

Terras crescidas e terras antigas: novas aplicações do sensoriamento remoto à prospecção de sítios arqueológicos em várzeas amazônicas

Ancient lands and lands in formation: new applications of remote sensing for archaeological surveys of Amazonian floodplains

Vitória dos Santos Campos^I  | Myrtle Pearl Shock^{II}  | Gabriela Prestes-Carneiro^I 

^IUniversidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

^{II}Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, Pará, Brasil

Resumo: As várzeas e suas paisagens estão presentes em várias teorias sobre a ocupação humana na região amazônica. Entretanto, ainda há lacunas sobre a diversidade de ambientes e temporalidades que compõem esse ecossistema. Várzeas amazônicas são planícies sazonalmente inundadas, formadas por rios com alta carga sedimentar. Ainda que conhecidas pela abundância de recursos aquáticos e a fertilidade de suas terras, não há métodos de prospecção arqueológica construídos para esses contextos. Por isso, existem poucos sítios registrados. Como prospectar sítios em áreas submetidas a um intenso dinamismo geomorfológico? Buscando preencher essas lacunas, partiu-se de um estudo de caso realizado em uma área de várzeas entre Alenquer e Curuá (oeste paraense, Baixo Amazonas) para entender suas dinâmicas fluviais de formação e propor ferramentas e métodos de prospecção específicos para terrenos de várzea. Trabalhou-se na construção de uma metodologia que inclui a análise das transformações da várzea através do estudo de imagens de satélite, entre 1991 e 2015. Em seguida, interpretou-se a deposição geomorfológica e propôs-se uma cronologia da formação da várzea, procurando detectar áreas mais estáveis e antigas (onde há mais chances de preservação de sítios). Essa pesquisa traz contribuições metodológicas de prospecção em áreas extensas, sujeitas a dinâmicas contínuas de inundações sazonais.

Palavras-chave: Prospecção arqueológica. Várzea. Sistema de Informação Geográfica. Arqueologia amazônica. Geomorfologia fluvial.

Abstract: The Amazon's floodplains and landscapes are part of many theories about human occupation in this region, but there are still numerous knowledge gaps about the diverse environments and temporalities that comprise this ecosystem. The Amazonian floodplains are flooded seasonally and formed by sediment-laden rivers. Although they are recognized for abundant aquatic resources and fertile soils, no archaeological survey methods have been designed for them and as a result few archaeological sites have been recorded in the floodplains of the Brazilian Amazon. How can areas subject to such intense geomorphological dynamism be surveyed? In an attempt to fill these gaps, a case study was conducted in an area of the floodplain between Alenquer and Curuá (western Pará, Lower Amazon) to understand fluvial dynamics and propose specific tools and survey methods for floodplain areas. The methodology included analyzing floodplain transformations by examining satellite imagery from 1991 to 2015. Geomorphic deposition was interpreted to detect more ancient and stable areas where sites were more likely to be preserved, and a chronology of floodplain formation was proposed. This research contributes methodology for surveying extensive areas that are subject to the continuous dynamics of seasonal flooding.

Keywords: Archaeological survey. Floodplains. Geographic Information Systems. Amazonian archaeology. Fluvial geomorphology.

Campos, V. S., Shock, M. P., & Prestes-Carneiro, G. (2024). Terras crescidas e terras antigas: novas aplicações do sensoriamento remoto à prospecção de sítios arqueológicos em várzeas amazônicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 19(1), e20220059. doi: 10.1590/2178-2547-BGOELDI-2022-0059.

Autora para correspondência: Vitória dos Santos Campos. Universidade Federal do Pará. Rua da Reitoria, Guamá, s/n. Belém, PA, Brasil. CEP 66075-110 (vitoriascampos@gmail.com).

Recebido em 24/02/2023

Aprovado em 18/08/2023

Responsabilidade editorial: Pedro Glécio Costa Lima



INTRODUÇÃO¹

No início das pesquisas arqueológicas na Amazônia, as características ambientais dos ecossistemas de várzea e terra firme estavam no cerne das discussões sobre a ocupação humana do território (Neves, 1999). As várzeas são descritas como terrenos localizados ao lado dos rios, sujeitos a contínuas inundações sazonais. São planícies aluvionares altamente férteis, formadas por rios de águas brancas (Junk et al., 2011), marcadas por uma forte dinâmica de erosão e deposição fluvial². Tanto a heterogeneidade dos ambientes que compõem o ecossistema de várzea quanto a dinâmica geomorfológica podem afetar a preservação dos sítios arqueológicos. Por essas razões, apesar do marcante uso da oposição entre terra firme e várzea (bem como da disponibilidade de recursos nesses ambientes), nas teorias sobre a estrutura e a organização de sociedades da Amazônia antiga, uma baixa quantidade de sítios arqueológicos é conhecida nas várzeas amazônicas do Brasil.

As várzeas, em termos das economias humanas, são percebidas como locais de alta disponibilidade de recursos e de fertilidade elevada do solo, já que a inundação proporciona anualmente uma fertilização natural dessas terras (trazendo nutrientes, vegetação aquática e microfauna). Para Meggers (1987, pp. 60, 64), a fertilidade da várzea viabilizaria o cultivo de plantas pelos povos da Amazônia como a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e o milho (*Zea mays* L.), proporcionando abundância de alimentos. No entanto, assim como ela indicava que a agricultura contínua e intensa da várzea teria levado a um maior desenvolvimento cultural desses grupos, também dizia que as inundações seriam um fator limitante da ocupação humana nesse ecossistema.

Ainda dentro da arqueologia amazônica, a fertilidade das áreas de várzea embasou o modelo de migração e expansão de Donald Lathrap (1975). O elemento-chave

para distinguir a cultura de floresta tropical seria sua base econômica, que era a agricultura intensiva de tubérculos, principalmente a mandioca, complementada com consumo de animais de várzea (peixes, quelônios etc.). Segundo Lathrap (1975, p. 49), a disponibilidade dos recursos da várzea e suas terras férteis permitiriam colocar a cultura de floresta tropical no mesmo nível de complexidade sociocultural dos cacicados circum-caribenhos.

De acordo com Lathrap (1975), a efetividade da mandioca enquanto alimento-base teria provocado um crescimento populacional, até mesmo um *boom* demográfico. A fertilidade das áreas de várzea teria levado a uma disputa bélica por áreas de plantio, com os povos sobrepovoados sendo forçados a buscar novos locais de cultivo. Segundo o arqueólogo, os conflitos ocorreram em vários períodos. Cada conflito teria provocado um momento de expansão (ou uma 'leva' de migração), originando uma nova variante linguística (Lathrap, 1975, p. 65). Essas levas migratórias seriam as responsáveis pelo movimento dos povos em direção a novas áreas, e, conseqüentemente, pela ampla diversidade linguística e variedade de cerâmicas existentes na Amazônia atual. Mais uma vez, vemos que, para Lathrap (1975), a abundância dos recursos e a fertilidade das terras de várzea aparecem como fatores-chave não só na economia dos grupos humanos, mas também para entender eventos de migração, diversidade linguística e variações na cultura material.

Para além de Meggers (1987) e Lathrap (1975), a várzea também foi centro da atenção de Denevan (1996), que formulou um modelo (ou padrão de assentamento) denominado de *bluff model*. Esse modelo propõe que a ocupação humana se deu em áreas mais altas, não inundáveis, separadas por fortes vertentes de rios ou lagos (Denevan, 1996, p. 655). Se essa implantação fosse realizada em uma área mais elevada e próxima ao rio,

¹ Este artigo foi redigido com base em partes de uma monografia de conclusão de curso (Campos, 2019).

² A palavra *floodplain* (usada por Junk et al., 2011) pode ser traduzida para o português como planície de inundação. Neste artigo, a expressão 'planície de inundação' será sempre empregada como sinônimo do conceito de várzea definido por Junk et al. (2011) para o contexto amazônico.

permitiria o uso contínuo tanto dos recursos das terras firmes quanto das várzeas. A ocupação dessas áreas seria também estratégica em relação à forma de lidar com a forte sazonalidade (seca e cheia) dos rios da Amazônia: enquanto os terrenos inundáveis das várzeas sustentariam o cultivo de plantas de ciclo curto, que exigem mais nutrientes na seca, as terras não inundáveis serviriam tanto para plantar muitas variedades da mandioca (que possuem ciclo de vida superior a doze meses) quanto para o cultivo de espécies frutíferas, bem como para a instalação de estruturas não inundadas (como habitações).

Assim, para Denevan (1996), ainda que a rápida subida das águas fosse um empecilho para o cultivo de uma variedade de plantas nos terrenos inundáveis, as áreas de terra firme possuem uma grande disponibilidade de espécies durante o período da cheia. Logo, essa ocupação humana de áreas mais altas estaria relacionada, de acordo com o autor, a uma segurança alimentar que viabilizou ocupações de um grande número de pessoas, ocupações essas que seriam duradouras entre estações. O geógrafo também argumenta que é bom focar ocupações nos *bluffs* porque os sítios arqueológicos seriam mais preservados do que os localizados nas várzeas, os quais estariam, em sua grande maioria, destruídos conforme a correnteza dos rios erodia e redepositava os sedimentos (Denevan, 1996, p. 674).

É interessante observar que o modelo de Denevan (1996) foi utilizado pelos arqueólogos para interpretar a ampla presença de sítios arqueológicos 'de várzea' na região da Amazônia Central, já que uma grande parte dos assentamentos humanos antigos se encontra no topo de terras altas não inundáveis, confluindo com o proposto no modelo (Neves, 2012, p. 27). A existência de terra preta antropogênica em alta quantidade nesses sítios foi utilizada para sugerir que as ocupações humanas nessas áreas eram duradouras, uma vez que esse vestígio arqueológico teria sido resultado direto ou indireto de ocupações que se

estendiam de centenas a milhares de anos (Denevan, 1996, p. 671; Neves & Petersen, 2006; Neves, 2012, p. 29; Schmidt et al., 2014; Arroyo-Kalin, 2017).

Um artigo recente de Macedo et al. (2019) pesquisou as terras pretas localizadas em terrenos de várzea na área da Amazônia Central. Os autores criticam o uso do *bluff model* como o único modelo de ocupação possível das várzeas, pois ele tende a causar um viés no levantamento arqueológico. A existência de pacotes espessos de terras pretas nas terras inundáveis sugere que elas foram ocupadas por longos períodos (e de maneira intensa) por grandes populações (Macedo et al., 2019). Ou seja, as ocupações nas várzeas seriam mais densas e permanentes, e não 'de curta duração', como antes se pressupunha (Meggers, 1987; Denevan, 1996), indicando que os modelos de padrão de assentamento precisam de revisão (Macedo et al., 2019, p. 222).

Apesar do potencial arqueológico que existe em áreas de várzea, Macedo et al. (2019, pp. 208-209) lembram o desafio que é localizar sítios de terra preta, já que alguns pacotes estão enterrados debaixo de aluviões³ ou podem sofrer com frequentes episódios de erosão fluvial. Mesmo com essa dificuldade, alguns esforços em prospectar várzeas estão apresentando resultados estimulantes. A própria pesquisa desses autores revelou a existência de horizontes de terras pretas (enterrados ou em superfície) entre as cidades de Manacapuru e Coari, Amazonas, identificando material cerâmico pertencente à Tradição Polícroma da Amazônia. No médio rio Solimões, na região do baixo rio Juruá, Lima et al. (2020) recentemente descobriram, junto aos moradores, a existência de ilhas artificiais, localmente conhecidas como 'aterrados'. Esses aterrados teriam sido construídos pelas populações humanas (ainda não se sabe quando) como estratégia de habitação da várzea no período da cheia.

Na região do Baixo Amazonas, também foram localizados alguns sítios arqueológicos em terras de várzea.

³ Depósitos de sedimentos formados pelo acúmulo de materiais transportados por correntes hídricas, cuja origem provém da erosão rio acima (Allaby, 2013, p. 18).

No distrito de Aritapera (pertencente ao município de Santarém), foram encontrados materiais cerâmicos e líticos em algumas comunidades, bem como uma possível vala antropogênica (Costa, 2012). Lima (2018) apontou, em um mapa da região de encontro do baixo rio Tapajós com o Baixo Amazonas, a presença de material cerâmico tapajônico (conhecido arqueologicamente como cultura Santarém) em outros locais da várzea (Lima, 2018, p. 127). Entre os pontos, está o sambaqui Ilha do Taperebá, visitado por Curt Nimuendajú há um século (Nimuendajú, 2004). Também foi registrado um sítio antigo nas várzeas que remonta a, pelo menos, 8.000 anos. Este sítio (o sambaqui de Taperinha) já foi escavado por Roosevelt et al. (1991). Ainda na região, conhece-se a existência do sambaqui Ponta do Jauari, onde foi realizada uma coleta de superfície, entre o fim da década de 1930 e o início da década de 1940 (Hilbert, 1959; D'Aquino, 2001, 2003), mas não foram obtidas datações para esse sítio.

Apesar do registro desses sítios arqueológicos em áreas de várzea e de vários autores terem-nas utilizado na formulação dos seus modelos – como Lathrap (1975), Meggers (1987) e Denevan (1996) –, os sítios da várzea em si foram muito pouco estudados. Vale dizer também que, na arqueologia amazônica, até hoje os métodos de prospecção de sítios via sensoriamento remoto têm sido utilizados em áreas de interflúvios ou de savanas pantanosas, dentre outras (Fonseca Júnior, 2013, 2018; Souza et al., 2018; Lombardo et al., 2020), mas não foram desenhados especificamente para áreas de várzea. Como podemos encontrar sítios na várzea, se não conhecemos suas dinâmicas e a complexidade dos seus ambientes? Nesse intento, ao melhor conhecer os ambientes da várzea, poderemos contribuir com os debates sobre como se deu a ocupação humana desse ecossistema na longa-duração, guiando-nos pelas seguintes perguntas: O que são as várzeas e as paisagens que as compõem? Como funciona o dinamismo fluvial e a sazonalidade de seus ambientes? Existem trechos das várzeas que são mais estáveis e estão possivelmente melhor preservados? Onde

estão as formações mais antigas? Após a ocupação humana das áreas de várzea, que tipos de alterações podem ser observados, uma vez que os sítios foram abandonados?

Na busca por responder a essas questões, nos atentamos aqui primeiramente a procurar entender o dinamismo das várzeas, para, então, pensarmos na idade e estabilidade de suas terras. O objetivo geral do trabalho foi elaborar uma proposição metodológica para o estudo de áreas de várzea sob uma ótica arqueológica a partir do sensoriamento remoto com: proposta de prospecção remota e *in situ*, localizando áreas com potencial de conservação de contextos arqueológicos e evidências de modificações antropogênicas da paisagem. Essa proposta foi aplicada em uma região específica (o Baixo Amazonas) como um estudo de caso, mais especificamente a área de várzea localizada entre Alenquer e Curuá, no oeste do Pará. É importante ressaltar que a intenção da proposta não foi abranger todos os ambientes da várzea, mas apontar possibilidades de investigação direcionadas para ela. Dentre os objetivos específicos, destaca-se: a) medir e analisar as áreas onde ocorrem as dinâmicas fluviais de deposição e erosão; b) com base nos conceitos da geomorfologia fluvial, formular hipóteses sobre a sequência deposicional dos terrenos (ou seja, as áreas mais recentes e antigas); c) observar, através da classificação supervisionada das imagens de satélite, se a vegetação de floresta alta de várzea pode ser indicadora de possíveis porções mais elevadas e estáveis das várzeas; d) procurar estruturas possivelmente antrópicas, como lagos artificiais e canais.

