



Análise de Abertura de Novo Canal de Maré na Lagoa dos Patos para Atenuação de Cheias no Rio Guaíba, RS

Rodrigo Amado Garcia Silva¹, Roberta Caldas Salcedo Reis², Daniel Maia Ramos³, André Luiz Belém⁴, Eduardo Puhl⁵ & Rafael Manica⁶

Resumo: Este trabalho analisa a efetividade da abertura de um novo canal de maré no norte da Lagoa dos Patos, como forma de atenuação de ondas de cheia na cidade de Porto Alegre – RS. Por meio de modelagem computacional, analisou-se a abertura de um canal com 100 m de largura, 10 m de profundidade e 15 km de extensão. Analisou-se também intervenção de dragagem na barra do Rio Guaíba. O modelo utilizado reconstituiu de forma consistente o evento de cheia ocorrido em maio de 2024, tendo sido calibrado com níveis de água medidos em Porto Alegre e validado com série temporal medida em Rio Grande. Os resultados obtidos revelam que o canal proposto seria pouco eficiente na mitigação de cheias em Porto Alegre, pois observou-se redução de apenas 0,5 m do nível de água na região central da capital gaúcha. Neste cenário, a cheia observada teria sido equivalente à cheia histórica do ano de 1941. As alternativas de dragagem da barra do Guaíba, mesmo sendo menos custosas e danosas ao meio, apresentaram eficiência similar ou melhor que a observada no cenário de abertura do canal. Mesmo que não houvesse impactos ambientais relevantes, a abertura de um novo canal na Lagoa dos Patos seria um equívoco do ponto de vista da Engenharia, pois sua eficiência na mitigação de cheias no Rio Guaíba seria baixa.

Palavras-Chave: Rio Guaíba, Porto Alegre, Lagoa dos Patos, Onda de Cheia, Canal de Maré.

Abstract: This paper analyzes the effectiveness of implementing a new tidal channel in the north of the Patos Lagoon Lagoa, as alternative for attenuating flood waves in the city of Porto Alegre – RS. By means of computational modeling, the opening of a channel 100 m wide, 10 m deep and 15 km long in the northern region of the Patos Lagoon was analyzed. Dredging interventions in the Guaíba River mouth were also analyzed. The applied model consistently reconstructed the flood event occurred in May 2024, as it was calibrated considering water levels measured at Porto Alegre and validated with water level time series measured at Rio Grande. The results reveal that the proposed channel would be inefficient in reducing floods in Porto Alegre, since it reduced the water level only 0,5 m. In this scenario, the observed flood would have been equivalent to the historic flood of 1941. The alternative of dredging the Guaíba mouth, which less costly and harmful to the environment, showed similar or better efficiency than the observed in the scenario with the channel. Even if no relevant environmental issues would occur, the opening of a new maritime connection the Patos Lagoon would be a mistake from an Engineering the point of view, since its efficiency in reducing floods in the Guaíba River would be low.

Keywords: Guaíba River, Porto Alegre, Patos Lagoon, Flood Wave, Tidal Channel.

1) Laboratório de Modelagem de Processos Costeiros – LABCOST, Grupo de Pesquisa em Hidrodinâmica, Hidráulica e Oceanografia – H2O, Dpt. de Eng. Agrícola e Meio Ambiente, PPGDOT, Universidade Federal Fluminense - UFF. Email: rodrigo_amado@id.uff.br.

2) Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra (PPGDOT-UFF), LABCOST/H2O/UFF. Email: robertareis@id.uff.br

3) Laboratório de Modelagem de Processos Costeiros – LABCOST, H2O/UFF. Email: daniel_maia@id.uff.br

4) Observatório Oceanográfico – O2, H2O/UFF, PPGDOT-UFF. Email: andrebelem@id.uff.br.

5) Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade (NECOD), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Email: eduardo.puhl@ufrgs.br

6) Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade (NECOD), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), UFRGS Email: manica@iph.ufrgs.br



INTRODUÇÃO

Ao longo do mês de abril e início do mês de maio de 2024 uma grande parte do estado do Rio Grande do Sul (RS) recebeu um extraordinário volume de chuvas de grande intensidade, o que resultou em um dos maiores desastres ambientais do país. O evento meteorológico resultou em deslizamentos de terra, fluxos de detritos, inundações e alagamentos. O número de pessoas afetadas passa dos 2.000.000, sendo 400.000 desalojadas devido à catástrofe climática, infelizmente com 175 vítimas e ainda 38 desaparecidos, segundo números recentes (Vilela, 2024). Verificaram-se volumes de chuva na bacia hidrográfica do Rio Guaíba de até 900 mm acumulados ao longo dos 35 dias de evento, o que supera em dez vezes a precipitação média para a região (Collischonn et al., 2024). Especialistas apontam que o evento teve influência das mudanças climáticas em andamento, correspondendo a um incremento em torno de 15% nos volumes de chuva, quando comparados aos eventos no passado (Faranda et al., 2024).

