

MUDANÇA RECENTE NO LEITO DO RIO SOLIMÕES À MONTANTE DA CONFLUÊNCIA COM O RIO NEGRO, AMAZONAS

Recent Change in the bed of the Solimões River Upward the Confluence With the Negro River, Amazonas

André Campos Alves

Universidade Federal do Amazonas, Brasil
alvesandrecampos@gmail.com

José Alberto Lima de Carvalho

Universidade Federal do Amazonas, Brasil
albertogeografo@gmail.com

Gabriela Mendonça da Silva

Universidade Federal do Amazonas, Brasil
gabrielamendoncadasilva@gmail.com

Recebido: 14.04.2022

Aceito: 24.07.2022

Resumo

As implicações da dinâmica fluvial (erosão e deposição) no rio Solimões podem atingir diferentes escalas, sejam elas locais ou regionais. A área de estudo está inserida no complexo sistema fluvial da confluência dos rios Solimões e Negro, logo à montante do “encontro das águas”. Este trabalho teve por objetivo analisar o rápido preenchimento e mudança do leito do rio Solimões, que se encontrava na margem direita, bifurcado pela Ilha da Marchantaria, e seu encaixe à margem esquerda do rio. Para a elaboração do trabalho, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto que permitem estimar os índices hidromorfológicos a partir das imagens da série Landsat (TM-5 e OLI-8), com intervalo temporal de 23 anos (1995, 2005 e 2018). Constatou-se que este trecho do rio Solimões está passando por mudanças morfológicas no seu leito, sedimentado na margem direita (porção sul) e erodindo na margem esquerda (porção norte).

Palavras-chave: Rio Solimões; Dinâmica fluvial; Sensoriamento Remoto.

Abstract

The implications of fluvial dynamics (erosion and deposition) in the Solimões River can reach different local or regional scales. The study area is part of the complex fluvial system at the confluence of the Solimões and Negro rivers, just upstream of the “meeting of the waters”. This study aimed to analyze the rapid filling and change of the Solimões river bed on the right bank, bifurcated by the Marchantaria Island and fitting to the left bank of the river. For the elaboration of the work, Remote Sensing techniques were used that allow the estimation of hydromorphological indices from the images of the Landsat series (TM-5 and OLI-8), with a time interval of 23 years (1995, 2005 and 2018). As a result, it was found that this stretch of the Solimões River is undergoing morphological changes in its bed, with sediment on the right bank (south portion) and eroding on the left bank (north portion).

Keywords: Solimões river; Fluvial dynamics; Remote Sensing.

1. INTRODUÇÃO

Os rios que compõem a bacia de drenagem do rio Amazonas são considerados jovens. Portanto, apresentam uma dinâmica fluvial muito intensa, corroborando para estudos em ambientes de planícies inundáveis. O rio Amazonas quanto seus tributários passam por evoluções do Quaternário, período marcado por oscilações climáticas significativas e por um volume maior de atividades antrópicas (SUGUIO, 2010).

A origem e evolução das formas de relevo são resultantes dos processos naturais que atuam por meio de trocas de energia e matéria, nos padrões de um sistema aberto e complexo. Nesse sentido, destaca-se a importância dos sistemas fluviais e a qualidade ativa-passiva na forma do relevo, ou seja, assim como são agentes ativos na dissecação do relevo, os rios também são condicionados às propriedades das estruturas que compõem a paisagem.

Os processos de erosão e agregação de sedimentos nas margens dos rios são dinâmicas comuns dos sistemas fluviais. Duas variáveis atribuem aos rios da bacia Amazônica uma peculiaridade em relação aos demais sistemas fluviais do planeta: o tempo e a escala de grandeza com que ocorrem. Na Amazônia, as dinâmicas fluviais ocorrem em intervalos de tempo curto e, geralmente, abrangem grandes extensões de terra, sendo, os mais afetados as pessoas que vivem às margens desses rios que, em muitos casos, tornam-se meros expectadores do fenômeno “terras caídas” e reféns de suas consequências (CARVALHO, 2012).

O fenômeno “terras caídas” trata-se de uma terminologia regional utilizada pelos moradores ribeirinhos para explicar o processo de erosão vertical e marginal dos rios da bacia Amazônica. Carvalho (2012) compreende que esse processo acontece com maior intensidade nos rios de água branca, como o Madeira e o Solimões.

No rio Solimões, os comandantes de embarcações relatam uma mudança significativa no padrão do canal no trecho que fica a aproximadamente 15 quilômetros do seu encontro com o rio Negro. Apesar de se tratar de relatos empíricos, o segmento em questão recebe atenção da comunidade acadêmica há alguns anos, tais como, Oliveira (1996), Fortes (2014), Passos e Soares (2015; 2017).

Oliveira (1996) relata uma evolução morfológica na ilha da Marchantaria, onde a ilha no ano de 1971 possuía 19,5 km². Passados 20 anos, a ilha cresceu, passando a ter 27,5 km² de extensão. Trata-se de evoluções expressivas que, no trabalho de Costa (2007), resultaram numa paisagem pontuada de formas residuais. Sendo assim, o presente

trabalho tem como objetivo compreender o processo de mudança de canal do rio Solimões, da margem direita (porção sul) para a margem esquerda (porção norte), no entorno da sua confluência com o rio Negro.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho voltou-se para o entendimento do complexo sistema geomorfológico do rio Solimões no trecho que fica à distância de aproximadamente 15 quilômetros da sua confluência com o rio Negro (Figura 1). Nesta área, delimitada por um losango quadrilátero que abrange a extensão de 300,28 km², nas últimas três décadas, percebe-se a intensificação dos processos de erosão, transporte e, principalmente, deposição de sedimentos na margem direita.