FORMAÇÃO DAS VÁRZEAS E CARACTERIZAÇÃO DA VÁRZEA DO BAIXO AMAZONAS

A grande movimentação de sedimentos e água nas áreas de várzea faz com que os sítios arqueológicos possam estar em superfície, enterrados ou até mesmo erodidos (Goldberg & Macphail, 2006, p. 85). Assim, para poder prospectar e avaliar o potencial de preservação desses sítios, é necessário entender como as várzeas se formam, documentando as

dinâmicas fluviais de deposição e erosão. Elas são formadas pelos aluviões depositados nos ciclos de inundação sazonal dos rios de águas brancas (a exemplo dos rios Madeira, Amazonas e Purus) e durante mudanças na direção de seus cursos (ver Junk et al., 2011). Como esses rios têm origem na região da Cordilheira dos Andes (geologicamente mais recente), carregam uma grande quantidade de sedimentos rio abaixo (Sioli, 1984; Cunha, 2012a).

Os rios de água branca transportam sedimentos de diversos tamanhos, areia (principalmente) como carga de fundo, assim como argila e silte suspensos (Sioli, 1984, p. 131). Parte desse sedimento se deposita ao longo do curso do rio junto com matéria orgânica (também transportada em suspensão). A deposição sedimentar varia muito entre locais na várzea, pois está ligada a diversos fatores, como a posição do banco de sedimento em relação aos canais, o nível do terreno, o relevo etc., gerando diversas formações visíveis nessa paisagem (Sioli, 1984, p. 143; Ashworth & Lewin, 2012; Lewin & Ashworth, 2014). O aporte de sedimentos depositados também varia conforme a velocidade do rio. Quanto menor a velocidade da água, menor a granulometria do sedimento a ser depositado, assentando silte e argila nas áreas da várzea cobertas pelas enchentes ('várzea adentro'), enquanto a deposição de areia tende a ser mais próxima aos cursos hídricos. Os siltes e as argilas são repostos anualmente a cada inundação, e os nutrientes presentes nesses minerais são responsáveis pela renovação da fertilidade das terras da várzea (Junk, 1984, pp. 215, 219).

O forte dinamismo das várzeas está ligado à própria atividade do rio como seu formador principal (Sioli, 1984, pp. 134, 141), com essas áreas passando por constantes processos de erosão, transporte e deposição. O intenso processo de erosão das margens dos rios de água branca é chamado de 'terras caídas' pelas populações locais; já a deposição de sedimentos é chamada de 'terras crescidas'.

Esses eventos de deposição e erosão podem ser tão rápidos que, em apenas algumas décadas, até grandes ilhas podem se formar e desaparecer (Junk, 1984, pp. 218, 219).

As paisagens da várzea se transformaram estruturalmente ao longo do tempo, como durante as eras glaciais (períodos de resfriamento da Terra) e interglaciais (períodos de aquecimento da Terra). As mudanças climáticas que ocorreram ao longo do Pleistoceno (período que se estende de 2,7 milhões de anos a cerca de 11.700 anos atrás) influenciaram diretamente no nível do mar e, assim, o comportamento dos rios que nele deságuam (como o rio Amazonas) também se transformou (Meireles et al., 2005). Por exemplo, durante o Último Máximo Glacial (23.000 a 18.000 AP), o nível do mar recuou aproximadamente 120 m abaixo do nível atual. No Baixo Amazonas, estima-se que havia um gradiente de 7,6 cm/km, comparado com o declive atual de média de 0,75 cm/km entre Santarém e a foz (Irion & Kalliola, 2011). Esse desnível acentuado entre o mar e as porções de terra do continente fez com que a correnteza do Amazonas e de seus afluentes ficasse mais forte. A alta velocidade da água provocou uma erosão mais intensa do leito principal dos rios, formando uma espécie de desfiladeiro, que cortou sedimentos mais antigos e reduziu a extensão das enchentes nas áreas de várzea (Sioli, 1984; Irion, 1984; Junk, 1984). Em contraste, durante os períodos interglaciais, o nível do mar estava mais alto e, assim, o rio Amazonas tinha um leito mais largo que transbordava sobre áreas mais extensas. Dessa forma, durante os períodos interglaciais, houve deposição de sedimentos em planícies de inundação mais altas e/ou largas do que as atuais, formando terraços fluviais⁴ (Irion, 1984, pp. 203, 205).

De maneira geral, pode-se dizer que a formação geológica da várzea atual manteve a mesma dinâmica desde o início do Holoceno, que marca o início do último período interglacial há aproximadamente 11.700 AP (Cohen et al., 2013).

⁴ Os terraços fluviais são áreas planas (remanescentes de planícies de inundação) que se formam quando ocorre um corte do rio na aluvião que havia sido depositada anteriormente, aprofundando mais a incisão, e, por isso, geralmente ocorrem paralelos em ambos os lados do curso do rio (Brown, 1997; Goldberg & MacPhail, 2006).

O nível do mar aumentou progressivamente até cerca de 6.000 AP, quando se estabilizou aproximadamente 5 m acima do nível atual⁵ (Suguo et al., 1985; Angulo et al., 2006), e, com isso, o gradiente do rio foi reduzido. Essa horizontalização do nível do mar em relação à altitude das terras provocou o represamento dos rios em seus próprios vales, ocasionando a redução na velocidade da correnteza. Uma maior estagnação da água permitiu, assim, maior deposição de sedimento e formação de uma planície de inundação holocênica recente (chamada de várzea moderna) (Junk, 1984; Irion et al., 2010).

Já as paleo-várzeas são os terraços fluviais que se formaram durante outros períodos interglaciais. Geralmente, por estarem localizadas acima do nível atual da cheia, por exemplo, na foz do rio Madeira (Irion, 1984), são áreas onde não há deposição atual. Desta forma, separadas da várzea holocênica por vertente, suas margens podem se enquadrar como alguns dos *bluffs*. No entanto, no baixo curso do rio Amazonas, as paleo-várzeas podem estar em relevos mais baixos (próximos ao nível do mar e menor desnível em relação à várzea moderna); por isso, sofrem de inundação e, conseqüentemente, novas deposições (Irion et al., 2010).

Nossa área de estudo está inserida na várzea entre Óbidos e Santarém, com sobreposição ao que é considerada por Irion et al. (2010, p. 33) como uma das maiores áreas da paleo-várzea na Amazônia. Os autores apontam também uma divisão das áreas de várzea no Baixo Amazonas por origem cronológica, que adotamos neste artigo. Nossa área de estudo engloba tanto terras formadas durante o Holoceno quanto terras formadas durante o Pleistoceno.

A direção, a força da correnteza e os momentos dos ciclos de inundação têm um papel fundamental

na formação das várzeas, e explicaremos a seguir suas principais feições geomórficas. Os cursos do rio Amazonas são classificados como predominantemente meandantes e anastomosados (Rozo et al., 2014). Rios meandantes são cursos de água que apresentam alta sinuosidade e corredor largo, enquanto rios anastomosados são cursos de água caracterizados pela ramificação em dois ou mais canais que se encontram após barras e ilhas (Riccomini et al., 2009, p. 314; Cunha, 2012b, pp. 220, 225). Os rios meandantes são importantes para a arqueologia porque, em várias partes do mundo, há registros de grupos humanos que ocuparam as margens deles (Goldberg & Macphail, 2006).

Para esta pesquisa, consideramos os processos geomorfológico-fluviais correspondentes a rios meandantes, pois, apesar de existir maior complexidade nos múltiplos canais da várzea, muitos têm forma meândrica (ver Ashworth & Lewin, 2012; Lewin & Ashworth, 2014). Os processos resultam em três formações típicas de rios meândricos, sendo elas: 1) as barras de pontal (*point bars*), que são as áreas de acreção ou deposição de sedimento; 2) os lagos em ferradura ou em U (*oxbow lakes*), que são os lagos que se formam a partir de meandros abandonados⁶; e 3) os diques marginais (*natural levees, shore dams*), que são as elevações (localizadas nas margens dos canais) formadas pela sucessiva deposição de sedimentos durante as enchentes no decurso dos anos (Christofolletti, 1980; Riccomini et al., 2009).

Rios meandantes são conhecidos por 'migrarem' lateralmente ao longo do tempo, por conta do contínuo processo de erosão-transporte-deposição sedimentar: em um primeiro momento, a correnteza do rio segue com mais força em linha reta e, quando atinge a margem côncava (ou externa) de um meandro, uma parte dessa

⁵ O nível relativo do mar varia em diferentes lugares do mundo. Esse valor é referente à costa do Amazonas no litoral brasileiro (Angulo et al., 2006).

⁶ De acordo com o deslocamento lateral do meandro, a distância percorrida pela água fica maior e a curva do meandro fica mais acentuada. A força erosiva da água, principalmente no período de cheia, pode chegar a quebrar a barreira entre as duas curvas, formando um canal. Essa nova reta, do ponto em que o rio transbordou, é mais direta, e o fluxo d'água segue com maior velocidade. Após o corte, o rio abandona o meandro (antigo canal), e, com sedimentação ao lado do novo canal, o meandro transforma-se em um lago em ferradura (*oxbow*) (Goldberg & Macphail, 2006, p. 91).



força provoca erosão; em um segundo momento, os sedimentos erodidos irão se unir à carga de fundo ou ao material em suspensão e serão levados com a força da correnteza; e, em um terceiro momento, esse conjunto de sedimentos é acumulado e empilhado na margem convexa (ou interna) do canal (onde há redução na velocidade do fluxo d'água) em meandro seguinte (Figura 1) (Christofoletti, 1980; Riccomini et al., 2009). O acúmulo de sedimento (acrecção lateral) durante o terceiro momento do processo de migração do rio segue um padrão não homogêneo, deixando sucessivas marcas, conhecidas também como cicatrizes ou negativos de meandros (*scroll bars*) (Strick et al., 2018). Essas marcas podem ser reconhecidas como linhas agrupadas em imagens de satélite (Figura 2).

Há uma relação entre a dinâmica das águas nas áreas de várzea e a cobertura vegetal, que também pode ser

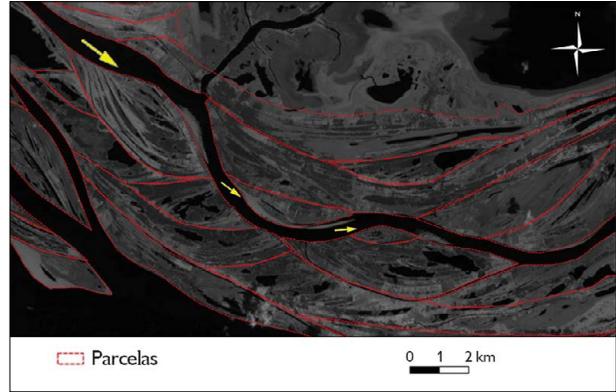


Figura 1. Esquema visual de canal meandrante do rio Amazonas na região da várzea de Curuá, Pará, demonstrando com setas a área de ocorrência da deposição sedimentar do tipo barra de pontal. As linhas tracejadas em vermelho mostram os limites das zonas de deposição das barras de pontal. A imagem é da banda 6 (infravermelho de ondas curtas 1) de imagem de satélite (Landsat-8) do período de seca recente, adquirida em 11/12/2015 (ponto e órbita 228/61). A imagem de satélite usada é cortesia do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

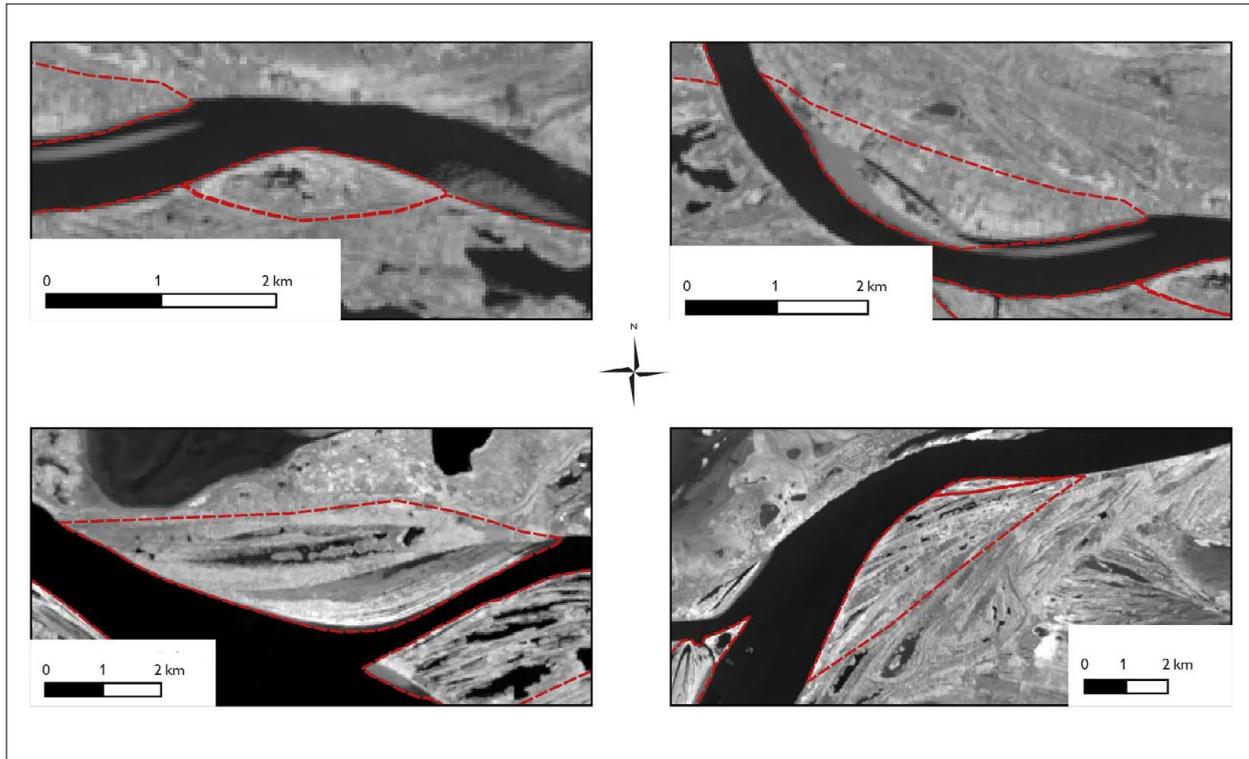


Figura 2. Barras de pontal destacadas em margens convexas de meandros do rio Amazonas (no período de seca) na região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará. As linhas tracejadas em vermelho mostram os limites das zonas de deposição das barras de pontal. Imagens são da banda 5 (infravermelho próximo) de partes de imagens de satélite (Landsat-8) do período de seca recente, adquiridas em 11/12/2015 (ponto e órbita 228/61) e em 02/11/2015 (ponto e órbita 227/61 e 227/62). As imagens de satélite usadas são cortesia do USGS.

explorada na prospecção arqueológica. Algumas áreas específicas da várzea são interessantes de um ponto de vista arqueológico em vários aspectos, por exemplo, diques marginais, que possuem uma cobertura vegetal de maior porte (como a floresta alta) e uma boa drenagem do solo por serem geralmente as partes mais elevadas da planície aluvial (Goldberg & Macphail, 2006, p. 91). Além disso, os diques marginais apresentam horizontes enterrados normalmente bem preservados e que podem fornecer um bom registro do paleoambiente (Goldberg & Macphail, 2006, p. 96). Já os lagos *oxbow* oferecem uma garantia de água durante a seca (antes de serem preenchidos completamente por sedimentos finos), o que atrai animais de caça.