Este imenso volume de chuvas resultou em um grande fluxo de águas ao longo dos córregos e rios da bacia hidrográfica do Guaíba rumo ao mar, resultando em níveis elevados até o momento, depois de mais de 50 dias do pico das cheias. Esta condição duradoura levou aos cidadãos e as autoridades a buscarem por soluções preventivas à novas inundações, buscando tanto reduzir os maiores níveis, quanto acelerar a redução dos níveis elevados de cheias.

Algumas das soluções apontadas desde a década de 1970 como possivelmente efetivas para a redução das cheias do Rio Guaíba, principalmente na região metropolitana de Porto Alegre, são: (i) o aumento da seção constrita na ponta da cadeia; (ii) aumento da seção do exutório para a Lagoa dos Patos, na região da ponta de Itapoã; (iii) construção de reservatórios de contenção do volume de cheias. Na ocasião da cheia de 2024, está sendo avaliada a criação de um novo canal de maré na Lagoa dos Patos, na região intermediária, afim de possibilitar melhor escoamento das águas acumuladas no sistema hídrico. Este seria operado por comportas para escoamento dos volumes das cheias, porém a comunidade científica vem se manifestando contrários a este tipo de obra por avaliar possíveis efeitos negativos no ecossistema lagunar (CECO, 2024). Dentre estes possíveis efeitos estão: salinização da porção norte da laguna, restrição no abastecimento de água e irrigação, impacto nas atividades pesqueiras, entre outros.

A proposta de abertura de um novo canal de maré no norte da Lagoa dos Patos foi amplamente divulgada na mídia imediatamente após início da cheia de maio/2024, tendo sido citada diversas vezes por autoridades de Porto Alegre, do governo estadual do RS e do governo federal. Neste sentido, este trabalho analisa a efetividade desta solução como forma de atenuação de ondas de cheia no Rio Guaíba. Alternativamente, analisa-se ainda o efeito de intervenção de dragagem no exutório do Rio Guaíba, isto é, no estrangulamento que o conecta à Lagoa dos Patos. Mesmo de maneira hipotética, as análises devem servir para direcionamento das tomadas de decisão na ocasião das obras e projetos de reconstrução do estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, as análises realizadas recompõem o evento de cheia observado em maio de 2024 no em Porto Alegre.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Guaíba compreende uma área de 84.763 km², correspondendo a um terço de todo o estado do RS (Scottá et al., 2020). A drenagem se dá por quatro principais rios, dentre eles está o Rio Jacuí, sendo o principal contribuinte de vazão (85%), seguido pelo Rio Caí (6%), Rio dos Sinos (7%) e Rio Gravataí (2%). Junto à região central de Porto Alegre, estes cursos confluem em uma seção estreita, chamada Ponta da Cadeia, com menos de 1.000 m de largura. A partir daí, o curso de água alarga significativamente em até 20 km ao longo dos 40 km do Rio Guaíba. Seu canal principal é bem definido com profundidades da ordem de 12 m, sendo que a profundidade média de todo o rio é de 2 metros. O regime hidráulico do Rio Guaíba (ANDRADE NETO et al., 2012) é de vazões médias de 2.400 m³/s nos períodos de cheia (inverno) e de 350 m³/s em períodos de seca



(verão). Por outro lado, devido à extensa área superficial, o seu fluxo é influenciado pelo vento, podendo causar desníveis da superfície da ordem de 0,5 m. Inclusive, em condições severas (Fick et al., 2022) há reversão do fluxo na camada superior, especialmente em condições de baixas vazões. O Rio Guaíba desagua na Lagoa dos Patos na região da Ponta de Itapoã.

A Lagoa dos Patos é parte do maior sistema lagunar da costa Sul Americana, com orientação preferencial NE-SW e profundidade média de 6 m (TOLDO, 1991). A circulação hidrodinâmica da lagoa é controlada pela descarga fluvial e pelo regime de ventos (MOLLER et al., 2001) e também pelo efeito de Coriolis, embora em menor grau. Com a incidência dos ventos predominantes de NE (primavera e verão) ocorre um empilhamento das águas na região sul da lagoa e, conseqüentemente, estimula a descarga fluvial para o oceano. Já nos meses de outono e inverno, sistemas frontais frequentes levam a incidência de ventos do quadrante sul (CASTELÃO; MOLLER, 2003), repercutindo em níveis mais elevados na região norte da lagoa e represamento das águas no Rio Guaíba. Quanto aos efeitos de maré astronômica (classificada como micromaré) no interior da lagoa, devido ao seu alongado comprimento, estes restringem-se ao baixo estuário. Neste trecho, a variação dos níveis de água é bem mais influenciada por efeitos meteorológicos, do que por efeitos astronômicos.