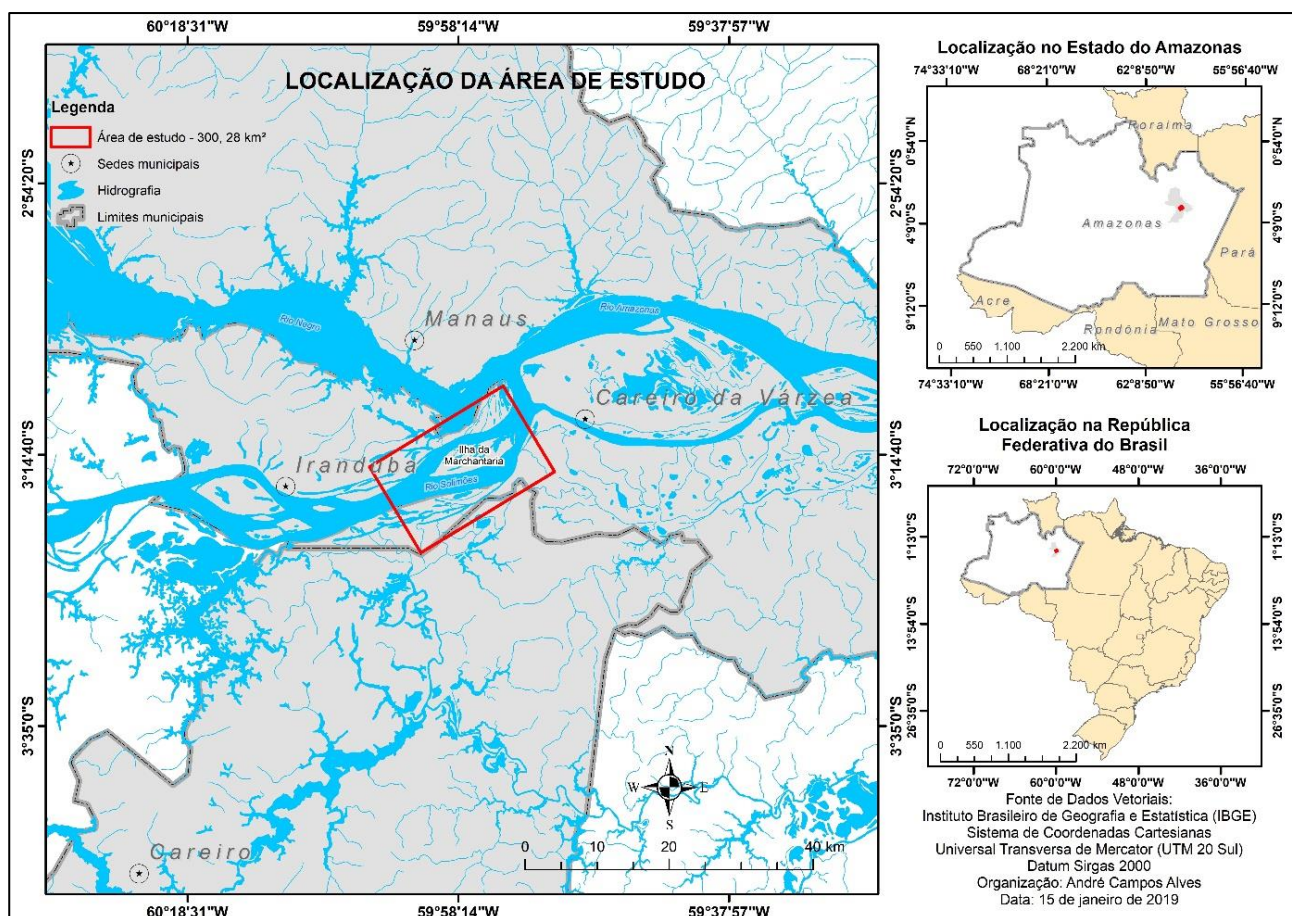


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Os autores

A área de estudo é de domínio dos Aluviões Holocênicos que acompanham os cursos d'água formando a Planície de Inundação e uma pequena área do Platô da Amazônia Centro-Oriental. Nascimento, Mauro e Garcia (1976) identificam a planície

quaternária do rio Solimões/Amazonas como planície fluvial alagada e planície inundável. Deste modo, a várzea é chamada de planície fluvial alagada, classificação dada em situações normais do regime hidrológico do rio Solimões/Amazonas.

Nos três primeiros meses do ano, inicia-se a cheia dos rios, quando a várzea é categorizada como planície inundável e acontece seu total alagamento pelas águas do rio, isto ocorre somente ao longo das grandes enchentes. Estes locais são formados por depósitos sedimentares recentes ou subatuais; os terraços fluviais são conexos ao Pleistoceno Superior e as planícies de inundação ao Holoceno (MAIA e MARMOS, 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Dados de sensoriamento remoto permitem a estimativa quantitativa de índices hidromorfológicos em múltiplas escalas espaciais. Adotaram-se critérios para a seleção das imagens da série Landsat, onde se procurou por imagens que obedecessem ao intervalo temporal de 10 anos e céu claro ou com até 10% com cobertura de nuvens. Por último, realizou-se um filtro das imagens por data, sendo observadas do segundo semestre de cada ano, no período máximo da vazante. A Tabela 1 apresenta as imagens utilizadas e suas respectivas datas de passagem.

Tabela 1: Dados das imagens selecionadas para o estudo.

SÉRIE LANDSAT	DATA DE PASSAGEM	ÓRBITA/ PONTO	COTA FLUVIOMÉTRICA (M)	DIFERENÇA DE COTA (cm)
Landsat-5/TM	06/10/1995	231/062	15,90 m	-
Landsat-5/ TM	01/10/2005	231/062	15,13 m	77
Landsat-8/OLI	06/11/2018	231/062	17,05 m	192

Fonte: USGS. Organização: os autores.

Posteriormente as imagens passaram por um minucioso processo de avaliação. Essa etapa consiste em avaliar visualmente cada banda do sensor. Em seguida, as bandas de cada imagem foram unidas no *software* ENVI 5.0 (Tabela 2).

A partir da composição colorida, os alvos diferenciam-se melhor ao olho humano, possibilitando uma maior distinção de objetos na imagem. Consequentemente, foi possível realizar a próxima etapa do pré-processamento denominada de correção geométrica. De acordo com Centeno (2004), a correção geométrica torna-se necessária devido às imagens orbitais sofrerem com erros sistemáticos que são inerentes à Terra

que correspondem à rotação, a esfericidade, ao relevo e aos erros intrínsecos ao satélite como velocidade, altura e posição. Realizou-se a correção geométrica somente nas imagens Landsat-5/TM e, por ser ortorretificada, utilizou-se a Landsat-8/OLI para servir de referência para as demais.

Tabela 2: Bandas utilizadas (Landsat 5 E 8) e associação as cores RGB.

SATÉLITE	FAIXAS TRABALHADAS
Landsat-5/ TM	Banda 5 (Red),
	Banda 4 (Green)
	Banda 3 (Blue)
Landsat-8/OLI	Banda 6 (Red),
	Banda 5 (Green)
	Banda 4 (Blue)

Fonte: USGS (2018).

De acordo com Centeno (2004), estes erros podem ser corrigidos utilizando metadados das imagens brutas ou por meio da transformação geométrica que mediante um polinômio (1°, 2° ou 3°) visa estimar o conjunto de deformações. As imagens foram corrigidas utilizando o software ENVI 5.0 por meio da ferramenta *Resgistration*. Optou-se pela utilização de 13 pontos bem distribuídos na imagem com base no reconhecimento de padrões radiométricos, utilizando o modo de transformação polinomial de 2ª ordem.

Em todas as imagens, tornou-se necessário reprojeter do hemisfério norte para o hemisfério sul. Para isso, utilizou-se o *software* ENVI 5.0 por meio da ferramenta *Convert map projection*. Definiu-se o sistema de projeção UTM (*Universal Transverso de Mercator*) e Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Visando diminuir o tamanho do arquivo e aperfeiçoar o tratamento digital da imagem, efetuou-se o recorte a partir de uma máscara vetorial abrangendo toda a extensão da ilha da Marchantaria, totalizando uma área de 300,28 km². Assim, realizou-se a aplicação de realce. Segundo Quintanilha, Santos e Ohata (2004), as técnicas de realce são transformações sobre os níveis de cinza de modo a melhorar a qualidade das mesmas, sem necessariamente implicar a construção de modelos sobre sua distribuição. Para Chen (1989), o realce está relacionado com procedimentos utilizados para melhorar a qualidade visual das imagens. Sendo assim, visando melhorar efetivamente a visualização das imagens, optou-se pela aplicação de realce e filtros por meio das ferramentas *Enhance* e *Filter* respectivamente.