Diferenciar áreas de várzea cronologicamente e espacialmente pode ser útil para localizar áreas mais estáveis, e, nesta pesquisa, trabalhamos em três frentes de estudo:

1) Explorar as paleo-várzeas e as várzeas modernas. As paleo-várzeas são instigantes, por, explicitamente, serem formações de terra que antecedem o Holoceno e podem apresentar maior estabilidade em relação às várzeas modernas. Dentro das várzeas modernas, há locais que não foram remodelados recentemente e são menos afetados pela dinâmica fluvial;

2) Localizar as partes mais antigas da várzea moderna. Para compreender o dinamismo fluvial agindo nas terras de várzea, neste trabalho, analisamos as mudanças no curso dos rios ao longo do tempo e estimamos taxas de erosão e deposição sedimentar, procurando distinguir quais seriam os trechos mais e menos afetados. Em seguida, realizamos uma identificação das marcas de sedimentação (*scroll bars*) deixadas pelo rio e fizemos proposições sobre sua deposição de maneira cronológica;

3) Localizar as áreas de diques marginais. Seguindo as sugestões apontadas pela geoarqueologia (Goldberg & Macphail, 2006), focamos a detecção de diques marginais, que presumidamente possuem maior estabilidade devido à presença de cobertura vegetal florestal, os quais têm

potencial de ser um local de ocupação humana pretérita, bem como de preservação do registro arqueológico.

A combinação dos resultados obtidos nessas frentes de pesquisa (aplicadas no estudo de caso apresentado a seguir) nos permitiu gerar um mapa preliminar que pode ser útil para direcionar a prospecção arqueológica, apontando áreas de terrenos possivelmente mais antigos e estáveis da várzea.

DESENVOLVIMENTO

ÁREA DE ESTUDO

Como as várzeas do Baixo Amazonas são muito extensas, tivemos que fazer uma seleção de área de estudo, dando preferência para uma área onde já havia sítios arqueológicos registrados. A região selecionada para a pesquisa foi uma área de várzea localizada entre Curuá e Alenquer, onde já havia sido descrita a presença de um sambaqui conhecido como Ponta do Jauari (Hilbert, 1959). Pelo fato de a área apresentar potencial arqueológico, decidimos elaborar (e testar) um possível caminho metodológico para prospecção em terras de várzea.

Com base em levantamento bibliográfico da arqueologia da região, identificamos pelo menos seis sítios arqueológicos em terrenos de várzea na área de estudo (Figura 3).



Figura 3. Mapa com sítios arqueológicos conhecidos na área de estudo: 1) sem nome (Denevan, 1996); 2) Sambaqui Ilha do Taperebá (Nimuendajú, 2004); 3) Sambaqui Ponta do Jauari (Hilbert, 1959); 4) Distrito do Aritapera, onde há três sítios arqueológicos registrados por Costa (2012); 5) sem nome (Lima, 2018); 6) sem nome (Lima, 2018). Fonte da imagem-base: *Google Earth*, 2021.

METODOLOGIA

Nossa pesquisa utiliza o sensoriamento remoto como método de pesquisa geoarqueológica. O uso dessa ferramenta é apontado por Goldberg e Macphail (2006, pp. 95, 305) como adequado aos contextos fluviais localizados em áreas muito extensas. Aqui, entendemos o sensoriamento remoto como a coleta de dados provenientes de objetos à distância por meio de um sensor (Jensen, 2011). A coleta pode ser feita de diversas formas: através de satélite, sobrevoo aeronáutico ou, ainda, via veículo aéreo não tripulado (VANT), também conhecido como *drone*. Cotidianamente, temos mais familiaridade com as imagens registradas por uma câmera fotográfica. Ela possui um sensor que capta sinais de energia da faixa eletromagnética correspondente à luz visível (azul, verde e

vermelho). As imagens coloridas que vemos são resultado da junção dessas três bandas de energia.

Diferentemente de uma câmera fotográfica, que compila os sinais das bandas eletromagnéticas em uma imagem, os sensores dos satélites registram a energia refletida de cada banda separadamente. Para apresentar imagens coloridas, combinam-se bandas e aplicam-se cores falsas. Assim, esta pesquisa trabalha com imagens em escalas de cinza (também conhecidas como 'tons de preto e branco'), onde mais claro indica maior energia refletida; quanto menor a energia refletida, mais escuro (Figura 4). Neste estudo, utilizamos sensoriamento remoto por meio da análise de imagens de satélite da série Landsat (que possui sensores passivos), disponíveis em domínio público⁷. As bandas usadas foram as de luz visível e as de infravermelho (Tabela 1).

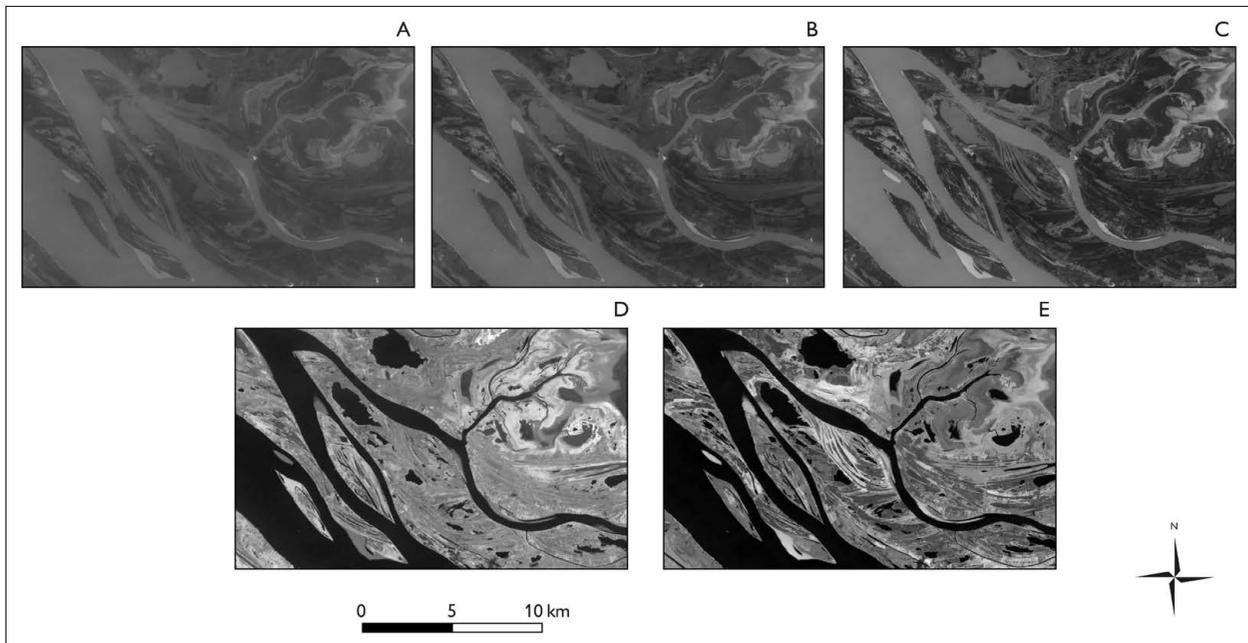


Figura 4. Imagens de uma mesma área das várzeas de Curuá, Pará, que permitem visualizar as diferenças entre as bandas utilizadas no estudo: A) banda 2 (azul); B) banda 3 (verde); C) banda 4 (vermelho); D) banda 5 (infravermelho próximo); E) banda 6 (infravermelho de ondas curtas 1). Parte de imagem de satélite do período de seca recente (Landsat-8), correspondente ao ponto e órbita 228/61, adquirida em 11/12/2015. As imagens de satélite usadas são cortesia do USGS.

⁷ O *Global Visualization Viewer* (USGS, n. d.a) foi o *site* usado para descobrir o(s) ponto(s) e a(s) órbita(s) necessários(as) para fazer o *download* das imagens de satélite. A plataforma utilizada para baixá-las foi o *Earth Explorer* (USGS, n. d.b), pertencente ao USGS. Os arquivos vieram georreferenciados com o datum WGS84 e foram convertidos para SIRGAS 2000 (datum utilizado nos dias atuais para o continente sul-americano).

Tabela 1. Principais aplicações dos dados imagéticos para mapeamento das bandas do sensor do satélite Landsat-5. As diferenças em relação ao Landsat-8 são pequenas, por isso estamos usando só uma tabela para ilustração. Por opção nossa, exibimos somente as bandas que utilizamos em nossas análises. Fontes: tabela adaptada e traduzida de Goldberg e Macphail (2006, p. 301) e USGS (2021).

	Banda	Comprimento de onda (μm)	Aplicações principais
1	Azul	0,45-0,52	Penetração de corpos d'água e mapeamento de água costeira; discriminação de solos e vegetação; mapeamento de tipos de floresta; identificação de estruturas antrópicas.
2	Verde	0,52-0,60	Pico de reflectância verde da vegetação; avaliação da vegetação e vigor das plantas; também é útil para a identificação de estruturas antrópicas.
3	Vermelho	0,63-0,69	Região de absorção da clorofila; diferenciação de espécies vegetais e identificação de estruturas antrópicas.
4	Infravermelho próximo	0,76-0,90	Determinação de tipos de vegetação, vigor e teor de biomassa; delimitação de massas d'água; identificação de umidade do solo.
5	Infravermelho médio	1,55-1,75	Indicativo do teor de mistura e umidade do solo; diferenciação de neve das nuvens.

As propriedades físico-químicas dos objetos determinam como a radiação será refletida, transmitida e absorvida pelos sensores (Florenzano, 2011). Essas diferenças captadas pelo sensor permitem distinguir nas imagens as áreas cobertas por vegetação, solo e água (Tabela 1). Para a detecção de cicatrizes de meandros, sugere-se que as bandas de infravermelho próximo e infravermelho médio sejam empregadas (Jensen 2011, p. 548). Informações sobre a vegetação também podem ser obtidas. Já que os vegetais usam a energia solar para fazer fotossíntese, as estruturas internas da folha interagem com diferentes comprimentos de onda: o mesófilo paliçádico com a luz visível (azul, verde e vermelho), o mesófilo lacunoso com o infravermelho próximo e a água contida no mesófilo esponjoso com o infravermelho médio (Jensen, 2011, pp. 359, 367).

Os produtos dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 da região de estudo foram utilizados, respectivamente, para dados históricos⁸ (1991/1992) e recentes (2015 a 2017); sensor *Thematic Mapper* (TM) no Landsat-5 e sensor *Operational Land Imager* (OLI) no Landsat-8. Os dados do sensoriamento remoto foram analisados de forma manual

e visual, utilizando-se um *software* de geoprocessamento (QGIS versão LTR 3.4.14-Madeira).

A metodologia da pesquisa partiu dos processos fluviais como elementos orientadores. O trabalho foi dividido nas seguintes etapas: a) examinar mudanças decenais no leito do rio durante o período de seca através das imagens de satélite; b) aferir as dinâmicas fluviais que contribuem para mudanças no leito do rio; c) utilizar as cicatrizes de meandros para investigar a história da deposição sedimentar na várzea; d) executar uma classificação supervisionada da área de cobertura vegetal na várzea para identificar localidades com menor inundação; e) gerar mapa indicando possíveis diques marginais antigos. Os procedimentos estão descritos a seguir.

Exame das mudanças decenais no leito do rio durante o período de seca através das imagens de satélite

As paisagens da várzea se transformam durante as épocas da seca e da cheia. Precisamos de imagens da seca dos períodos recente e histórico para enxergar os canais fluviais e suas mudanças ao longo do tempo. Procuramos por imagens

⁸ Procuramos imagens históricas dos anos de 1970 e 1980, porém percebemos que a região de pesquisa em todas as cenas estava coberta por alta quantidade de nuvens, impossibilitando seu uso.

recentes da cheia para visualizar até onde ia a extensão da inundação. É válido ressaltar que a maior parte dos sítios arqueológicos só é visível no período da seca. Esse é o caso do sambaqui Ponta do Jauari, que fica submerso no período da cheia, e aparece parcial ou totalmente durante a seca (entre os meses de outubro e novembro) (Hilbert, 1959, p. 1).

Um problema das imagens da série Landsat é a cobertura de nuvens⁹. Pelo fato de não funcionarem com a emissão de energia (apenas captação), os sensores passivos acoplados aos satélites registram a energia refletida pelas nuvens presentes na atmosfera, o que impossibilita a visão da superfície terrestre (Florenzano, 2011). Por essa razão, procuramos imagens com cobertura abaixo de 25%.

Para a época da seca, os 'melhores resultados' (ou seja, as imagens em que melhor se visualizava as porções de terra) corresponderam ao mês de novembro até meados de dezembro, quando o nível da água estava mais baixo. A dificuldade para escolher cenas desse período se deu pela presença numerosa de nuvens nas imagens desses dois meses, que correspondem ao início do período chuvoso, ou, ainda, ao início do 'inverno amazônico' (Moraes et al., 2005, p. 212). A baixa presença de nuvens nas imagens do mês de julho (correspondentes à cheia) permitiu maior visualização da superfície terrestre.

Com a prática da perseverança, as melhores cenas foram selecionadas (cujo critério de escolha foi escassez de nuvens na área almejada). A Tabela 2 aponta as datas em que as imagens foram adquiridas, os endereços (pontos e órbitas) necessários, bem como o valor das cotas médias registradas para o nível do rio Amazonas. Já que a área de pesquisa se encontra na junção de três cenas, três endereços diferentes foram unidos para criar uma imagem só (mosaico).

Aferição das dinâmicas fluviais que contribuem para mudanças no leito do rio

Para acompanhar as mudanças no curso do rio (que ocorreram nos últimos vinte e três anos), traçamos os contornos dos canais fluviais usando as imagens de seca dos períodos histórico e recente, e sobrepusemos os dois desenhos resultantes (Figura 5). Isso facilitou a percepção de partes das ilhas onde havia ocorrido erosão e deposição (Figura 6), o que nos permitiu estimar, nas imagens, a extensão da mudança por meio do desenho de linhas perpendiculares (que chamamos de *transects*). Também desenhamos polígonos para medir as diferenças nas áreas das ilhas ao longo do tempo, pois o *software* usado já possui uma calculadora integrada (calcula área, perímetro etc.). Desse modo, obtivemos uma estimativa das áreas das

Tabela 2. Datas de aquisição das imagens dos satélites Landsat 5 (período histórico) e 8 (período recente) utilizadas para a análise, junto aos endereços orbitais correspondendo à/ao sua/seu estação/período e cotas do nível do rio Amazonas. Utilizou-se a estação fluviométrica de Óbidos para apresentar cotas de elevação do nível do rio Amazonas em relação a uma marca estabelecida em 400 cm em 01/03/1968, conforme dados disponibilizados *online* pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) em seu Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb).

