

ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO LAGO GUAÍBA
CONTRATO Nº 22/2018

PRODUTO 08 - PROPOSTA DE MONITORAMENTO NECESSÁRIO PARA O
APRIMORAMENTO DO MODELO

REALIZAÇÃO:



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
E INFRAESTRUTURA

EXECUÇÃO:



RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA

CURITIBA - PR
NOVEMBRO/2019

ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO LAGO GUAÍBA**CONTRATO Nº 22/2018**

Emissão Inicial						
Rev.	Data	Elaborado por	Verificado por	Autorizado por	CREA Responsável Técnico	CE
2	18/11/2019	HOF; RBR; TM; JG	AP	CSG	67059-D	AF
1	28/10/2019	HOF; RBR; TM; JG	AP	CSG	67059-D	AE
0	30/09/2019	HOF; RBR	AP	CSG	67059-D	VS

CE – Códigos de emissão**AE** Aprovado para emissão **AF** Aprovação final **VS** Versão preliminar **CD** Cancelado

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (SEMA/RS)**

Av. Borges de Medeiros, nº 261, 14º andar
Centro Histórico, Porto Alegre – RS – Brasil

Secretário de Estado do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Artur Lemos Júnior

Fiscal titular de acompanhamento e execução do contrato
Amanda Wajnberg Fadel

Fiscal suplente de acompanhamento e execução do contrato
Fernando Comerlato Scottá

RHA ENGENHARIA E CONSULTORIA SS LTDA

Rua Voluntários da Pátria, 400 – 14º andar
CEP 80020-000 - Centro - Curitiba - PR - Brasil
Tel./Fax +55 41 3232 0732 - www.rhaengenharia.com.br

REPRESENTANTE LEGAL

Candice Schauffert Garcia

Engenheira Civil
Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental
csgarcia@rhaengenharia.com.br

EQUIPE PERMANENTE

Coordenadora Geral, Técnico e Administrativo

Eng.^a Civil, M.Sc., Candice Schauffert Garcia

Engenheiro de Recursos Hídricos 1

Eng.^o Civil, M.Sc., Laertes Munhoz da Cunha

Engenheiro de Recursos Hídricos 2

Eng.^a Civil, M.Sc., Márian da Costa Rohn

Coordenadora Executiva

Eng.^a Ambiental, Esp., Andréia Pedroso

Técnica em Sistemas de Informações Geográficas

Geógrafa Karine Krunn

Auxiliar Administrativo

Veridiana Dias da Cruz

EQUIPE COMPLEMENTAR

Físico, Dr., José Eduardo Gonçalves

Oceanógrafa, M.Sc., Tábata Fernanda Vilas Boas de Miranda

Engenheiro Ambiental, M.Sc., Hugo de Oliveira Fagundes

Engenheira Ambiental, Renata Barão Rossoni

Estagiária em Geografia Thais Regina Paes

DADOS CONTRATUAIS

Contrato nº 22/2018 de 17 de setembro de 2018.

Número do processo administrativo eletrônico: 18/0500-0000570-8.

Ordem de Início dos Serviços nº CT-0290 de 13/11/2017.

Partes: Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e RHA Engenharia e Consultoria SS Ltda.

Objeto: Contratação de serviços de empresa especializada para prestação de serviços de Estudo Hidrossedimentológico do Lago Guaíba.

Vigência: 06 meses a partir da data definida na Ordem de Início dos Serviços (com aditamento de prazo de 06 meses).