MÉTODOS

Desenvolveram-se modelagens hidrodinâmicas em três cenários distintos:

- a. **Situação Atual (SA):** neste cenário reconstituiu-se a cheia histórica de maio de 2024, com calibração do modelo a partir de dados de nível medidos em Porto Alegre, e validação a partir de dados medidos em Rio Grande, no exutório da Lagoa dos Patos.
- b. **Abertura de Canal ao Norte da Lagoa dos Patos (CN):** este cenário considera a abertura do canal de maré com 100 m de largura e 10 m de profundidade. O modelo hidrodinâmico foi forçado com os mesmos dados de maré, ventos e vazões fluviais utilizados no cenário SA.
- c. **Dragagem Itapoã em 4 m (D4):** neste cenário considerou-se dragagem de aprofundamento da barra do Rio Guaíba na cota 4 m, tendo como referência o nível de redução DHN.

Os modelos hidrodinâmicos foram desenvolvidos com o sistema de modelagem computacional SisBaHiA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (<http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/>). Foram executados modelos hidrodinâmicos bidimensionais médios na vertical (2DH).

Dados Ambientais

A região modelada (Figura 1) considera toda a Lagoa dos Patos, com região marítima adjacente, e o Rio Guaíba. Para a Lagoa dos Patos e a região costeira, utilizou-se a compilação de dados batimétricos disponibilizada pelo Projeto Baías do Brasil (www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br), que considera cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, bem como levantamentos batimétricos de diferentes fontes no canal de navegação do Porto de Rio Grande (Santos et. al, 2019). Para o Rio Guaíba, onde o modelo foi calibrado, utilizaram-se informações das Cartas Náuticas 2111 e 2107, ambas atualizadas em março de 2022.

Os níveis de maré prescritos na fronteira aberta dos modelos hidrodinâmicos foram obtidos a do SiMCosta – Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira (<https://simcosta.furg.br/home>). Utilizou-se série temporal de níveis de água medida pela Estação Rio Grande 2, situada sobre o guia-correntes sul da barra da Lagoa dos Patos (Figura 1), englobando o período de 01/04 a 23/05/2024, último dia com dados disponíveis para esta estação maregráfica ao início das simulações hidrodinâmicas.



O modelo hidrodinâmico de situação atual foi calibrado considerando séries temporais de níveis de água medidos antes e durante o evento de cheia na cidade de Porto Alegre, na Estação Harmonia, e na Estação Rio Grande, situada ao sul da Lagoa dos Patos na cidade mesmo nome, conforme localização indicada na Figura 1. Tais dados foram obtidos a partir da plataforma Tidesat (<https://www.tidesatglobal.com/>), que opera e disponibiliza dados de monitoramento de níveis de água em diferentes corpos hídricos no Rio Grande do Sul em parceria com o Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre entre a UFRGS e Portos RS (PGA-POA).

