

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA NO LAGO GUAÍBA

ANÁLISE INTEGRADA RELATÓRIO FINAL

Elaborado por equipe técnica da FEPAM / SEMA

Porto Alegre, Março de 2026.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVO	7
3	EQUIPE TÉCNICA.....	8
4	ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA.....	9
5	ESTUDOS REALIZADOS	10
5.1	Estudo Socioeconômico	12
5.2	Ictiofauna e Macroinvertebrados.....	15
5.3	Plânctons e Macroinvertebrados Bentônicos	22
5.4	Levantamento das Margens e de Fauna Terrestre e Semiaquática.....	27
5.5	Análise Físico-Química dos Sedimentos	35
5.6	Ecotoxicidade dos Sedimentos.....	72
5.7	Qualidade da Água	72
5.8	Áreas de Preservação Ambiental e Usos Preponderantes.....	76
5.9	Estudo Hidrossedimentológico	84
5.10	Sondagem.....	93
5.11	Levantamento Geofísico	94
6	RESULTADO FINAL.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: área de estudo do lago Guaíba.....	9
Figura 2: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme estudo socioeconômico.....	14
Figura 3: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme estudo da ictiofauna e macroinvertebrados.....	21
Figura 4: pontos de sensibilidade à atividade de mineração identificados no estudo de plânctons.....	26
Figura 5: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme estudo de margens e fauna terrestre e semiaquática.....	34
Figura 6: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento fósforo.....	38
Figura 7: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento nitrogênio.....	40
Figura 8: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento chumbo.....	42
Figura 9: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento cromo.....	44
Figura 10: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento cobre.....	46
Figura 11: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento zinco.....	48
Figura 12: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento mercúrio.....	50
Figura 13: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento arsênico.....	52
Figura 14: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento níquel.....	54
Figura 15: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento benzo (a) pireno.....	56
Figura 16: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento pireno.....	58
Figura 17: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento fenantreno.....	60
Figura 18: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento acenafталeno.....	62
Figura 19: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento antraceno.....	63

Figura 20: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento benzo antraceno.	64
Figura 21: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento criseneno.....	65
Figura 22: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento fluoranteno.	66
Figura 23: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento dibenzo antraceno.	67
Figura 24: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para a soma HPAs.	69
Figura 25: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos.	71
Figura 26: classificação dos dados de qualidade da água do Lago Guaíba.	75
Figura 27: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba no entorno dos pontos de captação.	77
Figura 28: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba no entorno das hidrovias.	79
Figura 29: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba em função das UCs.	81
Figura 30: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba em função da meta final de enquadramento.	83
Figura 31: localização das áreas de mineração modelo hidrodinâmico Baixo Jacuí.	86
Figura 32: localização das áreas de mineração modelo hidrodinâmico do Lago Guaíba.....	87
Figura 33: mapa erosão/sedimentação – período de validação.	88
Figura 34: mapa de ambiente deposicional.	89
Figura 35: localização das estações de monitoramento de nível e velocidade existentes e estações propostas de serem instaladas.	90
Figura 36: áreas erosionais do estudo de Nicolodi excludentes de mineração.	92
Figura 37: resultado final das áreas propostas como de exclusão e como possíveis para mineração de areia no lago Guaíba.	102

1 INTRODUÇÃO

A proposta de extrair comercialmente areia do Lago Guaíba envolve diversas discussões e preocupações sobre os riscos ambientais e à saúde pública. A falta de conhecimento sobre possíveis poluentes existentes nas camadas de fundo que seriam revolvidas, bem como o desconhecimento do comportamento hídrico do mesmo se submetido a processos contínuos de extração da areia e, portanto, a alterações de profundidade e dinâmica, aliado ao provável impacto na fauna e flora locais, suscita preocupações em relação ao efeito que a extração de areia poderia ter não apenas na biodiversidade do Lago e seu entorno mas também em outras atividades tanto socioeconômicas como de utilidade pública, como por exemplo o abastecimento de água, navegação, uso de balneários, pesca, etc. Tais preocupações desencadearam uma série de entraves técnicos e jurídicos, culminando na ação civil pública Nº 5010680-93.2013.4.04.7100/RS que embargou qualquer atividade de extração de areia no Lago com fins minerários até que um zoneamento seja realizado.

Destaca-se que em 2006, quando o licenciamento era de atribuição municipal, houve o primeiro embargo da atividade baseado em uma decisão judicial expedida pela Vara Ambiental, Agrária e Residual de Porto Alegre alegando ser ilegal por falta de registro perante o DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral). Em março de 2011 foi realizada a Informação Técnica DL- n.º 0038/2011, emitida por analista da FEPAM, concluindo que somente após um zoneamento do Lago Guaíba para extração mineral seria possível analisar qualquer processo administrativo de licenciamento. Ainda em março de 2011, foi gerado o Parecer Técnico n.º 70/2011 realizado por diversos analistas da Divisão de Mineração da FEPAM (DMIN), que reforçou o posicionamento quanto à necessidade de elaborar o zoneamento ambiental do Lago Guaíba antes da emissão de licenças de pesquisa ou extração mineral, mesmo que submetidos a EIA/RIMA.

Em janeiro de 2015, foi publicada a Portaria Conjunta SEMA/FEPAM nº 59 criando grupo de trabalho para análise e estudo de critérios para o Licenciamento de mineração com fins comerciais no Lago Guaíba. Posteriormente, ainda em 2015, foram incluídos novos integrantes ao grupo de trabalho, conforme Portaria Conjunta SEMA/FEPAM nº 189. Em junho de 2016 foi apresentado o Zoneamento Ambiental Para Atividade de Mineração sendo, no entanto, o referido trabalho considerado insuficiente.

A partir deste fato, dando continuidade a necessidade de ser feito o zoneamento Ambiental do Lago para a Atividade de Mineração de Areia, foi criado um novo grupo de trabalho para aprimorar os estudos, conforme Portaria Conjunta SEMA/FEPAM n.º 08/2016. O novo grupo de trabalho nomeado e formado por equipe multidisciplinar de Analistas Ambientais da FEPAM e SEMA elaborou e apresentou em janeiro de 2018 um extenso Plano de Trabalho visando estabelecer as diretrizes gerais, as normas, os critérios e as indicações metodológicas a serem observadas na execução dos estudos ambientais necessários para a elaboração deste Zoneamento Ambiental. O grupo de trabalho foi alterado posteriormente pela Portaria Conjunta SEMA/FEPAM n.º 02/2020, de 22 de janeiro de 2020, e novamente pela Portaria Conjunta SEMA/FEPAM nº 03, de 16 de janeiro de 2025.

Assim, coube a FEPAM, no âmbito de suas competências legais, dar andamento aos estudos indicados no referido Plano de Trabalho via contratação empresas ou instituições especializadas no

tema ou mesmo se utilizando dos conhecimentos técnicos disponíveis na fundação e/ou SEMA para a realização dos estudos e análises necessários.

2 OBJETIVO

O Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia no Lago Guaíba objetiva estabelecer diretrizes e restrições para um possível licenciamento ambiental da atividade no Lago tendo como meta a proteção dos ecossistemas e o uso racional dos recursos ambientais, atentando de forma especial ao uso da água do lago, considerando que em seu entorno habita a maior concentração populacional do Estado do Rio Grande do Sul.

Os diversos estudos realizados foram então analisados e interpretados de forma integrada para que pudesse ser estabelecido o referido zoneamento apresentado neste relatório final.

3 EQUIPE TÉCNICA

Bióloga Cristina Rodrigues Wenzel – Id. Func. nº 4279883
Biólogo Gílson Fortes Rey - Id. Func. nº 3028356
Biólogo João Alberto Fabrício Filho – Id. Func. nº 3017583
Biólogo Luciano Pazinato Martins – Id. Func. nº 3040976
Biólogo Martin Molz – Id. Func. nº 3949184
Biólogo Jan Karel Felix Mähler Jr - Id. Func. nº 4221699
Biólogo Glayson Ariel Bencke - Id. Func. nº 3536545
Cientista Social Bibiana Rossoni – Id. Func. nº 4393791
Cientista Social Érica Onzi Pastori – Id. Func. nº 4280806
Geógrafo Fernando Comerlato Scottá – Id. Func. nº 4450841
Geólogo Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro – Id. Func. nº 3046117
Engenheiro Geólogo Rafael Fernandes e Silva – Id. Func. nº 4280016
Hidrologa Amanda Wajnberg Fadel – Id. Func. nº 4279964
Química Andrea Cassia de Melo Machado – Id. Func. nº 3028399
Química Miriam de Freitas Soares – Id. Func. nº 3239160
Químico Márcio D’Ávila Vargas – Id. Func. nº 3589323

4 ABRANGÊNCIA GEOGRÁFICA

Considerando que a atividade de extração de areia em curso hídrico afeta diretamente o recurso no qual está inserida, o zoneamento deverá ser realizado no espaço físico (área de estudo) ocupado pela área do Lago Guaíba, com cerca de 496 km², tendo como limite norte, o Saco Santa Cruz e como limite sul, a Ponta de Itapuã e a Ilha da Ponta Escura no encontro com a Laguna dos Patos, acrescida dos territórios municipais circundantes: Porto Alegre, Viamão, Eldorado do Sul, Guaíba e Barra do Ribeiro (Figura 1), considerando principalmente o uso e ocupação das margens.