Órbita/ponto	Estação/período; cota relativa do nível do rio Amazonas		
	Seca/histórica	Seca/recente	Cheia/recente
228/61	23/11/1991; 61 cm	11/12/2015; 89 cm	25/07/2017; 691 cm
227/61	20/12/1992; 225 cm	02/11/2015; 61 cm	18/07/2017; 691 cm
227/62	20/12/1992; 225 cm	02/11/2015; 61 cm	18/07/2017; 691 cm

⁹ Enquanto pode parecer que imagens do *Google Earth* seriam adequadas por terem poucas nuvens, seu material não é apropriado para análise porque a plataforma agrega várias cenas e não há como acessar informações específicas sobre o período (data) de cada uma (além de possuir bandas exclusivamente da luz visível). Do mesmo modo, ela dificulta o processo de achar imagens do período de seca por não permitir que aconteça uma seleção segundo critérios pré-estabelecidos. Já os sensores passivos multiespectrais do Landsat que utilizamos contemplam as bandas de infravermelho (dentre outras). Além disso, o *site* que disponibiliza as imagens do satélite Landsat também proporciona triagem e refinamento das variáveis (data, mês e ano; quantidade de nuvens, nível do rio – avaliado de maneira visual).

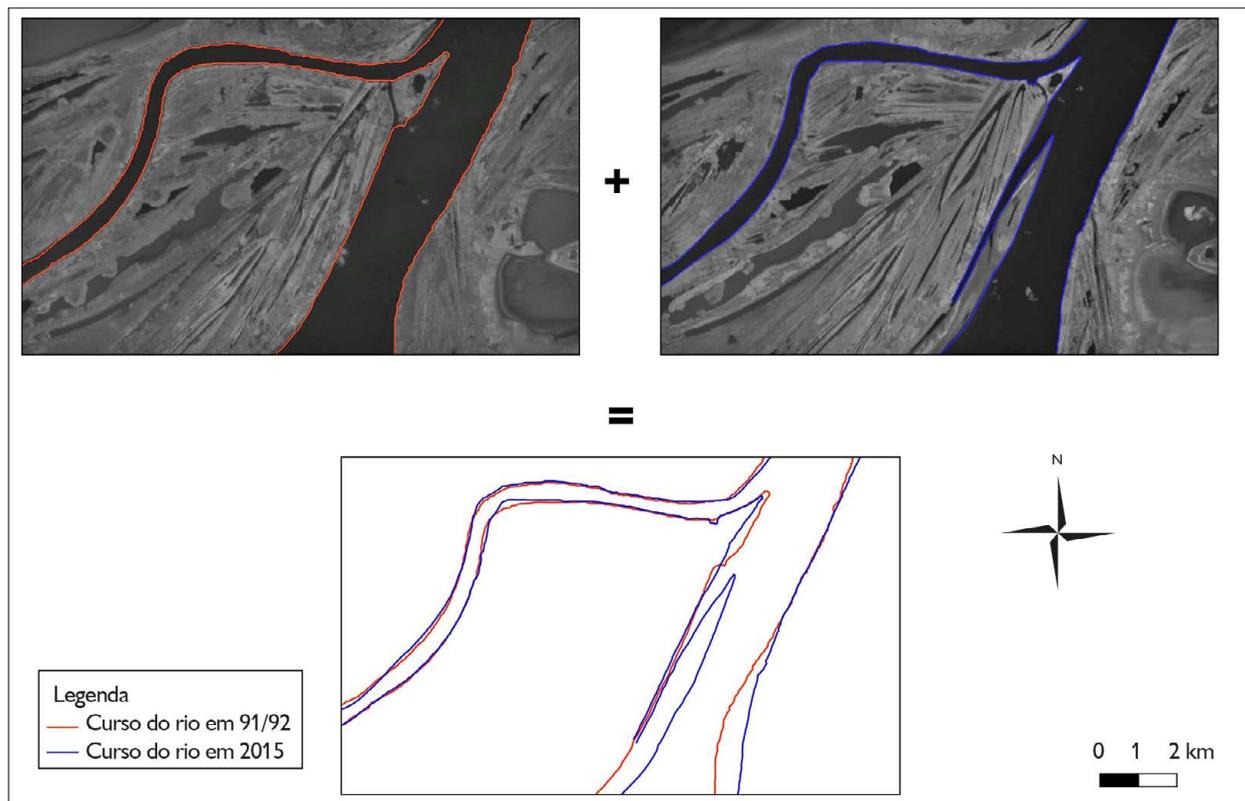


Figura 5. Demonstração do procedimento realizado nesta pesquisa para avaliar as mudanças nos cursos fluviais ao longo do tempo. O primeiro passo foi traçar o contorno dos rios em 1991/1992 (com a cor laranja), e o segundo foi fazer o mesmo processo para o contorno dos rios em 2015 (com a cor azul). O terceiro passo foi remover as imagens de satélite e sobrepor as duas linhas. Assim, vê-se claramente as mudanças que correspondem ao curso do rio que delimitaram as áreas de deposição ou erosão. A porção de imagem de satélite é correspondente ao ponto e à órbita 228/61. As imagens de satélite usadas são cortesia do USGS.

ilhas durante os períodos histórico e recente. Optamos por desconsiderar a parte leste da área (endereços 227/61 e 227/62) devido à disparidade existente entre as cotas do nível do rio registradas para o mês de dezembro de 1992 em relação às outras (Tabela 2). Uma linha verde foi adicionada nas imagens resultantes para representar a separação das cenas (Figuras 9 e 10).

Utilização das cicatrizes de meandros para investigar a história da deposição sedimentar na várzea

Os processos geomorfológicos da várzea foram identificados e interpretados de maneira manual e visual a partir das imagens de sensoriamento remoto. A leitura de cicatrizes de meandros está baseada nas marcas de acreção

(*scroll bars*) que, por serem depositadas sequencialmente, tratam da história geomorfológica da várzea (Figura 7). Tais marcas correspondem a barras de pontal mais antigas, que foram formadas na parte interior da curva do rio e deixaram marcas lineares, aparentes nas imagens de satélite do período da seca. Assim, seu reconhecimento se deu pelo exame de imagens de diversas bandas das cenas históricas e recentes, sobrepostas. Os contornos dos grupos de marcas de acreção que correspondem à mesma curvatura foram delineados e batizados de 'parcelas'. O desenho das parcelas foi feito através da criação de uma camada vetorizada no programa de geoprocessamento, permitindo elaborar hipóteses sobre a sequência deposicional das terras de várzea.

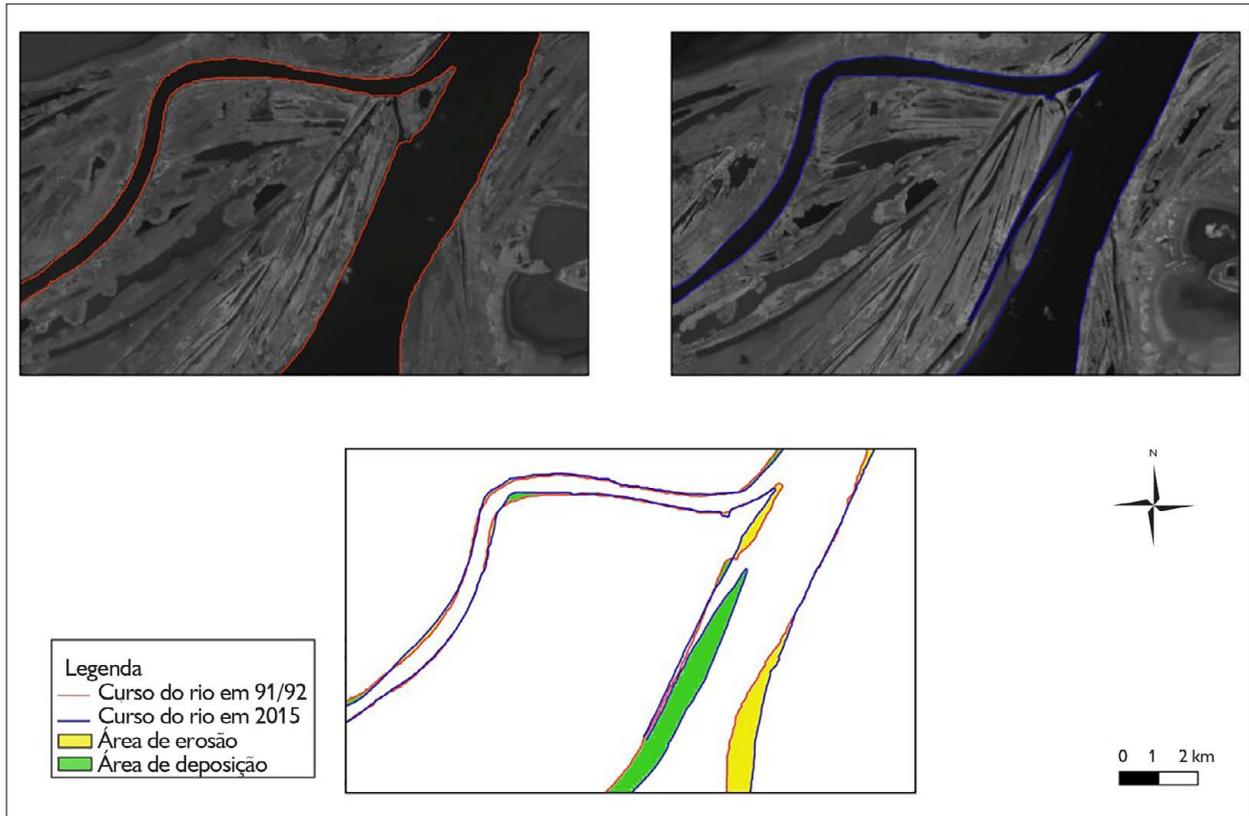


Figura 6. Demonstração visual das áreas onde ocorreram os processos de erosão e deposição sedimentar nos cursos fluviais ao longo do tempo. A imagem é oriunda da Figura 5, com inclusão da cor verde, para indicar a área de deposição, e da cor amarela, para indicar a área de erosão. A porção de imagem de satélite corresponde ao ponto e à órbita 228/61. As imagens de satélite usadas são cortesia do USGS.

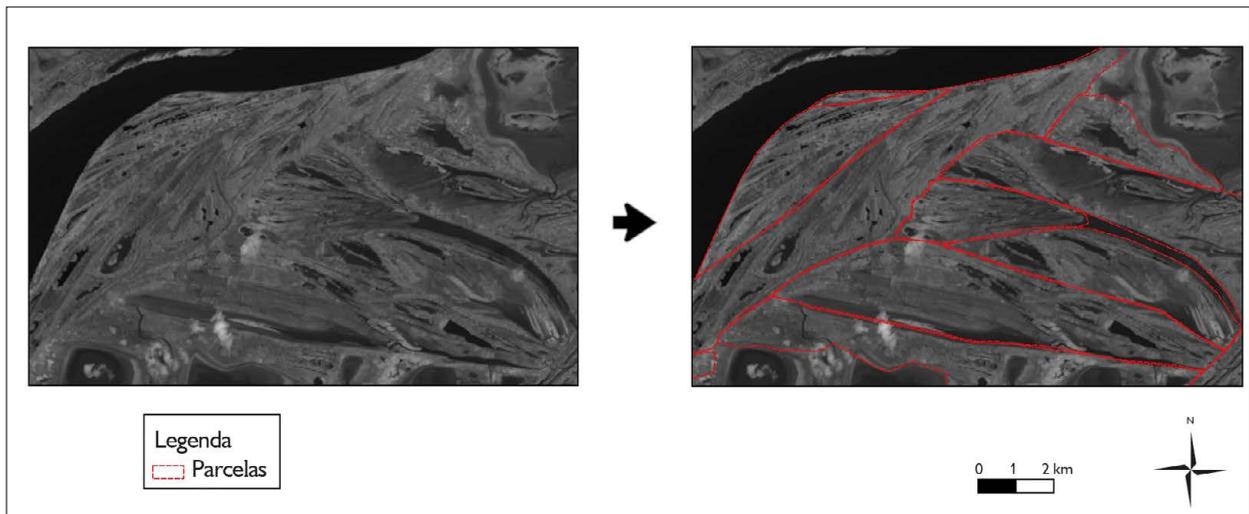


Figura 7. Visualização da mesma área das várzeas de Alenquer, Pará, antes e após o desenho das parcelas. Uma linha tracejada em vermelho foi utilizada para delinear as marcas de acreção (*scroll bars*). A imagem é parte de imagem de satélite do ponto e da órbita 228/61. As imagens de satélite usadas são cortesia do USGS.

O desenho final deu maior peso às imagens da seca recente. Ainda, consideramos necessária a consulta de várias bandas para desenhar as parcelas, pois cada uma responde a diferentes características – vegetação, umidade, cobertura vegetal (Tabela 1) – que contribuem para a compreensão da estrutura geomorfológica do espaço. Para determinar uma cronologia de deposição, procuramos enxergar parcelas nas quais as sequências de cicatrizes estivessem cortadas (as linhas de deposição seguiam direções diferentes). Como as cicatrizes se formam no lado côncavo do canal, quando o rio segue em novo leito, vai atravessar e erodir algumas áreas de acreção mais antigas. Essas perdas de sedimento se tornam visíveis quando criam cortes semiperpendiculares às linhas de deposição (Figura 7).

Na várzea, observa-se que algumas áreas próximas ao leito do rio estão sob processos extremamente ativos de erosão e deposição. Assim, para melhor interpretar a história deposicional, as parcelas foram diferenciadas entre áreas ativas e áreas consideradas mais estáveis por seu distanciamento e/ou orientação das marcas de acreção. Em razão da procura por porções da várzea preservadas há mais tempo, as áreas ativas foram descartadas antes de se estabelecer uma cronologia das parcelas (Figura 8).

As hipóteses de relações cronológicas estabelecidas entre as parcelas (com base nas mudanças de orientação do canal, que levaram à sua deposição) terão de ser verificadas com dados de campo e não podem ser interligadas entre as grandes ilhas. Assim, para cada seção de parcelas, estabeleceu-se uma sequência para as deposições visíveis, utilizando-se a lógica das matrizes de Harris (1989). Os produtos são vários esquemas visuais da sequência de deposição em partes da várzea.