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES SEDIMENTOMÉTRICAS EXISTENTES E PROPOSTAS DE SEREM INSTALADAS.....	9
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE DO TRECHO DO RIO JACUÍ.....	10
FIGURA 3. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE NO LAGO GUAÍBA	11
FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE NÍVEL E VELOCIDADE EXISTENTES E ESTAÇÕES PROPOSTAS DE SEREM INSTALADAS.....	13

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESTAÇÕES SEDIMENTOMÉTRICAS PROPOSTAS PARA SEREM INSTALADAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA. LATITUDE E LONGITUDE NO SISTEMA GEOGRÁFICO DE COORDENAS WGS84.....	8
TABELA 2. ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE NÍVEL, VELOCIDADE E METEOROLÓGICAS PROPOSTAS PARA SEREM INSTALADAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA. LATITUDE E LONGITUDE NO SISTEMA GEOGRÁFICO DE COORDENAS WGS84.....	12

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	PROPOSTA MONITORAMENTO	7
2.1	MODELAGEM HIDROSSEDIMENTOLÓGICA	7
2.2	MODELAGEM HIDRODINÂMICA	10
3	RECOMENDAÇÕES FINAIS	14

1 INTRODUÇÃO

Os resultados de qualquer modelo hidrodinâmico são fortemente influenciados pelos dados disponíveis para as definições das condições iniciais e de contorno. As principais informações necessárias são definidas com base em séries temporais de nível/vazão (descarga líquida) e séries temporais de descarga sólida.

A presente proposição de rede de monitoramento, além dos resultados obtidos nas simulações e cenarizações, foi baseada na comparação a ampliação da rede de monitoramento do Rio Grande do Sul, que está sendo implementada pelo Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da SEMA/RS.

2 PROPOSTA MONITORAMENTO

2.1 MODELAGEM HIDROSSEDIMENTOLÓGICA

Para fins da modelagem hidrossedimentológica, visando a melhor quantificação dos aportes de descarga sólida no Baixo Jacuí e no Lago Guaíba, sugere-se que sejam incorporadas novas estações sedimentométricas em pontos estratégicos que auxiliem a calibração dos modelos e que realizem a medição tanto de sedimentos em suspensão quanto sedimentos de leito. Essa proposta vem em decorrência do fato de que: i) a rede nacional de monitoramento existente possui baixa densidade de estações; ii) a frequência amostral é de cerca de quatro medições por ano; e iii) só existem medições de sedimentos em suspensão, o que fez com que o modelo MGB-SED fosse calibrado para a descarga de leito usando estimativas a partir do método de Colby (1957).

O nível de prioridade de instalação e localização das estações (FIGURA 1) foi definido almejando responder duas principais questões:

- Quais regiões com alto potencial de produção de sedimentos ainda não são monitoradas?
- Quais locais que podem ser usados como condições de contorno para o modelo hidrodinâmico?

