



RELATÓRIO ANUAL 2023

RELATÓRIO DE VISTORIA DAS ENCHENTES SOMAR – SOCIEDADE MINERADORA LTDA

JANEIRO 2024

1 INTRODUÇÃO

As elevações de nível de água dos rios que causam as chamadas inundações, são comuns no Estado do Rio Grande do Sul e, também, na região da bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, onde está localizada a área de extração de areia da SOMAR. Neste relatório são apresentados os resultados de monitoramento e avaliação das elevações ocorridas no ano de 2023.

Visando avaliar o impacto das inundações nas margens do rio Jacuí e monitorar as variações de nível de água na área de concessão de lavra da SOMAR, foram instaladas com recursos de topografia e georreferenciamento, três réguas limnimétricas que são monitoradas diariamente:

Quadro 1 – Descrição das réguas limnimétricas localizadas na área de concessão da SOMAR

RÉGUA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS (UTM/SIRGAS 2000)
Manga	Margem direita do rio Jacuí em Charqueadas, no Grupamento Mineiro 185	453.992 6.687.293
Porto Batista	Margem esquerda do rio Jacuí em Charqueadas, no Grupamento Mineiro 186	450.615 6.690.676
Cais SOMAR	Margem direita do rio Jacuí em Charqueadas, no Grupamento Mineiro 187	439.149 6.686.556

Quando ocorrem os episódios de extravasamento de água do rio Jacuí, são realizados por técnicos da SOMAR e da empresa HAR Engenharia, o monitoramento e a avaliação dos impactos causados por essa variação de nível d'água nas margens do recurso hídrico. Cabe salientar que tais margens são de propriedade de terceiros, bem como a responsabilidade pela conservação e atendimento legais quando as Áreas de Preservação Permanente.

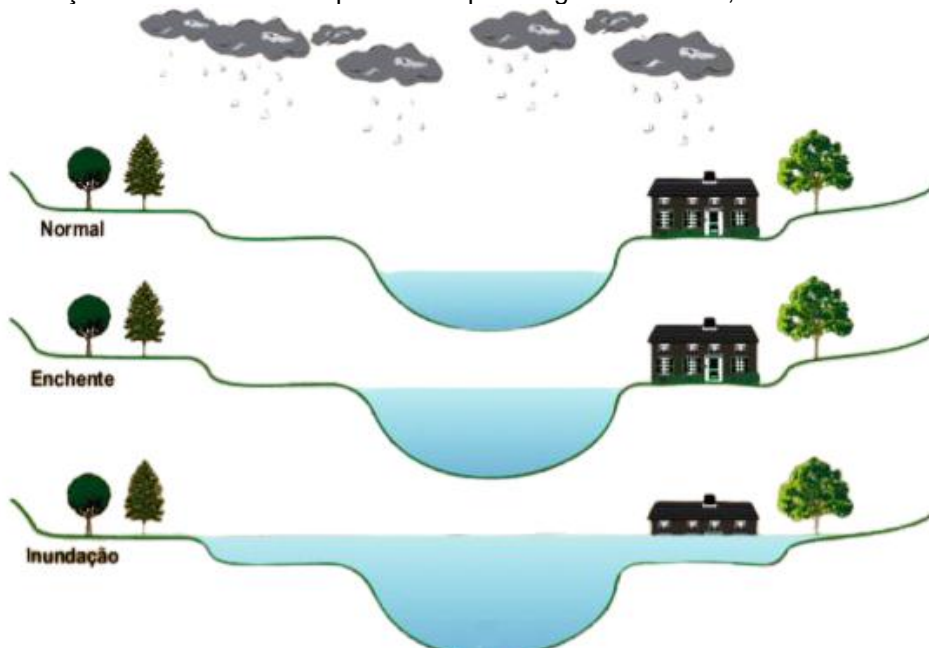
2 REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de inundação é caracterizado pelo extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais, no qual percola no curso de água e seus afluentes. Podem ser associados a fatores naturais (eventos extremos e variabilidade climática) ou ainda influenciados por fatores antrópicos (mudanças climáticas, modificações da cobertura do solo, ruptura de barragem e ocupação urbana sem planejamento adequado).

Pode-se dizer que ocorre enchente quando as águas do rio se elevam até a altura de suas margens sem transbordar nas áreas adjacentes. E ocorre inundação, a partir do momento em que as águas transbordam, sendo causada principalmente por chuvas intensas, geralmente de curta duração

Conforme figura 1, é possível identificar as diferenças provocadas pela elevação do nível do rio em seus leitos fluviais.

Figura 1 – Elevação do nível de um rio provocada pelas águas da chuva, do nível normal a inundação



Fonte: Adaptação Gomes et al. (2015) a partir de Goerl; Kobiyama (2005)

2.1 LEITOS FLUVIAIS

Os leitos fluviais se referem a uma feição morfológica com uma dinâmica própria, que podem ser identificados ao longo dos perfis longitudinais e transversais. Considerando a frequência das descargas e a consequente topografia dos canais, os leitos fluviais são classificados de acordo com o nível que ocupam na seção transversal (CUNHA, 2007). Considerando os espaços ocupados pelo escoamento das águas ao longo do curso fluvial, podem ser individualizados os seguintes leitos: vazante, menor (cheia) e maior (inundação).

Caracteriza-se como Leito Vazante aquele ocupado pelo débito fluvial de baixa magnitude, sendo à calha onde o rio percorre a maior parte do ano, utilizado para o escoamento das águas baixas. O Leito Menor, também denominado de calha principal, refere-se à abrangência das cheias, trata-se de um leito bem delimitado e encaixados entre as margens. Já o Leito Maior caracteriza pela ocupação de uma área mais abrangente, sendo ocupado pelas inundações, onde ocorre grandes vazões, podendo ser denominado como calha secundária, área marginal, leito periódico ou sazonal. Na figura 2, é possível notar por meio do perfil transversal, os tipos de leitos que estão dispostos nos leitos fluviais.

Figura 2 – Características dos leitos do rio.



Fonte: Adaptado BENINI; DIAS; PINHEIRO (2018)

2.2 VAZÕES FLUVIAIS

De acordo com Oliveira (2012), um dos principais responsáveis pela dinâmica morfológica dos rios se dá pelas vazões fluviais do mesmo. Onde nos cursos d'água a influência direta nos processos agradacionais/degradacionais, é responsável pela

construção e manutenção das propriedades geométricas contidas na seção transversal.

Durante os períodos de chuvas predominam os fluxos superficiais, condicionando magnitudes de vazões elevadas (cheia e inundações), o que favorece a energia dos processos morfogenéticos no canal. Já nas épocas em que as chuvas são menos frequentes o que predomina é o escoamento de base, período em que as vazões são menores (vazante) condicionando uma baixa energia do fluxo e dos processos deposicionais. Portanto, a variação do nível das águas no canal durante o ano determina o regime fluvial.

Vários fatores influenciam a variabilidade da magnitude e frequência das vazões na seção transversal e ao longo do perfil longitudinal. Essa dinâmica do regime fluvial possui importantes relações com o transporte de cargas sedimentares e principalmente nos processos erosivos, devido ao aumento gradativo do nível d'água incrementando a velocidade do fluxo e a força de cisalhamento, e em solos expostos, sem auxílio de mata ciliar, as margens passam a ser erodidas. Portanto, as análises das cheias e o monitoramento diários de leitura do nível d'água constituem em um elemento de importante significado para o manejo e planejamento.

A falta de planejamento urbano no Rio Grande do Sul é um dos fatores determinantes para que grandes inundações causem prejuízos gigantescos aos cofres do Estado. As políticas públicas ainda são deficientes quando se fala em planejamento do território, afinal, as enchentes e as inundações só configuram situações de risco, quando a planície de inundação do recurso hídrico foi ocupada de forma indevida até suas áreas marginais, seja pela agricultura, pecuária, moradias e etc.

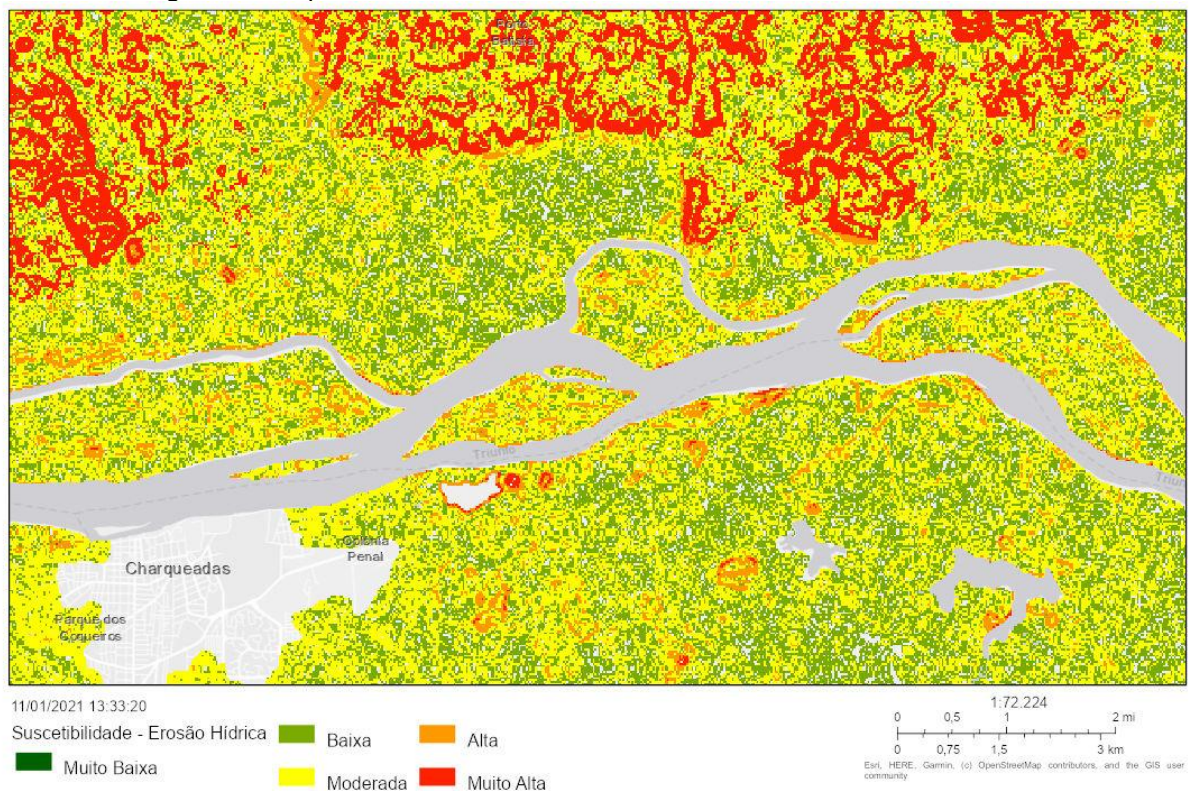
2.3 SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS DO BRASIL

Um estudo da Embrapa identificou e mapeou as áreas suscetíveis e vulneráveis à erosão hídrica em todo o território brasileiro, gerando mapas que foram disponibilizados à sociedade na plataforma tecnológica do Programa Nacional de Levantamento e Interpretação de Solos no Brasil (PRONASOLOS) em 22 de dezembro de 2020.

O mapa da suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil expressa a sensibilidade dos solos à erosão provocada pela água em sua ambiência, ou seja, considerando a situação topográfica, ou relevo da paisagem, e as condições climáticas às quais estão submetidos. Os níveis de suscetibilidade são representados em cinco classes nominais de intensidade: muito baixa; baixa; média; alta e muito alta.

Na Figura 3, têm-se o mapa da região e suas características de suscetibilidade do solo a erosão na área de concessão da SOMAR, percebe-se diversos pontos em classe de intensidade de alta à muito alta, principalmente nas margem das ilhas, como no pontal da ilha das Cabras, entorno da ilha do Dornelles e ilha do Araújo.

Figura 3 – Mapa de estudo EMBRAPA - Suscetibilidade à erosão hídrica



Fonte: Embrapa (2020)

3 RIO JACUÍ

O rio Jacuí é o maior rio, em extensão, do Rio Grande do Sul, possui aproximadamente 710 km de comprimento, desde a sua nascente no norte em Passo Fundo, segue no rumo Norte – Sul, até as imediações de Cachoeira do Sul, quando inflete no sentido Leste, até a sua foz formando o Delta do rio Jacuí, tornando-se principal tributário do Lago Guaíba. Está inserido na região hidrográfica do Guaíba e, pertence a duas bacias hidrográficas, a do Alto Jacuí e a do Baixo Jacuí.