Execução de uma classificação supervisionada da área de cobertura vegetal na várzea para identificar localidades com menor inundação

Como diferentes bandas contêm informação sobre as plantas, podemos usá-las para examinar a presença de

vegetação ou conhecer, por algoritmos, suas características gerais através de índices de vegetação (Jensen, 2011, p. 384). O *plugin*¹⁰ usado na execução da classificação supervisionada pede a indicação de áreas de vegetação das imagens de satélite como base para distinguir as demais porções da cena com vegetação. Portanto, essa classificação utiliza nossas indicações de áreas florestadas para calcular assinaturas espectrais específicas. Consideramos que essa vegetação ocorre, geralmente, em áreas mais elevadas (localidades de menor inundação presumivelmente mais estáveis). Logo, acreditamos que as áreas indicadas pelo *software* (máscara de vegetação) podem corresponder a diques marginais, mas os resultados requerem confirmação *in loco*.

A classificação teve como base a imagem da cheia recente, mesmo sabendo que há mudanças devido aos usos atuais da região, como na agropecuária. Outras categorias de cobertura da superfície terrestre (como água e solo exposto) foram classificadas e posteriormente

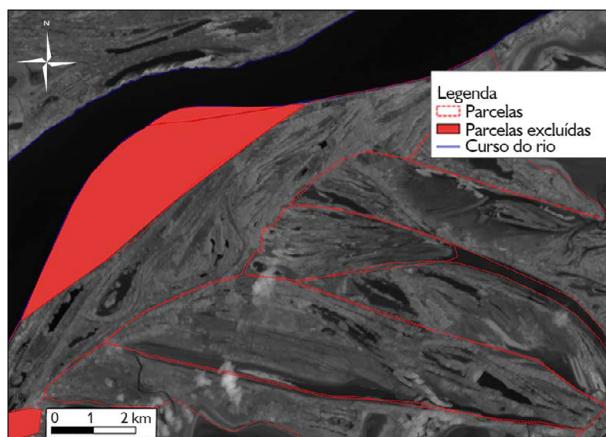


Figura 8. Demonstração visual da avaliação de atividade fluvial das parcelas de uma área das várzeas de Alenquer, Pará. As parcelas preenchidas com a cor vermelha foram excluídas da cronologia por serem paralelas ao curso atual do rio (consideradas ativas por serem deposição recente). As parcelas delimitadas com traçado vermelho foram usadas para fazer a cronologia (notar sua orientação perpendicular ao curso atual do rio, indicando que houve mudança no sentido da deposição sedimentar). Parte de imagem de satélite do período de seca recente é correspondente ao ponto e à órbita 228/61. As imagens de satélite usadas são cortesia do USGS.

¹⁰ Luca Congedo desenvolveu o *plugin* de Classificação Semiautomática (SCP) para o QGIS, na versão 6.4.0-Greenbelt.

eliminadas. Este procedimento auxilia ainda a evitar a inclusão de terrenos inundados, onde a superfície da água foi registrada pelo sensor. É válido ressaltarmos nossa ciência de que algumas porções da várzea alta estão sujeitas a alagamento por curtos períodos.

Geração de um mapa indicando possíveis diques marginais antigos

A somatória das diferentes etapas que constituem a metodologia da pesquisa culminou em um mapa para trabalho de campo, desenvolvido com a sobreposição dos contornos das parcelas (indicando áreas mais estáveis) e da máscara de vegetação com uma imagem de satélite ao fundo. Ele auxiliou na escolha de uma primeira área para verificação *in situ*, que ocorreu em outubro de 2019. Projeta-se que uma fiel identificação de antigos diques marginais tem potencial para produzir um mapa indicativo de áreas de prospecção arqueológica que possuam sedimentos preservados e passam a maior parte do ano fora da água.

RESULTADOS

Aqui apresentamos os resultados referentes à construção da proposta para localizar prováveis diques marginais (que correspondem a áreas mais estáveis da várzea) em partes mais antigas da várzea que, em momentos anteriores do Holoceno, estavam próximas do rio. Os resultados foram alcançados através da análise de imagens e estão apresentados visualmente, acompanhados de uma descrição dos fatores que contribuem para essas interpretações.

DINÂMICAS FLUVIAIS

O curso do rio Amazonas está em constante movimento, portanto, os processos temporais da deposição e erosão das ilhas de várzea nas últimas décadas foram investigados a fim de melhor compreender as dimensões e o ritmo das alterações que ocorreram nessa paisagem ao longo de milênios. Traçar o leito do rio em imagens de satélite dos períodos histórico e recente permite a visualização de

locais com erosão e deposição sedimentar (Figuras 5 e 6). A extensão da erosão ou da deposição ao longo de 23 anos, demonstrada na Figura 9, foi calculada através de um *transect* perpendicular à margem, variando até 688 metros de perda ou 894 metros de ganho. Nota-se também que algumas ilhas menores não são comparáveis pelo alto dinamismo no centro do canal principal. Calculamos as áreas das ilhas remanescentes em hectares (Tabela 3, Figura 10), que receberam um número de identificação. Ressaltamos que só foram comparadas as ilhas que se mantiveram ou se uniram, as ilhas 4 e 5 (Tabela 3). Nisto, observa-se que muitas das ilhas maiores sofreram mudanças em menor proporção.

PARCELAS

As parcelas estabelecidas através da leitura das cicatrizes de meandros são unidades de deposição sedimentar que permitem observar os sentidos dos cursos dos rios ao longo do tempo (Figuras 7 e 8).

Criação das parcelas

A leitura identificou 84 parcelas de deposição distinta na área do rio. A região dos lagos, mesmo estando na várzea, não contém parcelas porque os lagos estão sujeitos a outros processos de transformação, e não acompanham os processos holocênicos da migração do rio. A apresentação das parcelas nas imagens segue uma divisão em seções 1 e 2 devido ao tamanho da área de pesquisa (Figura 11). Ao leste da seção 2, percebe-se ainda uma região que não apresenta direções distintas nas parcelas, por isso não foi incluída na análise da história deposicional.

Seleção das parcelas

A aferição das dinâmicas fluviais demonstrou que há grande dinamismo nas margens atuais do canal fluvial. Com o exame das cicatrizes, percebemos que há 41 parcelas à margem do canal com cicatrizes paralelas correspondentes ao fluxo atual do rio, indicando que possuem ligação maior com os processos fluviais contemporâneos. Não foi

avaliada a cronologia dessas parcelas que devem ser mais recentes (Figura 12). Visualizamos que as 43 parcelas mais estáveis parecem, em sua grande maioria, estar afastadas

das margens atuais do canal fluvial. As parcelas consideradas mais estáveis receberam identificação numérica, antes de analisar sua historicidade (Figura 13).

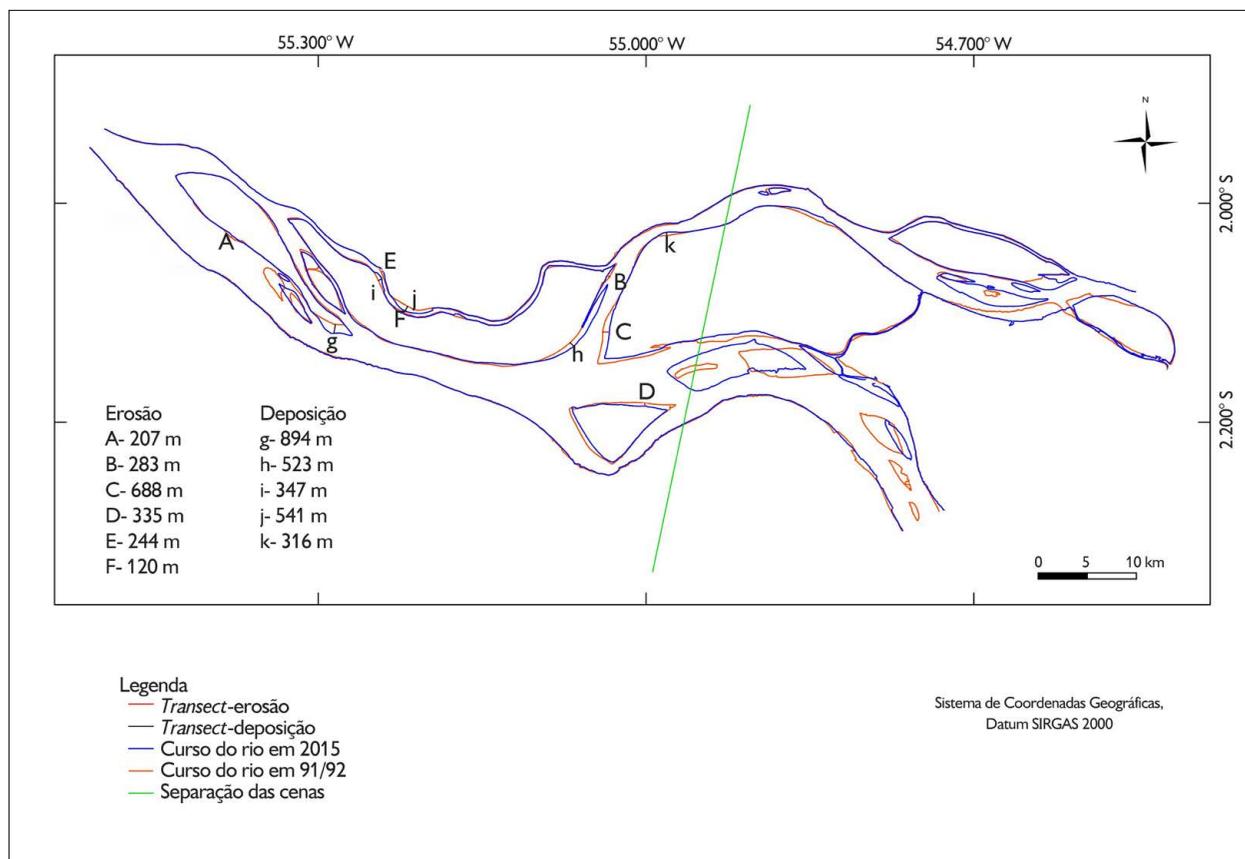


Figura 9. Aferição das dinâmicas fluviais de erosão e deposição ocorridas em ilhas na região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará, no período da seca de 1991/1992 a 2015. A linha azul representa o curso do rio Amazonas em 2015, enquanto a linha laranja representa o curso do rio Amazonas em 1991/1992. A linha verde representa uma separação entre os endereços das cenas. A sobreposição dos cursos em períodos distintos possibilitou a identificação de áreas onde ocorreram processos de erosão e deposição sedimentar, cujas extensões foram estimadas usando *transects*. Para facilitar a visualização da erosão e da deposição, as letras maiúsculas indicam erosão e minúsculas, deposição.

Tabela 3. Áreas das ilhas da região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará, em hectares, conforme numeração (ID) na Figura 10.

Ilha ID	Área (ha) histórica (1991/1992)	Área (ha) recente (2015)	Comparação do acúmulo ou perda de área (ha)
1	5.585	5.719	+ 134 (deposição = 2,4%)
2	14.848	15.116	+ 268 (deposição = 1,8%)
3	3.653	3.155	- 498 (erosão = 13,6%)
4	217	854	+ 44 (deposição = 5,4%)
5	593	32	- 281 (erosão = 89,8%)
6	313		
7	195	312	+ 117 (deposição = 60%)

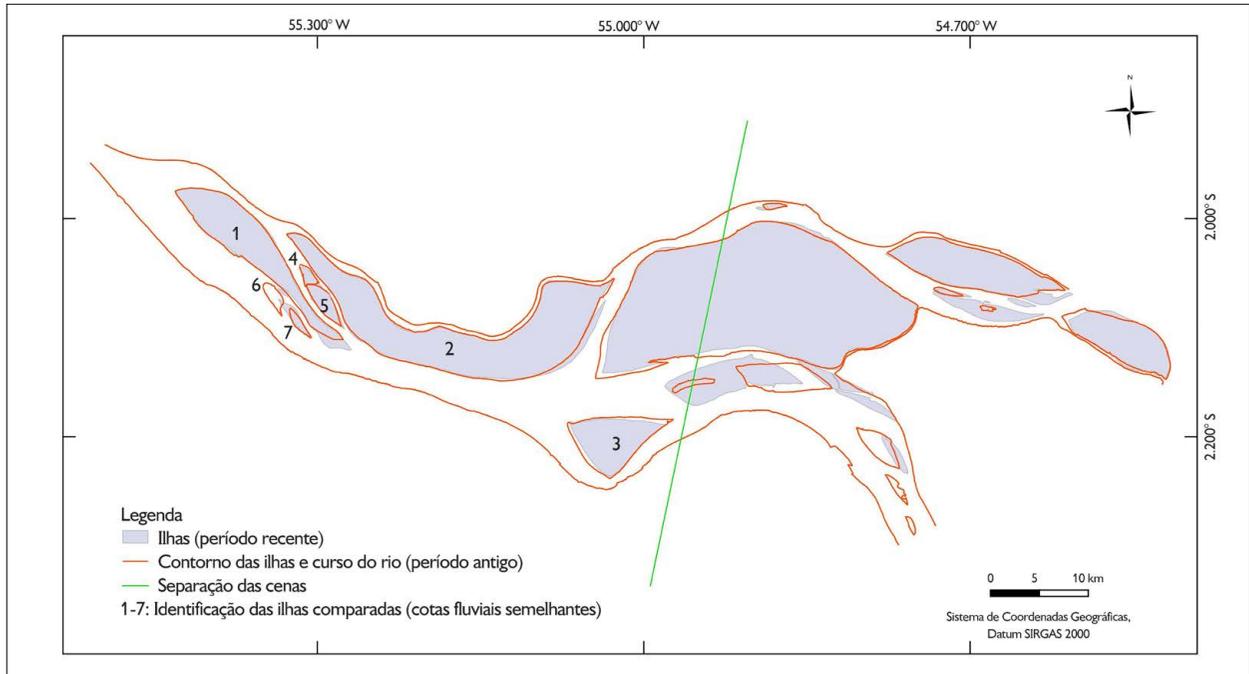


Figura 10. Comparação das dimensões de sete ilhas históricas (1991/1992) e recentes (2015) no período da seca na região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará. Os contornos das ilhas históricas podem ser visualizados com a linha alaranjada, representando o curso do rio Amazonas em 1991/1992; enquanto os polígonos correspondentes às ilhas recentes (2015) foram preenchidos com a cor azul. A linha verde representa uma separação entre os endereços das cenas.