Este trabalho adotou as seguintes classes temáticas: massa d 'água, área de erosão e área de deposição. Fundamentado no trabalho de Florenzano (2009), realizou-se a classificação supervisionada das imagens, optando pelo algoritmo de classificação *Maximum Likelihood*. Na classificação supervisionada, o usuário possui informações que possibilitam a identificação de uma ou mais classes de interesse através da definição de áreas representativas na imagem (IBGE, 2006).

Para avaliar o classificador *Maximum Likelihood*, utilizou-se o índice Kappa. De acordo com Centeno (2004), o coeficiente de concordância Kappa é capaz de medir a acurácia de um mapa temático produzido por um determinado processo em função de um mapa temático de referência, ou verdade terrestre. Quanto maior é o valor do coeficiente Kappa, melhor pode ser considerado o resultado do mapa temático produzido pelo uso desse processo.

Com o objetivo de fazer a análise da dinâmica fluvial do rio Solimões, gerou-se arquivos no formato *shapefile* a partir dos resultados da classificação e, dessa forma, a quantificação das áreas de erosão e deposição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dinâmica fluvial entre 1995 e 2005

No correspondente período da análise, constatou-se um acréscimo de barras centrais, sobretudo na margem direita. As barras centrais são geradas durante o período de cheia quando o rio está transportando o maior volume de material em suspensão. Muitas vezes as barras centrais evoluem para o estágio de ilhas, outras desaparecem nos anos seguintes. Essa estabilidade ou não de um depósito de canal depende muito do comportamento do fluxo das correntes. No caso do trecho estudado a barra central que fazia parte da configuração do canal, em 1995, teve decréscimo de 1,22 km² de sua área total no ano de 2005. Em termos percentuais, 43,41% da área total resistiu ao regime de cheias e vazantes da região.

As barras centrais, no ano de 2005, expressaram também importantes alterações do ponto de vista quantitativo. É possível contabilizar quatro barras centrais somente na margem direita do canal, merecendo destaque três, sobretudo pela dimensão de área (Figura 2).

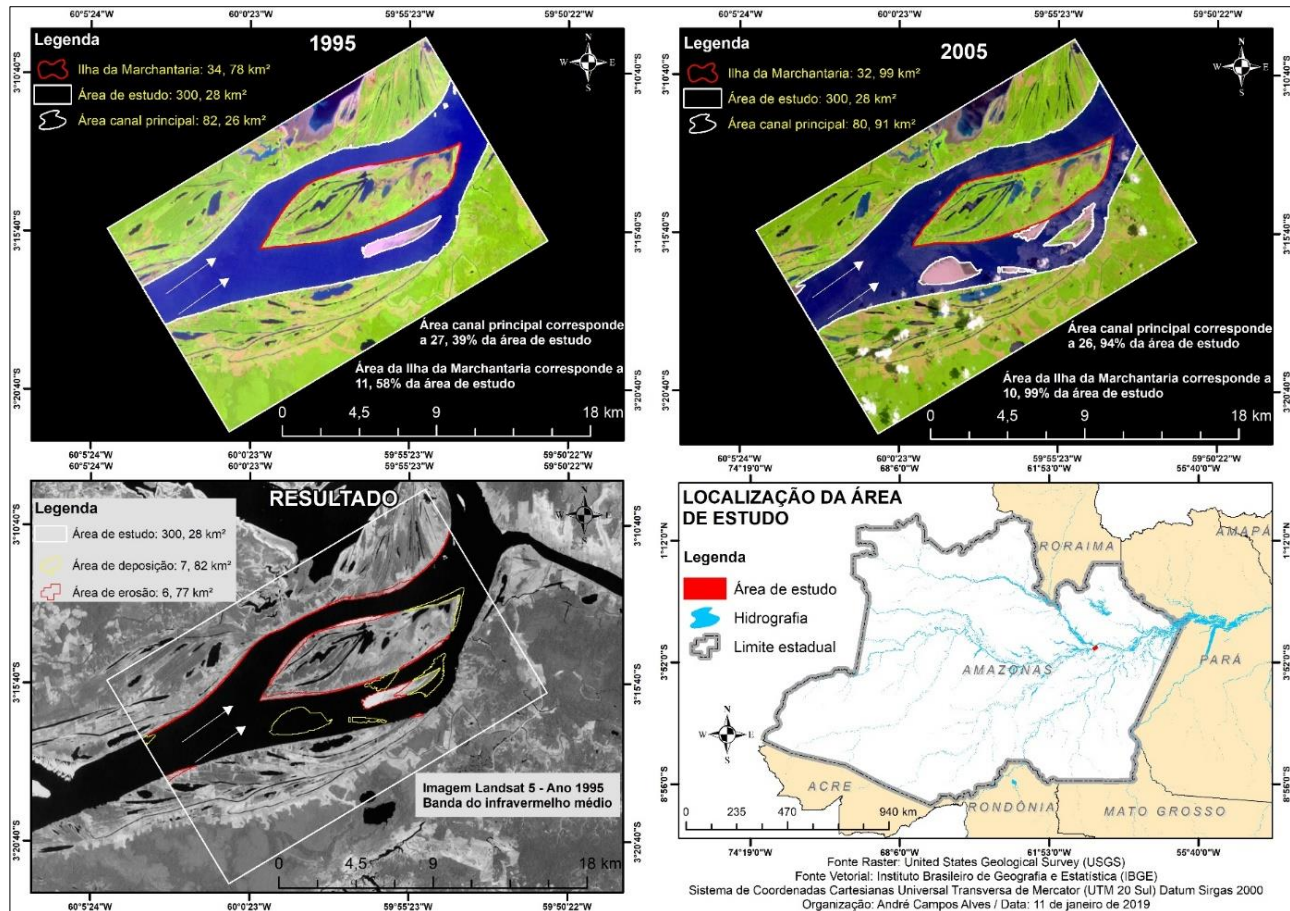


Figura 2 - Resultados extraídos das imagens de satélite nos anos de 1995 e 2005.

Fonte: Os autores.

De modo geral, os dados mostram que houve predominância dos processos deposicionais no canal principal, principalmente na margem direita e, na margem oposta, acompanhando toda a extensão da área de estudo, prevaleceu o processo erosivo. Na ilha da Marchantaria constatou-se uma mudança morfológica ocasionada por processos erosivos fluviais a montante que se estendem em ambas as extremidades, até o ponto onde se inicia o processo de acreção de sedimentos, a jusante.