Coordenadas dos limites da área de estudo:

- Norte: Saco Santa Cruz Latitude: -29,999632° Longitude: -51,290641°	- Sul: Ponta de Itapuã Latitude: -30,384957° Longitude: -51,059895°	Ilha da Ponta Escura Latitude: -30,380781° Longitude: -51,095629°
--	--	---



Figura 1: área de estudo do lago Guaíba.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5 ESTUDOS REALIZADOS

Para a elaboração do zoneamento foram feitas análises e interpretações individuais e integradas de cada estudo diagnóstico e/ou prognóstico realizado envolvendo os meios físico, biótico e socioeconômico (Quadro 1). Além disso, informações outras disponíveis referentes a planos de monitoramento ambientais oficiais existentes no Lago como o monitoramento da qualidade da água pela rede básica da FEPAM, o Plano de Bacia, canais de navegação, pontos de captação de água, zonas de amortecimento de unidades de conservação, entre outros, foram também contemplados na análise. Os dados e relatórios finais de cada estudo estão disponíveis no *site* da FEPAM na *internet* em <https://www.fepam.rs.gov.br/zoneamento-mineracao-areia-lago-guaiba>.

Quadro 1: Estudos realizados para a obtenção dos dados.

Processo	Atividade/Estudo	Informações
18/0500-0000928-2	Levantamento Geofísico	Contrato assinado em 09/08/2018 com a empresa BELOV Engenharia.
18/0500-0001720-0	Sondagem	Contrato assinado em 30/10/2018 com a empresa A1MC Projetos.
18/0500-0001003-5	Análise Físico-Química dos Sedimentos	Contrato assinado em 13/08/2018 com a empresa NFS Bioensaios.
18/0500-0000570-8	Hidrossedimentológico	Contrato assinado em 17/09/2018 com a empresa RHA Engenharia.
18/0500-0000919-3	Toxicidade dos Sedimentos	Contrato assinado em 27/07/2018 com a empresa ECOTOX.
18/0567-0001363-0	Ictiofauna e Macroinvertebrados	Contrato assinado em 28/03/2019 com a PUC-RS.
20/0567-0000726-6	Plânctons e Macroinvertebrados Bentônicos	Contrato assinado em 11/02/2021 com a empresa ARVUT.
21/0567-0000155-7	Socioeconômico	Contrato assinado em 29/10/21 com a empresa ANX Engenharia e Arqueologia Ltda EPP.
19/0567-0000746-5	Levantamento das Margens e de Fauna Terrestre e Semiaquática	Realizado por equipe técnica SEMA-RS

Fonte: elaborado pelos autores.

Cabe destacar que, exceto o levantamento das margens e de fauna terrestre e semiaquática que foi iniciado no segundo semestre de 2024, todos os demais estudos realizados foram feitos antes dos eventos climáticos de maio de 2024 em que um grande volume de água decorrente das intensas chuvas pode ter impactado as características do Lago, especialmente nos dados da sondagem batimétrica e de composição físico-química das camadas superficiais de sedimento de fundo, com

efeito na toxicidade. Demais estudos realizados não devem ter tido alterações significativas, uma vez que a abundância e comportamento de plânctons, ictiofauna e macroinvertebrados tipicamente voltam a ocupar seu local de forma natural quando cessa a alteração do ambiente retornando a condição de equilíbrio anterior. O modelo hidrossedimentológico também mantém suas premissas e diagnósticos, que inclusive levou em conta cenários críticos de alterações climáticas. Quanto ao estudo socioeconômico, também não se espera alteração significativa com a enchente, embora a população do entorno tenha sido fortemente afetada e possa estar mais vulnerável a mudanças e alterações de uso do Lago. Acredita-se numa tendência de reconstrução das estruturas afetadas e de retomada das atividades realizadas no Lago.

No caso dos resultados da composição de fundo pela sondagem batimétrica, não se espera que as bordas e enseadas tenham sido fortemente afetadas, já que nestas regiões a dinâmica da correnteza não exerce força significativa, embora o grande volume de água com sedimentos possa ter alterado a composição da camada superior de fundo pela deposição de novos sedimentos. Por outro lado, visualmente se observou que a região das ilhas no delta do Jacuí apresentou deposição significativa de sedimentos grossos, provavelmente por se tratar de fator natural daquela região do Lago. Por sua vez, o canal principal do leito do rio, onde se observou elevada velocidade da correnteza durante a enchente, pode ter sofrido alterações significativas em termos de sedimentos de fundo, com o arraste das camadas existentes e deposição de novos sedimentos trazidos pelos rios afluentes. Conforme observado durante o evento climático de maio de 2024, a coloração da água do Lago Guaíba tornou-se majoritariamente com aspecto avermelhado, típico de presença de argila, partícula fina de fácil arraste e que demora maior tempo para deposição ficando então em suspensão por longos períodos e atingindo praticamente toda a região do Lago.

Estas prováveis alterações nas camadas de fundo do Lago, em especial nas camadas superficiais do fundo, podem também trazer algum prejuízo nas avaliações de composição química realizadas. Entretanto, como a análise dos sedimentos foi realizada em três profundidades, não se espera que as camadas mais profundas tenham sido alteradas, exceto aquelas no canal principal. Além disso, como este processo de sedimentação e arraste por eventos naturais, mesmo que extremo como o ocorrido em 2024, pode-se considerar que a dinâmica do Lago se mantém e, portanto, os novos sedimentos das camadas superficiais de fundo devem apresentar características próximas às anteriores podendo assim considerar válidos os resultados dos estudos realizados anteriores à cheia de maio de 2024. Até porque o resultado dos estudos de um zoneamento não pode ser invalidado a cada evento natural, sob pena de insegurança técnica e jurídica já que não se consegue mensurar qual o grau de impacto que determinado evento natural acarreta no sistema sem que novos estudos sejam realizados, ou seja, que novo zoneamento seja feito. E neste contexto, somando-se ao fato que as mudanças climáticas têm contribuído para ocorrência de um maior número de eventos de ampla magnitude, poderia resultar na impossibilidade da conclusão do zoneamento, pois sempre haveria demanda para atualizar os estudos a cada novo evento climático significativo.

5.1 Estudo Socioeconômico

O estudo do meio socioeconômico trouxe pontos significativos sobre a utilização do Lago Guaíba pela população das regiões por ele banhadas. Foram considerados os bairros e balneários de Porto Alegre, Viamão Guaíba, Eldorado do Sul e Barra do Ribeiro, além da região do Arquipélago no levantamento realizado. As principais informações coletadas indicam que a percepção dos moradores e frequentadores sobre a relevância do Lago para os seus modos de vida e os significados atribuídos às águas do Lago precisam ser considerados numa eventual permissão para a atividade de mineração.

Somente algumas áreas ao sul tem destaque no uso da orla para lazer (balneários na margem direita em Barra do Ribeiro (Praia Recanto das Mulatas) e na margem esquerda, situados em Porto Alegre (Praia de Belém Novo, praia do Leblon, praia do Veludo, Praia do Lami)) e em Viamão (Praia de Itapuã).

No estudo realizado ficou evidente a necessidade de se manter as atividades econômicas desempenhadas no entorno do Lago, as manifestações religiosas que acontecem nas suas praias e águas, a pesca artesanal, as atividades de lazer e esporte realizadas nas praias e as estruturas de lazer e contemplação criadas a partir da revitalização da Orla do Guaíba.

De uma forma geral, o estudo confirma que os maiores usos socioeconômicos do Lago estão localizados nas áreas povoadas dos centros urbanos locais, concentrada na parte norte do Lago, onde são desenvolvidas atividades de lazer, práticas religiosas, comércio na orla e turismo. A atividade de pesca vem se utilizando do Lago principalmente como canal de navegação para acesso à Laguna dos Patos ou para os rios efluentes como o Jacuí.

Quanto aos impactos da atividade minerária, o estudo apontou como sendo positiva na percepção dos entrevistados para a diminuição do assoreamento dos cursos d'água resultando em maior navegabilidade em diversos trechos do Lago Guaíba, a melhoria da qualidade de vida diante dos recursos oriundos da areia extraída, ampliação da oferta de trabalho e qualificação de mão de obra diante de empregos diretos e indiretos gerados em consequência da atividade de mineração.

Como impactos negativos, houve a preocupação com a proximidade de áreas de preservação que podem ser afetadas, a possibilidade de interferência na velocidade e direção do curso d'água, o afugentamento de peixes, as interferências visuais na paisagem, a depreciação da qualidade de vida dos habitantes situados no entorno do empreendimento e a presença de ruídos ocasionados pelas máquinas durante o processo de extração da areia.

Outros aspectos de destaque nas entrevistas realizadas para o estudo foram:

- O desconhecimento da atividade de mineração e seus possíveis impactos observados entre os entrevistados, sendo fundamental a criação de planos de comunicação e informação caso a atividade venha a ser licenciada no local;
- A opinião dos pescadores que entende ser positiva a implementação de atividade minerária no Lago em função do desassoreamento, permitindo a entrada de peixes e deslocamento dos barcos. Trata-se de uma população que deverá ser ouvida no processo de licenciamento com o objetivo de evitar prejuízos a sua atividade;

- A preocupação com os limites da área a ser liberada, relatando o impacto ambiental sofrido no passado quando a extração ocorreu próximo à Ilha da Pintada e houve afundamento das margens, na percepção dos entrevistados. Aspecto que será considerado nos estudos para licenciamento.