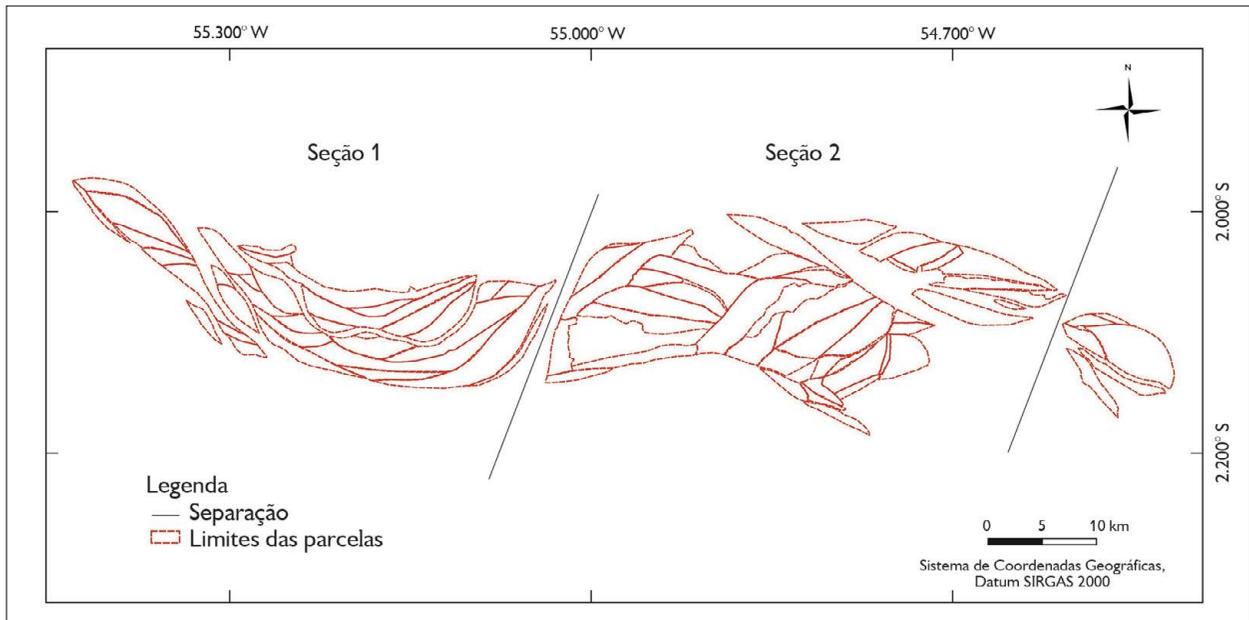


Figura 11. Divisão de oitenta e quatro parcelas identificadas na região de pesquisa das várzeas de Curuá-Alenquer, Pará, em duas seções para facilitar a visualização das áreas na leitura da sequência deposicional. As parcelas são unidades de deposição sedimentar correspondentes a cicatrizes de sedimentação (*scroll bars*), demarcadas com linhas vermelhas tracejadas. As linhas pretas representam a divisão.

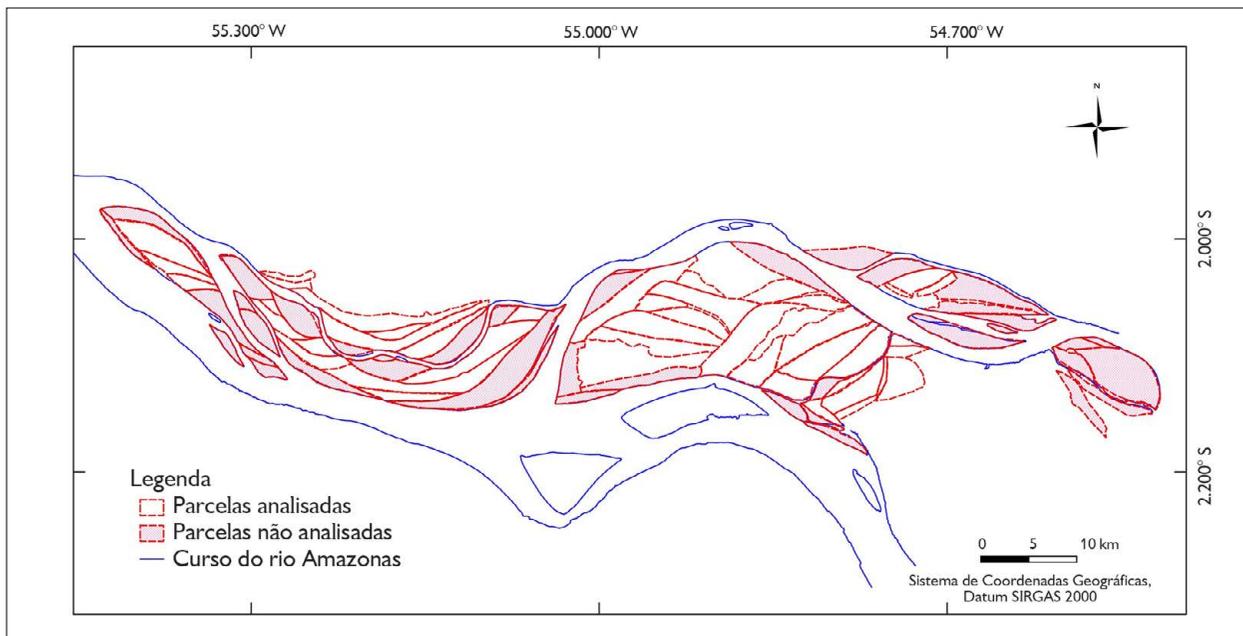


Figura 12. A seleção das parcelas analisadas seguiu o critério de influência da atividade fluvial recente do rio Amazonas (áreas de deposição são mais recentes e áreas de erosão são menos estáveis). Ao todo, estabelecemos uma história de formação para 43 parcelas (sinalizadas em branco). A linha azul corresponde ao curso do rio Amazonas no período da seca (recente, em 2015).

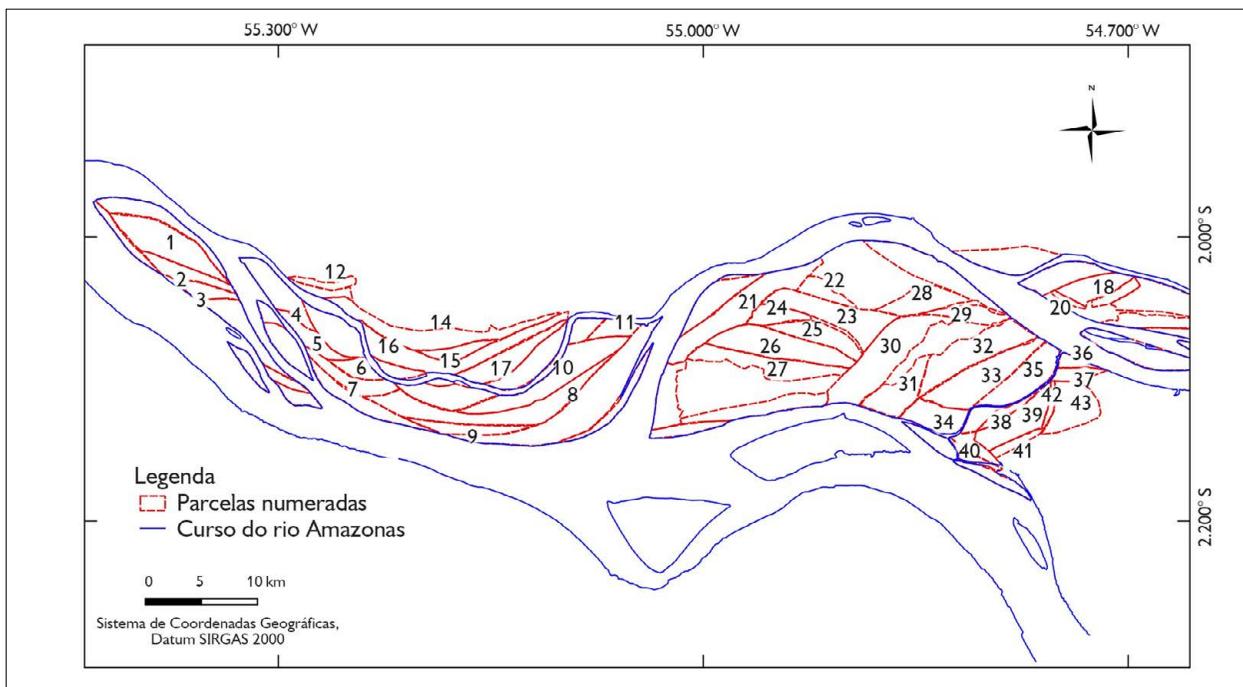


Figura 13. Identificação numérica das 43 parcelas avaliadas para sequência cronológica junto ao curso do rio Amazonas. A identificação numérica é necessária para poder utilizar um diagrama que apresente a leitura hipotética de deposição. A linha azul corresponde ao curso do rio Amazonas no período da seca (recente, em 2015).



Cronologia hipotética das parcelas

Seis diagramas de cronologia foram construídos de acordo com as sequências identificadas. A cronologia das parcelas mais 'estáveis' em cada divisão segue os princípios da geomorfologia fluvial (Figuras 14 e 15). As parcelas que aparentam ser mais antigas, entre as suas respectivas sequências geomorfológicas, são 1, 4, 12, 18, 27 e 29. Acreditamos que essas têm maior potencial arqueológico pelo tempo que existem na várzea. A confirmação da cronologia exigirá testagem em campo.

LOCALIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

O resultado da classificação supervisionada na imagem de satélite recente é exposto na Figura 16. É importante destacar que a classificação não distingue a 'altura' da cobertura vegetal, mas a inclusão da área, como tendo vegetação, dependia em não estar coberta pelas águas da cheia. A finalidade de apresentar a vegetação como máscara era (em sobreposição

com as parcelas analisadas) demonstrar as áreas possivelmente mais altas ou que correspondem aos diques marginais. Esse recorte de parcelas estáveis está visível nas Figuras 17 e 18.

Maiores trabalhos de verificação *in situ* são necessários para delimitar a confiança de que esses mapas podem demonstrar a localização de diques marginais. No entanto, devido à extensão da várzea do rio Amazonas, os critérios aplicados por nossa metodologia permitiram delinear uma proposta inicial para prospecção arqueológica. Etapas de campo irão proporcionar também um maior reconhecimento da diversidade de conjuntos de plantas existentes nas várzeas, contribuindo para o refinamento de algoritmos de classificação e auxiliando na melhoria da proposta de prospecção. Constatamos, por exemplo, que a máscara de vegetação poderia ser refinada para melhor detectar tipos que estão relacionados a diferentes posições topográficas.

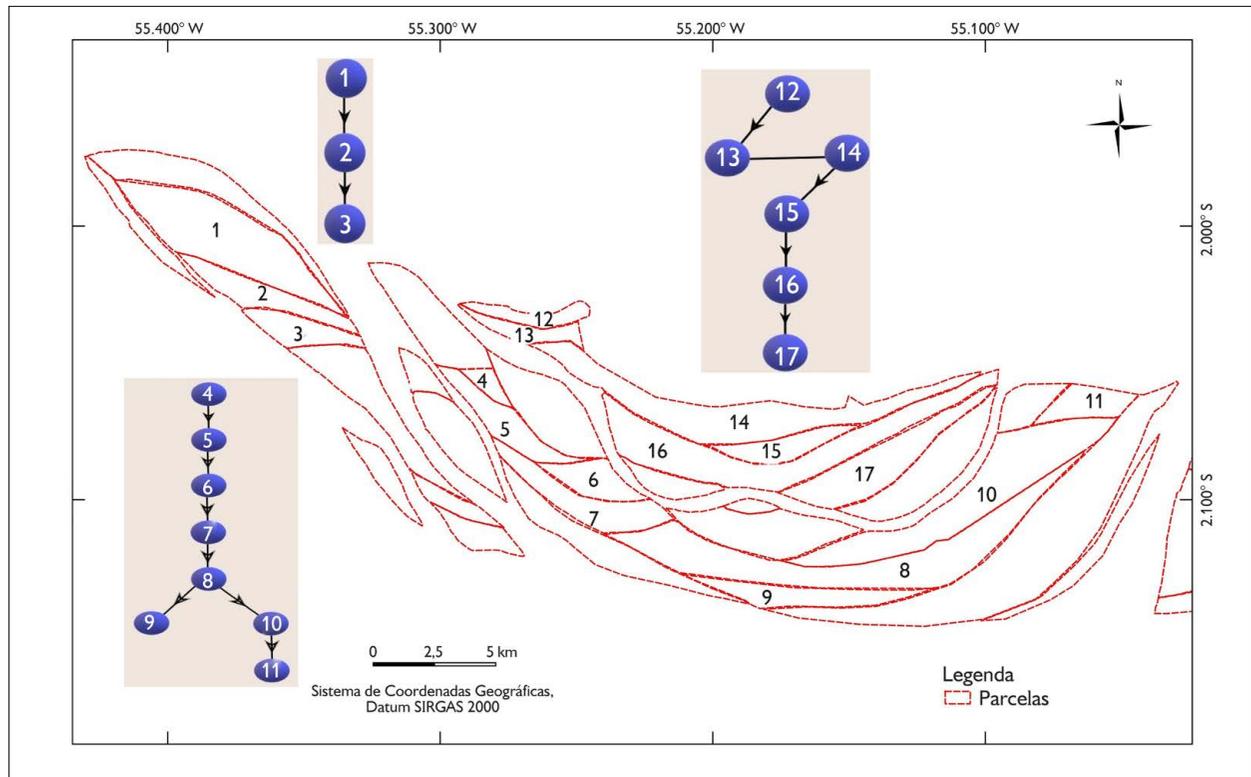


Figura 14. Parcelas da seção 1 com identificações numéricas junto a três matrizes de leitura hipotética de deposição. Nos diagramas, as setas apontam sempre para a parcela mais recente, assim, as parcelas mais antigas aparecem no topo do diagrama. Diagramas: Lana Melo (2019).