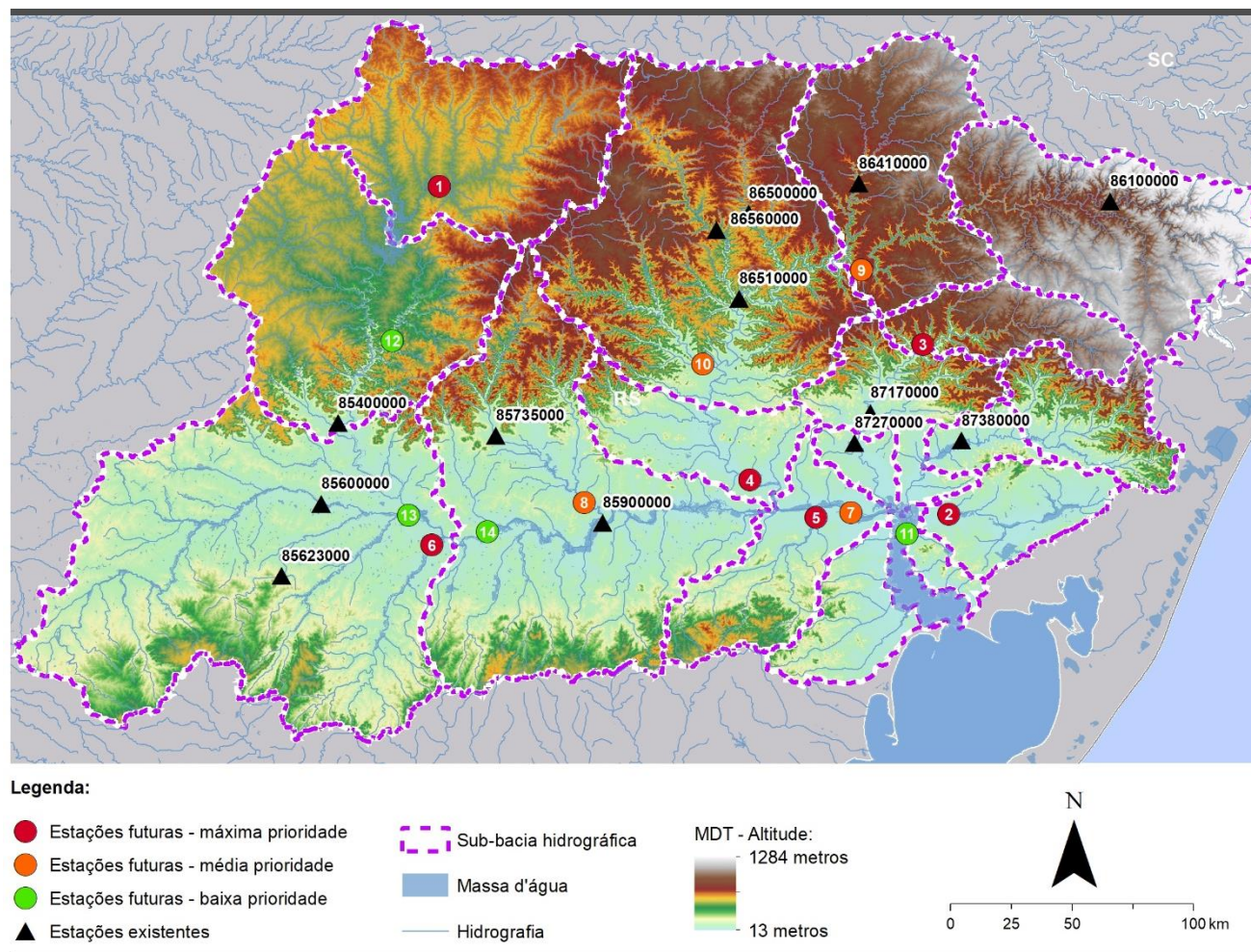
A partir das respostas dessas perguntas foram então estabelecidas as estações apresentadas na TABELA 1, que apresenta uma lista das 13 estações propostas, indicando o nível de prioridade de instalação e a localização geográfica dessas. Destaca-se que no local de implantação das estações 1, 2 e 3 já existem outras estações que não são sedimentométricas, operadas pelo Setor Elétrico, pelo CEMADEN e pela ANA/CPRM, respectivamente. A FIGURA 1 apresenta um mapa com a distribuição espacial das estações já existentes e aquelas propostas por esse estudo.

TABELA 1. ESTAÇÕES SEDIMENTOMÉTRICAS PROPOSTAS PARA SEREM INSTALADAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA. LATITUDE E LONGITUDE NO SISTEMA GEOGRÁFICO DE COORDENAS WGS84

Estação	Prioridade de instalação	Latitude	Longitude
1	Máxima	-28,749	-52,979
2	Máxima	-29,964	-51,093
3	Máxima	-29,335	-51,188
4	Máxima	-29,837	-51,829
5	Máxima	-29,976	-51,583
6	Máxima	-30,078	-53,006
7	Média	-29,957	-51,455
8	Média	-29,920	-52,443
9	Média	-29,059	-51,416
10	Média	-29,407	-52,004
11	Baixa	-30,036	-51,246
12	Baixa	-29,321	-53,153
13	Baixa	-29,967	-53,092
14	Baixa	-30,029	-52,800