Em suma, o estudo socioeconômico nos indica que a atividade de extração de areia, se realizada principalmente na parte do centro ao sul do Lago Guaíba deve resultar em menor impacto negativo, podendo ser benéfica e contributiva para o desenvolvimento econômico da população do entorno. O mapa a seguir (Figura 2) sugere as áreas a serem restritas como forma de minimizar os impactos da extração de areia nas atividades e usos gerais do Lago. Como premissas, com base nas demarcações das áreas de pesca, lazer ou recreação em municípios com orla marítima, lacustre ou fluvial, conforme Lei Estadual Nº 13.660, de 12 de janeiro de 2011 (publicada no DOE nº 10, de 13/01/2011), serão propostas áreas para restrição da mineração na porção norte do Lago, em trecho de 2,1 km das margens na área urbanizada de Porto Alegre, Guaíba e Eldorado do Sul, como também em Barra do Ribeiro, ao sul do Lago. Além disso, devem ser restringida porção de 2,1 km das margens das praias e balneários existentes. Ressalta-se que, embora a referida Lei traga a aplicabilidade dos 2,1 km para praias banhadas pelo mar, a avaliação da equipe técnica entendeu que a utilização de somente os 450 m previstos nesta Lei para praias banhadas por lagoas ou rios e aplicados no Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí não traz segurança as linhas de praia e edificações das margens, além de que o uso do Lago para lazer e recreação, diferentemente de um rio de margens estreitas, abrange área tipicamente superior a 450 m das margens e, portanto, poderia impactar nestas atividades. Também, corroborando para tal delimitação está o fato apontado pelo estudo hidrossedimentológico de que não haverá equilíbrio de reposição da areia nas áreas de extração nas margens, resultando então em aprofundamento permanente do Lago o que pode vir a comprometer áreas próximas por deslizamento das camadas do fundo do Lago. Assim, considerando as características ímpares do Lago e seu comportamento incerto pós-aprofundamento do leito por extração de areia, se verifica a necessidade da aplicação máxima do princípio da precaução, justificando plenamente o uso restritivo de distanciamento das margens como forma de proteção das edificações e balneários.

Da mesma forma, o rito do licenciamento para a atividade deverá ser respeitado e serão considerados os usos que a população faz da água para lazer, para atividades econômicas, como é o caso da pesca artesanal, as atividades religiosas, a existência de populações tradicionais (quilombolas e indígenas) e de bens acautelados nas distâncias previstas na portaria interministerial 60/1015 para a atividade de mineração.

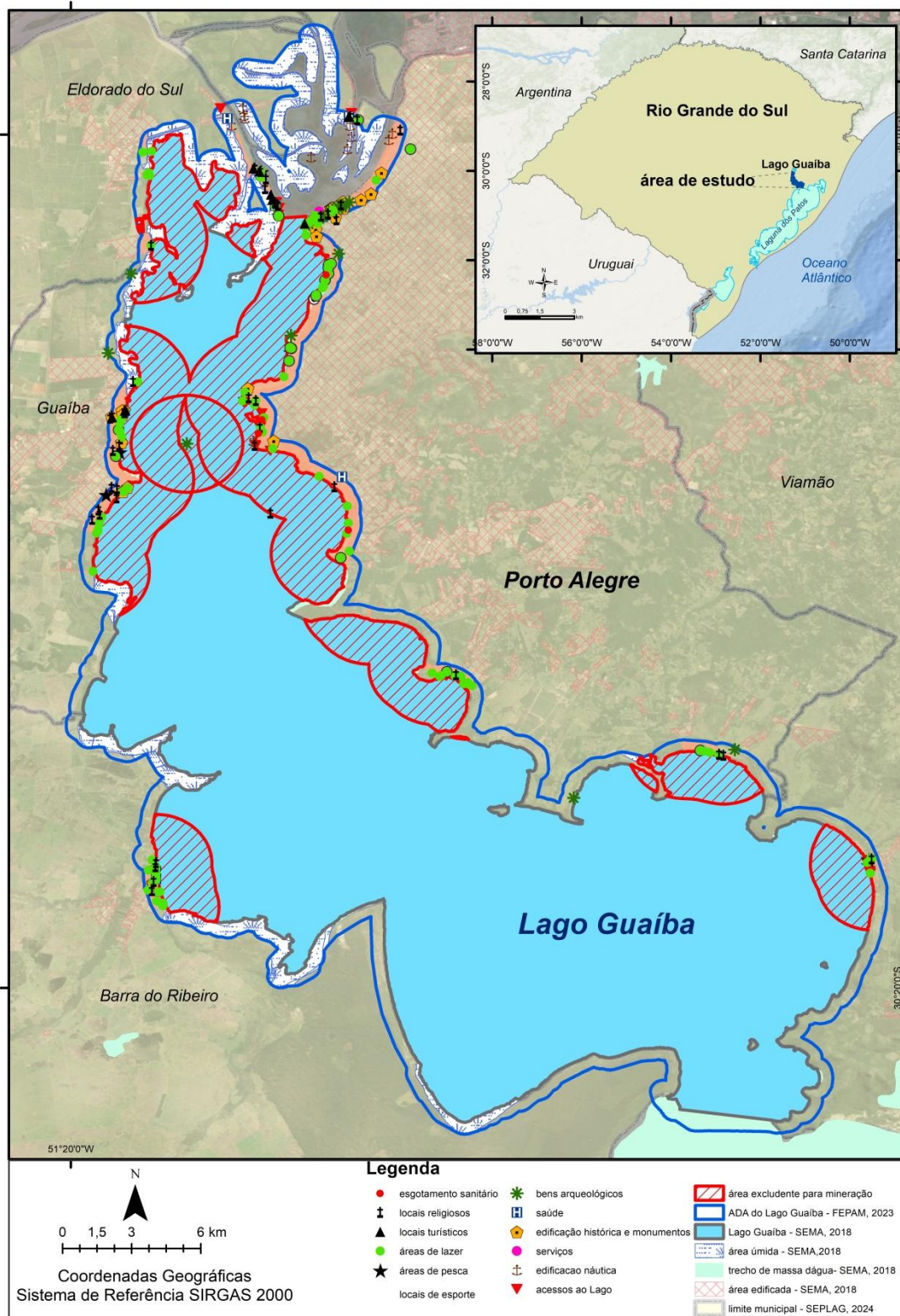


Figura 2: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme estudo socioeconômico.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.2 Ictiofauna e Macroinvertebrados

Os estudos da ictiofauna e dos invertebrados aquáticos foram baseados em levantamento de dados decorrentes do projeto de pesquisa “Contribuições para a gestão pesqueira e licenciamento ambiental do lago Guaíba e Laguna dos Patos (RS)”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ, processo 4721232012-2). O projeto permitiu o desenvolvimento de duas teses de Doutorado, defendidas junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Biodiversidade da PUCRS (na época, Programa de Pós-Graduação em Zoologia).

O programa amostral teve duração de dois anos, de fevereiro de 2012 até fevereiro de 2014. Os 59 pontos amostrais foram distribuídos aproximadamente sobre 27 transecções paralelas, distantes um minuto de latitude entre o extremo norte do Delta do Jacuí e a Laguna dos Patos.

Em cada transecção, foram marcados três pontos distintos: em ambas as margens do lago (margens Oeste e Leste, na isóbata de 1,5 m de profundidade), além de um ponto central rente ao canal de navegação ou próximo a um local com atributo ambiental de interesse (parcel, banco de areia), visando à contemplação de todos os tipos de habitats existentes no Guaíba. Nas transecções onde a largura do lago é maior, marcaram-se quatro pontos. Cada ponto, com exceção dos de interesse, foi amostrado uma única vez, respeitando-se um cronograma que permitisse a amostragem de todas as fisionomias e o amplo gradiente espacial em todas as estações do ano. As amostragens foram realizadas com uma embarcação motorizada, sendo os pontos georreferenciados através de aparelho de GPS Garmin 420s com 12 canais, com margem de erro de até 50 m considerando as variações no posicionamento da embarcação e qualidade de sinal.

Para a coleta de peixes, foram empregadas duas redes de espera, ambas com 60 m de comprimento e 1,5 m de altura. Uma das redes possuía entrelhamento para operar em superfície, enquanto a outra possuía entrelhamento para operar junto ao fundo. Cada rede encontrava-se subdividida em um conjunto de 12 painéis, cada um com 5 m de comprimento, apresentando malhas diferenciadas (15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 e 70 mm entre nós adjacentes), de forma a permitir a captura de peixes em ampla faixa de tamanhos. Em cada ponto amostral, as redes permaneceram na água por 20 horas, entre às 14h e às 10h do dia seguinte. No total, o esforço conjugado em ambas as redes correspondeu a um esforço amostral bruto de 3.600 m² por 1h. Em campo, os animais foram triados por espécie, sendo medidos com o auxílio de um ictiômetro (escala de 1 mm). Todos os indivíduos foram devolvidos ao ambiente assim que tiveram sua espécie e tamanho determinados.

Para a amostragem de macroinvertebrados foi utilizada uma draga de Eckmann com 225 cm² de área amostrada (15 cm por 15 cm) e 10 amostras por ponto (0,225m²). As amostras foram peneiradas em campo para remoção do sedimento fino através de uma malha de 300 µm. Após a lavagem, o material foi fixado em solução Formalina a 4% tamponada com Bórax (2 g para cada 100 ml de Formalina a 4%) e coradas com Rosa de Bengala (1 g para cada 1 L de Formalina a 4%), objetivando a otimização da triagem. Em laboratório, as amostras de material bentônico foram analisadas sob estereomicroscópio. Quando estas apresentaram número excessivo de animais capturados, realizou-se o quarteamento (análise de ¼ da amostra) sendo o número de indivíduos por táxon foi multiplicado por quatro. Em amostras em que o número de anelídeos e nematódeos

apresentou-se muito elevado realizou-se uma pré-triagem com o método de flutuação dos organismos em solução supersaturada de sal (500 g de sal em 2 L de água). Moluscos foram computados apenas quando presentes as partes moles. A identificação dos indivíduos foi no menor nível taxonômico possível.