O processo erosivo mostrou-se mais intenso na margem esquerda do canal, no local denominado Costa do Catalão. O principal motivo para que esse processo seja mais acentuado nessa área se deve ao formato de curva do canal no referido trecho. Na parte côncava, o fluxo da água acontece com maior intensidade. Nesse sentido, os processamentos realizados evidenciam o predomínio de processos de erosão na margem côncava (desenvolvimento de bancos de solapamento) e deposição na margem convexa (formação de praias fluviais), conforme a Figura 3.

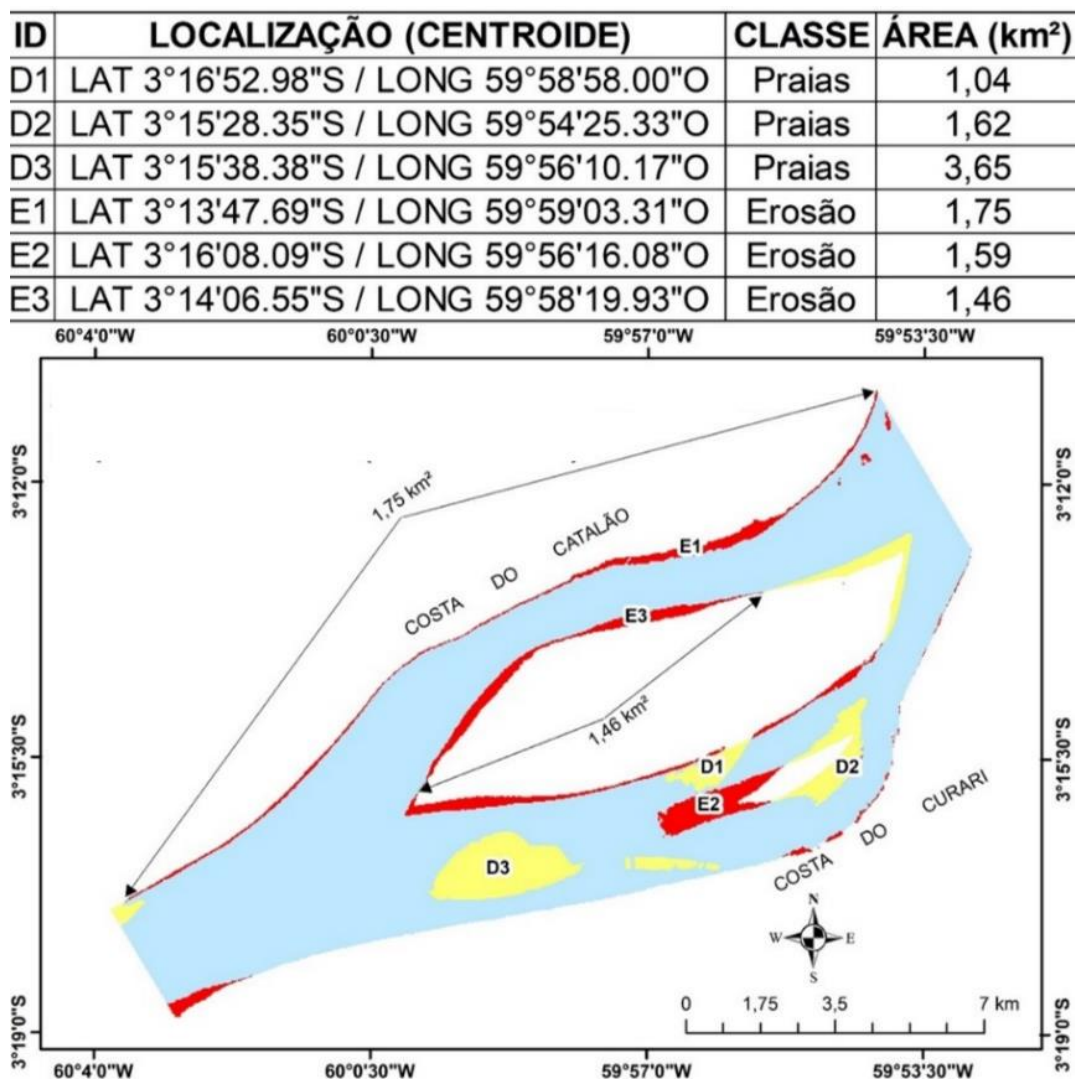


Figura 3 - Principais pontos de formação de depósitos e áreas de erosão (1995 a 2005).

Fonte: Os autores.

Na margem direita, em relação ao ano de 1995, observa-se a concentração de sedimentos com áreas de dimensões expressivas no ano de 2005. No ano de 1995 a margem direita possuía somente uma barra central com 4,94 km de comprimento e área de 2,81 km², localizada entre a ilha da Marchantaria e a costa do Curari, (3°15'54.82"S / 59°55'43.14"W). Parte dessa barra central não suportou o regime de cheias e vazantes, interrompido por processos erosivos, condicionados pela alteração na direção das principais linhas de fluxo do rio, consolidando-se uma área de 1,59 km² (3°16'08.09"S / 59°56'16.08"W).

O quantitativo mais expressivo entre os processos de erosão e deposição corresponde a uma área de 3,65 km² de material depositado (3°15'38.38"S / 59°56'10.17"W). A posição, a montante do canal, é um indicativo de que o processo de

sedimentação é permanente na parte frontal, provocando um perfil bem mais baixo à jusante.

Em valores absolutos, a diferença entre um processo e outro é de 1,05 km². Percentualmente, levando em consideração a área de canal apresentada na imagem do ano de 2005, a diferença entre as taxas de erosão e deposição não alcança a marca de 1% (Figura 4). A partir de um cálculo elementar, dividindo os valores de área da erosão e deposição pelo tempo decorrido no referido período, estimou-se as taxas anuais dos processos erosivos e deposicionais (Figura 5).

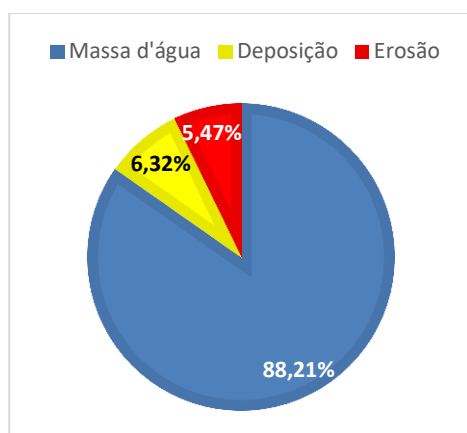


Figura 4 - Percentual de erosão e deposição levando em consideração a área do canal em 2005.

Fonte: Os autores.