Toda a área de drenagem que envolve o rio Jacuí é caracterizada pelo intenso uso do solo, relacionado a atividades agrícolas e pecuárias. O trecho superior, pertencente à bacia hidrográfica do Alto Jacuí, caracteriza-se, também, pelo seu significativo potencial energético, ao todo são cinco Usinas Hidrelétricas na região com barragens, além de uma barragem sem finalidade de geração de energia e três eclusas.

As referidas eclusas e barragens são apresentadas na Tabela 1 e interferem diretamente na dinâmica fluvial do recurso hídrico, inclusive controlando o fluxo de água com a abertura e fechamento das comportas. Quando da abertura de comportas, há aumento da velocidade do rio, ocasionando assim o aumento do seu potencial erosivo.

Tabela 1 – Eclusas e Barragens do rio Jacuí

Tipo	Denominação	Local	Finalidade	Construção	Localização		Bacia Hidrográfica
					UTM (E)	UTM (N)	
Eclusa	Amarópolis	Santo Amaro do Sul	Navegação	1974	413,606	6,686,775	Baixo Jacuí
	Dom Marco	Rio Pardo	Navegação	1972	355,872	6,670,289	Baixo Jacuí
	Fandango	Cachoeira do Sul	Navegação	1953	317,125	6,672,746	Baixo Jacuí
Barragem	Dom Marco	Rio Pardo	-	1972	354,979	6,669,984	Baixo Jacuí
	Dona Francisca	Nova Palma	Geração de energia	2001	278,381	6,740,028	Baixo Jacuí
	Ernestina	Tio Hugo	Geração de energia	1957	348,870	6,840,255	Alto Jacuí
	Itaúba	Pinhal Grande	Geração de energia	1978	282,727	6,761,084	Alto Jacuí
	Eng. José Maia Filho	Salto do Jacuí	Geração de energia	1962	284,970	6,781,876	Alto Jacuí
	Passo Real	Salto do Jacuí	Geração de energia	1973	286,748	6,788,251	Alto Jacuí

A área onde está localizada a jazida da SOMAR, recebe influências de rios da Bacia do Baixo Jacuí, Bacia do Alto Jacuí e além de outras bacias hidrográficas. Na figura 4, é possível visualizar por exemplo as influências do rio Taquari-Antas e rio Pardo, onde suas vazões desaguam no afluente do rio principal da bacia, o rio Jacuí, alternando assim o fluxo de água.

Figura 4 – Mapa das influências hidrográficas na área da SOMAR



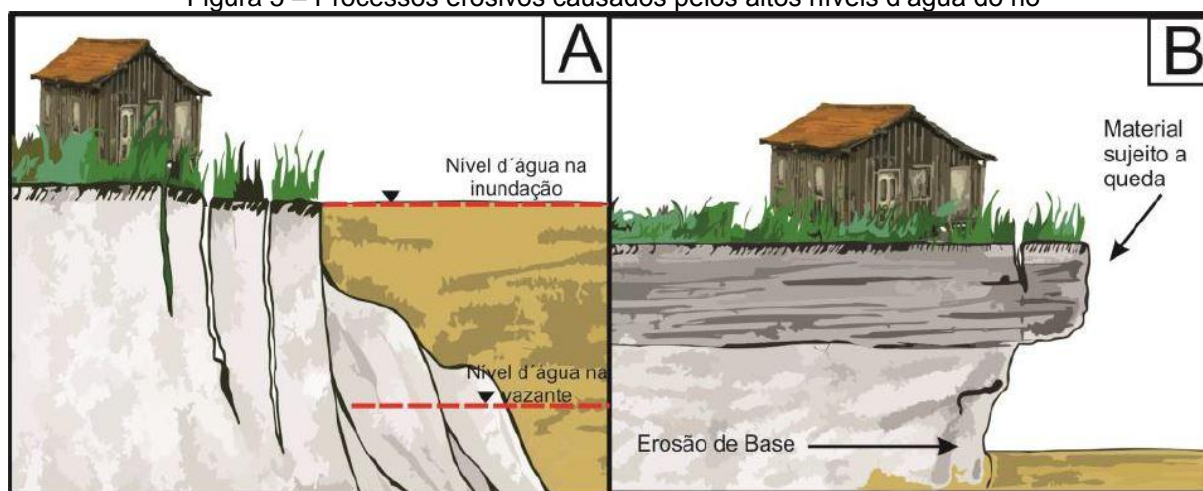
Já o rio Gravataí, não apresenta contribuição para as enchentes na área da SOMAR, apenas na retenção da água. O rio Caí e o rio dos Sinos também não contribuem diretamente para a elevação do nível da água na SOMAR.

Em síntese, não necessariamente somente as precipitações ocorridas no município de Charqueadas/RS serão responsáveis pela ocorrência de enchente, visto que as precipitações ocorridas a montante da Bacia do Baixo Jacuí, tem intervenção direta com os níveis de água, vazões e alterações de fluxo que desaguaram no rio Jacuí.

Outro fator característico, principalmente da região do Baixo Jacuí, é que na área há o aproveitamento intenso pela pecuária e pela agricultura. As margens são utilizadas até o limite marginal e, por serem constituídas de material inconsolidado e não terem proteção nativa, sofrem um impacto muito grande nesses períodos de cheia, uma vez que a velocidade do rio aumenta e os taludes ficam extremamente encharcados. A medida em que o nível da água vai voltando ao seu estado normal, os blocos de solo vão se despreendendo das margens, ocasionando, em alguns locais, grandes perdas de terras e de exemplares arbóreos isolados.

Na Figura 5A, temos a identificação que durante as cheias ocorre a submersão de extensas áreas de terra. E durante a rápida subida e descida do nível do rio, a corrente deste remove as margens menos consolidadas, o que leva ao colapso da porção superior e possível perda de terras (Figura 5B).

Figura 5 – Processos erosivos causados pelos altos níveis d'água do rio



Fonte: Adaptação Bandeira et al. (2018)

É importante salientar que a jazida da SOMAR está localizada em um trecho anastomosado do rio Jacuí, com muitos meandros, apresentando feições erosivas naturais à montante das ilhas, onde o curso d'água se divide. A velocidade de corrente do rio, que é aumentada principalmente em períodos de elevação de nível d'água, altera a morfologia do leito nas zonas de deflexão desta corrente (margem destrutiva), aumentando a profundidade e a erosão das margens de forma natural.

4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A climatologia do Rio Grande do Sul é caracterizada por uma variabilidade sazonal, que apresenta estações do ano bem definidas. Além disso, a região é afetada tanto por sistemas sinóticos, como a passagem de frentes frias, quanto por fenômenos de grande escala, que incluem variabilidades climáticas como o El Niño e La Niña. Ambos impactam diretamente nos regimes de chuva e temperatura sobre o estado.

Contudo, para realização de um prognóstico é necessário observar em que fase (positiva ou negativa) tais fenômenos climáticos se encontram. Podendo estar em condições de neutralidade climática, ou em influência de eventos de grande escala (El Niño e/ou La Niña). Entretanto, outro fator será a estação do ano que tais eventos ocorrem.

O Rio Grande do Sul passou por uma época de estiagem severa de dezembro de 2019 a abril de 2023, totalizando 41 (quarenta e um) meses de seca. No período do inverno de 2019 até o inverno de 2020, o Estado estava sob atuação da neutralidade climática, sendo afetados por sistemas meteorológicos locais, como as frentes frias. A partir da primavera de 2020, se inicia a influência do fenômeno La Niña de intensidade moderada. Em seguida, passou por um breve período de neutralidade, e novamente voltou a ser influenciado pela La Niña, que oscilou de fraca a moderada.

O fenômeno La Niña, desfavorece a passagem de frentes frias e, conseqüentemente, mantém as chuvas abaixo da média, o que gerou um déficit hídrico em todo o Estado. A estiagem ocorrida no período do verão 2021/2022 foi o evento mais severo registrado, afetando 84% dos municípios, sendo 418 do total de 497 que sinalizaram a situação de emergência no estado (SALA DE SITUAÇÃO, 2023).

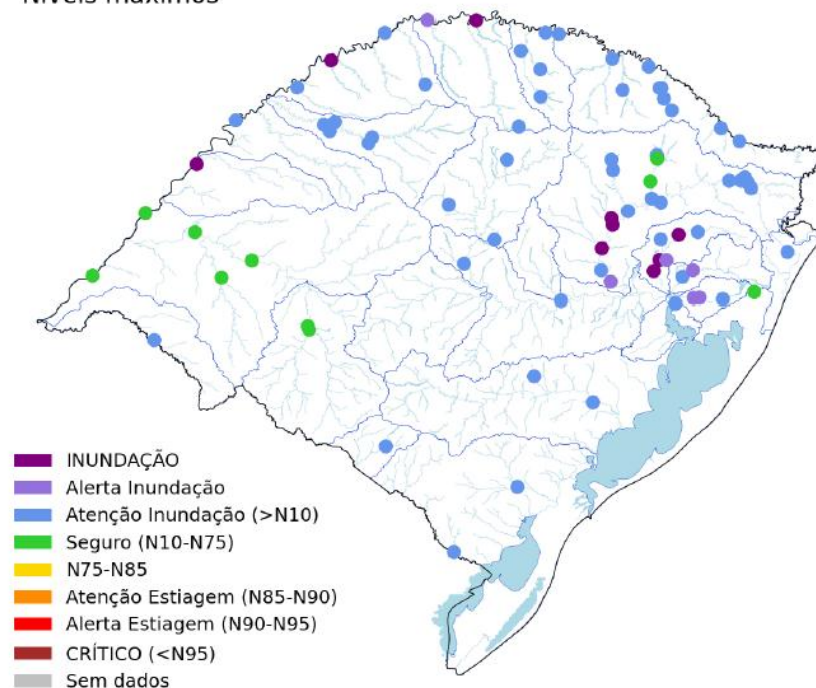
O fim da La Niña foi confirmado pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA) em 09 de março de 2023. A partir de Fevereiro de 2023, constatou-se o aquecimento anômalo da temperatura da superfície do mar na região do oceano Pacífico equatorial próximos a costa oeste da América do Sul, característico do fenômeno El Niño. Nos meses seguintes, entre março e maio de 2023, esse aquecimento próximo à costa sul-americana se intensificou, e houve a expansão para oeste da área de aquecimento anômalo em direção a porção central

do Pacífico equatorial, de modo que desde junho as condições de temperatura da superfície do mar observadas mostram um padrão típico do fenômeno El Niño.

O último episódio intenso de El Niño ocorreu entre 2015 e 2016, onde também ocasionou grandes enchentes no estado. Os níveis atingidos no monitoramento realizado na régua do Cais da SOMAR, registraram máxima de 6,62 m em 2015 e 6,44 m em 2016.

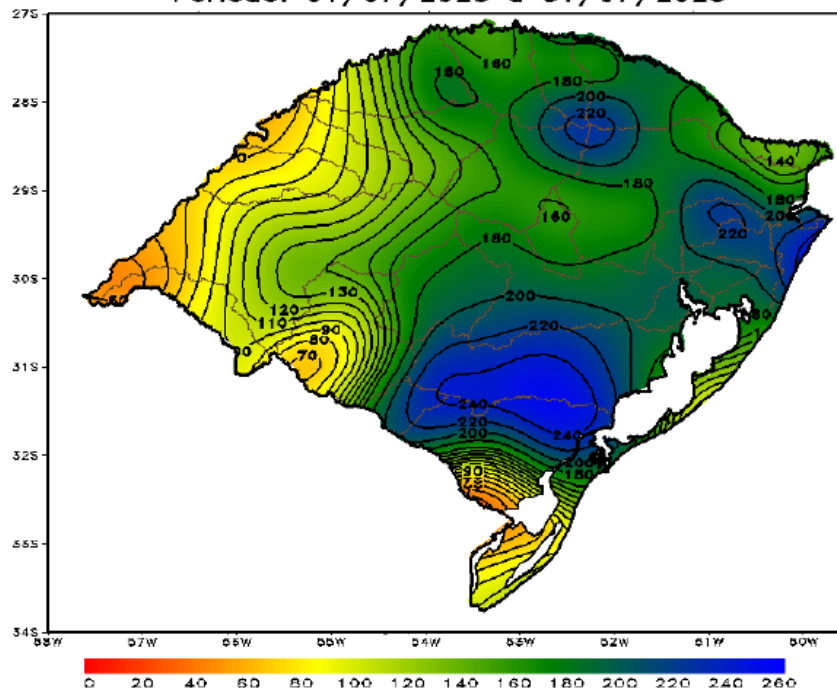
No mês de julho de 2023, ocorreu um ciclone extratropical que se formou na costa do Rio Grande do Sul, favorecendo temporais acompanhados de queda de granizo e vendaval na maioria das regiões gaúchas. O rio Jacuí estava em estado alerta para inundação, com acumulados de precipitação de até 90 mm, no segundo decêndio do mês (SALA DE SITUAÇÃO, 2023).