Com relação aos peixes, verifica-se claramente que algumas espécies apresentam um padrão muito claro de distribuição no sentido do eixo Norte-Sul do lago, mesmo que eventualmente presentes ao longo de toda a superfície.

Na metade Norte do lago Guaíba, próximo ao Delta do Jacuí, ocorrem com maior abundância *Acestrorhynchus pantaneiro* (Peixe-cachorro), *Cyphocharax voga* (Birú), *Gymnogeophagus gymnogenis* (Cará), *Oligosarcus jenynsii* (Tambicú) e *Prochilodus lineatus* (Grumatã), aqui listadas apenas as espécies com padrão inequívoco de distribuição (listadas em ordem alfabética de nome científico). Outras espécies, entretanto, predominaram na metade Sul do lago Guaíba, mais próximos da foz com a Laguna dos Patos. Estas espécies compreendem *Genidens barbatus* (Bagre-branco), espécie caracterizada como em perigo pela portaria 445/2014 do Ministério do Meio Ambiente, *Genidens genidens* (Bagre-guri), *Micropogonias furnieri* (Corvina), *Odontesthes bonariensis* (Peixe-rei) e *Platanichthys platana* (Sardinha-derio). Um terceiro grupo de espécies foi amostrado sem um padrão evidente de distribuição no sentido Norte-Sul, mas que predominaram em áreas marginais e mais estruturadas do lago Guaíba, especialmente em áreas sob influência de arroios formadores do lago. São estas *Corydoras paleatus* (Cascudinho), *Crenicichla punctata* (Joana), *Geophagus brasiliensis* (Cará), *Hoplias malabaricus* (Traíra), *Hoplosternum littorale* (Tamboatá), *Hypostomus commersoni* (Cascudo-preto), *Rhamdia quelen* (Jundiá) e *Trachelyopterus lucenai* (Porrudo). Por fim, existem um quarto conjunto de espécies que se distribui amplamente por toda a superfície do lago Guaíba. São elas *Astyanax fasciatus* (Lambarí-do-rabovermelho), *Loricariichthys anus* (Violinha), *Lycengraulis grossidens* (Manjubão), *Odonthestes perugiae* (Peixe-rei), *Oligosarcus robustus* (Tambicú), *Pachirus bonariensis* (Corvina-de-rio), *Pimelodus pintado* (Pintado) e *Rineloricaria strigilata* (Violinha).

Com relação aos macroinvertebrados o desenho amostral empregado, entretanto, se por um lado privilegiou a padronização de esforço distribuído no espaço e no tempo, apresentou igualmente os seus limites operacionais. Considerando que as amostragens de macroinvertebrados foram realizadas conjuntamente com as amostragens de peixes, para os quais foram empregadas redes de espera, estas se limitaram a pontos com pelo menos um metro de profundidade, limitando a proximidade com as praias.

De qualquer forma, foram verificados padrões interessantes de distribuição, até então não descritos pela ciência. Tal como o verificado com peixes, identifica-se claramente que alguns táxons apresentam um padrão claro de distribuição no sentido do eixo Norte-Sul do lago, embora eventualmente presentes em toda a superfície de fundo. Na metade Norte do lago Guaíba, próximo ao Delta do Jacuí, ocorrem com maior abundância os Anelídeos *Hirudinídeos* das famílias *Glossiphoniidae* e *Hirudinidae*, assim como *Oligochaeta*, estes últimos em padrão disjunto, com alta densidade também no extremo Norte da Laguna dos Patos, sugerindo haver mais de uma espécie com características ecológicas diversas. Dentre os Artrópodes, apresentaram-se mais abundantes no Norte do lago Guaíba os insetos das famílias *Chironomidae* (Diptera) e *Polycentropodidae* (Tricoptera), assim como os moluscos bivalves *Diplodon berthae* e a família *Sphaeriidae* (próximos às

margens de Norte). Poucos táxons, entretanto, predominaram na metade Sul do lago Guaíba, mais próximos da foz com a Laguna dos Patos, como os crustáceos isópodes da família *Sphaeromatidae* e um único exemplar do molusco bivalve *Erodona mactroides*. O pequeno molusco gastrópode *Heleobia robusta*, entretanto, embora não presente no extremo Norte do lago Guaíba, especialmente junto ao Delta do Jacuí, apresentou-se bastante abundante tanto no terço médio como no terço Sul do lago, com densidades aparentemente aumentando em direção à Sul. Entretanto, o padrão dominante de distribuição dentre os invertebrados não esteve relacionado com o gradiente Norte-Sul, mas em gradiente de profundidade, com maiores densidades observadas junto às margens do lago Guaíba. Dentre estes táxons destacamos os crustáceos tanaidáceos, presentes apenas junto às margens de Oeste do lago Guaíba, os *hexapodos* da ordem *Collembola*, os insetos *efemeropteros* *Polymitarcyidae*, os moluscos bivalvos *Corbicula fluminea*, *Corbicula largilerti* e *Limnoperna fortunei*, assim como os gastrópodes *Chilina sp.*, *Gundlachia sp.*, *Potamolithus sp.*, estes últimos associados principalmente a um único ponto na Barra do Ribeiro, assim como *Pomacea canaliculata* e os vermes Nematódeos. Por fim, existe um quarto conjunto de espécies que se distribui amplamente por toda a superfície do lago Guaíba, como o molusco bivalve *Neocorbicula limosa*. Neste caso, cabe destaque o padrão de distribuição desta espécie nativa, que diferentemente das espécies introduzidas do gênero *Corbicula*, apresenta distribuição predominante em áreas mais afastadas das margens, merecendo estudos para verificar-se se se trata de um padrão original de distribuição ou resultado de um processo de exclusão competitiva com as espécies invasoras *C. fluminea* e *C. largilerti*.

A gestão ambiental deve fundamentar-se no princípio da precaução, com ajuste contínuo de condutas em função do monitoramento permanente de indicadores de qualidade ambiental de natureza biótica e abiótica. Considerando o foco na proteção da biota, as recomendações aqui apresentadas não levarão em consideração a quantidade e qualidade dos folhetos de areia presentes no lago Guaíba, mas exclusivamente os condicionantes biológicos que tornam a atividade potencialmente mais ou menos lesiva em determinada área ou período. Com vistas ao encaminhamento de recomendações de caráter geral, os principais impactos diretos e indiretos da atividade de mineração podem ser elencados como segue:

- 1) Supressão direta de indivíduos, especialmente invertebrados bentônicos, retirados juntamente com os sedimentos removidos, mas também ovos e larvas de espécies diversas;
- 2) Alteração das características físicas e químicas do ambiente demersal (de fundo) nos locais de extração, seja por aumento direto da profundidade, mudança do perfil granulométrico e depleção de oxigênio intersticial pela deposição natural de sedimentos finos, seja por alteração do padrão de circulação local de água;
- 3) Alteração de padrões de qualidade de água, com aumento de turbidez decorrente da ressuspensão de sedimentos finos e de matéria orgânica;
- 4) Transporte e deposição de sedimentos finos para localidades distantes, através de pluma de sedimentos, podendo redundar na supressão de espécies e alteração da estrutura de comunidade nos locais de deposição;

- 5) Distúrbio localizado sobre a biota em função da propagação de ruído contínuo decorrente do funcionamento de bombas.

A dimensão do impacto sobre a biota está relacionada diretamente com o volume da atividade de mineração. Obviamente, um maior número de equipamentos operando simultaneamente ou por maior tempo resulta em maior impacto sobre a biota. Neste sentido, não existe um volume de extração razoável que a priori possa ser definido como seguro. Em princípio, sistemas biológicos apresentam algum nível de resiliência, e toleram perturbações de diferentes naturezas. Em ecossistemas campestres, por exemplo, distúrbios em mosaico, seja por fogo ou pastejo, redundam no aumento de diversidade biológica, por propiciarem um aumento da heterogeneidade de habitat, em consonância com a hipótese do distúrbio intermediário. Esta teoria, já amplamente aceita na literatura ecológica, propõe que um nível intermediário de distúrbio em determinado ecossistema permite uma maior diversidade biológica, visto que de tempos em tempos o distúrbio quebra os padrões de dominância de espécies com maior competência competitiva, e que conduziriam o sistema para uma diminuição da diversidade biológica. Embora campos e lagos tenham natureza muito distinta, mesmo que sem nenhuma comprovação baseada em dados reais, parece razoável supor que pequenos impactos distribuídos, em mosaico, sejam melhor tolerados em ecossistemas que grandes impactos centralizados.

- (1) Neste sentido, temos a primeira recomendação de princípio norteador da atividade de mineração: se autorizadas, as lavras de areia deverão ser distribuídas em mosaico, de forma a termos áreas de exploração intercaladas com áreas não exploradas.

Infelizmente, não temos como afirmar, de forma segura e inequívoca, qual a dimensão do distúrbio potencialmente tolerável pelo sistema, seja por alteração significativa da funcionalidade do mesmo, seja pelo oferecimento de serviços ecossistêmicos relevantes.

