá-Una (PA):** dinâmica agrária e suas implicações ambientais. 134 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2021. Disponível em: <<http://urlib.net/ibi/8JMKD3MGP3W34T/45BAN3P>>. Acesso em: 02 out. 2022.
- PICANÇO, M. DE N. B. Comida, consumo e identidade: notas etnográficas por entre os processos migratórios da mandioca; do contexto brasileiro e paraense ao contexto europeu. **Mosaico**, v. 8, n. 13, p. 203, 2017. DOI 10.12660/rm.v8n13.2017.70658.
- RIBEIRO FILHO, A. A.; ADAMS, C.; MURRIETA, R. S. S. Impactos da agricultura itinerante sobre o solo em florestas tropicais: Uma revisão. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Humanas**, v. 8, n. 3, p. 693–727, 2013. DOI 10.1590/S1981-81222013000300013.
- RODRIGUES, M. A. A.; BENDINI, H. N.; SOARES, A. R.; KORTING, T. S.; FONSECA, L. M. G. Remote Sensing Image Time Series Metrics for Distinction between Pasture and Croplands Using the Random Forest Classifier. **2020 IEEE Latin American GRSS and ISPRS Remote Sensing Conference, LAGIRS 2020 - Proceedings**, p. 149–154, 2020. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- SÁ, M. E. R.; COSTA, S. M. G.; TAVARES, L. P. O rural-urbano em Santarém: interfaces e territórios produtivos. In: A. C. D. Cardoso (Org.); **O rural e o urbano na Amazônia: diferentes olhares em perspectivas**. 1º ed, 2006. Belém: EDUFPA.
- SOUZA, A. R. **Economia e natureza:** padrões de uso e cobertura da terra associados a atividades agropecuárias e extrativistas de comunidades do sudoeste do Pará, 2016. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3M8SD78%3E>>.
- SOUZA, A. R.; ESCADA, M. I. S.; MARUJO, R. DE F. B.; MONTEIRO, A. M. V. Cartografia do Invisível: Revelando a Agricultura de Pequena Escala com Imagens Rapideye na Região do Baixo Tocantins, PA. **Geography Department University of Sao Paulo**, v. 38, p. 137–153, 2019. DOI 10.11606/rdg.v38i1.151603
- SOUZA, A. R.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Padrão da paisagem associado ao uso e cobertura da terra em comunidades ribeirinhas e de terra firme situadas no sudoeste do Pará. **Geografia**, v. 42, n. 2, p. 135–164, 2017. DOI 10.5016/geografia.v42i2.13076.
- TILIO NETO, P. **Soberania e ingerência na Amazônia brasileira**. 1º ed. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisa Social, 2010.
- VILLA, P. M.; MARTINS, S. V.; DE OLIVEIRA NETO, S. N.; RODRIGUES, A. C.; MARTORANO, L. G.; MONSANTO, L. D.; CANCIO, N. M.; GASTAUER, M. Intensification of shifting cultivation reduces forest resilience in the northern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 430, n. August, p. 312–320, 2018. DOI 10.1016/j.foreco.2018.08.014
- VAN VLIET, N.; ADAMS, C.; VIEIRA, I. C. G.; MERTZ, O. “Slash and Burn” and “Shifting” Cultivation Systems in Forest Agriculture Frontiers from the Brazilian Amazon.

<https://doi.org/10.1080/08941920.2013.820813>, v. 26, n. 12, p. 1454–1467, 2013. Taylor & Francis Group. DOI 10.1080/08941920.2013.820813.

VOGT, N. D.; PINEDO-VASQUEZ, M.; BRONDÍZIO, E. S.; ALMEIDA, O.; RIVERO, S. Forest Transitions in Mosaic Landscapes: Smallholder's Flexibility in Land-Resource Use Decisions and Livelihood Strategies From World War II to the Present in the Amazon Estuary. **Society and Natural Resources**, v. 28, n. 10, p. 1043–1058, 2015. DOI 10.1080/08941920.2015.1014603

ZADEH, L. A. Fuzzy algorithms. **Information and Control**, v. 12, n. 2, p. 94–102, 1968. Academic Press. DOI 10.1016/S0019-9958(68)90211-8.

Biografia da autora principal



Flávia Domingos Pacheco, nascida em Limeira-SP, é bacharela em Gestão Ambiental pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo (Piracicaba-SP), com período de intercâmbio na Universidade de Copenhagen (Dinamarca). Possui mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos-SP), com linha de pesquisa em mudanças no uso e cobertura da terra na Amazônia e integra o Laboratório de Investigação em Sistemas Socioambientais. Atua com detecção de desmatamento, padrões de paisagem e monitoramento de cadeias agropecuárias.



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.