Figura 6 – Níveis máximos observados para alertas
Níveis máximos



Fonte: Sala de Situação (2023)

Figura 7 – Precipitação acumulada em Julho de 2023

Precipitação Acumulada Observada (mm)
Período: 01/07/2023 a 31/07/2023

Fonte: Sala de Situação (2023)

O mês de setembro de 2023, foi novamente marcado por eventos extremos, com altos volumes de chuva que causaram destruição e perdas, principalmente na área do Vale do Taquari e Rio Pardo, áreas de afluentes diretos no rio Jacuí. Ocorreram três ciclones extratropicais próximos ao litoral do Rio Grande do Sul. Após sucessivas baixas pressões sobre o estado, já com efeito de El Niño forte, ocorreram chuvas generalizadas e frequentes ao longo de todo mês de setembro. Considerando que já havia chovido muito em julho, os altos volumes acumulados, nas cabeceiras dos rios, em curto período de tempo causaram vasta devastação que culminaram também na elevação do rio Jacuí.

Foram cerca de 103 municípios afetados, sendo em 81 desses decretada calamidade pública. A tendência geral foi de níveis muito elevados nos principais rios do estado, em que ocorreram grandes respostas hidrológicas e marcos históricos de inundações, em destaque para os rios das bacias do Gravataí, Taquari-Antas, Caí, Sinos, Camaquã e Jacuí.

Segundo o INMET, em setembro deste ano, Porto Alegre (RS) registrou 447,3 milímetros (mm) de chuva na estação meteorológica convencional do INMET. O valor

ficou 299,5 mm, cerca de 203%, acima da Normal Climatológica média e aproximadamente duas vezes maior do que a Normal Climatológica de 1991 a 2020 (média histórica), que é de 147,8 mm.

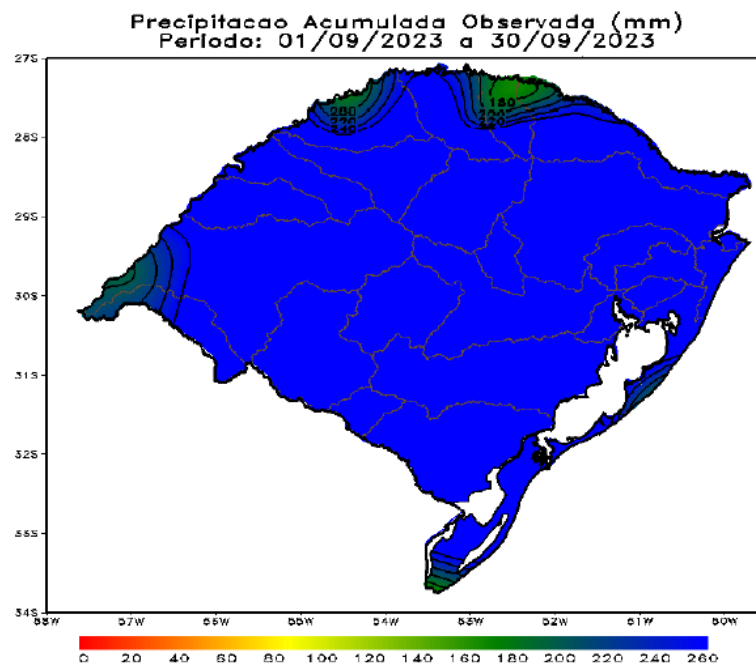
Quadro 2 – Meses mais chuvosos na série histórica

Posição	Data	Chuva (mm)
1	Setembro de 2023	447,30
2	Maio de 1941	405,50
3	Junho de 1944	403,60
4	Abril de 1941	386,60
5	Junho de 1982	365,60
6	Setembro de 1926	362,70

Fonte: INMET (2023)

Na régua do cais da SOMAR foi possível acompanhar diariamente a estabilidade alta do nível do rio Jacuí, a partir do dia 06 de setembro de 2023, o nível só ficou abaixo de 3 m (três metros) em 28 de outubro de 2023, sendo cerca de 52 dias com nível acima da cota média de 1,60 m registrada pela SOMAR.

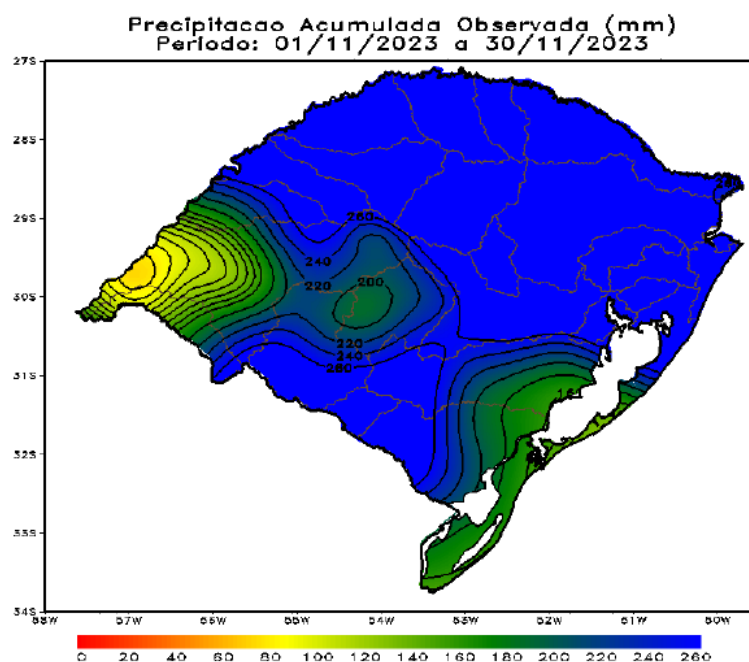
Figura 8 – Precipitação acumulada em Setembro de 2023



Os menores volumes de chuva ficaram abaixo dos 180 mm em áreas dos extremos Oeste, Sul, Noroeste e Norte. No entanto, nas demais áreas os acumulados foram superiores aos 260 mm, devido à atuação de regiões de baixa pressão, frentes frias semi-estacionárias e fluxos de umidade vindos do Norte do país.

Em menos de dois meses após a enchente ocorrida em setembro, no segundo decêndio de novembro, ocorreram mais chuvas intensas, ultrapassando 160 mm de precipitação, com elevação dos principais rios do estado. O Guaíba apresentou a maior cheia desde 1941, com inundação do Cais Mauá com cota de 3,46 metros.

Figura 9 – Precipitação acumulada em Novembro de 2023



No rio Jacuí, a cota chegou a inundação, a Defesa Civil emitiu alerta para enchente e apresentava atualizações do nível do rio a partir da régua de Triunfo, número de desabrigados e desalojados. A cota máxima apresentada na régua de Triunfo foi de 7,96 m no dia 20/11/2023 às 15h.

Figura 10 – Alerta Defesa Civil atualizações nível da água pela Régua de Triunfo



Fonte: Defesa Civil Triunfo/RS

Na régua do Cais da SOMAR foi registrado a cota máxima de 7,76 m também no dia 20/11/2023. A SOMAR realiza mediação diária da régua, com dados desde 2000, na série histórica o evento de enchente ocorrido superou a cota de 6,62 m registrada em 2015.

Quadro 3 – Cotas máxima série histórica 2000-2023

Nível Máximo (m)	Mês/Ano
7,76 m	Novembro/2023
6,62 m	Outubro/2015
6,44 m	Outubro/2016
6,30 m	Setembro/2009
6,26 m	Julho/2020

Segundo atualização do IRI (*International Research Institute for Climate and Society*), o fenômeno El Niño deve decorrer no verão de 2024, com enfraquecimento em abril de 2024, mas mantendo condições de chuvas intensas, com temperaturas elevadas e temporais pontuais durante os próximos meses.

5 INUNDAÇÕES NA REGIÃO DE ATIVIDADE DA SOMAR

As variações de nível da água no rio Jacuí causam danos significativos às margens das ilhas e encostas em virtude da velocidade da correnteza d'água e da saturação dos taludes marginais propiciando assim o aumento do potencial erosivo e, também, remoção de vegetação ciliar pela força das águas.

Os efeitos da inundação causam alterações nas margens que podem ser visualizadas conforme o nível d'água vai se estabilizando próximo a sua cota média. Tais registros estão apresentados ao longo deste relatório.

Em 2023 a Draga de Rosário Adriana, não pode realizar operação entre os dias 06 de setembro até 24 de outubro e de 20 de novembro até 30 de novembro, totalizando 58 dias sem operação, devido ao elevado nível da água, que ocasiona problemas operacionais que inviabilizam a extração e pela segurança da estabilidade da embarcação.

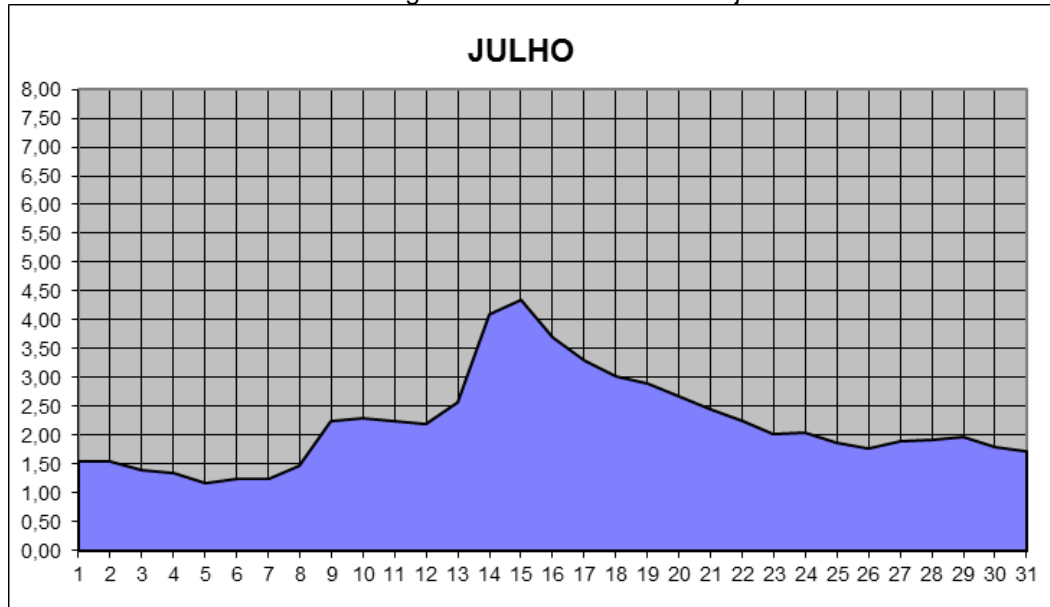
As Dragas de Sucção também tiveram operações paralisadas entre os dias 20 de novembro até 25 de novembro. As enchentes impactam diretamente na produção de areia, tendo-se nos meses de setembro, outubro e novembro de 2023, em comparação com os mesmos meses em 2022, uma redução de 39% (trinta e nove por cento).

A cota média registrada na régua do cais da SOMAR nos meses de Janeiro a Junho, foi de 1,10 m, característico ainda pela época de estiagem que se apresentava nos últimos anos.

No mês de julho, o pico registrado na régua do Cais da SOMAR às 7h, foi de 4,36 metros no dia 15 de julho de 2023.

No Gráfico 1, é apresentado o nível d'água do mês de julho de 2023 no rio Jacuí, com referência a régua localizada no Cais da SOMAR em Charqueadas/RS.

Gráfico 1 - Nível d'água do rio Jacuí no mês de julho de 2023



No mês de setembro de 2023, a partir do dia 06, inicia-se a elevação do nível de forma brusca e contínua, chegando ao seu pico de 6,36 metros no dia 07. A característica dessa enchente foi pelo período em que o rio ficou em alta, ficando abaixo dos 3 metros apenas em 28 de outubro de 2023, totalizando 53 dias acima do nível de 3 m.