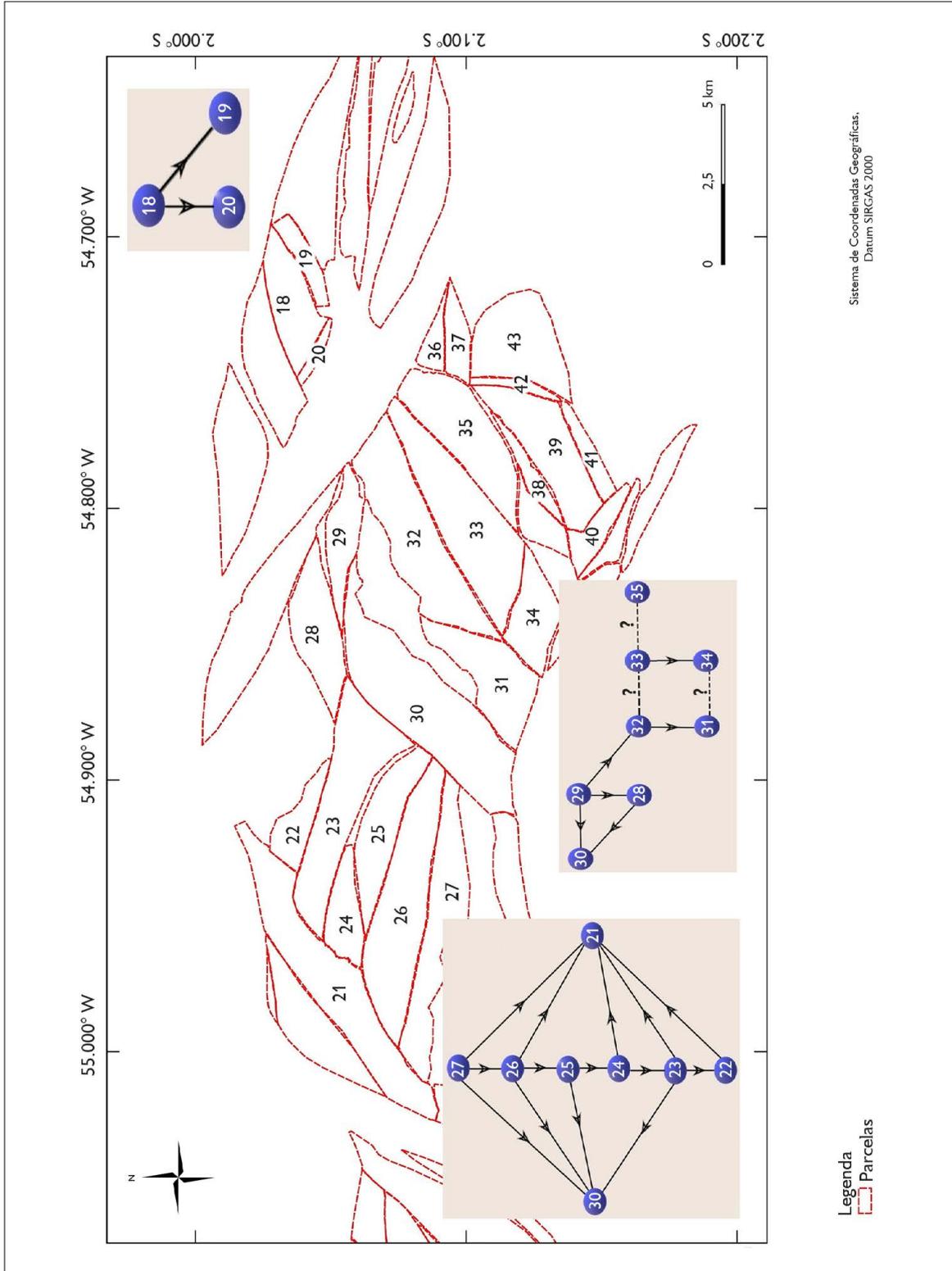


Figura 15. Parcelas da seção 2 com identificações numéricas junto a três matrizes de leitura hipotética de sequência deposicional. Nos diagramas, as setas apontam sempre para a parcela mais recente, no intuito de destacar a provável parcela mais antiga no topo do diagrama. Diagramas: Lana Melo (2019).

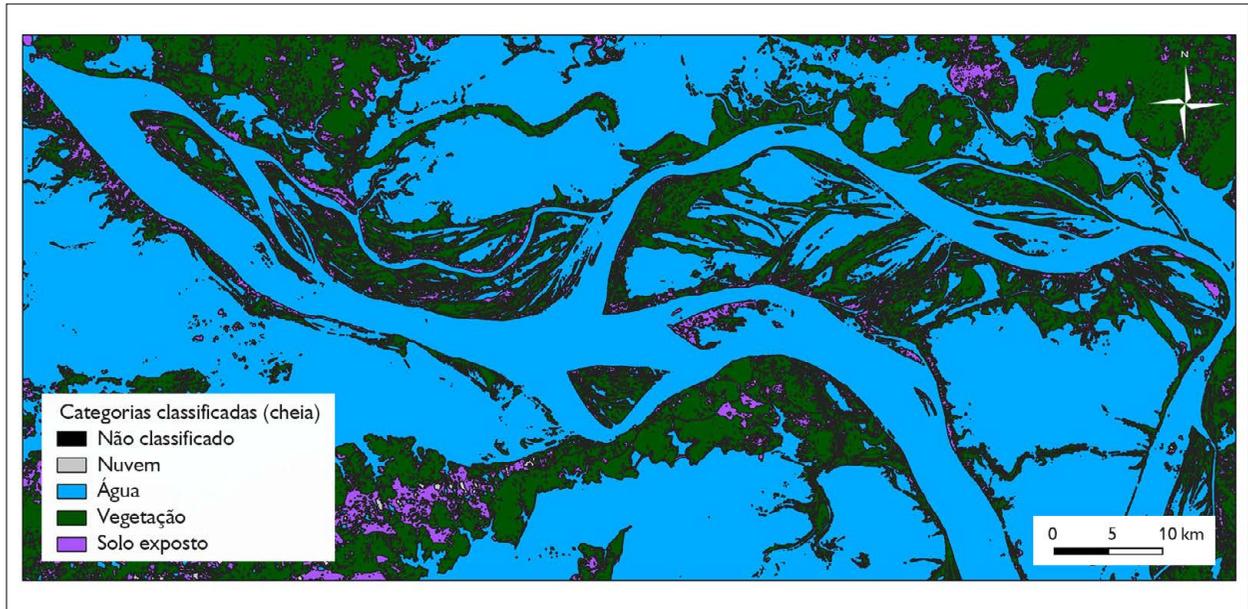


Figura 16. Classificação supervisionada de imagem no período da cheia em julho do ano de 2017, na região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará. A cor azul representa a água, verde, a vegetação e roxo, o solo exposto. Classificação supervisionada feita com o SCP, versão 6.4.0-Greenbelt.

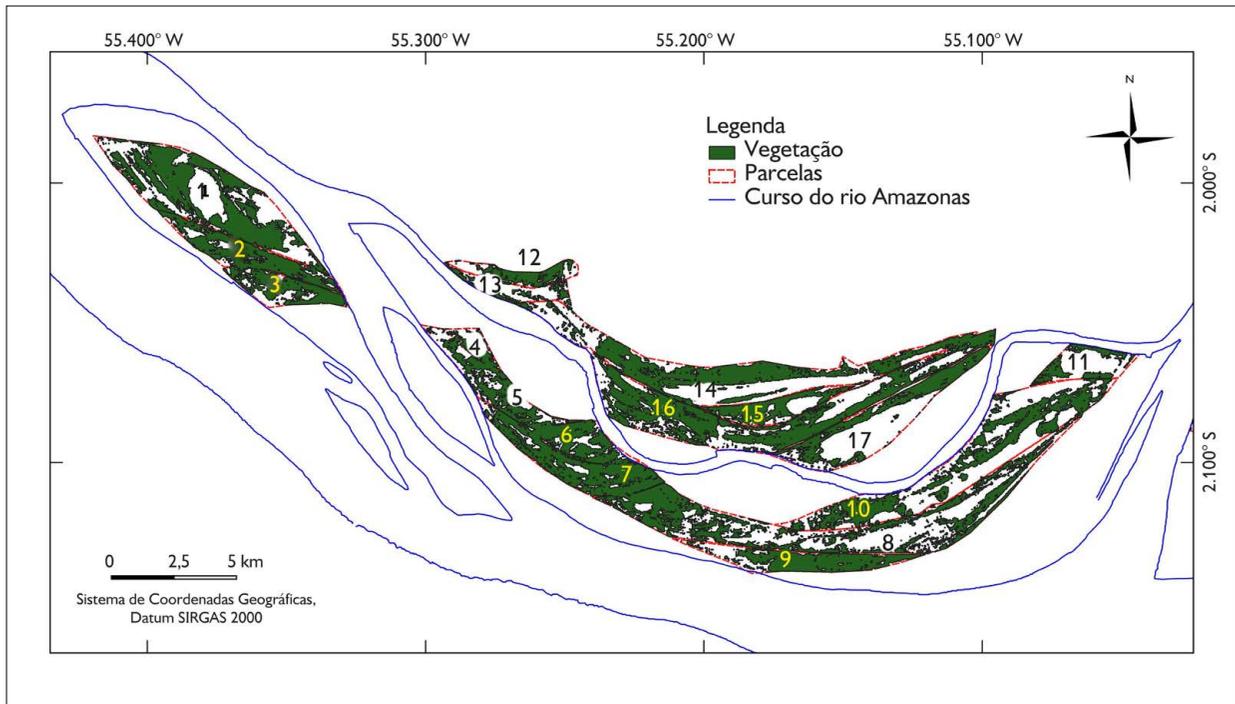


Figura 17. Máscara de vegetação nas parcelas da seção 1 da região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará, junto ao curso do rio Amazonas. A vegetação está em verde e o curso do rio Amazonas, em azul no período da seca (recente, em 2015). As cores dos números não simbolizam nada, servindo apenas para facilitar a visualização.

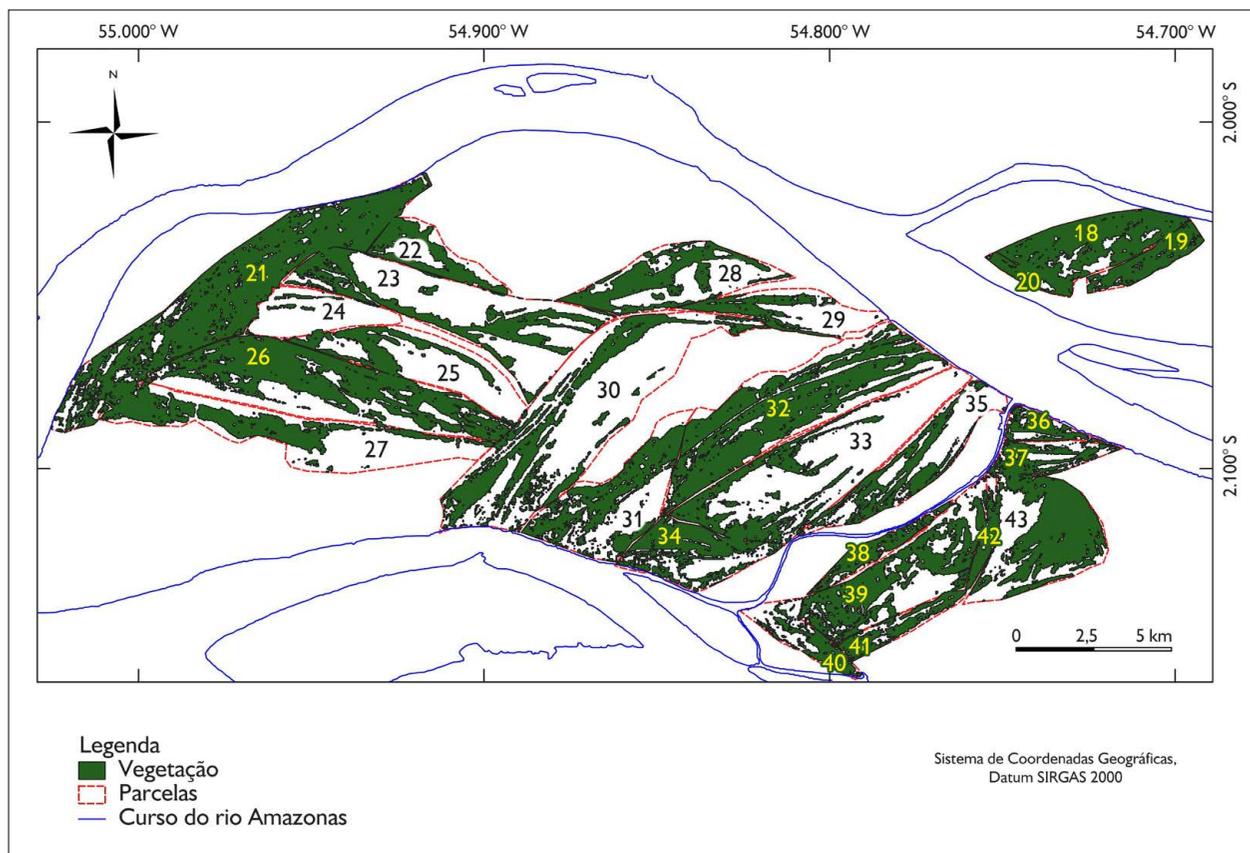


Figura 18. Máscara de vegetação nas parcelas da seção 2 da região de várzeas Curuá-Alenquer, Pará, junto ao curso do rio Amazonas. A vegetação está em verde e o curso do rio Amazonas, em azul no período da seca (recente, em 2015). As cores dos números não simbolizam nada, servindo apenas para facilitar a visualização.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Neste artigo, mostramos que as várzeas possuem dinâmicas próprias de formação e transformação. Entender as dinâmicas da várzea nos ajuda a compreender as especificidades dos contextos com os quais as populações humanas lidaram ao ocupar esse ecossistema. Assim, deve-se fazer um esforço, dentro da arqueologia, de compreensão e reconhecimento dos múltiplos ambientes e de suas especificidades, como os existentes na várzea: restinga, lago, praia, campos, canais e florestas (Barboza et al., 2013); e ainda, abaixo desses ambientes, de formações geomorfológicas que poderiam ter influenciado as ocupações. Portanto, contribuímos com o debate estabelecido por acadêmicos que propõem o abandono

de visões homogeneizantes da Amazônia. Entendemos que a diversidade precisa ser compreendida para melhor explorar as inter-relações entre grupos humanos e paisagens (Neves, 2012, 2019; Shock & Moraes, 2019).

Para além da diversidade ambiental e cultural da Amazônia, a arqueologia também se depara com uma dificuldade metodológica que é a extensão continental do bioma e, principalmente, das suas águas. A dimensão quilométrica das várzeas leva, assim, à necessidade de um constante desenvolvimento de métodos de prospecção e princípios norteadores que nos auxiliem a lidar com a busca de sítios arqueológicos nos vastos territórios aquáticos.

Nesta pesquisa, apresentamos um conjunto de características que podem ser utilizadas para indicar áreas

possivelmente mais estáveis e antigas da várzea. As barras de pontal/*scroll bars* (que demonstram onde os meandros dos rios acumularam sedimentos) afastadas do curso atual do rio e suas transformações recentes de terras caídas e terras crescidas são mais estáveis e, portanto, provavelmente mais antigas, porém ainda não sabemos com precisão o quão antigas são. No entanto, também vimos que, como as barras de pontal são formadas às margens dos rios, é possível que essas áreas contenham diques marginais (partes mais altas), que podem ser identificados por meio de sua composição vegetal (floresta alta de várzea), lembrando que a distância referente ao canal (originalmente) também teria sido distinta em relação à área com o rio atual. Os antigos negativos de sedimentação, na maioria das vezes, não se encontram nas ilhas pequenas. Esses antigos negativos estão nas ilhas maiores das várzeas. Como os rios meandram transformam continuamente suas planícies de inundação, as partes internas das ilhas grandes correspondem a áreas formadas quando o rio seguia outros cursos.

Portanto, aconselhamos que um dos lugares mais ideais para iniciar o levantamento de sítios arqueológicos sejam os setores interiores dentro da dinâmica da planície de inundação. Assim, dentro dos ambientes de várzea, sugerimos que podemos começar a prospectar algumas áreas específicas das ilhas maiores que, por serem mais antigas e estáveis, apresentam mais chances de conservar sítios arqueológicos.