- (2) Neste sentido, chega-se a segunda recomendação norteadora para fins de licenciamento de mineração de areia no lago Guaíba: se autorizada, a lava de areia deve iniciar em escala piloto, sendo ampliada na medida que programas de monitoramento demonstrem inequivocamente que não há evolução negativa de indicadores de qualidade ambiental, com prejuízo relevante para a biota.

Identifica-se, de forma clara e segura, que a distribuição dos organismos no lago Guaíba não se dá de forma aleatória. Existe um padrão definido com espécies ocorrendo predominantemente na terço Norte, no terço Sul, e junto às margens e desembocaduras de arroios. Neste sentido, destacamos que o bagre-branco (*Genidens barbatus*), espécie classificada como em perigo (EN) pela portaria nº 445/2014 do Ministério do Meio Ambiente, foi capturada apenas na extremidade Sul do Lago, junto à foz com a Laguna dos Patos. Embora existam relatos de que a espécie apresente distribuição mais ampla no lago Guaíba, os dados sugerem inequivocamente uma maior abundância no extremo Sul.

- (3) Neste sentido, chega-se a terceira recomendação norteadora para fins de licenciamento de mineração de areia no lago Guaíba: a lavra de areia deve ser evitada nos extremos Norte e Sul do lago Guaíba, assim como próximo de margens e desembocadura de arroios, locais de maior concentração de espécies ou com presença de espécies significativas. Sugere-se, para fins de balizamento, que sejam excluídas do processo de licenciamento as seguintes áreas.
- a) Qualquer área situada a menos de 1 km (um quilômetro) das margens do lago Guaíba;
 - b) No extremo Norte, em área de amortecimento (buffer) de 10 km (dez quilômetros) no entorno dos limites do Parque Estadual Delta do Jacuí;
 - c) No extremo Sudeste-Sul, em área de amortecimento (buffer) de 10 km (dez quilômetros) no entorno dos limites da Reserva Biológica do Lamí José Lutzenberger, e do Parque Estadual de Itapuã.

Cabe destacar que uma zona de amortecimento de 10 km, de forma a limitar os efeitos potencialmente deletérios de empreendimentos com significativo impacto ambiental, foi originalmente proposta pela resolução CONAMA 13/1990 como medida de proteção da biota em unidades de conservação. Esta resolução, entretanto, foi revogada pela resolução CONAMA 428/2010, a qual transfere para os Planos de Manejo das Unidades de Conservação o estabelecimento dos limites das Zonas de Amortecimento (CONAMA 428/2010, Artigo 2º, § 5º). Neste sentido, o Plano de Manejo do Parque Estadual de Itapuã, datado de 1996, é omissivo no estabelecimento de uma zona de amortecimento. Em documento mais recente, o Plano de Manejo da Reserva Biológica do Lami, datado de 2008, mesmo ao abrigo da resolução CONAMA 13/1990, formaliza a zona de amortecimento com 10 km de raio por sobre o lago Guaíba. Por outro lado, o Plano de Manejo do Parque Delta do Jacuí, de fevereiro de 2014 e já na vigência da resolução CONAMA 428/2010, não estabelece uma zona de amortecimento projetada por sobre o lago Guaíba. Desta forma, a sugestão da aplicação de buffers de exclusão de 10 km para fins de atividade de mineração no entorno de unidades de conservação, tal como apresentado nesta proposta, segue basicamente o princípio da precaução, sem sustentação de base legal, exceto para Reserva Biológica do Lamí. A determinação de um valor de buffer de 10 km, e não de 3 km, por exemplo, tal como previsto para casos omissos pela resolução CONAMA 428/2010, impõem-se devido aos efeitos deletérios da ressuspensão de sedimentos se propagarem amplamente devido à baixa taxa de sedimentação de particulado fino como *silte*, argila ou matéria orgânica, especialmente, mas não exclusivamente, em áreas à jusante dos empreendimentos.

Assim, na medida em que se considera os extremos Norte e Sul do lago Guaíba como áreas sensíveis à poluição ambiental, em função dos padrões de distribuição de espécies já apresentados, sugere-se a aplicação de buffers de exclusão de atividade de mineração de 10 km no entorno de unidades de conservação. Esta medida não se enquadra como aplicação de resolução ambiental, mas devido ao fato de que coincidentemente temos unidades de

conservação estabelecidas nas extremidades do lago Guaíba, e porque através da aplicação destes buffers de exclusão estaremos conferindo proteção significativa a estas regiões sensíveis.

Por fim, a maior parte das espécies de peixes presentes no lago Guaíba apresenta período reprodutivo durante a primavera e verão, incluindo o bagre-branco (*Genidens barbatus*), classificado como em perigo pela Portaria nº 445/2014 do Ministério do Meio Ambiente. Destaca-se que a legislação pesqueira já define o período de defeso da pesca em função das atividades reprodutivas, o qual se inicia em primeiro de novembro e se estende até 31 de janeiro.

- (4) Neste sentido, chega-se a quarta recomendação norteadora para fins de licenciamento de mineração de areia no lago Guaíba: a lavra de areia deve ser evitada no período de defeso da pesca, em consonância com o período reprodutivo de diversas espécies de peixes, entre primeiro de novembro e 31 de janeiro.

Embora salientando a perspectiva de gestão ambiental por tentativa e erro, dada a natureza ainda imprecisa da modelagem de ecossistemas em nível de espécie, consideramos as propostas aqui apresentadas como um razoável ponto de partida para o balizamento do eventual licenciamento da atividade de mineração de areia no lago Guaíba. Esta atividade, uma vez licenciada, deve ser permanentemente monitorada para fins de avaliação dos impactos diretos e indiretos sobre a biota, de forma a se corrigir continuamente a dimensão da perturbação decorrente da atividade, seja pela revisão das áreas licenciadas, do número simultâneo de dragas em operação, seja no período do ano que a atividade está permitida. O mapa da Figura 3 indica as áreas a serem restritas à mineração de areia.

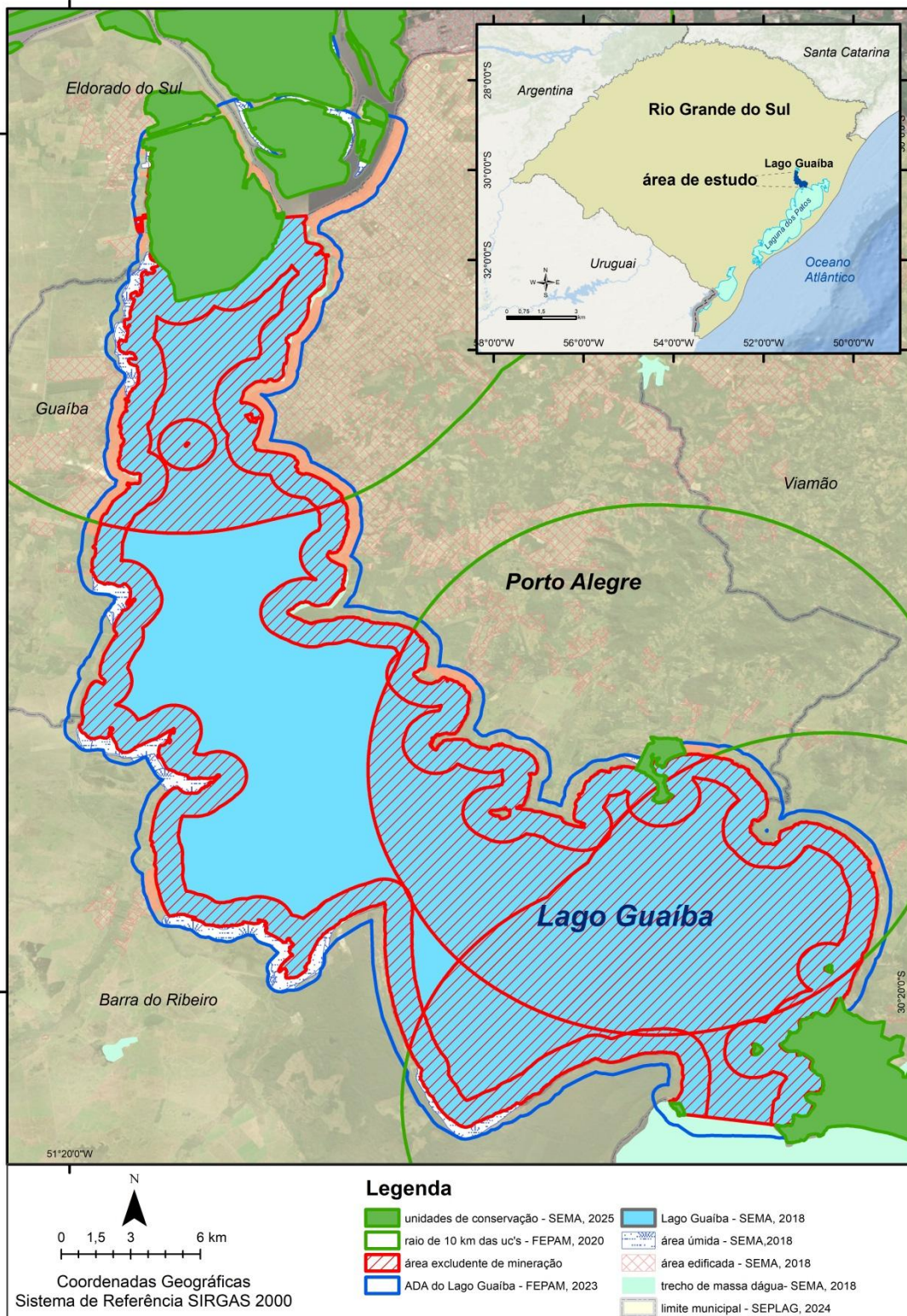


Figura 3: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme estudo da ictiofauna e macroinvertebrados.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.3 Plânctons e Macroinvertebrados Bentônicos

O levantamento da biota aquática no Lago Guaíba possibilitou a identificação de 111 taxa fitoplanctônicas, 125 taxa zooplanctônicas e 28 taxa pertencentes a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, considerando-se para este último grupo, a coleta através do amostrador draga (S= 27) e a riqueza exclusiva (S= 01) que somou-se a partir das armadilhas de substrato artificial referente a efêmera *Leptophlebiidae* mais associada à águas mais correntes.