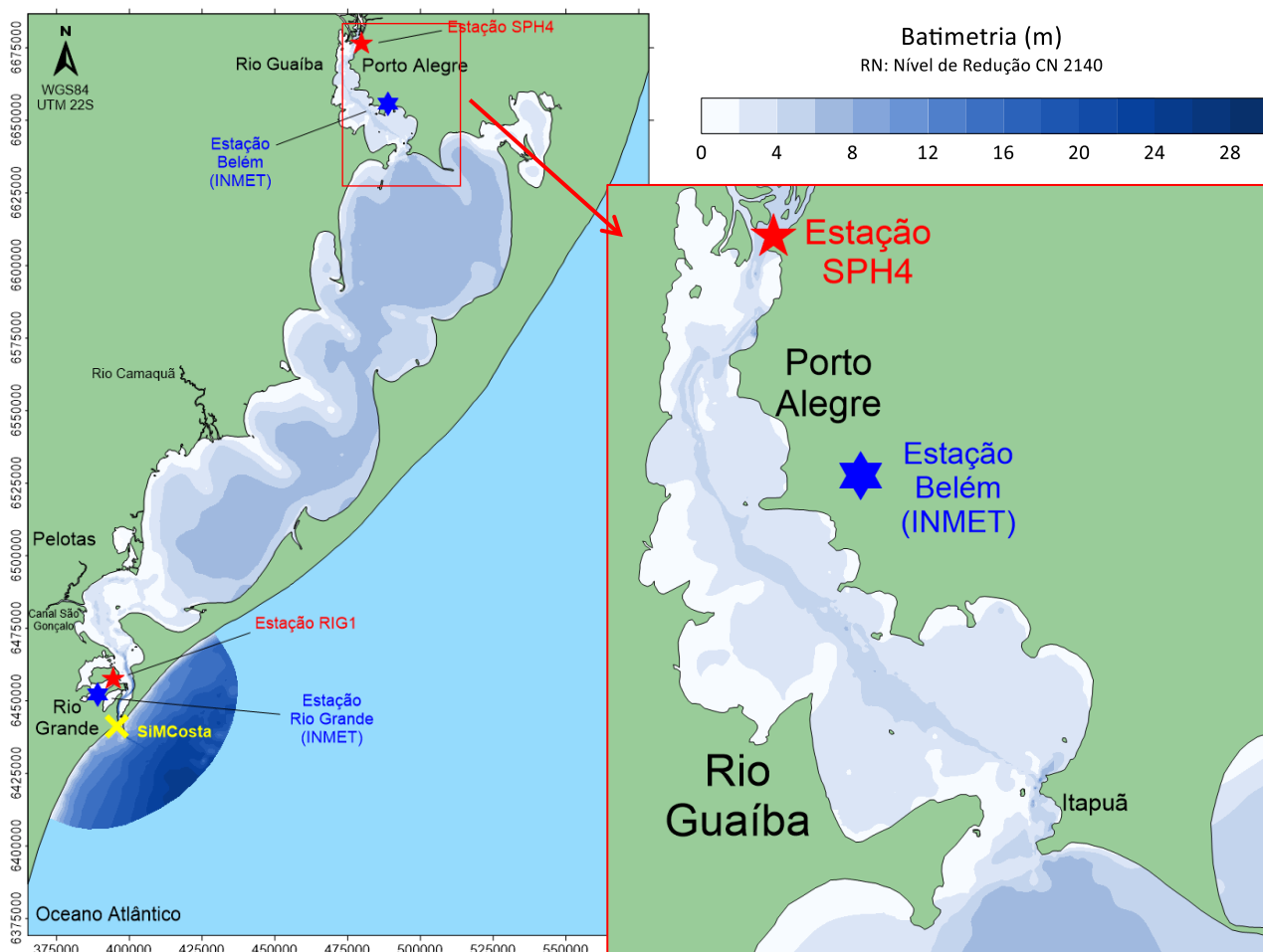


Figura 1 – Contornos batimétricos da Lagoa dos Patos, região marítima adjacente e Rio Guaíba.

A série temporal de vazões utilizada à montante do Rio Guaíba foi obtida a partir de uma compilação de vazões levantadas em campo pelo grupo de pesquisa do CECO - Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica e o PGA-POA da UFRGS, pela ANA e pelo Serviço Geológico Brasileiro, bem como resultados de modelo matemático para os dias em que não houve medições. Conforme se apresenta na Tabela 1, as medições ocorreram após início do evento de cheia, iniciando no dia 06/05. Pequenos ajustes foram feitos nos valores de vazão prescritas ao modelo durante o procedimento de calibração. Para os períodos sem vazão medida, os valores prescritos ao modelo foram, ou interpolados, ou estimados.

Consideraram-se ainda vazões médias para o Rio Camaquã e o Canal de São Gonçalo, principais afluentes da Lagoa dos Patos após o Rio Guaíba, com vazões de 300 m³/s para o primeiro e 650 m³/s para o segundo. Para o Rio Camaquã, o dado foi extraído da Ana, enquanto para o Canal de São Gonçalo, utilizou-se compilação de dados do Projeto Baías do Brasil.

Os dados de vento, cruciais para a hidrodinâmica da Lagoa dos Patos, foram obtidos das estações meteorológicas Belém, situada em Porto Alegre, e Rio Grande, ambas do INMET, cf. Figura 1.



A Figura 2 apresenta a malha de discretização espacial em elementos finitos utilizada na modelagem do cenário CN, composta de 2984 elementos finitos biquadráticos isoparamétricos quadrangulares e triangulares, totalizando 12206 nós de cálculo. O canal analisado foi posicionado no local mais próximo à barra do Guaíba e teria 15km de extensão, uma vez que foi posicionado no trecho com menor largura de cordão de areia de restinga. Para os cenários SA e D4, a malha numérica utilizada foi a mesma, excluindo-se apenas o no canal de maré e região costeira adjacente.