Gráfico 2 - Nível d'água do rio Jacuí no mês de setembro de 2023

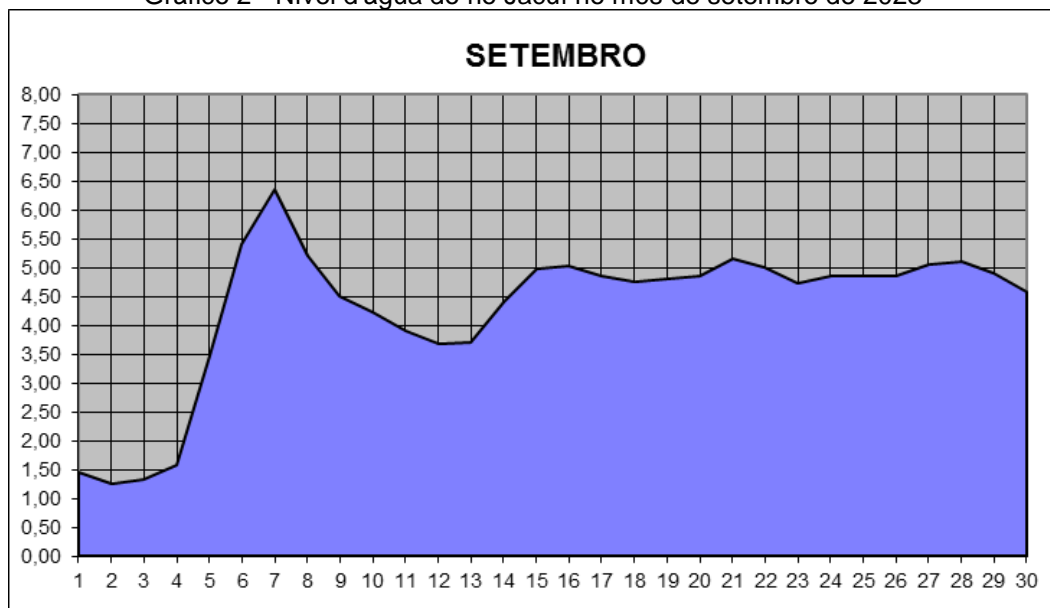
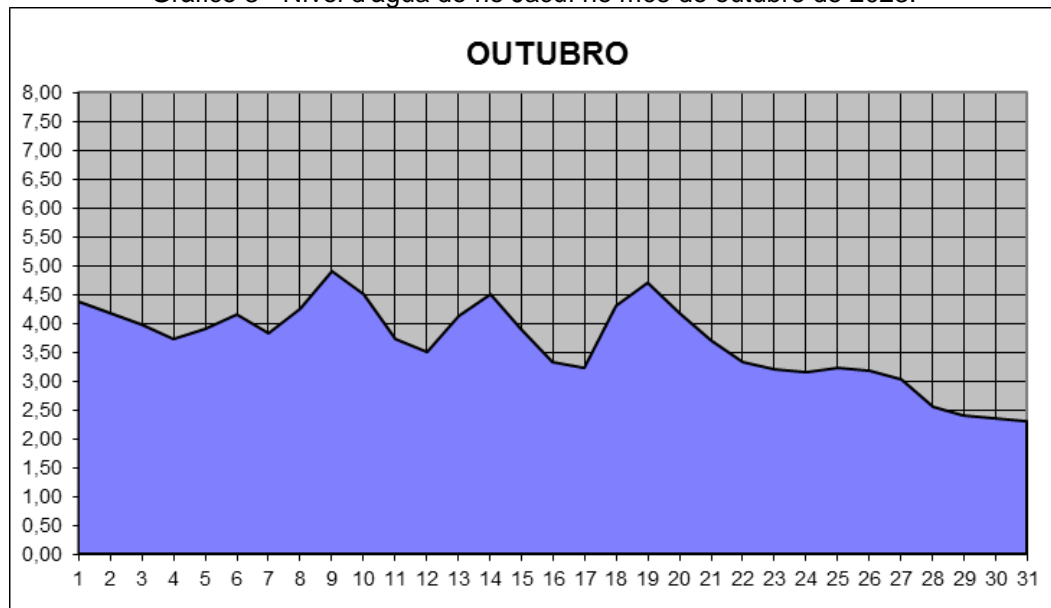


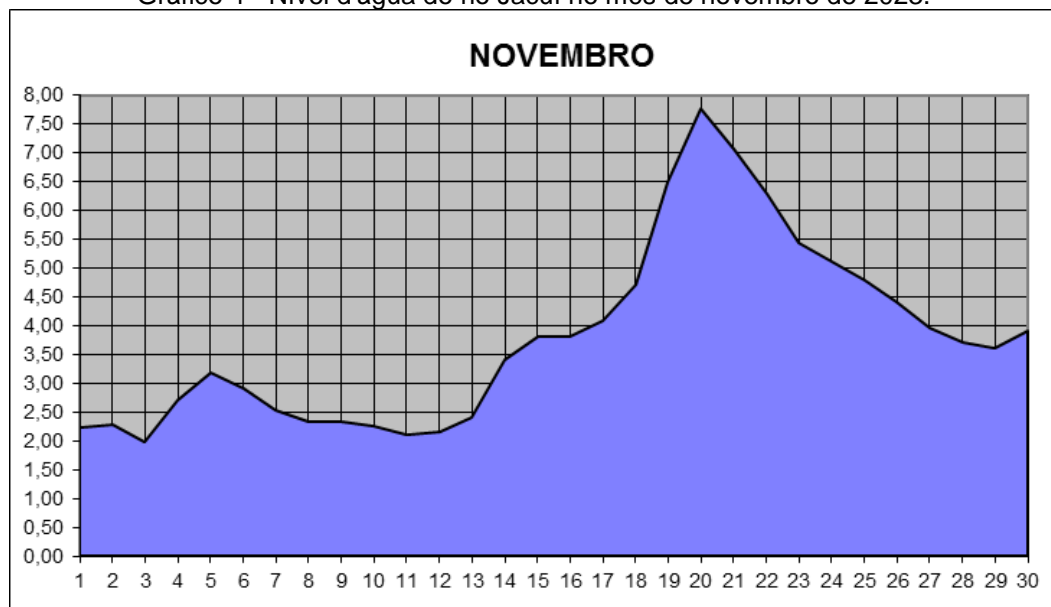
Gráfico 3 - Nível d'água do rio Jacuí no mês de outubro de 2023.



No mês de novembro ainda com o nível acima da cota média, inicia-se intensas chuvas no estado, culminando em uma nova elevação drástica do nível do rio Jacuí, chegando a 7,76 m no dia 20 de novembro de 2023. A cota altimétrica foi a maior dos monitoramentos realizados pela SOMAR diariamente desde os anos 2000.

Na região, está é considerada a segunda maior inundação, ficando abaixo somente da ocorrida em 1941.

Gráfico 4 - Nível d'água do rio Jacuí no mês de novembro de 2023.



5 VISTORIAS

As vistorias foram realizadas no mês de julho, setembro, outubro, novembro e dezembro, com o objetivo de evidenciar os períodos em que o rio Jacuí atingiu as maiores cotas em 2023 e o pós normalização da cota. Foram elaborados registros fotográficos georreferenciados, com o auxílio de uma câmera NIKON, modelo AW100, demonstrando os impactos causados pelo aumento das vazões fluviais nas margens do rio e ilhas ao longo do trecho de concessão da SOMAR.

As fotos utilizadas para comparações e análises nesse relatório são em referência aos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dias que ocorreram as vistorias e cotas do nível d'água do rio Jacuí

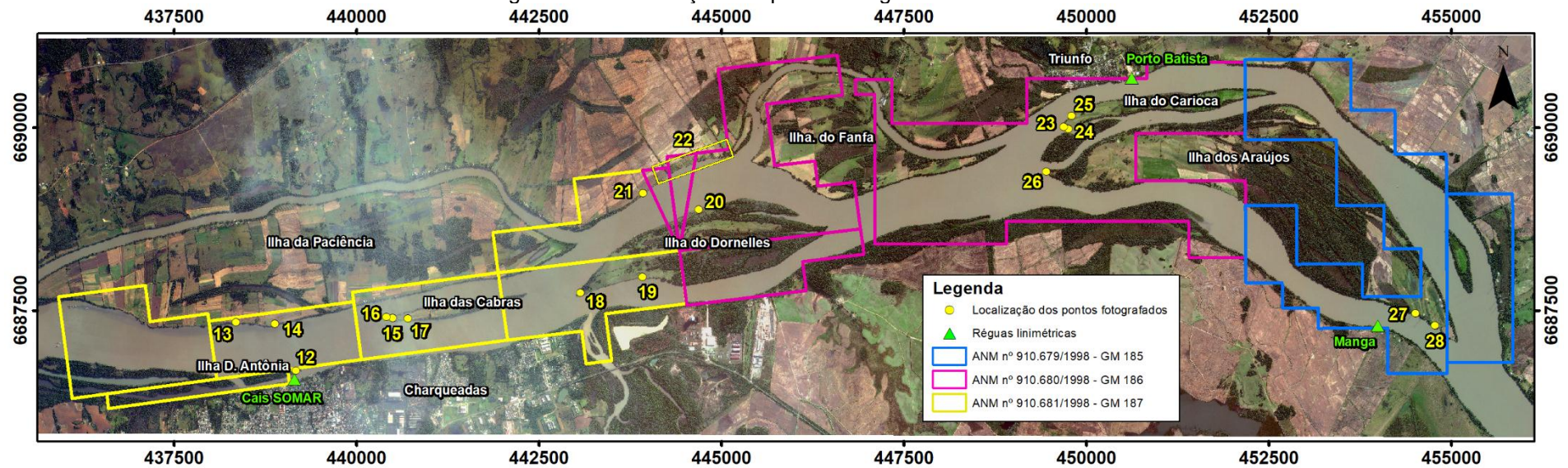
Data	Nível d'água (07h) – Cais SOMAR	Nível d'água (16h) – Cais SOMAR
14/07/2023	4,10 m	4,30 m
21/07/2023	2,46 m	2,40 m
06/09/2023	5,40 m	6,04 m
11/09/2023	3,90 m	3,84 m
18/10/2023	4,30 m	4,56 m
23/11/2023	5,44 m	5,32 m
05/12/2023	2,74 m	2,74 m

O nível da água aqui descrito foi obtido através das leituras da régua no Cais da SOMAR em Charqueadas no horário das 07h e 16h.

A metodologia da vistoria consistiu em fotografar os mesmos locais em diferentes dias, conforme o nível d'água fosse se estabilizando, a fim de identificar os impactos causados nas áreas em virtude da alteração de nível d'água.

Na Figura 11 é apresentado o mapa de localização das fotos efetuadas ao longo do monitoramento.

Figura 11 – Localização dos pontos fotografados em 2023



5.1 ILHA DONA ANTÔNIA

Nas Figuras 12af, foram registrados o pontal da ilha da Dona Antônia, que novamente estava submersa. Nas mudanças de velocidade do rio, a ilha fluvial móvel fica sucessível a processos erosivos, ocasionando a queda de exemplares arbóreos e diminuição na faixa de solo. A região é conhecida por ser utilizada para acampamentos com fogueiras.

Figura 12 (a-f) – Localizadas na ilha Dona Antônia (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000):
X (m): 439.175 ; Y (m): 6.686.676.