Em relação ao plâncton, observa-se, de forma geral, a predominância de táxons comumente encontrados em ecossistemas aquáticos continentais, sendo a maioria caracterizada como de hábito oportunista. Entre os fitoplânctons, destaca-se o gênero *Aulacoseira* sp., que alcançou 97% da densidade relativa acumulada, com um *bloom* significativo durante a campanha de outono, quando representou 99,6% do total de organismos registrados. Esse gênero é classificado como de importância médico-sanitária, pois pode conferir à água um sabor e odor intensos de "terra". Sua alta representatividade era esperada, já que o gênero é frequentemente encontrado na bacia hidrográfica do Lago Guaíba, muitas vezes em altas densidades. Além do bloom registrado no outono, os resultados mostram que *Aulacoseira* sp. está amplamente distribuído em toda a área do lago, indicando sua boa adaptação às condições ambientais locais do sistema analisado.

Outro destaque é a espécie exótica e invasora *Ceratium furcoides*, que, embora registrada em baixa densidade (0,34% da densidade relativa acumulada) quando comparada a *Aulacoseira* sp., merece atenção no monitoramento do Lago Guaíba. Em caso de aumento expressivo de densidade ou ocorrência de florações, podem surgir consequências negativas, como interferência na cadeia trófica, obstrução de filtros durante o tratamento de água e redução da produtividade pesqueira.

Ressalta-se também a ocorrência do Filo Cyanobacteria que são potencialmente produtores de toxinas e altamente competidoras, suprimindo o desenvolvimento dos demais gêneros. Cabe alertar que os valores de densidade desse grupo é um fator que requer atenção, pois podem formar florações e produzir toxinas, causando diversos impactos ambientais negativos no meio ambiente e constituindo também um problema de saúde pública, já que a presença dessas toxinas pode interferir diretamente na saúde da população. Embora os valores de densidade tenham sido superiores na amostragem de verão, ainda assim, não indicam risco momentâneo, e estão dentro do preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 para águas Classe 2 como o sistema Guaíba.

Dentre o ciclo sazonal avaliado, para o plâncton cabe destacar a estação inverno, que possibilitou um aumento expressivo na riqueza, de 23% para o fitoplâncton e mais de 50% para zooplâncton. Em geral, o plâncton apresenta rápida resposta quando são expostos às variações ambientais, sendo que esse aumento na riqueza no inverno pode estar associado ao carreamento de espécies de ambientes adjacentes para o leito do Lago Guaíba, pela ação das chuvas, bem como ao efeito de diluição, refletindo na redução da competição. Já para a fauna bentônica, mesmo com a ampla diversidade atribuída ao grupo, os incrementos entre as estações ocorreram de maneira mais tímida, mas contínua em todas as campanhas mesmo com uma redução gradual da riqueza geral catalogada em cada estação.

O zooplâncton foi caracterizado pela maior prevalência do Filo Rotifera, tanto em termos de densidade quanto em riqueza. Dentre os grupos zooplancônicos, os rotíferos apresentam o menor ciclo de vida e a maior capacidade de adaptação as mudanças ambientes e associado ao fato de serem organismos oportunistas, condicionam os rotíferos a representarem a maior parte do zooplâncton dos ambientes aquáticos continentais. Os gêneros dominantes no cumulativo das estações foram *Polyarthra sp.*, *Keratella tropica* e *Synchaeta sp.*, já reportados anteriormente para a região, inclusive em altas densidades, sugerindo que se encontram bem adaptados as condições ambientais locais da região.

Ainda para o zooplâncton, houve o registro de uma espécie nova em descrição nas coletas de inverno (*Monospilus sp. (nov)*) e novos registros para o território brasileiro, das espécies aparentemente “raras” *Pseudomoina cf. lemnae* e *Odontodiptomus thomseni*. *O. thomseni* já foi incluída na lista vermelha de espécies ameaçadas (IUCN), no entanto, devido à falta de estudos foi classificada como dados insuficientes. O registro desse copépode no Lago Guaíba corresponde ao terceiro em escala mundial.

Quanto aos estratos avaliados para a comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica, pode ser observada uma certa homogeneidade na coluna d’água, tanto em relação a composição inventariada quanto aos parâmetros ecológicos analisados. Essa maior uniformidade na estrutura do plâncton é esperada, uma vez que, o Lago Guaíba possui baixa profundidade de lâmina d’água e maior incidência de ventos na região, que gera turbulência e resulta em processos de mistura entre os estratos avaliados. Para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, assim como mencionado anteriormente, não foram realizadas coletas nos estratos, visto que, há poucos registros no plâncton para o grupo, e neste caso acabam integrando a fauna zooplanctônica como as larvas de Bivalve, aqui contabilizadas no zooplâncton.

Em resumo, a composição da biota aquática ao longo das quatro estações apresentou relativa similaridade espacial, com as maiores variações estruturais ocorrendo entre as diferentes estações do ano. Ainda assim, alguns padrões foram identificados entre os pontos amostrais. O ponto próximo à Usina do Gasômetro destacou-se por registrar a maior riqueza planctônica (fitoplâncton e zooplâncton), além de apresentar os maiores índices de diversidade e equitabilidade para o fitoplâncton. Nesse local, também foram encontradas espécies raras, como a efêmera fossorial *Hexagenia (Pseudeatonica) albivitta* e o zooplâncton *Pseudomoina cf. lemnae*, este último registrado pela primeira vez no Brasil.

Quanto à diversidade, observou-se maiores valores nos pontos localizados na porção centro-sul do lago, especialmente para o zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos. Em relação à composição, os índices de similaridade revelaram um elevado compartilhamento espacial de táxons entre os três grupos biológicos investigados, com mais de 50% de correspondência em todos os pareamentos. Isso indica uma ampla distribuição dos táxons em toda a área amostral, com as diferenças observadas associadas à presença ou ausência de determinados táxons de forma espacialmente aleatória.

Em síntese, os grupos que compõem a biota aquática investigada nesse levantamento ainda são pouco estudados, sobretudo o zooplâncton, de forma que ainda existem grandes vazios nos

mapas de distribuição dessas espécies, o que explica a classificação dos novos registros encontrados nesse levantamento como “espécies aparentemente raras”.

O favorecimento de grupos da biota aquática oportunistas é frequentemente encontrado durante e após as atividades de dragagem. Quanto ao fitoplâncton, é comum o aumento na densidade das cianobactérias, possivelmente associado ao aporte de nutrientes disponibilizados para a coluna d’água pelos processos de extração de areia. Partindo desse pressuposto, é primordial o acompanhamento das flutuações de densidade e riqueza do grupo *Cyanophyta* ao longo e após as atividades de dragagem no lago Guaíba, que já apresentou *blooms* históricos de cianobactérias de importância médica/sanitária.

Ainda em relação ao fitoplâncton, outro impacto de possível ocorrência é a eclosão dos cistos de resistência dos dinoflagelados, que tendem a eclodir quando são ressuspensos para a coluna d’água pelas atividades de dragagens, podendo levar a picos de densidade, ou mesmo a florações inesperadas. Nesse levantamento identificamos uma espécie e dois gêneros pertencentes ao grupo, sendo a invasora *Ceratium furcoides* a mais frequente, e embora não tenha atingido elevadas densidades na malha amostral, houve o registro em todos os pontos amostrais. Nesse sentido, para minimizar eventuais implicações negativas, tais como, redução da diversidade fitoplanctônica, interferência na cadeia trófica do lago, deterioração da qualidade da água, entupimento de filtros no processo de tratamento de água e diminuição da produção pesqueira, é importante monitorar o fitoplâncton, sobretudo as flutuações de densidade *C. furcoides* durante e após os eventos de extrações de areia no lago, possibilitando a intervenção mediante *blooms*, que minimizem o impacto nesses locais.

No que tange a comunidade zooplanctônica, os impactos estão relacionados a diminuição da diversidade fitoplanctônica, que serve de alimento para o grupo e a redução da qualidade da água, ocasionados principalmente, pelo aumento da turbidez e movimentação de contaminantes e nutrientes. Logo, espera-se que as espécies zooplanctônicas mais sensíveis, como as pertencentes aos microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) sejam mais afetadas, através da substituição por espécies mais tolerantes, como as do filo Rotifera já predominantes numericamente no lago.