Tabela 1 – Vazões medidas no Rio Guaíba durante a cheia de maio/2024. Legenda: *medição com ADCP; **modelo matemático; ^amedição na Usina do Gasômetro; ^bmedição na Ponta do Dionísio; ^cdado da ANA ou do Serviço Geológico Brasileiro. Dados de nível de água do sistema TideSat. (Fonte: PGA-POA)

Dia	Hora	Vazão (m ³ /s)	Nível de Água (m)
Maio			
05*a	18	30180	5,12
06*a	10	29852	5,03
07**	12	26065	4,97
08**	12	24055	4,72
09*bc	10	23000	4,55
10**	12	20523	4,26
11**	12	19491	4,12
12**	12	20672	4,28
13**	12	22339	4,5
15*b	10	22069	4,83
22*b	10	8355	3,2
31*a	9	7989	2,98

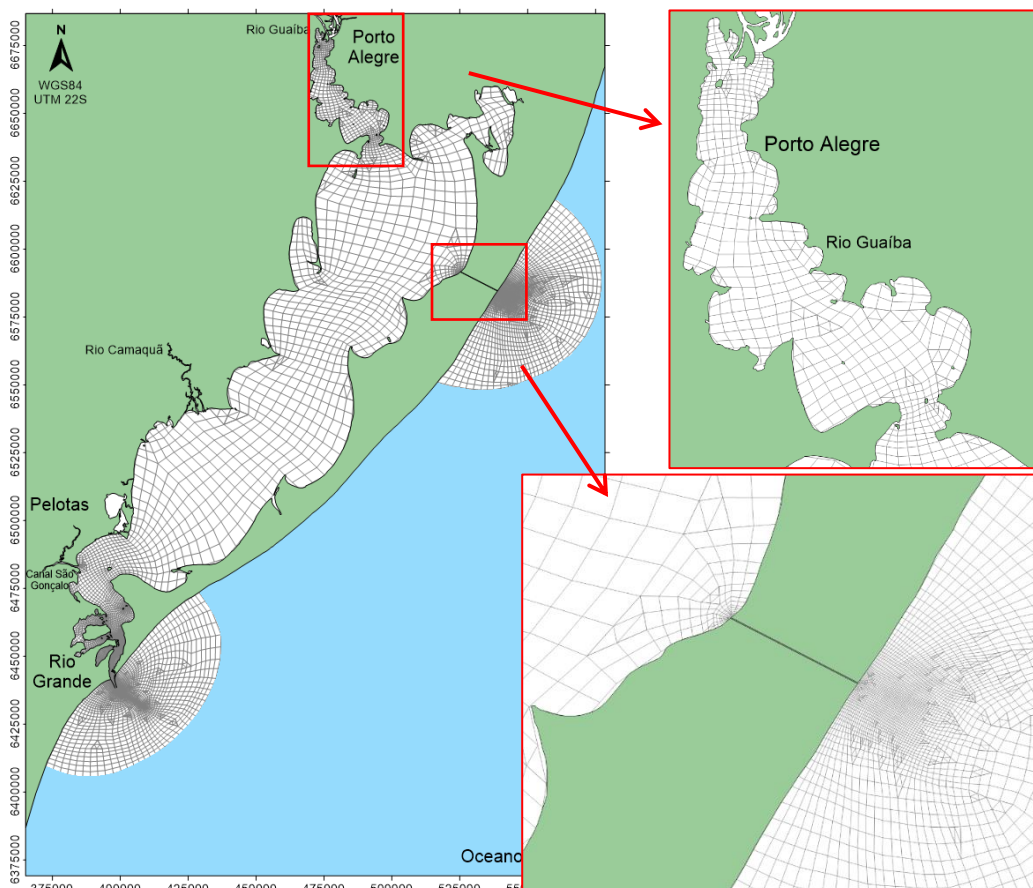


Figura 2 – Malha de elementos finitos utilizada na simulação com canal de maré ao norte da Lagoa dos Patos.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta os resultados de calibração do modelo hidrodinâmico de situação atual, considerando série temporal de níveis de água medidos nas estações Harmonia (SPH4). O modelo foi aquecido durante o mês de abril, considerando uma vazão média de 1000 m³/s afluente ao Rio Guaíba, valor típico de vazão média para o mês de abril, conforme série histórica da ANA. Nota-se bastante aderência entre o resultado do modelo e a série medida a partir do dia 18/04. O evento de cheia iniciou-se no dia 30/04. Nota-se que o modelo representou com precisão a subida do nível de água até o pico da cheia, quando se observou 5,16 m de altura de nível de água, que está 0,40 m acima do nível observado na cheia histórica de 1941. O modelo representou ainda de forma coerente a descida de nível após o pico da cheia, com repique a partir do dia 12/05 e nova queda do dia 15/05 em diante. A simulação se deu até o dia 23/05, a partir de quando o nível de água desceu abaixo da cota de inundação de 3,0 m.