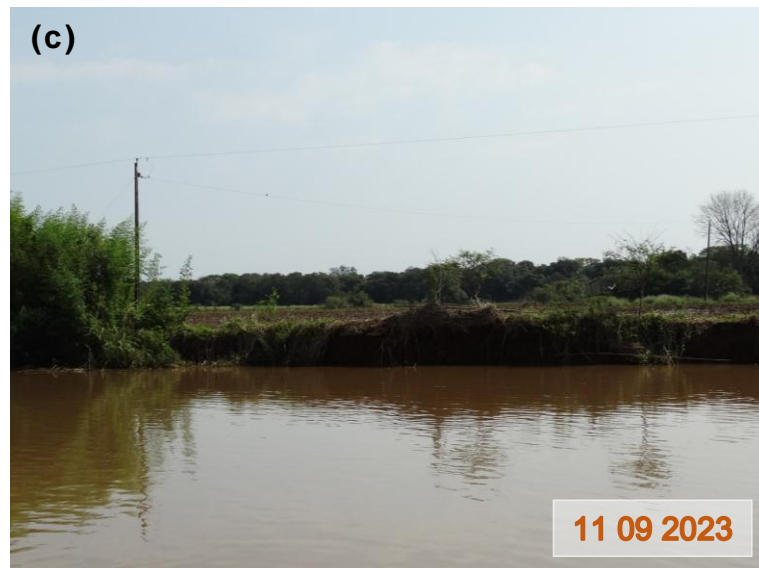


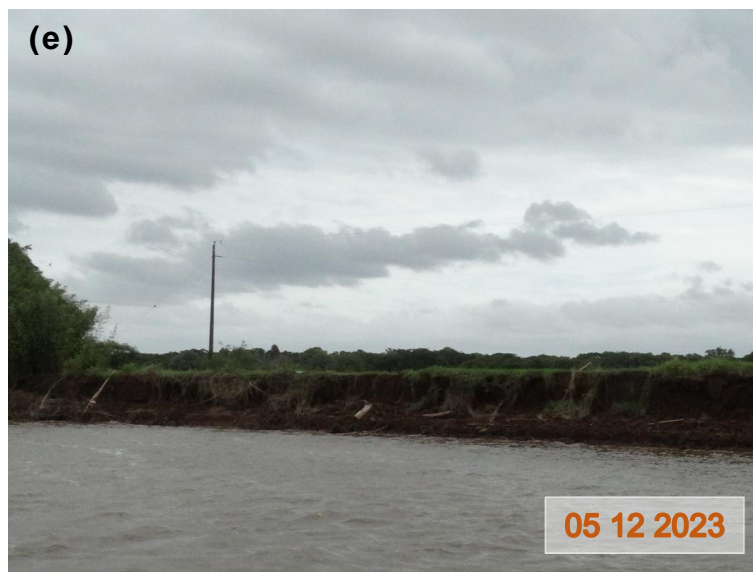
5.2 ILHA DA PACIÊNCIA

As imagens registradas nos dias 06/09/2023 (13b) e 23/11/2023 (13d), demonstra os níveis alcançados pela água, tendo talude marginal submerso. Em 05/12/2023 (13e), verifica-se que os taludes sofreram com a erosão devido ao solo exposto e sem proteção de margem ciliar.

Figura 13 (a-e) – Localizadas na Ilha da Paciência (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000):
X (m): 438.355 ; Y (m): 6.687.336.







As Imagens representam uma moradia que foi diretamente atingida ao longo do ano de 2023 pelas enchentes, o local é conhecido pelo agropastoril. Nos dias 06/09/2023 (14c) e 23/11/2023 (14e), é possível visualizar a margem esquerda (ME) da ilha. No dia 05/12/2023, visualiza-se a quantidade de resíduos trazidos pela correnteza e o talude com solo exposto, formando degraus.

Figura 14 (a-f) – Localizadas na Ilha da Paciência (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000):
X (m): 438.883 ; Y (m): 6.687.314.







5.3 ILHA DAS CABRAS

O colchão de concreto foi instalado anteriormente ao início de mineração na região, com o objetivo de estabilização e proteção do talude marginal. Ao longo dos anos devido à falta de manutenção e monitoramento pelos responsáveis, vem apresentando danos estruturais, identificados como pontos de preocupação pela SOMAR historicamente. Após a elevação do rio ocorrida em julho/2023, poucos momentos foram possíveis visualizar a contenção, que ficava submersa. Em 05/12/2023 (15f), apresentava galhos e exemplares arbóreos junto ao colchão de concreto, assim como, as fissuras já mencionadas anteriormente.

Além da falta de manutenção da contenção, as torres de transmissão também apresentam ervas invasoras ao longo de sua estrutura.

Figura 15 (a-f) – Localizadas a montante da Ilha das Cabras (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 440.500 ; Y (m): 6.687.392.







Abaixo é apresentado os registros realizados na ponta da ilha das Cabras, em setembro e novembro onde ocorreram os maiores picos de elevação do nível do rio e em dezembro com sua estabilização.

Figura 16 (a-c) – Registro da ponta oeste da ilha das Cabras (MD) - Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 440.415 ; Y (m): 6.687.406





O colchão de concreto para proteção é localizado apenas na ponta da ilha. Ao longo de sua extensão são poucas partes que apresentam mata ciliar densa. Nas margens registradas, é possível visualizar as mesmas submersas pelo nível da água, como em setembro e novembro que se observava a ME. Essas elevações intensificam as ações de erosões, principalmente pela falta de proteção dos taludes e o uso intensivo do solo para agricultura sem respeitar as APP's.

Figura 17 (a-f) – Localizadas na Ilha das Cabras (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000):
X (m): 440.706 ; Y (m): 6.687.388.

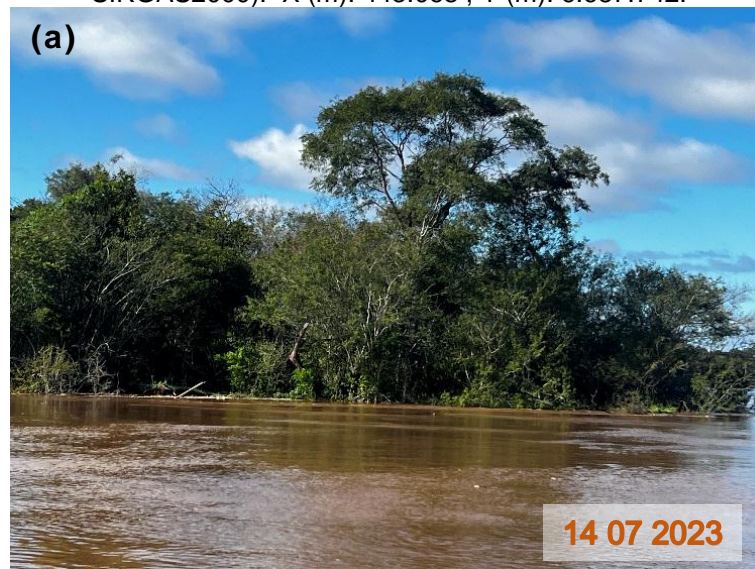




5.4 ILHA DOS DORNELLES

A ponta oeste da ilha dos Dornelles apresenta densa mata ciliar, entretanto, devido a velocidade da água aumentada, o embate ser direto e pelas diferentes épocas de cheia ao longo do ano, foi uma área bem afetada. Em 05/12/2023, é possível visualizar a cota onde água atingiu (seta esquerda, onde as flores apresentam coloração marrom), diversos exemplares arbóreos caídos e depositados na margem. A ponta da ilha que na primeira figura do dia 14/07/2023 (18a), mesmo ponto que na enchente visualiza-se um aglomerado de árvores e que na figura do dia 05/12/2023 (18e), apresenta-se quase inexistente.

Figura 18 (a-e) – Localizadas na ilha dos Dornelles (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 443.068 ; Y (m): 6.687.742.

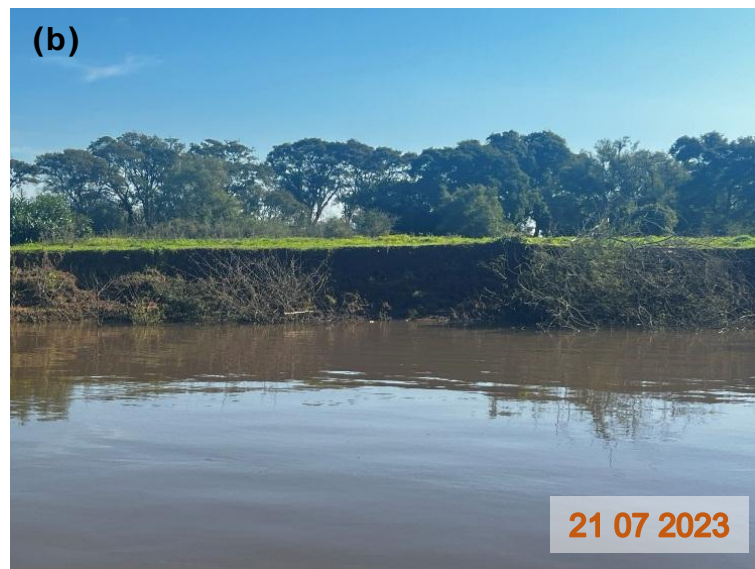




O ponto registrado na margem direita da ilha dos Dornelles, é utilizado para o agropastoril, onde na parte de leste da ilha apresenta mata ciliar densa. Já na parte

oeste, que é a apresentada nas figuras, ocorre os mesmos efeitos da ilha das Cabras, onde a mata ciliar é de pequenos exemplares arbóreos espaçados ou inexistentes, que não conseguem manter a estabilidade do talude. Na enchente de setembro (19c) é possível visualizar a margem esquerda da ilha. Em dezembro (19e) verifica-se o talude exposto com degraus e presença de exemplares arbóreos caídos.

Figura 19 (a-e) – Localizadas na ilha dos Dornelles (MD) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 443.921 ; Y (m): 6.687.955.

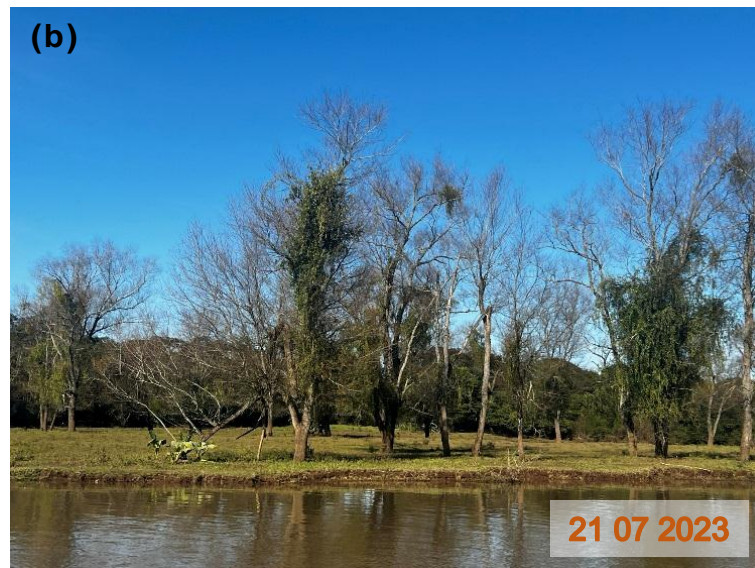
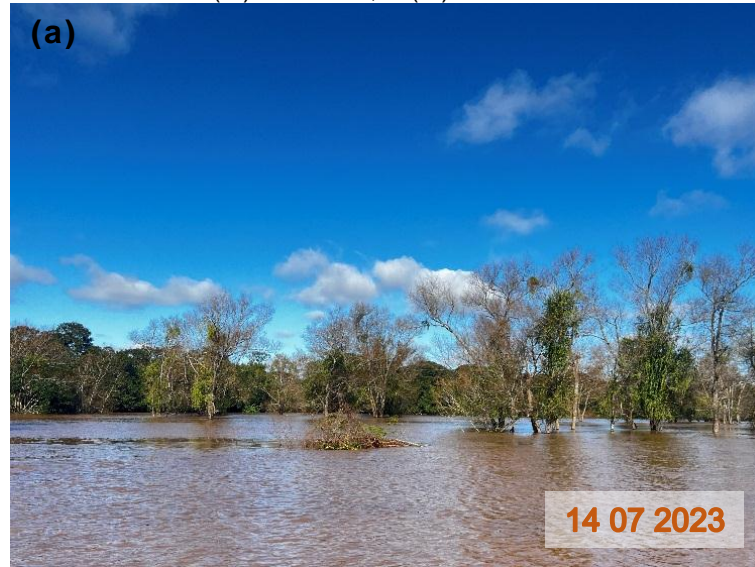




A margem esquerda da ilha dos Dornelles, apresenta uma densidade maior de mata ciliar e a região é utilizada para criação de bovinos. Entretanto, em alguns pontos

também apresenta solo exposto, sendo um dos locais mais afetados pela enchente. Nos meses de julho, setembro e novembro de 2023, as margens ficaram submersas. Em 05/12/2023 (20e), é possível visualizar a deposição de areia nas margens, assim como, resíduos e galhos trazidos pela correnteza da água.