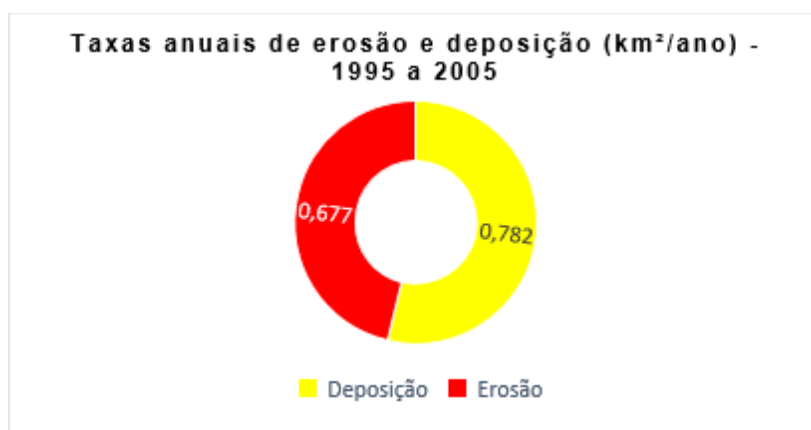


Figura 5 - Estimativas anuais dos processos erosivos e deposicionais (1995-2005).

Fonte: Os autores.

Apesar da pouca diferença em termos numéricos, visualmente, comparando as imagens sem qualquer recurso tecnológico ou aplicação de técnicas computacionais, a diferença entre elas, sobretudo no canal principal, é facilmente perceptível e tendenciosa, pois induz o observador a afirmar que o processo de deposição foi muito superior ao processo erosivo em uma década.

4.2. Evolução da ilha da Marchantaria (1995-2005)

Na pesquisa de Oliveira (1996), com uma proposta semelhante a este trabalho, a conclusão sobre a ilha da Marchantaria, do ponto de vista geomorfológico, é significativa. No ano de 1971 a ilha aparece com uma área de 19,5 km² e, após 20 anos, uma nova configuração espacial é observada, passando a ter aproximadamente 27,5 km². Isso significa que a ilha da Marchantaria cresceu 8 km², valor que pode ser maior, pois conforme ressalta o autor, a imagem corresponde ao mês de agosto, quando se inicia o

período da vazante. De acordo com Oliveira (1996, p. 237), o fato da passagem do satélite ter acontecido no mês de agosto, descarta “uma possível interferência da variação do nível das águas” que, para fins comparativos, é fundamental para compreender a atual configuração da ilha (Figura 6).

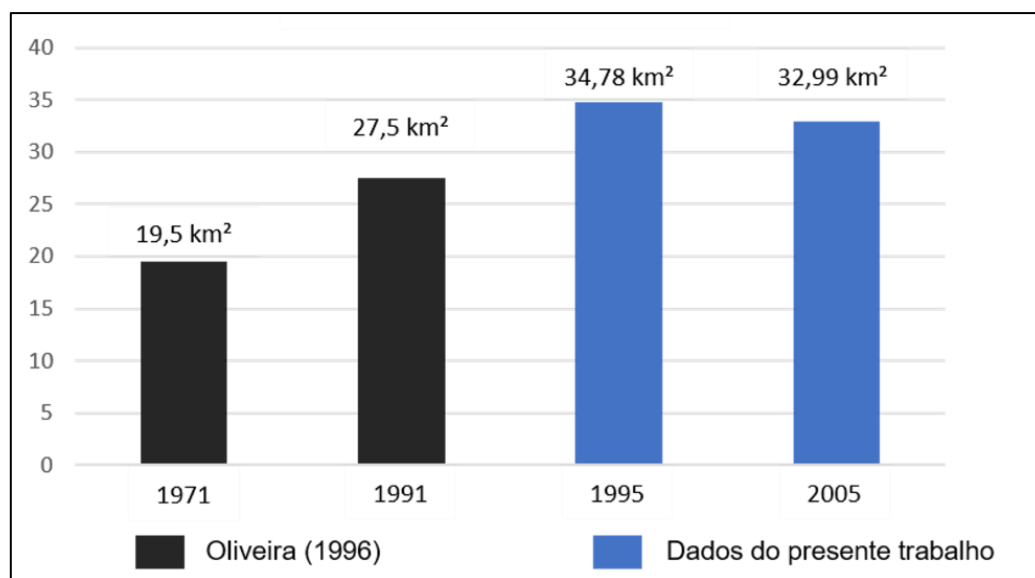


Figura 6 - Evolução geomorfológica da ilha da marchantaria (1971 – 2005).

Fonte: Os autores.

O trabalho realizado por Oliveira (1996) e os dados do presente trabalho, permitem afirmar que a ilha da Marchantaria chegou a sua dimensão máxima no ano de 1995 e que, desde então, passou a decrescer gradativamente nos anos seguintes.

Essa constatação é possível, pois, o fator preponderante nesse tipo de análise, o nível do rio, no intervalo apresentado nesse trabalho, não ultrapassa a cota de 16 metros. A variação entre as cotas fluviométricas é de 0,77 centímetros, valor que não compromete o resultado do trabalho em razão da resolução espacial das imagens e, obviamente, a escala de estudo. Mesmo que sejam consideradas as diferenças entre as cotas das imagens de 1995 e 2005, a ilha da Marchantaria, no intervalo temporal de 10 anos, passou pelo processo de decréscimo de área, estimada 1,02 km².

4.3. Dinâmica fluvial entre 2005 e 2018

No período de 2005 a 2018, o processo deposicional continuou prevalecendo em relação ao processo de erosão. Constatou-se um aumento significativo das barras centrais, algumas passaram a fundir-se a outras, e o surgimento de novas ilhas na

margem direita do canal. Nota-se, também, a formação de um lago ($3^{\circ}16'20.77''\text{S}$ / $59^{\circ}57'34.00''\text{W}$).

Os lagos são fenômenos de curta durabilidade na escala geológica, portanto surgem e desaparecem no decorrer do tempo. A formação de lagos está associada à intensa atuação da dinâmica fluvial neste trecho do rio Solimões. O surgimento de lagos é um indício de que o canal está migrando continuamente devido ao material que vem sendo depositado em cada período de cheia/vazante.

A continuidade no processo de formação de ilhas na margem direita é um indicativo de que nesta seção do canal, a margem oposta é mais estreita. Dessa maneira, quando as águas do rio Solimões adentram na margem direita, a velocidade do fluxo diminui de forma proporcional à largura da seção, proporcionando a deposição de sedimentos que, posteriormente, darão início à formação de ilhas mediante a fixação da vegetação (Figura 7).