O modelo foi validado a partir de comparação de níveis calculados pelo modelo com série temporal medida na Estação Rio Grande (RIG1). Conforme apresenta a Figura 4, o resultado calculado pelo modelo apresenta boa aderência ao dado medido durante todo o período simulado. Enquanto o pico da cheia ocorreu em Porto Alegre no dia 05/05, o pico de elevação ocorreu em Rio Grande somente no dia 16/05, o que demonstra como a Lagoa dos Patos amortece as variações de nível causadas por aumento de vazão no Rio Guaíba. Além disso, a hidrodinâmica na parte sul da Lagoa é bastante influenciada pelos níveis de maré astronômica e meteorológica no mar, bem como por ventos naquela região, que não necessariamente são os mesmos observados no Rio Guaíba, situado 200 km a norte de Rio Grande.

A Figura 5 apresenta a variação de níveis de água em Porto Alegre calculada pelo modelo para os cenários de abertura do Canal Norte (CN) e de dragagem da barra do Guaíba a 4 m de profundidade (D4). Nota-se que a abertura do canal atenuou o pico da cheia em apenas 0,5 m, permitindo que a água chegasse a níveis próximos dos observados na cheia histórica de 1941, na qual danos semelhantes foram observados na cidade. Resultado bastante similar foi observado para o cenário de dragagem da barra do Guaíba, que é uma intervenção muito menos radical no corpo de água.

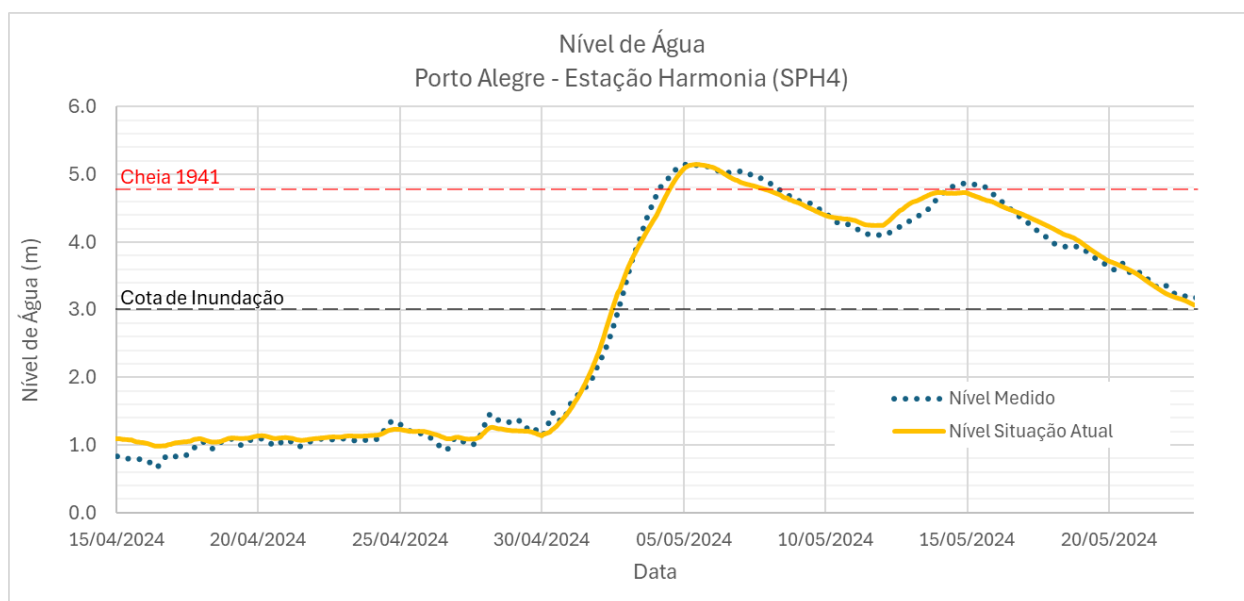


Figura 3 – Níveis de água calculados pelo modelo de Situação Atual em Porto Alegre, nas proximidades da Estação Harmonia (SPH4). Referência: Zero da régua da Estação SPH4, situado 0,41 m abaixo do NR.