Aumentar a cobertura espacial do monitoramento dos sedimentos é muito importante, mas tão importante quanto isso é a frequência amostral das coletas em campo. Assim, sugere-se que haja um alinhamento entre as instituições que possuem competências para realizar o monitoramento sedimentométrico para que se aumente a frequência amostral nas estações já existentes e também incorpore as medições de sedimentos de leito. Sugere-se que essa frequência seja mensal e que as coletas sejam programadas para que suas datas coincidam com as datas em que sensores orbitais (e.g. aqueles acoplados aos satélites LANDSAT, Sentinel, etc.) imagiem a região de coleta para que estudos futuros de correlação de dados de sensoriamento remoto e dados observados em campo sejam realizados. Nesses casos, destaca-se ainda que as regiões de coleta in situ devem ser compatíveis com a resolução espacial do sensor, ou seja, a largura do rio no local de medição deve ser superior a resolução do sensor, sendo que quanto maior a largura do rio, melhor a acurácia das estimativas.

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES SEDIMENTOMÉTRICAS EXISTENTES E PROPOSTAS DE SEREM INSTALADAS



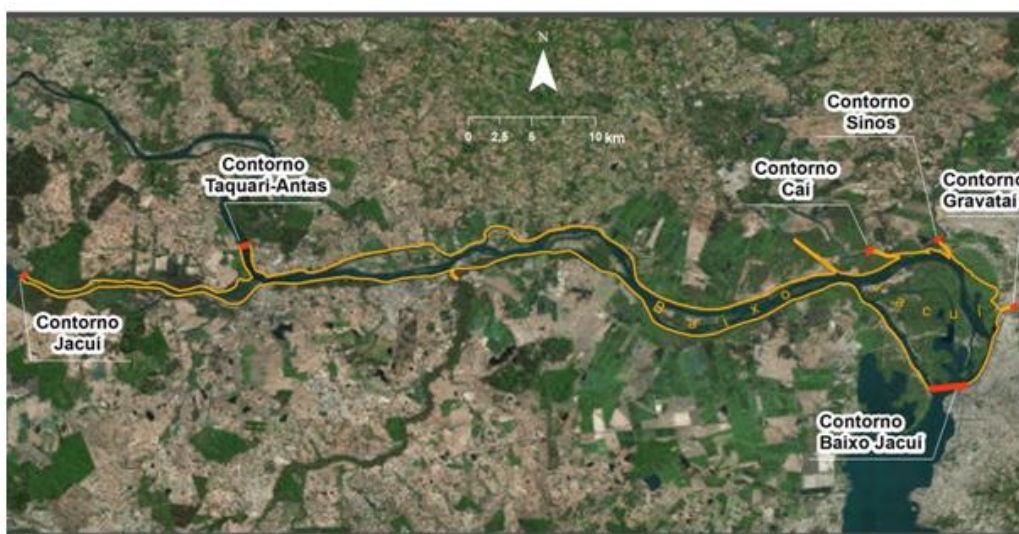
2.2 MODELAGEM HIDRODINÂMICA

A modelagem hidrodinâmica, de forma geral, depende fortemente do conjunto de dados disponíveis para sua implementação. De uma forma mais específica, a modelagem numérica de corpos hídricos naturais necessita da disponibilidade de séries temporais de determinados parâmetros físicos para que os resultados obtidos representem o mais fielmente possível a realidade. A variável física a ser monitorada está intimamente conectada às forçantes que regem a circulação hidrodinâmica da massa de água que se deseja modelar. O objeto do presente estudo visa a modelagem hidrodinâmica e de transporte de sedimentos de dois tipos de corpos hídricos. O primeiro se caracteriza como um trecho de rio, onde a principal forçante corresponde à vazão/nível observada no contorno aberto do domínio a ser modelado. O segundo tipo corresponde ao Lago Guaíba. Nessa área, as principais forçantes que governam a circulação local são o campo de vento, a descarga de água oriundo do rio Jacuí, a elevação (nível) da lagoa no limite Sul do domínio modelado e a campo de ondas. Com relação ao campo de ondas, deve-se considerar as ondas geradas internamente devido à ação dos ventos e as ondas que se formam na Lagoa dos Patos e migram para a área de interesse, o interior da Lagoa Guaíba.