Neste trabalho, investigamos as dinâmicas fluviais e a vegetação (mesmo que esta última precise de refinamento), mas ainda não foi possível identificar as estruturas antropogênicas (como canais e lagos artificiais) da área de estudo, já que esse mapeamento exige detalhamento e uma melhor resolução espacial (possível obtenção por

aerofotogrametria a partir de VANT, apesar de limitações para grandes áreas por causa da autonomia de bateria). Ainda sobre esse tópico, a resolução espacial das imagens de satélite provenientes da série Landsat é de 30 m¹¹ e, para a identificação dessas estruturas, sugerimos imagens com resolução mínima de 1 m. Devido aos altos preços a serem pagos para a aquisição dessas imagens de satélite, pretendemos futuramente realizar essa etapa. Um outro ponto metodológico que poderá completar esse estudo são as análises físico-químicas dos sedimentos oriundos de seções verticais a serem coletadas em cada parcela identificada como antiga, bem como sua datação absoluta. Há métodos disponíveis de datação absoluta de sedimentos como a Luminescência Opticamente Estimada (LOE) (Sallun et al., 2007; Silva & Corrêa, 2009, pp. 48, 49) e datação da radioatividade de chumbo, ²¹⁰Pb (Swarzenski, 2014), que permitem um refinamento da cronologia de formação das parcelas da várzea. Em associação com a datação dos vestígios arqueológicos, a datação das parcelas nos permitirá ter uma melhor compreensão de como e quando as várzeas foram ocupadas. Além disso, nosso estudo se concentrou nas várzeas modernas¹² (formadas ao longo do Holoceno), mas existe também um potencial enorme de estudo nas paleo-várzeas (formadas durante o Pleistoceno) que requerem metodologias a serem exploradas futuramente.

A vegetação das áreas de várzea também é um ponto que merece ser mais estudado, pois ela pode ser utilizada como ferramenta para encontrar áreas mais estáveis. Existe uma grande variabilidade da cobertura vegetal desses ambientes (floresta alta, floresta baixa, aningais etc.) e, por conta da resolução aqui utilizada, não foi possível compreendê-la em sua plenitude. Futuramente, um reconhecimento melhor da cobertura vegetal presente

¹¹ Mesmo sendo possível realizar o procedimento de *pansharpening* (fusão da banda 8 – pancromática no Landsat 8 – a composições coloridas para aumentar a resolução espacial de 30 m para 15 m), tal resolução ainda não seria suficiente para a visualização de estruturas antropogênicas.

¹² De acordo com nossos resultados, a identificação e a leitura de cicatrizes de meandros são melhor aplicadas nos contextos das várzeas holocênicas.

nessas áreas pode ser realizado por meio do uso de VANT (como um *drone*), através de imagens aéreas para percepção/indicação de topografia e também por meio de visita às áreas junto a equipes multidisciplinares que tenham conhecimento acerca das plantas da várzea.

As várzeas do Baixo Amazonas são atualmente ocupadas por várias comunidades ribeirinhas e quilombolas (Barboza et al., 2013) e seus moradores são grandes conhecedores da sazonalidade, das dinâmicas fluviais e da vegetação. São também os principais guardiões dos sítios arqueológicos da várzea. Nesse sentido, entendemos que elas também podem ser consideradas como, nos termos de Rocha e Honorato (2016), 'locais de ocupação e memória' dos grupos que habitaram no passado e habitam ainda hoje este ecossistema. O uso do sensoriamento remoto pelas e nas comunidades pode ser um aliado tanto na identificação quanto na conservação de sítios arqueológicos em áreas de várzea.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA). (2018). *Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) Estação Fluviométrica, Código 17050001, Nome Óbidos*. <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>
- Allaby, M. (2013). *A dictionary of geology and earth sciences*. Oxford University Press.
- Angulo, R. J., Lessa, G. C., & Souza, M. C. (2006). A critical review of mid-to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, 25(5-6), 486-506. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.03.008>
- Arroyo-Kalin, M. (2017). Las tierras antrópicas amazónicas: Algo más que un puñado de tierra. In S. Rostain & C. J. Betancourt (Orgs.), *Las siete maravillas de la Amazonia pre-colombina* (pp. 99-117). Plural Editores.
- Ashworth, P. J., & Lewin, J. (2012). How do big rivers come to be different? *Earth-Science Reviews*, 114(1-2), 84-107. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.05.003>
- Barboza, R. S. L., Barboza, M. S. L., & Pezzuti, J. C. B. (2013). "Estava pescando de malhadeira, vi na praia uns cascos brilhando, era luar, abeirei a terra e fui pegar": práticas de pesca de quelônios na várzea Amazônica (Santarém-PA). *Amazônica - Revista de Antropologia*, 5(3), 624-653. <http://dx.doi.org/10.18542/amazonica.v5i3.1583>
- Brown, A. G. (1997). *Alluvial geoarchaeology: Floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge University Press.
- Campos, V. S. (2019). *Por uma história de ocupação humana da várzea: utilização de sensoriamento remoto para pensar prospecção arqueológica* [Monografia de conclusão de curso, Universidade Federal do Oeste do Pará].
- Christofoletti, A. (1980). *Geomorfologia* (2. ed.). Blucher.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. X. (2013). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36(3), 199-204. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2013/v36i3/002>
- Costa, A. G. M. (2012). Arqueologia da região do Aritapera. In D. P. Schaan (Org.), *Arqueologia, patrimônio e multiculturalismo na beira da estrada: pesquisando ao longo das rodovias Transamazônica e Santarém-Cuiabá* (pp. 93-97). GK Noronha.
- Cunha, S. B. (2012a). Bacias hidrográficas. In S. B. Cunha & A. J. T. Guerra (Orgs.), *Geomorfologia do Brasil* (8. ed., pp. 229-271). Bertrand Brasil.
- Cunha, S. B. (2012b). Geomorfologia fluvial. In A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (Orgs.), *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos* (11. ed., pp. 211-252). Bertrand Brasil.
- D'Aquino, G. I. R. (2001). *O fumo e os cachimbos cerâmicos na pré-história da Amazônia brasileira - Os "sambaquis" de Alenquer e os Tapajó de Santarém* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco].
- D'Aquino, G. I. R. (2003). Os cachimbos tubulares falomorfo cerâmicos de Alenquer/PA. *Revista CLIO, Série Arqueológica*, 1(16), 193-201.
- Denevan, W. M. (1996). A bluff model of riverine settlement in prehistoric Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers*, 86(4), 654-681. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1996.tb01771.x>
- Florenzano, T. G. (2011). *Iniciação em sensoriamento remoto* (3. ed.). Oficina de Textos.
- Fonseca Júnior, J. A. A. (2013). Levantamento regional na arqueologia amazônica: o uso de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 8(3), 675-690. <https://doi.org/10.1590/S1981-81222013000300012>
- Fonseca Júnior, J. A. A. (2018). Padrões de distribuição espacial e modelos preditivos: os sítios arqueológicos no baixo curso dos rios Nhamundá e Trombetas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 13(2), 353-376. <https://doi.org/10.1590/1981.81222018000200006>
- Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2006). *Practical and theoretical geoarchaeology*. Blackwell Publishing.



- Harris, E. (1989). *Principles of archaeological stratigraphy* (2. ed). Academic Press.
- Hilbert, P.P. (1959). Achados Arqueológicos num sambaqui do Baixo Amazonas. *Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará*, 26(4), 578-578. <https://doi.org/10.2307/278769>
- Irion, G. (1984). Sedimentation and sediments of Amazonian rivers and evolution of the Amazonian landscape since Pliocene times. In H. Sioli (Org.), *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin* (pp. 201-214). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6542-3_7
- Irion, G., Mello, J. A. S. N., Morais, J., Piedade, M. T. F., Junk, W. J., & Garming, L. (2010). Development of the Amazon valley during the Middle to Late Quaternary: Sedimentological and climatological observations. In W. Junk, M. Piedade, F. Wittmann, J. Schöngart & P. Parolin (Eds.), *Amazonian floodplain forests* (pp. 27-42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_2
- Irion, G., & Kalliola, R. (2011). Long-term landscape development processes in Amazonia. In C. Hoorn & F.P. Wesselingh (Orgs.), *Amazonia: Landscape and species evolution: a look into the past* (pp. 185-197). Blackwell Publishing.
- Jensen, J. R. (2011). *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres* (J. C. N. Epiphany, Trad.). Parêntese.
- Junk, W. J. (1984). Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian whitewater rivers. In H. Sioli (Org.), *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin* (pp. 215-243). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6542-3_8
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M., & Wittmann, F. (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31(4), 623-640. <https://doi.org/10.1007/s13157-011-0190-7>
- Lathrap, D. W. (1975). *O Alto Amazonas*. Verbo.
- Lewin, J., & Ashworth, P. J. (2014). The negative relief of large river floodplains. *Earth-Science Reviews*, 129, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.10.014>
- Lima, A. M. A. (2018). A ecologia de assentamentos, interações sociais ameríndias e o contexto geográfico dos muraquitãs no baixo Amazonas. *Cadernos do LEPAARQ (UFPEL)*, 15(30), 121-141. <https://doi.org/10.15210/lepaarq.v15i30.13816>
- Lima, A. M. A., Rosa, P., & Cassino, M. F. (2020). Arqueologia e simbologia na região do baixo rio Juruá. In *Anais Eletrônicos do XX Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira*. https://www.xxcongresso.sabnet.org/resources/anais/8/1567090528_ARQUIVO_270819.pdf
- Lombardo, U., Iriarte, J., Hilbert, L., Ruiz-Pérez, J., Capriles, J. M., & Veit, H. (2020). Early Holocene crop cultivation and landscape modification in Amazonia. *Nature*, 581(7807), 190-193. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2162-7>
- Macedo, R. S., Teixeira, W. G., Lima, H. N., Souza, A. C. G., Silva, F. W. R., Encinas, O. C., & Neves, E. G. (2019). Amazonian dark earths in the fertile floodplains of the Amazon River, Brazil: An example of non-intentional formation of anthropic soils in the Central Amazon region. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 14(1), 207-227. <https://doi.org/10.1590/1981-81222019000100013>
- Meggers, B. J. (1987). *Amazônia, a ilusão de um paraíso perdido*. Itatiaia/EDUSP.
- Meireles, A. J. A., Arruda, M. G. C., Gorayeb, A., & Thiers, P. R. L. (2005). Integração dos indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas no litoral cearense. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, 4(8), 109-134. <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/103>
- Moraes, B. C., Costa, J. M. N., Costa, A. C. L., & Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, 35(2), 207-214. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- Neves, E. G. (1999). O velho e o novo na arqueologia amazônica. *Revista USP*, (44), 86-111. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i44p86-111>
- Neves, E. G., & Petersen, J. B. (2006). Political economy and Pre-Columbian landscape transformations in Central Amazonia. In W. Balée & C. L. Erickson (Eds.), *Time and complexity in historical ecology* (pp. 279-309). Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/bale13562-012>
- Neves, E. G. (2012). *Sob os tempos do equinócio: oito mil anos de história na Amazônia Central (6.500 AC—1.500 DC)* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo].
- Neves, E. G. (2019). O rio Amazonas: fonte de diversidade. *Revista del Museo de La Plata*, 4(2), 385-400. <https://doi.org/10.24215/25456377e082>
- Nimuendajú, C. (2004). *In pursuit of a past Amazon: Archaeological researches in the Brazilian Guyana and in the Amazon region*. Elanders Infologistik.
- Riccomini, C., Almeida, R. P. D., Giannini, P. C. F., & Mancini, F. (2009). Processos fluviais e lacustres e seus registros. In W. Teixeira, M. C. M. Toledo, T. R. Fairchild & F. Taioli (Orgs.), *Decifrando a Terra* (pp. 306-333). Companhia Editora Nacional.
- Rocha, B. C., & Honorato, V. T. (2016). Floresta virgem? O longo passado humano da bacia do Tapajós. In D. F. Alarcon, B. Millikan & M. Torres (Orgs.), *Ocekad: hidrelétricas, conflitos socioambientais e resistência na Bacia do Tapajós* (pp. 395-415). International Rivers Brasil.

- Roosevelt, A. C., Housley, R. A., Silveira, M. I., Maranca, S., & Johnson, R. (1991). Eighth millennium pottery from a prehistoric shell midden in the Brazilian Amazon. *Science*, 254(5038), 1621-1624. <https://doi.org/10.1126/science.254.5038.1621>
- Rozo, M. G., Nogueira, A. C. R., & Castro, C. S. (2014). Remote sensing-based analysis of the planform changes in the Upper Amazon River over the period 1986–2006. *Journal of South American Earth Sciences*, 51, 28-44. <https://doi.org/10.1016/j.james.2013.12.004>
- Sallun, A. E. M., Suguio, K., Tatumí, S. H., Yee, M., Santos, J., & Barreto, A. M. F. (2007). Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(2), 402-413. <https://repositorio.usp.br/bitstream/6d653941-c3d3-4314-bcad-7fe6d2905c4c/1819921.pdf>
- Schmidt, M. J., Py-Daniel, A. R., Moraes, C. P., Valle, R. B. M., Caromano, C. F., Texeira, W. G., . . . Heckenberger, M. J. (2014). Dark earths and the human built landscape in Amazonia: A widespread pattern of anthrosol formation. *Journal of Archaeological Science*, 42, 152-165. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.11.002>
- Shock, M. P., & Moraes, C. P. (2019). A floresta é o domus: a importância das evidências arqueobotânicas e arqueológicas das ocupações humanas amazônicas na transição Pleistoceno/Holoceno. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 14(2), 263-289. <https://doi.org/10.1590/1981.81222019000200003>
- Silva, D. G., & Corrêa, A. C. B. (2009). Evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova, Pernambuco–Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2(2), 43-56. <https://www.researchgate.net/publication/322346960>
- Sioli, H. (1984). The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In Autor, *The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin* (pp. 127-165). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-6542-3_5
- Souza, J. G., Schaan, D. P., Robinson, M., Barbosa, A. D., Aragão, L. E. O. C., Marimon Jr., B. H., . . . Iriarte, J. (2018). Pre-Columbian earth-builders settled along the entire southern rim of the Amazon. *Nature Communications*, 9(1), 1125. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03510-7>
- Strick, R. J. P., Ashworth, P. J., Awcock, G., & Lewin, J. (2018). Morphology and spacing of river meander scrolls. *Geomorphology*, 310, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.03.005>
- Suguio, K., Martin, L., Bittencourt, A. C. S. P., Dominguez, J. M. L., Flexor, J. M., & Azevedo, A. E. G. (1985). Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(4), 273-286. <https://repositorio.usp.br/bitstream/349b6b06-f198-47b0-a873-d2c6c9f05d21/0755596.pdf>
- Swarzenski, P. W. (2014). ²¹⁰Pb Dating. In W. Rick & J. Thompson (Eds.), *Encyclopedia of scientific dating methods* (pp. 1–11). Springer. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-94-007-6326-5_236-1
- United States Geological Survey (USGS). (2021). *What are the best Landsat spectral bands for use in my research?* https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-research?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products
- United States Geological Survey (USGS). (n. d.a). *GloVis*. <https://glovis.usgs.gov/app>
- United States Geological Survey (USGS). (n. d.b). *Earth Explorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

V. S. Campos contribuiu com conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização e escrita (rascunho original, revisão e edição); M. P. Shock com conceituação, aquisição de financiamento, investigação, metodologia, administração de projeto, recursos, visualização e escrita (rascunho original, revisão e edição); e G. P. Carneiro com visualização e escrita (rascunho original, revisão e edição).