Dentre os rotíferos que merecem evidência inclui-se a espécie exótica e oportunista *Kellicottia bostoniensis*, que conforme nossos resultados já é altamente frequente no lago. Frente ao exposto, os impactos ocasionados pelas extrações de areia podem favorecer a dominância da mesma, acarretando no aumento da competição com espécies nativas e gerando modificações na estrutura da comunidade zooplanctônica, bem como, também em outros níveis tróficos. Por fim, para o zooplâncton, os registros mais relevantes foram das espécies aparentemente “raras”, como *Monospilus sp.* (nova espécie em descrição), *Pseudomoina cf. lemnae*, primeiro registro para o Brasil e *Odontodiptomus thomseni*, já inserida anteriormente na lista vermelha de espécies ameaçadas (IUCN), no entanto, devido à falta de estudos a mesma foi classificada como dados insuficientes.

Para os invertebrados bentônicos que são organismos visíveis a olho nu, os impactos de grande relevância são àqueles que atingem à qualidade da água e o substrato do corpo hídrico. Estes organismos podem viver no sedimento ou associados a raízes de plantas aquáticas, rochas, galhos e folhas sendo denominados bentônicos; ou na coluna d’água e/ou filme superficial, classificados como planctônicos, nectônicos ou pleustônicos. O processo de dragagem pode ser considerado o principal

impacto sobre esta fauna, visto ocorrer a remoção do sedimento com os organismos ali estabelecidos. Esta remoção do substrato juntamente com a fauna bentônica também irá prejudicar o andamento de outros processos ecológicos, como a ciclagem de nutrientes, já que estes organismos participam de vários níveis das cadeias alimentares aquáticas. De qualquer maneira, a comunidade bentônica tende a se recuperar rapidamente recolonizando o ambiente assim que cesse os principais impactos relacionados a suspensão de partículas e alterações no substrato.

Destaca-se, por fim, a ocorrência de *Castalia martensi*, considerada endêmica para o Brasil com ocorrência no Rio Grande do Sul e classificada como Vulnerável (VU) pela IUCN (2021-1). Outro aspecto importante corresponde a presença de *Hexagenia (Pseudeatonica albivitta)*, única espécie do inseto efemeróptero da família *Ephemeridae* ocorrente no Brasil e que, obteve recentemente sua redescoberta para a região sul (50 anos após o único registro formal conhecido) e o seu primeiríssimo registro para o Estado do Rio Grande do Sul, contemplando duas áreas de amostragem: a Estação Ecológica do Taim e as margens do Guaíba. A espécie foi novamente catalogada em todas as quatro campanhas de amostragens do presente levantamento em 30 dos 50 pontos amostrais, demonstrando uma ampla distribuição na área do lago.

Com base no anteriormente exposto e considerando o registro de espécies aparentemente “raras” no lago Guaíba, os pontos P2, P3, P4, P9, P14, P38 e P41 (conforme mapa abaixo) enquadram-se como áreas mais sensíveis aos impactos diretos de futuras minerações de areia devido à presença de duas ou mais espécies classificadas neste estudo como aparentemente “raras”. Indica-se, portanto, restringir uma região com a finalidade de preservar a biodiversidade planctônica e bentônica dos impactos diretos da mineradora, bem como para garantir a conservação das espécies aparentemente “raras” aqui catalogadas.

Dentre as diferentes áreas do lago Guaíba destaca-se a porção sul, que compreende a região em que estão inseridas as áreas de maior importância ecológica, devido à presença da Reserva Biológica do Lami (RBL) e do Parque Estadual de Itapuã (PEI). Desse modo, sugere-se a conservação dessa região inserida a jusante, restringindo-se os pontos P24, P25, P31, P32, P37, P38, P41, P45, P49 e P50 (conforme mapa abaixo), pontos estes, que seriam então, excluídos às atividades de mineração. Cabe ainda salientar que relacionando às ocorrências das espécies “aparentemente raras” praticamente todos estes 10 pontos contemplam registros da efemeróptera *Hexagenia (Pseudeatonica) albivitta* e dois do zooplâncton *Odontodiptomus thomseni*.

Com a restrição destas áreas mapeadas, pode-se ter não somente a preservação das espécies aparentemente citadas como “raras” como também uma maior garantia da manutenção da diversidade de fito e zooplânctons no Lago, permitindo assim a redução de provável impacto negativo nas cadeias tróficas e na manutenção de um ecossistema equilibrado.

Em termos de áreas a ser preservada no entorno dos pontos citados, não foi possível encontrar uma referência consistente para assegurar um determinado raio de proteção. Contudo, como tais pontos situam-se em áreas já com restrição minerária em função dos demais estudos realizados neste zoneamento, o grupo técnico entendeu por não indicar um raio de proteção no entorno dos pontos, mas somente indicá-los no mapa final (Figura 4), já que a preservação da área do local estaria assegurada.

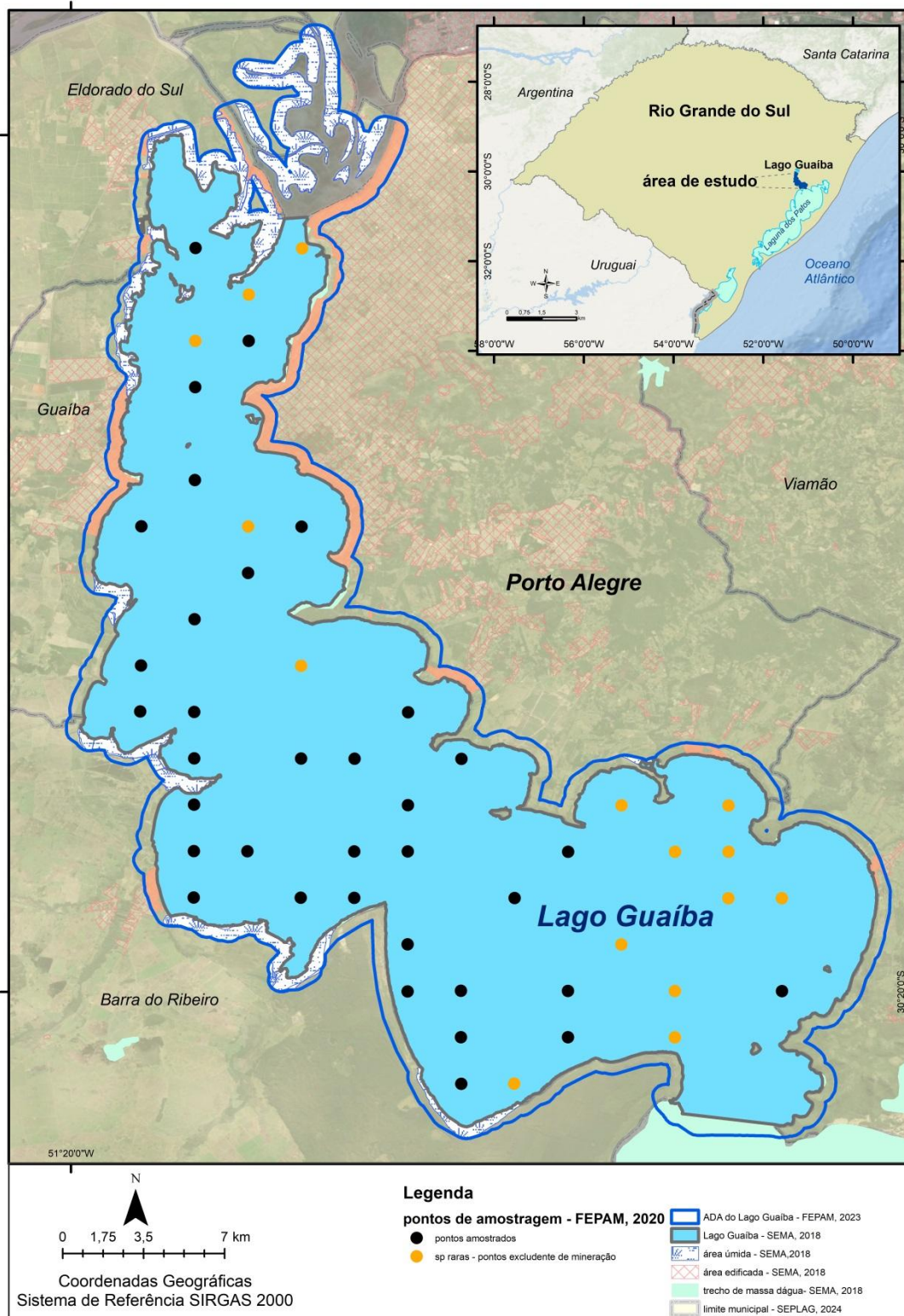


Figura 4: pontos de sensibilidade à atividade de mineração identificados no estudo de plânctons.
Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.4 Levantamento das Margens e de Fauna Terrestre e Semiaquática

O estudo de levantamento de margens e fauna terrestre e semiaquática visa diagnosticar as margens do lago Guaíba associado à presença de grupos específicos de fauna terrestre e semiaquática, bem como a avaliação e classificação da vegetação das margens e do entorno do lago Guaíba, com a identificação dos habitat existentes e de possíveis corredores ecológicos. Os grupos bióticos e habitat são possíveis indicadores de áreas sensíveis a possíveis impactos oriundos de atividades de mineração.

A área de abrangência original do estudo apresentada no “Plano de Trabalho do Zoneamento Ambiental para Atividade de Extração de Areia no Lago Guaíba” foi reduzida em decorrência dos demais estudos já concluídos apontarem restrições à atividade e das áreas de influência das unidades de conservação na região (Parque Estadual Delta do Jacuí, Parque Estadual de Itapuã e Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger), possibilitando economia de recursos para o Estado, sendo então os limites atuais a porção sul da área urbana do município de Guaíba (-30.15608, -51.32292), a Ponta Grossa (-30.18602, -51.24873), a Ponta do Arado Velho (-30.23936, -51.19112) e a Ponta do Salgado (-30.29890, -51.21130). A área de abrangência estendeu-se também na parte terrestre numa faixa de 500 m a partir das margens do lago Guaíba. A escolha da largura da faixa se baseou em algumas áreas sensíveis e que constituem habitat contínuo para certos grupos de fauna.