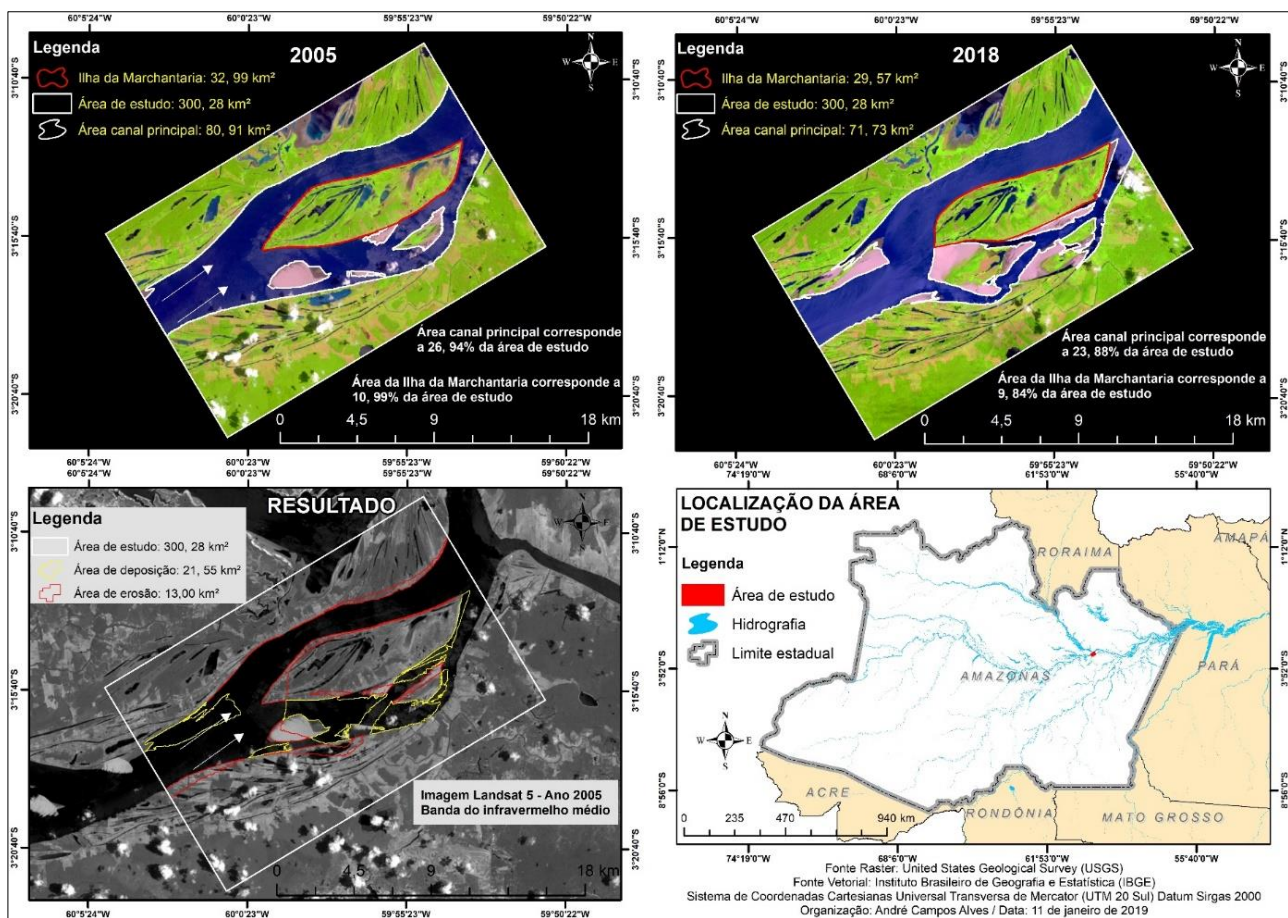


Figura 7 - Resultados extraídos das imagens de satélite nos anos de 2005 e 2018.

Fonte: Os autores.

Os processos de erosão e deposição, no que se refere à disposição espacial, mantiveram-se concentrados, respeitando as primícias da geomorfologia fluvial observadas no período de 1995 a 2005: consolidação dos processos deposicionais na margem direita e, na margem esquerda, superioridade dos processos erosivos (Figura 8).

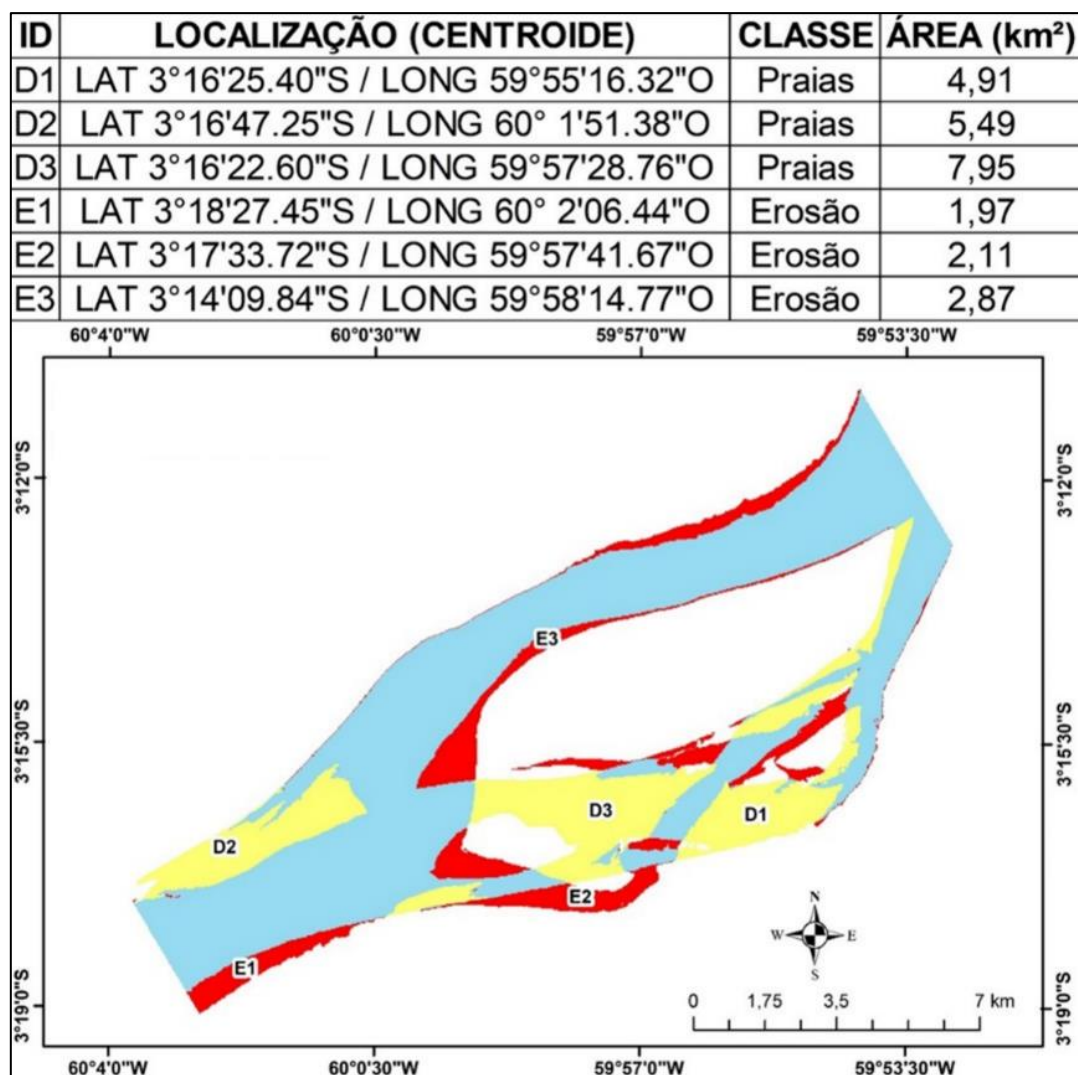


Figura 8 - Principais pontos de formação de depósitos e áreas de erosão (2005 a 2018).