Figura 20 (a-f) – Localizadas na ilha dos Dornelles (ME) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000):
X (m): 444.688 ; Y (m): 6.688.876.





5.5 ESTRADA MUNICIPAL – TRIUNFO

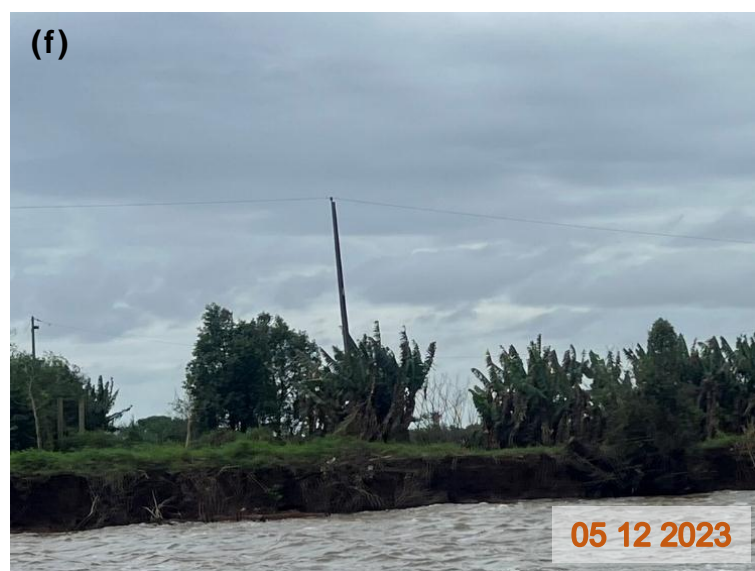
Na região localiza-se a estrada municipal de Triunfo, as margens apresentam apenas algumas gramíneas como proteção do talude. Essa é uma área exposta a intensos processos erosivos em virtude da falta de vegetação nos taludes, inexistência de mata ciliar, solo areno-argiloso. Periodicamente os taludes sofrem pela percolação d'água, decorrentes do rebaixamento rápido dos níveis do rio, além de haver uma estrada, com tráfego até de caminhões, no limite do talude marginal, caracterizando o descumprimento da legislação florestal sobre APP'S.

Nas enchentes ocorridas em setembro e novembro a estrada ficou submersa, assim como, o talude marginal. Percebe-se que no registro do dia 05/12/2023, a área parece ter menos vegetação do que na imagem do dia 14/07/2023, sendo uma área bastante afetada.

Figura 21 (a-f) – Estrada municipal, margem esquerda do rio Jacuí – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 443.927 ; Y (m): 6.689.102.

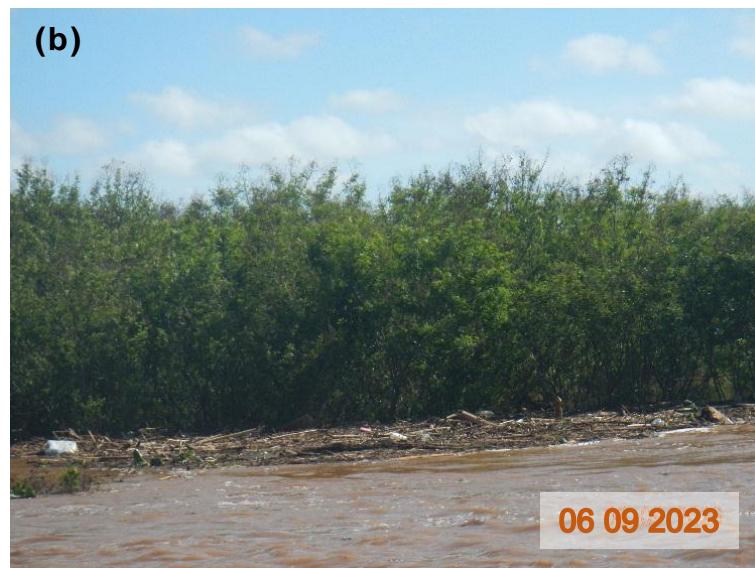






Na enchente ocorrida em setembro, o entorno dessa região, foi onde mais se depositaram resíduos trazidos pela correnteza da água, como pode se observar nas figuras abaixo.

Figura 22 (a-d) – Margens município de Triunfo (ME).

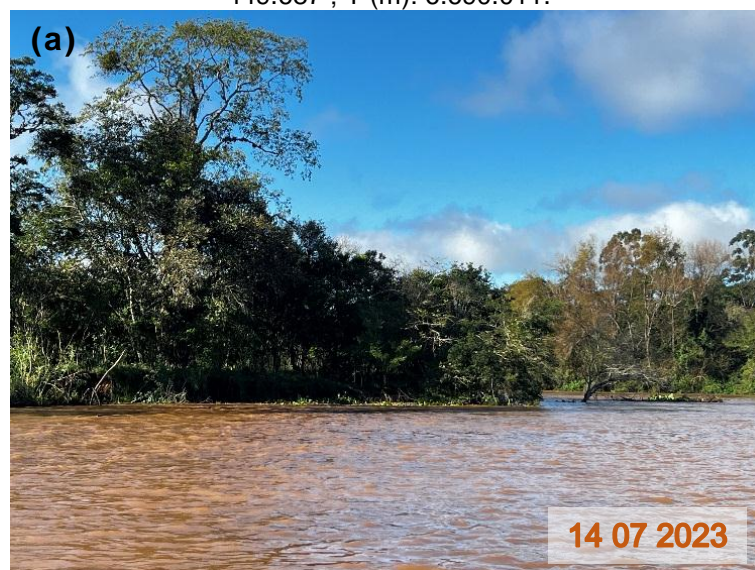




5.6 ILHA DO CARIOCA

A região da ponta da ilha do Carioca foi uma das que mais teve processos erosivos esse ano. As fortes correntezas e alguns episódios com a ilha praticamente submersa, afetaram diretamente a região. Nos registros de julho, mesmo que em época de cheia, ainda era possível ver uma densa vegetação na ponta da ilha (23a e 23b). Em 05/12/2023 (23f), as margens estavam com recuo de quase 4 m (quatro metros), com diversos exemplares arbóreos tombados e com raízes expostas.

Figura 23 (a-f) – Ponta oeste ilha do Carioca – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 449.687 ; Y (m): 6.690.011.



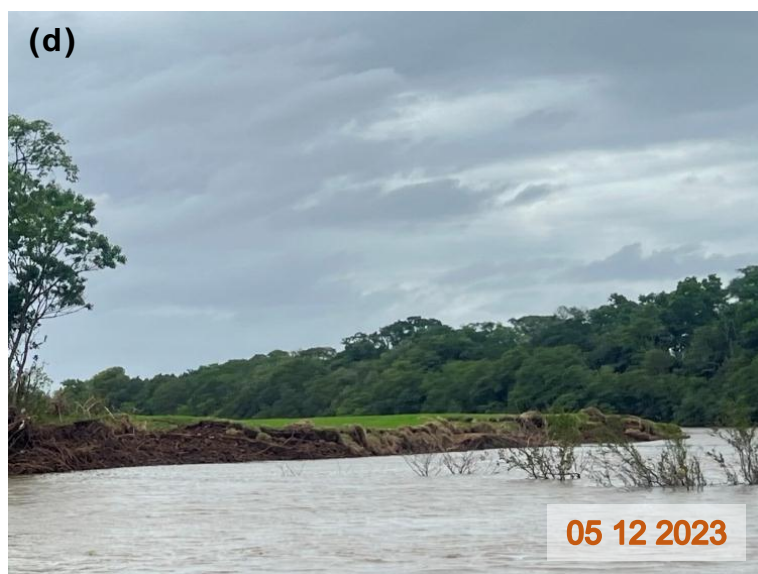




Já na margem direita da ilha, não havia mata ciliar protegendo as margens, o que intensificou ainda mais os processos erosivos. No local há muita presença de galhos que se depositam no fundo do rio, dificultando o acesso da equipe técnica para registros. Para comparação serão levados em consideração os registros de julho, setembro e dezembro.

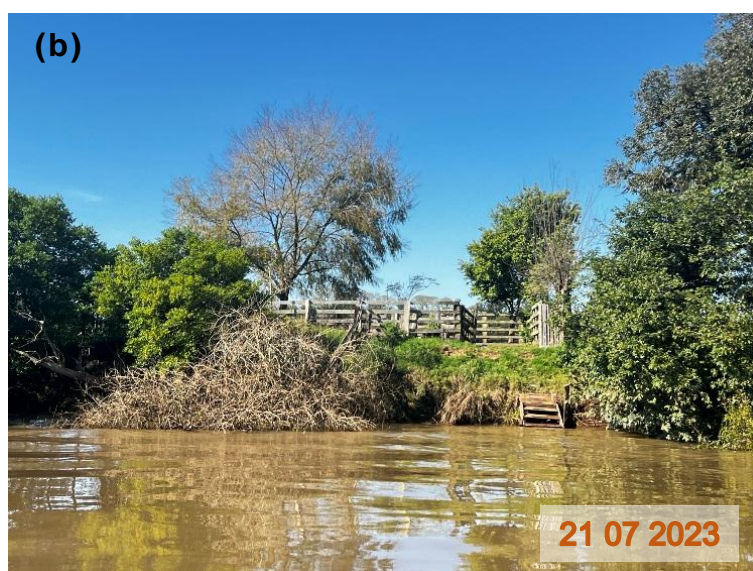
Figura 24 (a-d) – Ponta oeste ilha do Carioca – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 449.753Y ; Y (m): 6.689.983.

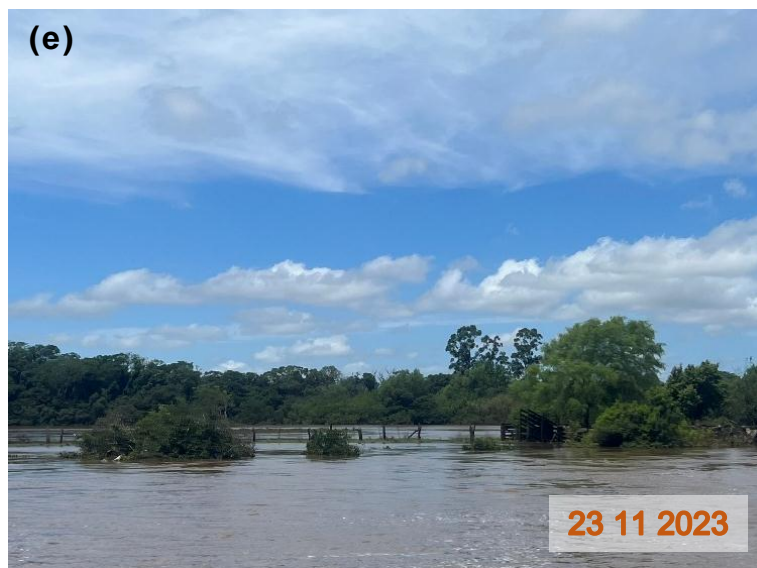
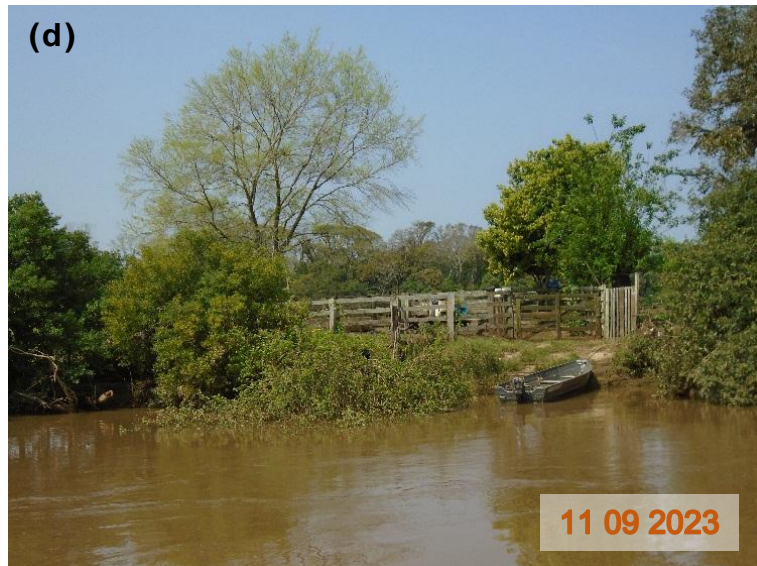




O ponto monitorado apresenta uma cerca de fácil visualização na ilha do Carioca (ME). Ao longo de 2023, a região foi afetada pelas enchentes, principalmente as ocorridas em setembro e novembro de 2023 (Figuras 25c e 25e), onde praticamente a ilha inteira ficou submersa. Em dezembro de 2023 (25f), a cerca estava quebrada com presença de resíduos pendurados nas árvores, que também estavam tombadas, assim como, presença de galhos junto as margens.