Com o objetivo de aprimorar a implementação do modelo hidrodinâmico e de transporte de sedimentos, para efetuar estudos de mineração em um trecho do rio Jacuí e algumas áreas de interesse no Lago Guaíba, propõem-se a instalação de estações de monitoramento dos principais parâmetros físicos que regem a circulação hidrodinâmica nesses dois corpos hídricos.

Para ilustrar a área de maior interesse, a FIGURA 2 apresenta a grade do modelo utilizada na atual implementação para efetuar as simulações hidrodinâmicas e de transporte de sedimentos.

FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE DO TRECHO DO RIO JACUÍ



O limite da grade, definido como “contorno Jacuí”, corresponde ao contorno aberto que define a entrada do domínio de modelagem do trecho do rio Jacuí. Nesse ponto é necessário a disponibilidade

de uma série temporal de vazão do rio para todo o período de simulação. Como se trata de um trecho de rio, a proposta de monitoramento consiste na instalação de uma estação hidrológica automática e a definição de uma curva-chave para essa seção. A seção localizada no ponto “contorno Baixo Jacuí” corresponde ao limite da grade que define a saída do modelo. Nesse ponto, é necessário informar o nível do rio, o que leva a proposição da instalação de uma estação hidrológica automática. Um terceiro ponto prioritário, e que necessita ser monitorado, é o contorno do rio Taquari-Antas. Esse rio possui forte influência no campo de corrente e na injeção de sedimentos no domínio modelado. Em questão de prioridades, esses três pontos de monitoramento são imprescindíveis.

Os outros contornos, que representam as contribuições das outras bacias hidrográficas, possuem menor impacto e, portanto, menor prioridade. Do ponto de vista da modelagem, seria importante a instalação de estações hidrológicas para monitorar os contornos “Caí”, “Sinos e “Gravataí”, mas com um menor grau de prioridade. Técnicas de modelagem chuva vs. vazão, bem como técnicas de regionalização, podem ser usadas para geração das séries temporais de descargas líquidas e sólidas necessárias para a modelagem hidrodinâmica.

Além das séries temporais de nível/vazão nos dois contornos do modelo, é necessário a geração de uma série temporal de nível em um ponto localizado no interior do domínio. Esse ponto de monitoramento é necessário para a validação do modelo.

No Lago Guaíba, a grade do modelo possui dois contornos abertos principais, denominados “Baixo Jacuí” e “Laguna dos Patos” (FIGURA 3).

FIGURA 3. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE NO LAGO GUAÍBA



Na seção “Baixo Jacuf”, a forçante que rege a hidrodinâmica local é a elevação da superfície livre do lago. A princípio, esse ponto deve coincidir com o ponto da saída do domínio do trecho de rio. Sendo assim, a mesma informação gerada pela estação proposta anteriormente pode ser usada para definição da condição de contorno nessa seção. Na seção “Laguna dos Patos”, recomenda-se o monitoramento contínuo da elevação do nível de água em escala temporal, da ordem de 10 minutos, por meio de uma estação de nível.