Fonte: Os autores.

De montante a jusante, verifica-se que o impacto hidráulico causa erosão em quase toda a margem esquerda assim como na parte superior da ilha da Marchantaria e, concomitantemente, a superioridade do processo deposicional na margem direita (porção sul), na parte inferior da ilha, conforme a dinâmica natural do fluxo. É possível observar a formação de praias com extensão de até 7,95 km². Para se ter uma dimensão do quão expressivo é esse dado, soma-se todas as áreas de erosão, ou seja, o resultado é a diferença de 1 km² a mais para o processo deposicional. Diferente do ocorrido no primeiro

período de análise, o processo erosivo foi menor na costa do Catalão, sendo superior na ilha da Marchantaria pela margem esquerda do canal (3°14'9.84"S / 59°58'14.77"W).

Como consequência da magnitude do processo deposicional, o canal principal teve sua área reduzida de 80,91 km² para 71,73 km², implicando em uma diferença de 9,18 km². Percentualmente, levando em consideração a área de canal apresentada na imagem do ano de 2018, a diferença entre as taxas de erosão e deposição fica em 8%, o que significa que $\frac{1}{5}$ das três classes (massa d'água, erosão e deposição) consideradas neste trabalho, correspondem ao processo de sedimentação de materiais (Figura 9).

Os percentuais apresentados colocam em pauta a questão da escala temporal versus espacial. Em se tratando da dinâmica fluvial, quanto menor o intervalo de tempo mais detalhes são passíveis de serem registrados. Como é possível notar, a evolução do rio Solimões neste trecho é tão rápida e constante que, dependendo da escala temporal, pode não deixar registros na morfologia do canal.

É possível que algum fenômeno tenha sido suprimido em razão da ampliação da escala temporal nesse segundo período, de 10 para 13 anos. Isso evidencia que a escala temporal é um dado importante na caracterização dos processos fluviais em análises por Sensoriamento Remoto.

Nesse segundo período de análise os processos de erosão e deposição se mostraram mais intensos em números absolutos. Fazendo uso do cálculo para estimar as taxas de erosão e deposição, dividindo as áreas de erosão e deposição pelo período da presente análise, constatarem-se diferenças numéricas significativas entre os dois processos fluviais se conferidas aos dados obtidos no primeiro período (Figura 10).

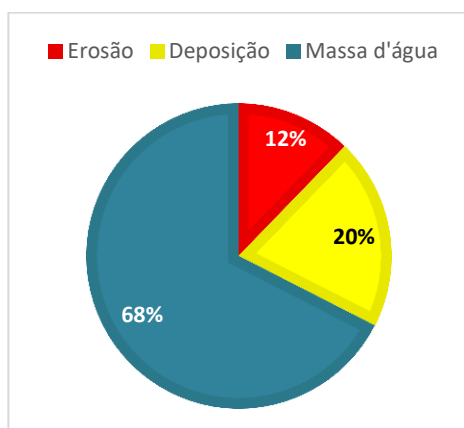


Figura 9 - percentual de erosão e deposição levando em consideração a área do canal em 2018.
Fonte: Os autores

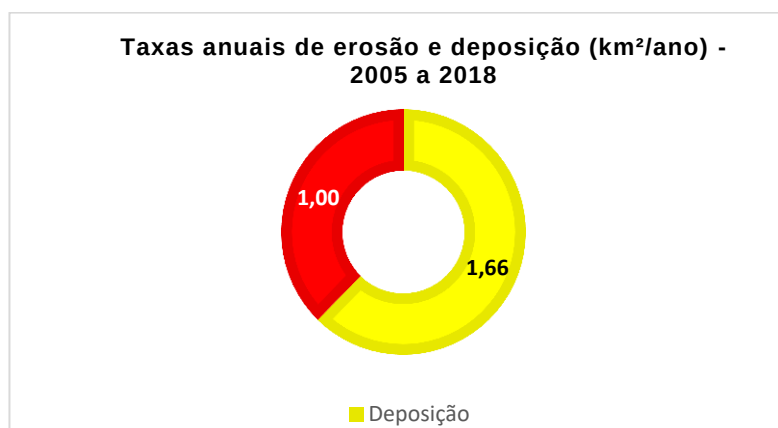


Figura 10 - Estimativas anuais dos processos erosivos e deposicionais (2005-2018).
Fonte: Os autores.

Muito diferente do ocorrido entre os anos de 1995 e 2005, as estimativas anuais de erosão e deposição alcançaram a marca de 1 km², sendo superior a 1,5 km² a taxa de deposição. Em termos percentuais, quando observados os valores em ambos os períodos, nota-se uma significativa participação do processo deposicional na configuração espacial do canal, sobretudo no segundo período de análise.

As formas deposicionais presentes no período de 2005 a 2018 representam $\frac{2}{5}$ da configuração espacial do trecho estudado na escala temporal de 23 anos. Comparado ao primeiro período de análise, o percentual do processo de sedimentação de materiais mais que dobrou. Quanto ao processo erosivo, os percentuais encontrados não foram significativos. A diferença encontrada entre o primeiro e segundo período, para o fenômeno terras caídas, é de 7%, sendo superior entre 2005 e 2018.

Sobre os aspectos visuais, aqueles referentes à mudança na paisagem, à análise das imagens de satélite revela o surgimento de uma nova barra lateral relativamente larga e alongada a jusante da ilha da Marchantaria, na porção sudoeste do losango. Essa nova barra lateral, contrariando o processo de erosão que acontece na margem esquerda do canal mais adiante, está se anexando à costa do Catalão. Na margem oposta, na mesma direção, também está ocorrendo um fenômeno diferente do que se constatou no primeiro período de análise. Uma área que corresponde a 5,49 km², presente na imagem de 2005, foi erodida, deixando de fazer parte da configuração da costa do Curari.

4.4. Evolução da ilha da Marchantaria (2005-2018)

No trabalho de Fortes (2014), a autora concluiu que a ilha da Marchantaria passou por um aumento de área. No entanto, os processos fluviais nesta área do rio Solimões acontecem muito rapidamente e, em seu trabalho, o intervalo temporal entre as imagens é de 57 anos. Ressalta-se que o objetivo do trabalho da autora é totalmente distinto desse, no entanto, os dados apresentados demonstram o caráter evolutivo da ilha que, do ponto de vista geomorfológico, é enriquecedor. (Figura 11).