Figura 25 (a-f) – Ilha do Carioca, margem esquerda (cerca) – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 449.795 ; Y (m): 6.690.162.



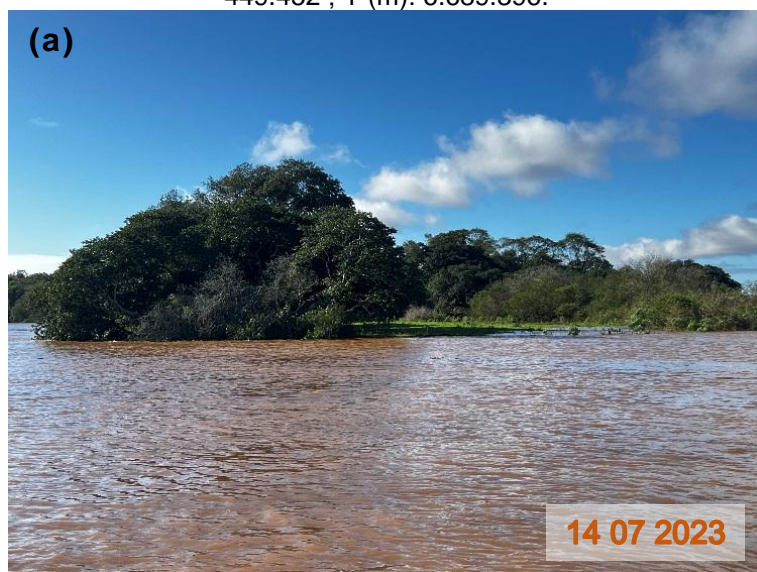




5.7 ILHA DO ARAÚJO

A ponta da ilha do Araújo foi uma das mais afetadas, como observado no monitoramento dos marcos, onde apresentou erosão de nível alto, sendo o mais expressivo está relacionado com as enchentes. O processo de percolação d'água e aumento de velocidade do rio, são mais intensificados na região, devido as correntezas que afetam diretamente a ponta da ilha, que não apresenta vegetação ciliar e ainda fica as margens submersas

Figura 26 (a-f) – Ponta oeste ilha do Araújo – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 449.452 ; Y (m): 6.689.396.



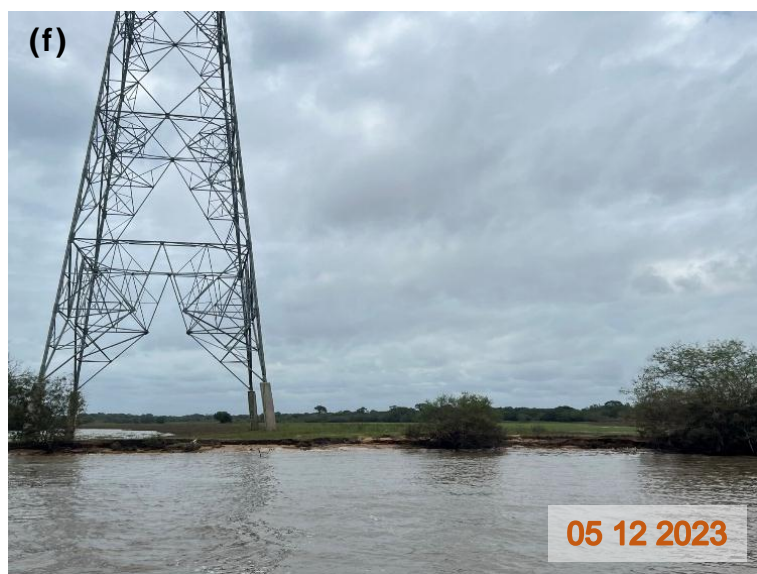
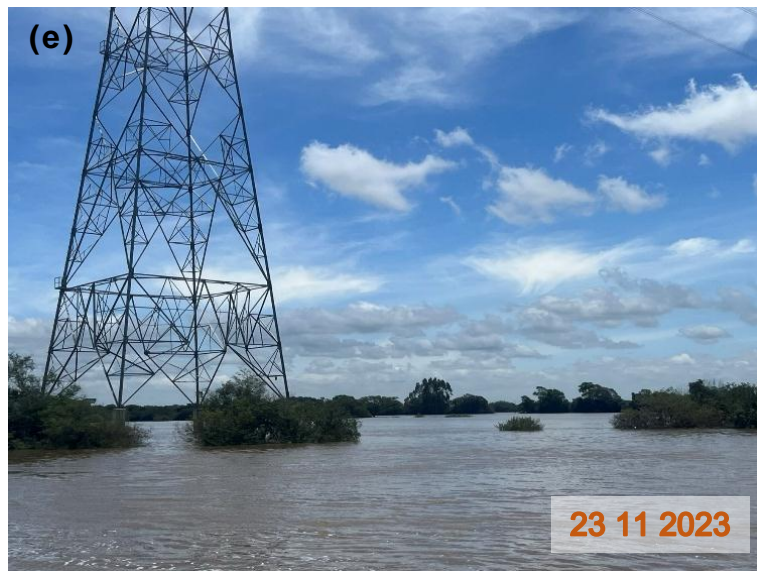




Ao longo de 2023 essa região da ilha ficou submersa, podendo-se visualizar o outro lado da margem. As bases das torres ficaram em contato direto com a água. Atualmente na região estão instaladas 6 (seis) torres de transmissão, por se tratar de uma ilha fluvial móvel são nítidos os problemas estruturais que podem vir a ocorrer, visto estarem muito próximos à margem, em solo inconsolidado e sucessível a erosão. Fato já ocorrido em 23/09/2018 que após um vendaval, uma torre da linha de transmissão caiu dentro do rio Jacuí impossibilitado, inclusive, o tráfego de embarcações.

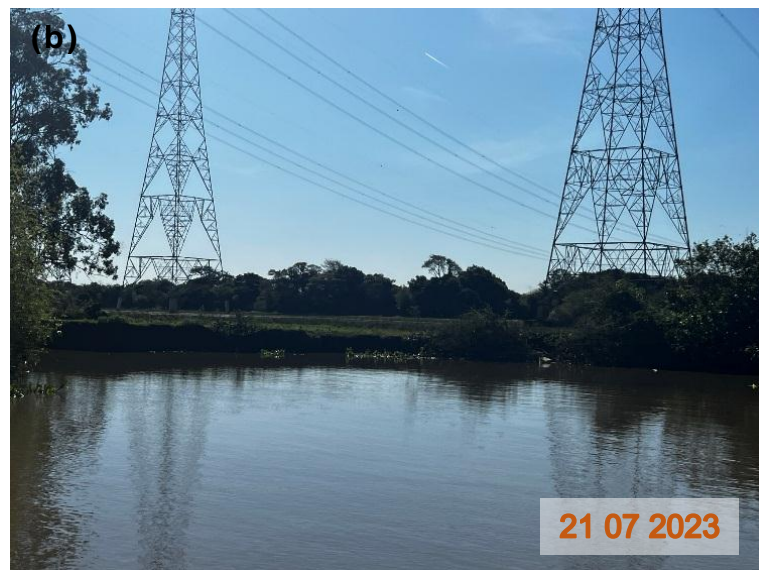
Figura 27 (a-f) – ilha do Araújo, margem direita – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 454.509 ; Y (m): 6.687.462.

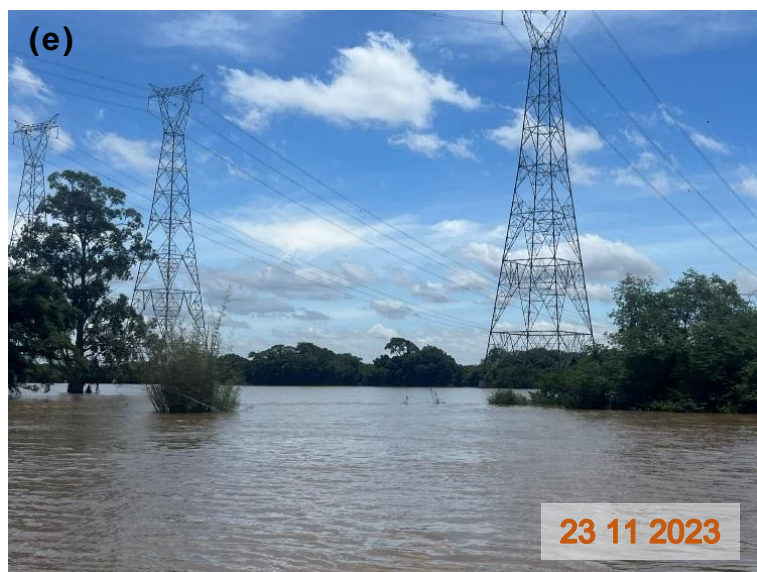
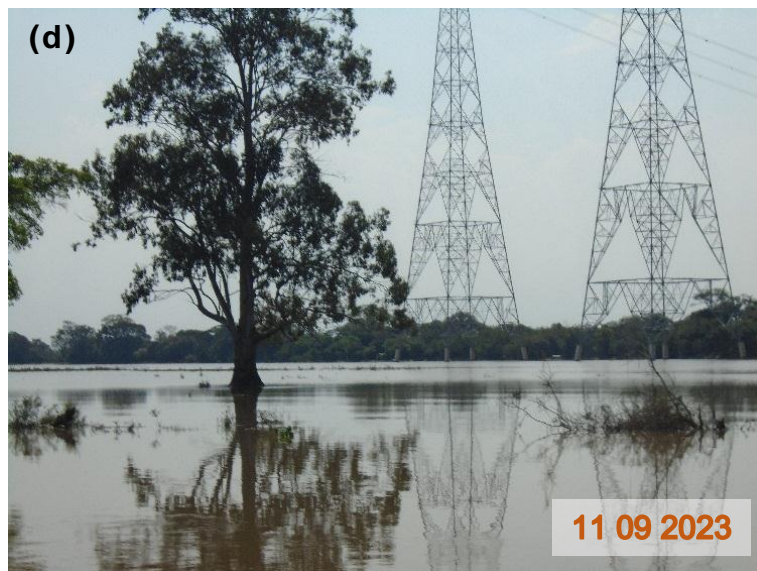




No monitoramento executado, ainda foram registradas outras torres, que eram possíveis visualizar do outro lado da ilha.

Figura 28 (a-f) – ilha do Araújo, margem direita – Coord. UTM do local (*datum* SIRGAS2000): X (m): 454.774 ; Y (m): 6.687.292.







3 ANÁLISES IMAGENS DE SATÉLITE

As enchentes ocorridas ao longo de 2023, foram marcos históricos, principalmente no evento de novembro de 2023. No rio Jacuí os níveis e as precipitações acumuladas alcançaram a enchente ocorrida em 1941, sendo uma das maiores cheias da região. Centenas de famílias foram atingidas, ficando desalojadas e ainda com casas devastadas pela correnteza da água, assim como, empresas foram afetadas.

As áreas afetadas puderam ser visualizadas a partir de imagens de satélite, que registravam a devastação e a força do rio Jacuí.

Figura 29 – Imagem de Satélite (Sentinel-2 L2A), datada em 06/09/2023, área da Jazida da SOMAR.



Figura 30 – Imagem de Satélite (Sentinel-2 L2A), datada em 20/11/2023, área da Jazida da SOMAR.



A equipe técnica da SOMAR realizou um comparativo entre as imagens das enchentes de setembro e novembro de 2023. Com intuito de demonstrar a área de inundação afetada na área de estudo.

O cálculo realizado foi a partir do leito “normal” do rio Jacuí (polígono base disponibilizado pela SEMA), em área de estudo pré-definida, levando em consideração a jazida da SOMAR. A área de inundação, é resultante da identificação da pluma presente nas imagens, através de polígono.