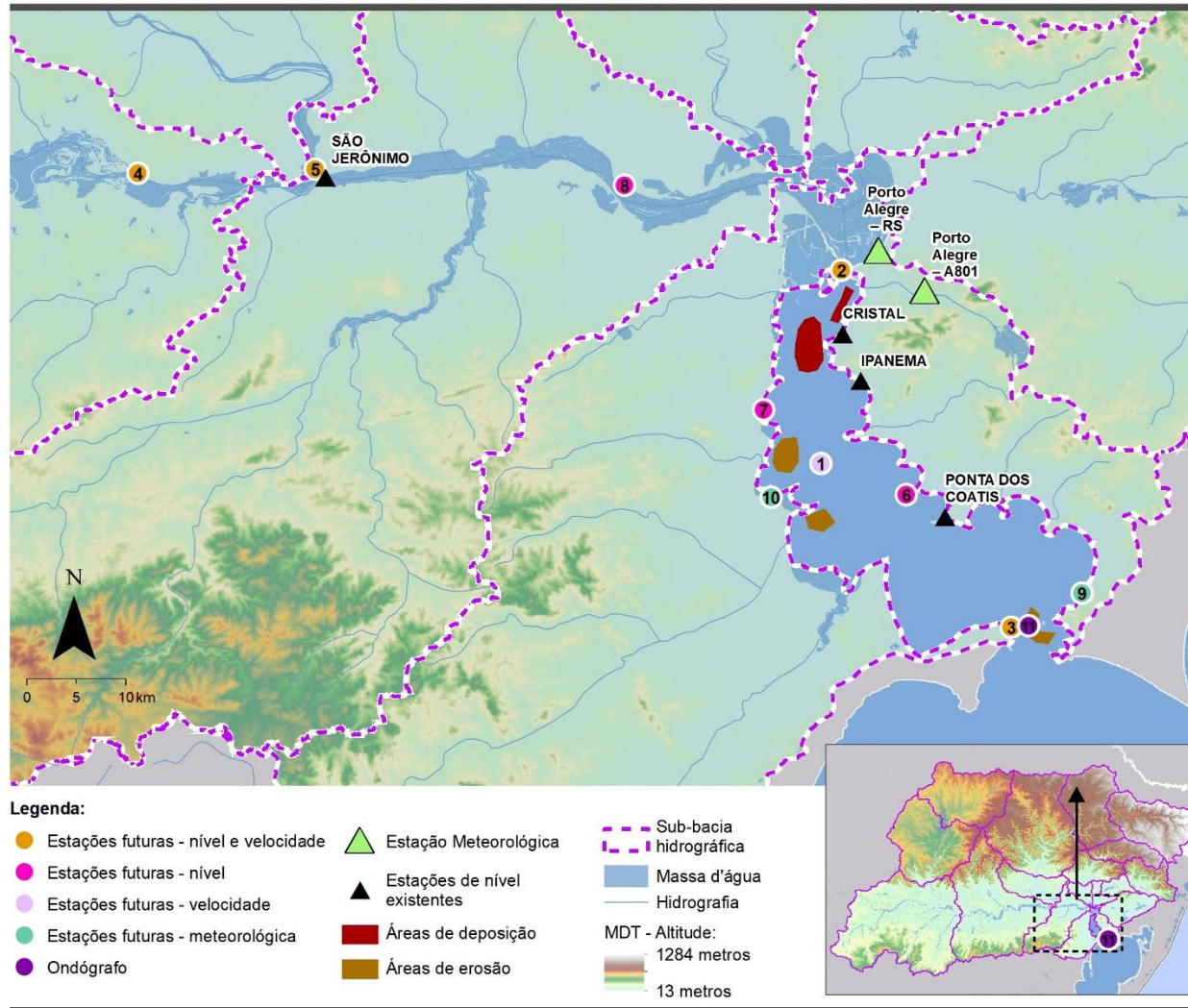
É importante frisar que as principais forçantes que regem a circulação hidrodinâmica no interior do Lago Guaíba são a descarga fluvial, o padrão de ondas e o vento. Assim, a instalação de uma estação hidrológica na entrada do lago fornecerá parte das informações necessárias para a implementação de novas versões de modelos hidrodinâmicos mais precisos. Outra parte importante será suprida pela instalação de estações meteorológicas nas duas margens do lago. Uma vez que as únicas informações do campo de vento disponíveis se encontram na porção norte do domínio, outras duas estações, uma na margem direita e outra na margem esquerda, cobririam toda a área de interesse, fornecendo informações da variabilidade espacial do campo de vento na região.