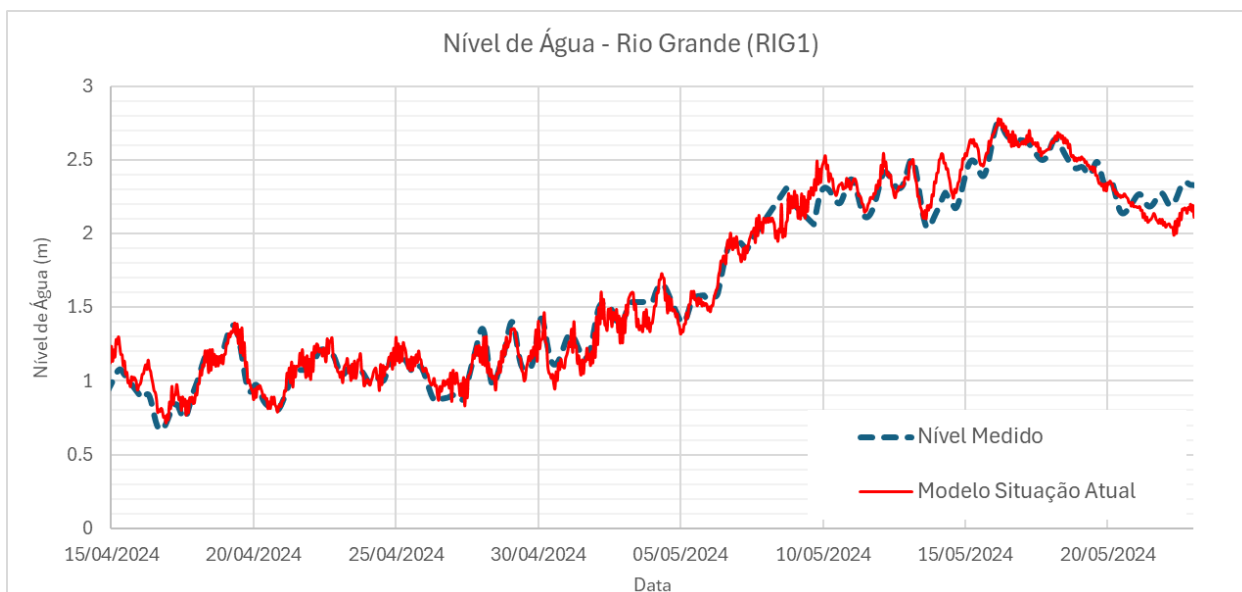


Figura 4 – Níveis de água calculados pelo modelo de Situação Atual na Estação Rio Grande (RIG1), situada na região sul da Lagoa dos Patos. Referência: Zero da régua da Estação RIG1, situado 0,51 m acima do NR.