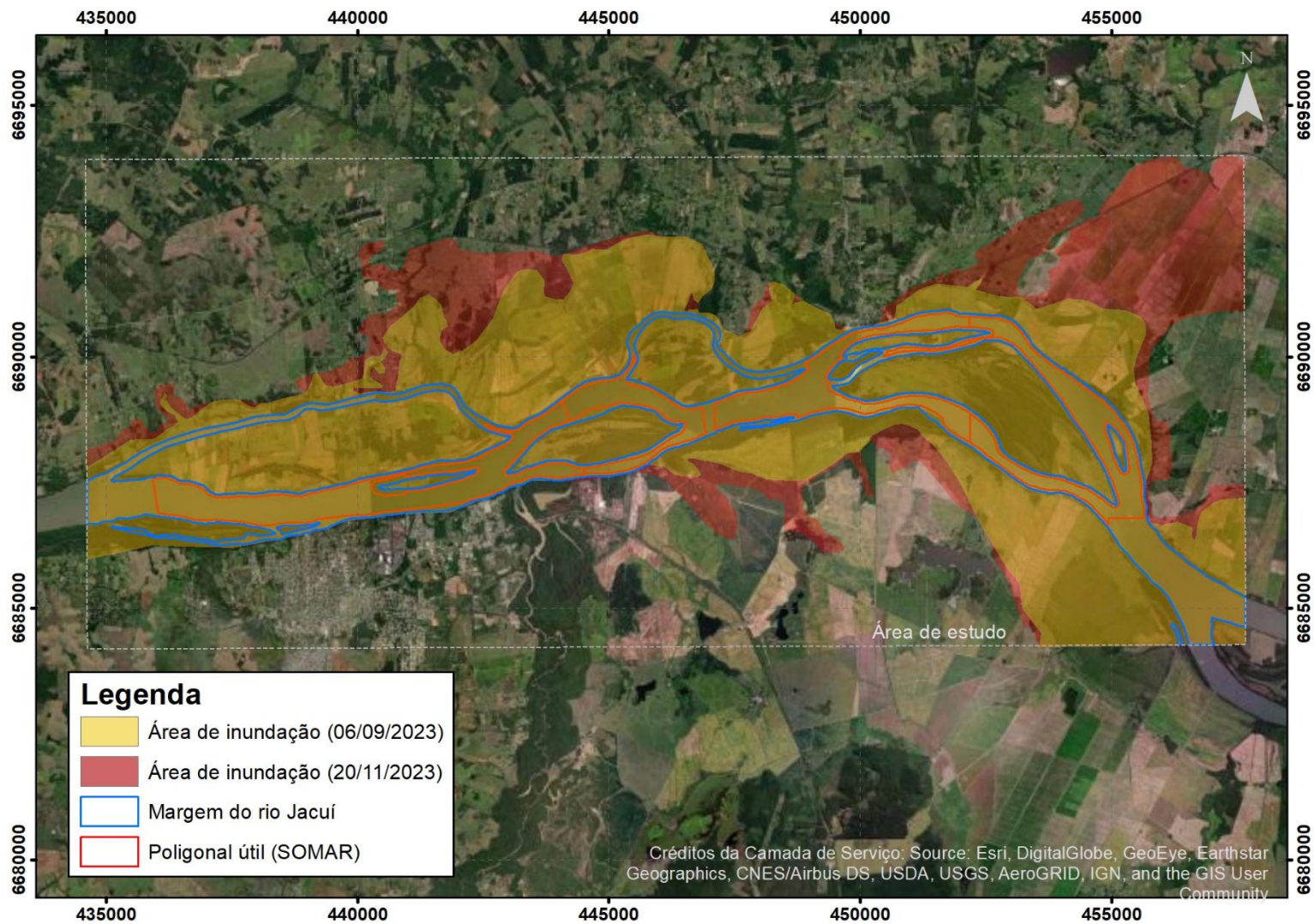
Tabela 3 – Cálculo da área de inundação dos eventos de enchente em setembro e novembro de 2023.

Data da Imagem	Área do Polígono rio Jacuí (base SEMA) (ha)	Área de Inundação (ha)	Porcentagem da Área de Inundação em relação ao polígono do rio Jacuí (%)
06/09/2023	2354,81 (ha)	5970,19 (ha)	253,53 %
20/11/2023		8371,19 (ha)	355,49 %

Percebe-se que em situações normais, o polígono do rio Jacuí estaria em 100% na área referida. Porém, nos eventos ocorridos em setembro o rio chegou a 2,5 vezes maior que seu leito normal. Em novembro, o leito do rio ficou 3,5 vezes maior do que seu normal.

Se comparado as duas situações de enchente, a ocorrida em 06/09/2023 teve uma área de inundação de 28,68% menor do que a enchente do dia 20/11/2023 para a área de estudo adotada.

Figura 31 – Área de Inundação nas enchentes ocorridas em setembro e novembro de 2023, na jazida da SOMAR.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como já evidenciado nos anos anteriores, as imagens capturadas em 2023 mostram que o uso do solo para a agricultura ou pecuária não respeitam faixas mínimas de mata ciliar estabelecidas por lei. Tais atividades são realizadas muito próximas à margem do rio, o que vem contribuindo para a erosão dos taludes. Nas áreas onde há cobertura densa de vegetação não há indícios de processos erosivos, apenas acúmulo de restos de vegetação carregada pelo rio e resíduos sólidos, como sacolas plásticas e garrafas, marcando o limite atingido pelo nível d'água nas enchentes.

Os acessos às lavouras localizadas nas ilhas, próximos às margens, contribuem para a formação de voçorocas e ravinas que intensificam a erosão das margens, podendo ocasionar o solapamento do talude.

A alteração do regime de fluxo de um rio em função do controle exercido por estruturas hidráulicas (barragens e eclusas) e a variação do nível d'água em épocas de enchentes na presença de margens arenosas são os principais fatores na incidência de processos erosivos superficiais, instabilizando os taludes marginais. Conclui-se que os regimes de enchente e inundação do rio Jacuí, sabendo-se que são processos naturais, influenciam diretamente sobre a erosão das margens do rio e das ilhas.

O início da instabilização das margens com talude arenoso é através da percolação de água devido ao rebaixamento rápido do nível do rio, neste caso, quando o rio tem sua elevação de nível, as águas se infiltram nos taludes, saturando-os. Após o rebaixamento rápido do nível do rio, há uma inversão dos fluxos internos, ocorrendo a percolação da água através dos taludes, desestabilizando-os.

A alteração do regime de fluxo de um rio, de laminar para turbulento, com o aumento das velocidades das correntezas e em presença de margens arenosas inconsolidadas são sempre determinantes na incidência de processos erosivos superficiais, que instabilizam as suas margens.

Nas regiões vistoriadas, localizadas na área de concessão da SOMAR, foi possível identificar a constante modificação geomorfológica dos taludes e dos terrenos no comparativo antes e pós-inundação.

Segundo Oliveira (2012) as mudanças fisiográficas nas ilhas fluviais estão diretamente vinculadas à vazão e competência do rio no transporte hídrico e de sedimentos, as margens estão submetidas a processos de erosão e de deposição, e ilhas podem surgir a partir de processos de acumulação de sedimentos em trechos de baixa energia, onde a declividade é menor.

Em períodos de enchentes a vazão do rio aumenta e associado a isso a competência para o transporte de sedimentos também, o que implica dizer que aumenta o potencial erosivo do recurso hídrico.

Esse processo geomorfológico ocorre em todas as ilhas do rio Jacuí que estão no trecho de concessão da SOMAR, porém a preocupação maior se dá com as ilhas das Cabras e do Araújo onde estão instaladas torres de alta tensão.

Em Nota Técnica emitida pelo IPH/UFGRS (Instituto de Pesquisas Hidráulicas), no dia 11 de setembro de 2023, foi salientada a importância das informações detalhadas de chuva, nível dos rios e da topografia local para que os Órgão responsáveis, como a Defesa Civil ou a Sala de Situação/SEMA, consigam emitir alertas assertivos e detalhados sobre os locais a serem impactados por eventos extremos. Atualmente, os dados se apresentam amplos e difusos, atrasando o envio de alertas e dificultando a tomada de decisão da população em áreas de risco.

A SOMAR vem ao longo dos anos, salientando em seus relatórios, sobre a importância da gestão do Rio Grande do Sul ser mais efetiva, investindo em formas mais eficazes de monitoramento e alerta para redução de risco desses desastres. O IPH de forma cirúrgica abordou diferentes ações imediatas e ao longo prazo para serem executadas e frisou que essas ações devem ser realizadas em tempo integral, de maneira contínua, e não somente durante ou logo após a ocorrência da emergência.

Contudo, desastres hidrometeorológicos ou hidrológicos como os de 2023, incluindo enchentes ou ciclone extratropical que causaram imensos prejuízos em junho desse ano, ou ações de El Niño como ocorridas em setembro e novembro de 2023, podem ocorrer novamente, seja pela variabilidade natural do clima ou pelas mudanças climáticas, conforme as pesquisas científicas apontam. Deste modo, o Rio Grande do Sul deve estar preparado para todos os casos.

Em 2024 o acompanhamento dessas e de outras áreas será mantido, a fim de obter subsídios técnicos que permitam avaliar os danos e impactos causados pelas variações bruscas de vazão do rio Jacuí, muitas vezes atribuídos de forma errônea a atividade de extração de areia em leito de rio.

Porto Alegre, 31 de janeiro de 2024.

Brenda Porciuncula
Engenheira Ambiental
CREA RS244965

René de Matos Caraméz
Engenheiro de Minas
Diretor Técnico
CREA RS029654



REFERÊNCIAS

BANDEIRA, I. C. N. ADAMY, A. ANDRETTA, E. R., ANDRADE, M. M. N. Terras Caídas: Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon?. *Environmental Earth Sciences* (2018) 77:222. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7405-7>. Acesso em: 08 jan. 2024.

BENINI, S. M. DIAS, L. S. AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Saneamento e Meio Ambiente. Editora ANAP, 1 ed., Tupã/SP, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330365582_Saneamento_e_o_Ambiente-1_Organizadoras/link/5c3c92bf92851c22a373c783/download. Acesso em: 08 jan. 2023.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia. 2. ed., rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 1980.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. T. G. & CUNHA, S. B. (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 5, p 211-252.

EMBRAPA. Mapa de Erodibilidade dos Solos à Erosão Hídrica do Brasil. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2925>. Acesso em 08 jan. 2024.

GOMES, E. S. MOURA, B. PLAVIACK, G. NOVACOSKI, J. STORI, K. R. Oficina Didática sobre os conceitos de inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas. PUCPR, ISSN 2176-1396. EDUCERE XII Congresso Nacional de Educação, Curitiba/PR, 2015.

OLIVEIRA, E. D. Geometria Hidráulica: Algumas Considerações teóricas e Práticas. *Sociedade e Território*, v. 24, nº 1, p. 166-184. Natal/RN, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/3470>. Acesso em 08 jan. 2024.

SEMA/RS. Boletim Estiagem 2020-2023. Sala de Situação/RS, 2023. Disponível em: <http://www.saladesituacao.rs.gov.br/boletins>. Acesso em 08 jan. 2024.

SEMA/RS. Sala de situação. Boletim Hidrometeorológico Mensal – Julho de 2023. Disponível em: <http://www.saladesituacao.rs.gov.br/>. Acesso em 08 Jan. 2024.

SEMA/RS. Sala de situação. Boletim Hidrometeorológico Mensal – Setembro de 2023. Disponível em: <http://www.saladesituacao.rs.gov.br/>. Acesso em 08 Jan. 2024.

SEMA/RS. Sala de situação. Boletim Hidrometeorológico Mensal – Outubro de 2023. Disponível em: <http://www.saladesituacao.rs.gov.br/>. Acesso em 08 Jan. 2024.

SEMA/RS. Sala de situação. Boletim Hidrometeorológico Mensal – Novembro de 2023. Disponível em: <http://www.saladesituacao.rs.gov.br/>. Acesso em 08 Jan. 2024.

IPH/UFRGS. Nota sobre a cheia ocorrida nos dias 4 e 5 de setembro na Bacia rio Taquari-Antas. Publicado em 11 de setembro de 2023 [S.I.]. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2023/09/Nota-sobre-a-cheia-ocorrida-nos-dias-4-e-5-de-setembro-na-Bacia-do-rio-Taquari-v2.pdf>. Acesso em 14 Set. 2023.

INMET. Balanço: Porto Alegre (RS) teve recorde de chuva em setembro/2023. Publicado em 05/10/2023 [S.I.]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-porto-alegre-rs-teve-recorde-de-chuva-em-setembro-2023>. Acesso em 09 Jan. 2024.