A FIGURA 4 apresenta a localização de todos os pontos de monitoramento propostos. Foram considerados pontos de monitoramento localizados nos contornos do domínio, necessários para a especificação das condições de contorno, e pontos localizados no interior do domínio, necessários para a calibração/validação do modelo. Os pontos localizados no interior do domínio devem monitorar tanto a elevação da superfície livre quanto o campo de velocidade. A TABELA 2 apresenta as coordenadas das estações propostas.

TABELA 2. ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE NÍVEL, VELOCIDADE, METEOROLÓGICAS E ONDÓGRAFO PROPOSTOS PARA SEREM INSTALADAS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO LAGO GUAÍBA. LATITUDE E LONGITUDE NO SISTEMA GEOGRÁFICO DE COORDENAS WGS84

Estação	Tipo de estação	Latitude	Longitude
1	Velocidade	-30,210	-51,269
2	Nível e velocidade	-30,034	-51,251
3	Nível e velocidade	30,359	-51,096
4	Nível e velocidade	-29,946	-51,891
5	Nível e velocidade	-29,943	-51,730
6	Nível	-30,239	-51,192
7	Nível	-30,162	-51,321
8	Nível	-29,957	-51,448
9	Meteorológica	-30,329	-51,032
10	Meteorológica	-30,241	-51,314
11	Ondógrafo	-30,212	-51,448

FIGURA 4. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE NÍVEL E VELOCIDADE EXISTENTES E ESTAÇÕES PROPOSTAS DE SEREM INSTALADAS



Além das estações automáticas, na área do Lago Guaíba, para a identificação mais acurada de áreas de deposição ou erosão, bem como o padrão da circulação hidrodinâmica em toda a região de interesse, campanhas de monitoramento, com base na coleta de amostras de sedimento de fundo, deverão se concentrar nessas regiões (FIGURA 4) para certificar que as áreas apontadas pelos resultados dos modelos são compatíveis com a realidade.

Nesse sentido, um ponto de fundamental importância é a entrada do Lago Guaíba, onde deve ocorrer, além da medição contínua de nível/descarga líquida do rio, campanhas de monitoramento trimestrais com a coleta de sedimentos em suspensão e de fundo. Essas informações são fundamentais para serem usadas como condição de contorno para modelagens futuras. É importante destacar que, no caso dos dados de sedimento de fundo, o modelo gerado foi calibrado com dados de trabalhos externos oriundos de publicações científicas, não havendo nenhum dado disponível pelo estado do Rio Grande do Sul para esse objetivo.

Adicionalmente, seria prudente a instalação de um ondógrafo no interior do Lago Guaíba para a determinação do campo de ondas na região e, com isso, alcançar uma resposta mais definitiva da real importância do campo de ondas na distribuição de sedimento de fundo no Lago Guaíba.

3 RECOMENDAÇÕES FINAIS

A rede de monitoramento convencional de sedimentos apresenta baixa densidade de postos, com baixa frequência amostral e não incorpora a medição de sedimentos de leito. Com isso, a calibração e validação de modelos de bacia e modelos hidrodinâmicos de sedimentos em algumas regiões podem ser dificultadas, prejudicando a análise da performance do modelo naquela região.

Dessa forma, recomenda-se que a rede de monitoramento seja melhorada, aumentando a densidade de postos e a frequência amostral das estações e que esse monitoramento, independente da natureza do dado, seja continuado a fim de produzir séries temporais de longo prazo que subsidiem estudos ambientais. Além disso, o fornecimento dos dados adquiridos pelos órgãos gestores responsáveis pelos monitoramentos deve ser feito de forma facilitada, para que os usuários consigam acessar com rapidez todas as informações coletadas. Também recomenda-se que portais já existentes sejam aprimorados, uma vez que muitos deles não permitem com facilidade a aquisição de dados de muitas estações ao mesmo tempo, o que é necessário para estudos em grandes bacias. Por fim, recomenda-se que instituições que possuam dados advindos de estudos ambientais e ou monitoramento realizados em processos de licenciamento, por exemplo, organizem bancos de dados que posteriormente possam ser acessados com facilidade e rapidez por qualquer usuário.