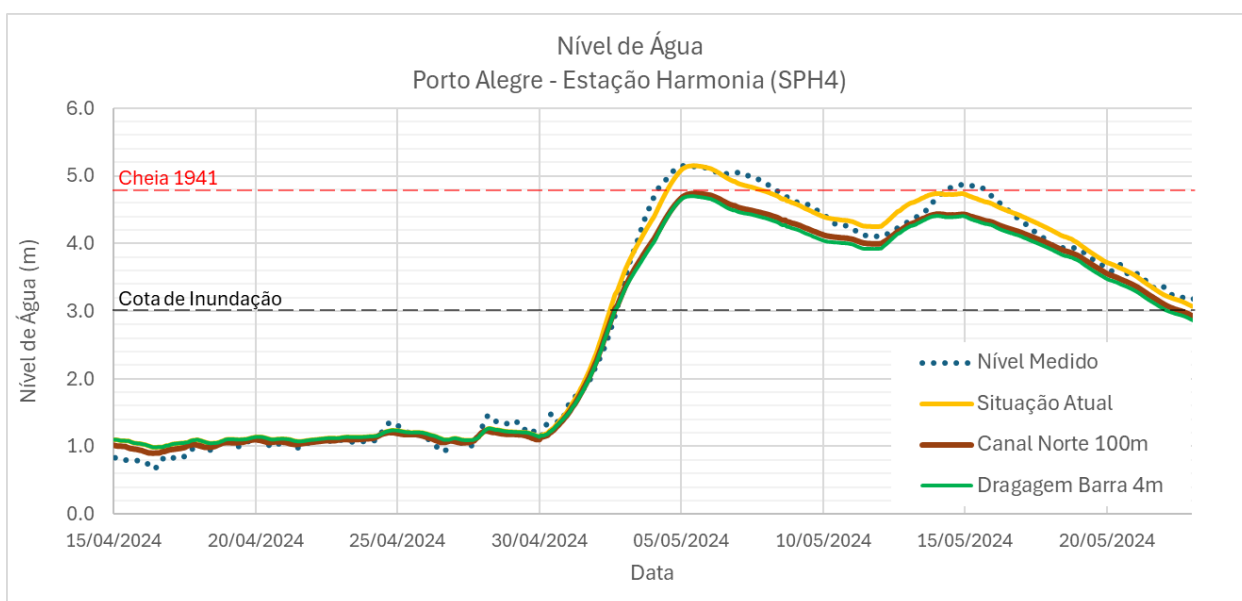


Figura 5 – Níveis de água nos cenários de abertura de canal de maré, dragagem da barra do Guaíba, em comparação com cenário atual. Referência: Zero da régua da Estação Harmonia.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma análise de alternativas para atenuação de cheias no Rio Guaíba, com foco principal na proposta de abertura de um novo canal de maré no norte da Lagoa dos Patos. Conforme já bastante discutido no meio técnico, essa alternativa causaria severos impactos ambientais e socioeconômicos na Lagoa dos Patos e em seu entorno, a saber: (i) Salinização da Lagoa dos Patos; (ii) Necessidade de guia-correntes; (iii) Necessidade de comportas; (iv) Mudanças no padrão de transporte de sedimentos; (v) Mudanças no padrão de renovação de águas e (vi) Custos elevados.

Ainda que sejam relevantes os pontos negativos supracitados, a implementação de um novo canal de maré na Lagoa dos Passos não se justifica, principalmente pelo fato de tal alternativa ser pouco eficiente em termos de atenuação de ondas de cheia no Rio Guaíba. Os níveis de água neste



rio são regulados principalmente pelo nível de água na Lagoa dos Patos e pela seção transversal de sua barra. Um canal com 100 m de largura, 10 m de profundidade e 15 km de extensão, conforme aqui analisado, não seria capaz de reduzir de forma significativa os níveis de água na Lagoa dos Patos, de modo a gerar gradientes hidráulicos relevantes entre o Rio Guaíba e a Lagoa, que poderiam reduzir a onda de cheia.

Os resultados obtidos neste estudo mostram que a implementação de um novo canal de maré na Lagoa dos Patos seria uma intervenção equivocada do ponto de vista da Engenharia, pois não atenderia o objetivo de atenuar a onda de cheia no Rio Guaíba de forma significativa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à plataforma Tidesat e ao Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre (PGA-POA) pela disponibilização dos dados brutos de níveis de água medidos nas estações SPH4 e RIG1 e às medições de vazão. Agradecemos ainda ao Projeto Baías do Brasil, que disponibilizou as malhas, modelos e dados que foram adaptados para este estudo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, J.S., RIGON, L.T., TOLDO JR, E.E., SCHETTINI, C.A.F. (2012) “*Descarga sólida em suspensão do sistema fluvial do Guaíba, RS, e sua variabilidade temporal.*” Pesquisas em Geociências, 39, n. 2, pp. 161–171.

SCOTTÁ, F.C., ANDRADE, M.M., WESCHENFELDER, J., TOLDO JR, E.E., NUNES, J.C.R. (2020) “*Descarga líquida e sólida em suspensão no Rio Guaíba, RS, Brasil*” Pesquisas em Geociências, 47, n. 3, e094818.

COLLISCHONN, W.; RUHOFF, A.; CABELEIRA FILHO, R.; PAIVA, R.; FAN, F.; POSSA, T. (2024). “*Chuva da cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa que a da cheia de 1941 na bacia hidrográfica do Guaíba.*” Nota técnica IPH - UFRGS. 8 pp.

FARANDA, D; MESSORI, G.; CAMARGO, S.J.; VARGAS-HEINZ, L. AND COPPOLA, E. (2024) “*South Brazil Floods locally exacerbated by both human-driven climate change and natural variability.*” ClimaMeter. Acessado em <https://www.climameter.org/20240502-south-brazil-floods>

VILELA, P.V. (2024). “*Sobe para 175 o número de mortos no RS após enchentes*”. Agência Brasil. Acessado em 10/06/2024 <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-06/sobe-para-175-o-numero-de-mortos-no-rs-apos-enchentes>

CECO (2024). “*NOTA À COMUNIDADE em 18/05/2024*”. Acessado em https://www.ufrgs.br/ceco/?page_id=401

FICK, C.; TOLDO, E.E.; NUNES, J.C.R.; PIAZERA, M. ; ANDRADE, M.M. (2022). “*inversão da corrente e oscilação do nível d’água no canal de acesso ao porto de porto alegre, pela tempestade yakecan – maio/2022*”. XXXII Semana Nacional de Oceanografia – UNIVALI. Outubro de 2022.

MOLLER, O. O.; CASTAING, P.; SALOMON, J. C.; LAZURE, P. (2001). “*The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon*” Estuaries, 24, n. 2, pp. 297-311.