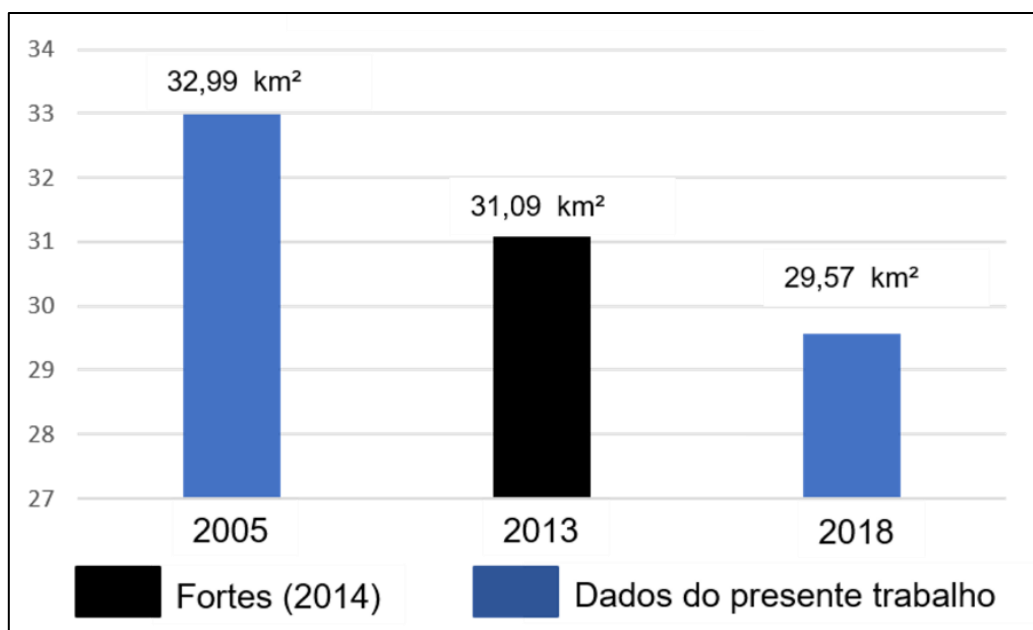


Figura 11 - Evolução geomorfológica da ilha da Marchantaria (2005 - 2018).

Fonte: Os autores.

A redução da área da ilha da Marchantaria está ligada a inúmeros fatores. Entretanto, o processo de acumulação de sedimentos na margem direita, caso seja consolidado, ocasionará o aumento de área e, posteriormente, a ilha da Marchantaria se conectará a margem, pois, a tendência é que os materiais transportados pelo rio Solimões sejam depositados até o encontro com a costa do Curari.

Com o canal parcialmente preenchido, a pressão hidráulica se dará preferencialmente pela margem esquerda, ocasionando erosão na costa do Catalão e, conseqüentemente, um ajuste de canal, tornando-o mais largo neste trecho. Esse ajuste de canal já vem acontecendo, pois, comparando as imagens dos anos de 1995 e 2018, é possível constatar que as áreas mais afetadas pelo fenômeno de terras caídas são na costa do Catalão.

Até os anos de 1980 as grandes embarcações, como os navios petroleiros, navegavam à margem direita do Solimões. A partir dos anos 1990 essa navegação de médio e grande porte passou a navegar pela margem esquerda. Essa mudança do leito principal do rio Solimões no trecho estudado aconteceu nos últimos 30 anos. Registra-se que não se trata de um fato isolado, pois situação semelhante está acontecendo logo a montante dele.

As implicações da mudança do leito do Solimões para os moradores se deram de duas formas: os moradores da margem direita passaram a sofrer certo abandono, pois os barcos de “recreio” não puderam mais se deslocar durante o período de vazante, devido à

dificuldade de deslocamento, enquanto os moradores da margem esquerda passaram a sofrer com perdas de propriedades, plantações etc., provocado pela intensidade da erosão de margem (fenômeno das terras caídas).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato mais relevante no que diz respeito aos dados apresentados até aqui, sobretudo para a ciência geográfica, refere-se à capacidade de percepção da mudança da paisagem e a capacidade de correlacioná-los aos processos geomorfológicos em ambientes fluviais. Nesse sentido, a leitura da mudança na configuração espacial do rio Solimões possibilita a aproximação dos conceitos geográficos e de suas categorias de análise.

É possível entender que a presença da vegetação é um elemento importante para a contenção dos processos erosivos e que sua permanência, principalmente por estar presente em áreas de várzea, possui relação direta com o tipo de material transportado pela água, tectônica do lugar e, por se tratar da região amazônica, a periodicidade das cheias e vazantes com suas variáveis, aquelas que se referem aos eventos extremos que impactam em escala global.

O preenchimento do canal principal do rio Solimões, que se encontrava na margem direita, forçou o processo erosivo e conseqüentemente o encaixamento do canal na margem esquerda. Os produtos gerados a partir de sensores orbitais da série Landsat mostraram-se eficazes para detectar a evolução geomorfológica do canal e, por conseguinte, a mudança da paisagem no intervalo de 23 anos.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. A. L. **Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações na vida dos moradores.** 2012. 185 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais.** Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2004.

CHEN, C. S. Metodologia de análise digital de dados orbitais. In: ASSUNÇÃO, G.V. **Sensoriamento remoto na agricultura: conceitos básicos, metodologia e aplicações.** São José dos Campos: INPE, 1989. p. 107-126.

COSTA, J. A. L. **Análise multitemporal (1986, 1996 e 2006) da Ilha da Marchantaria utilizando sensoriamento remoto.** 2007. 37 f. Monografia (Trabalho de Graduação em

Geografia) - Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 179p.

FORTES, M. R. **A distribuição espacial da vegetação nas feições geomorfológicas da ilha da Marchantaria**: planície do rio Amazonas, AM/Brasil. 2014. 95 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Ministério do Planejamento, Orçamento e gestão. IBGE – Manuais Técnicos em Geociências, n. 2, Rio de Janeiro, 2006.

MAIA, M. A. D.; MARMOS, J. L. (Orgs.) **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. 275p.

MARINHO, R. R.; MELO, E. Análise multitemporal da geomorfologia fluvial do rio Solimões entre dois períodos hidrológicos (cheia de 1999 e a vazante 2005). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 4765-4772.

NASCIMENTO, D. A.; MAURO, C. A.; GARCIA, M. G. L. Geomorfologia da folha SA 21 (Santarém). In: Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**: levantamento dos recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. cap. 10, p. 131-181.

OLIVEIRA, A. A. B. Análise da dinâmica geomorfológica da planície do rio Solimões, próximo a Manaus, através do processamento digital de imagens de sensores ópticos e de microondas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 8., 1996, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 233-240.

PASSOS, M. S.; SOARES, E. A. A. Análise multitemporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas entre os tributários Purus e Negro, Amazônia Ocidental, Brasil. **Geologia USP**, Série Científica, v. 17, n. 1, p. 61-74, 2017.

PASSOS, M. S.; SOARES, E. A. Análise bitemporal do Rio Solimões no trecho entre Manacapuru e Manaus (Amazônia Central) por meio de imagens Landsat-5/ TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015. p. 3627-3634.

QUINTANILHA, J. A.; SANTOS, R. L.; OHATA, A. T. Análise bayesiana na classificação supervisionada de imagens: aplicação na determinação de classes de uso do solo (Mogi das Cruzes - SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 11., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2004. p. 1-4.

ROZO, J. M. G. **Evolução holocênica do rio Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2004.

Recebido: 24.04.2022

Aceito: 14.07.2022