Os resultados obtidos na área de abrangência estudada foram considerados aplicáveis ao Lago Guaíba como um todo para fins de definição de área de exclusão de forma a garantir a proteção à biota e ecossistemas aquáticos (Figura 5), com a devida precaução e prevenção necessárias, pois:

- o Lago é um corpo único;
- as populações de diferentes espécies que habitam a área de abrangência do estudo também ocorrem ao sul e ao norte, incluindo os rios Caí, Guaíba e Sinos e a Laguna dos Patos, e em diversos casos além;
- em todos os estudos bióticos se apontou que as maiores fragilidades são as margens.

Para este diagnóstico ambiental, foram utilizados dados primários e secundários, a fim de subsidiar a avaliação dos impactos decorrentes das atividades de extração de areia, bem como da qualidade ambiental atual e futura da área abrangida pelas mesmas. Os grupos selecionados para o diagnóstico foram: anfíbios, aves, mamíferos, répteis, vegetação (comunidades de macrófitas, banhados alagáveis, campos, florestas) e moluscos.

Os principais efeitos e potenciais impactos das atividades de dragagem e mineração em ecossistemas aquáticos específicos aqui avaliados estão sintetizados a seguir.

Vegetação: As espécies de plantas potencialmente mais impactáveis a partir de futuras atividades de mineração no Lago Guaíba são aquelas que compõem as comunidades de macrófitas aquáticas, grupo evolutivamente adaptado à vida na água, parcial ou totalmente. São plantas que possuem profundas modificações estruturais e anatômicas para realizar a transpiração (especialmente quando submersas), nos tecidos de sustentação (aerênquima) e nas estruturas celulares (células epidérmicas alongadas). As adaptações incluem ainda modificações nos processos fisiológicos, com consequentes alterações no desenvolvimento e crescimento dessas plantas. Desta forma, alterações químicas e/ou físicas no meio aquático, como as que podem ser acarretadas por

atividades de mineração e consequentes processos causados a partir das mesmas, podem afetar não somente as plantas, mas igualmente de forma direta ou indireta uma multitude de organismos aquáticos e/ou terrestres que utilizam o meio aquático e as plantas para diferentes fins.

Todas as comunidades de macrófitas podem ser afetadas por alterações químicas e contaminação nas águas decorrentes de atividades de mineração. As comunidades de macrófitas livres flutuantes podem ser afetadas diretamente pelo aumento da correnteza e outras alterações no fluxo da água e dos sedimentos.

Comunidades de macrófitas enraizadas submersas, emersas e anfíbias podem ser especialmente impactadas pela liberação de contaminantes tóxicos e metais pesados, por meio da ressuspensão da coluna de sedimentos durante atividades de dragagem e extração de areia. Esses impactos podem ser diretos, ao afetarem as plantas e seus processos fisiológicos, de crescimento e de reprodução, ou indiretos, ao impactarem outros organismos que, por sua vez, podem impactar direta ou indiretamente as plantas. Um exemplo é o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), espécie exótica invasora que sufoca e mata comunidades de macrófitas enraizadas como, por exemplo, os juncais (*Schoenoplectus californicus*), dessa forma causando alterações estruturais e funcionais nos ecossistemas que afetam diretamente espécies de invertebrados, peixes e outros organismos que os utilizam durante parte ou todo o seu ciclo vital. Portanto, alterações nas águas decorrentes de atividades de mineração que possam favorecer ainda mais o mexilhão-dourado, terão impacto direto sobre a extensão e a sobrevivência de diversas comunidades vegetais e animais no lago.

Possíveis impactos sobre os banhados, restingas e florestas paludosas são imprevisíveis e difíceis de mensurar. Poderiam ocorrer em eventos de pulsos de inundação no lago – eventos naturais que ocorrem periodicamente com maior ou menor intensidade – levando sedimentos e água com muitos nutrientes ou contaminantes decorrentes de alterações potencialmente provocadas por atividades de mineração.

Moluscos: Os moluscos de água doce são geralmente conhecidos pelo alto grau de endemismo e pelo elevado número de espécies ameaçadas de extinção no mundo. A perda e redução de habitat são as principais causas da extinção de muitos grupos de moluscos. A canalização, o assoreamento, o desmatamento das margens, a construção de barragens, as dragagens, a introdução de espécies exóticas invasoras e a poluição dos corpos d'água têm destruído o habitat natural de muitas espécies, provocando seu desaparecimento (Mansur et al. 2003, Lopes-Lima 2014).

As sete espécies de bivalves ameaçados de extinção que ocorrem no Lago Guaíba são endopsâmicos, ou seja, vivem enterrados no substrato e, portanto, os adultos têm pouca capacidade de dispersão, o que os torna muito vulneráveis a modificações ambientais. No caso da mineração de areia, estas espécies sofrem o impacto direto, ou seja, a supressão de indivíduos que estejam na área alvo desta atividade.

No caso das espécies *Cyanocyclas guahybensis*, *Rhipidodonta iheringi* e *Rhipidodonta koseritzi*, que dependem de espécies de peixes, no caso das suas brânquias, para completarem uma parte do seu ciclo vital (Mansur & Silva 1999, Focht & Veitenheimer-Mendes 2001, Mansur et al. 2012), a dragagem também suprimirá os juvenis destas três espécies, causando impacto também na

reposição de indivíduos na população. Além disso, as duas espécies de *Rhipidodonta* são endêmicas do Lago Guaíba e curso inferior do rio Jacuí que já está licenciado para mineração de areia.

As outras quatro espécies que dependem de peixes para completar o seu desenvolvimento e se dispersar também são impactadas pela dragagem, uma vez que esta atividade também impacta a ictiofauna.

No Lago Guaíba, seis das sete espécies ameaçadas de extinção ocorrem em áreas mais marginais, com exceção de *Cyanocyclas guahybensis*, que ocorre em áreas mais afastadas da margem. Os habitats marginais (sacos, braços mortos, barrancas, juncais e desembocaduras rios e arroios) concentram a maior riqueza específica de peixes (Fontoura et al. 2020a), fundamentais ao ciclo reprodutivo de diversas espécies de bivalves. As áreas marginais são também habitat preferencial de seis espécies de bivalves ameaçados de extinção e onde ocorrem as maiores concentrações de metais pesados. Portanto, atividades de mineração próximas às margens podem afetar diretamente peixes, moluscos, plantas e outros organismos, com efeitos diretos sobre os organismos e suas interações, com possíveis efeitos sinérgicos desconhecidos sobre todo o ecossistema do Lago.

A movimentação, a ruptura e a desagregação de sedimentos de fundo podem causar uma ampla variedade de impactos ambientais (Smith et al. 2019). A dispersão de material pode impactar a suspensão de compostos químicos e material contaminado presentes no sedimento, resultando no processo de bioacumulação em organismos aquáticos, como bivalves e peixes (De Jonge et al. 2012). A poluição por metais pesados tem gerado preocupação, especialmente em áreas rapidamente industrializadas e urbanizadas. Descargas industriais, urbanas e agrícolas são as principais fontes desses contaminantes (Pan & Han 2023). Metais pesados não são biodegradáveis e podem se acumular no meio ambiente e nos organismos, levando a efeitos tóxicos a longo prazo (Banaee 2024). Além disso, a mobilização dos metais pesados presentes no sedimento ocasionada pelo processo de desassoreamento, assim como os efeitos mecânicos, como, por exemplo, aumento da turbidez, influenciam na composição da comunidade de macroinvertebrados (De Jonge et al. 2012). Muitos estudos indicam que os metais pesados têm efeitos significativos sobre os bivalves, por exemplo, na redução da diversidade genética (Breitwieser et al. 2016), necrose tecidual e celular (Sheir e Handy 2010), saúde do sistema imunológico (Ivanina et al. 2016), saúde reprodutiva (Liu et al. 2014) e taxa de filtração (Sobrino-Figueroa & Cáceres-Martinez 2014). Os metais pesados também afetam as espécies de peixes em vários níveis, incluindo aspectos fisiológicos, bioquímicos, comportamentais, genéticos e reprodutivos (Banaee 2024). Os peixes, além de serem importantes para a reprodução e dispersão de espécies de bivalves ameaçados de extinção, também são um importante item da alimentação da população humana e fonte de renda para muitas famílias de pescadores.

Répteis: O plano de trabalho proposto e as amostragens realizadas foram direcionados a apenas três espécies de répteis, sendo duas aquáticas representadas pelos quelônios *Phrynops hilarii* e *Trachemys dorbigni*, e uma terrestre, o lagarto *Liolaemus arambarensis*, porém algumas considerações são feitas direcionadas e embasadas também em informações relacionadas a algumas outras. Vários podem ser os impactos da atividade de mineração sobre as populações de répteis na sua área de influência, mas a extensão e intensidade de muitos destes não são fáceis de serem

mensurados ou mesmo estimados, principalmente devido a características físicas e modo de vida destes animais. Grande parte das espécies, incluindo aquáticas, consegue não apenas sobreviver, mas sustentar populações grandes mesmo em ambientes antropizados e contaminados, e em raros casos são utilizadas como indicadores da qualidade do habitat. Apesar da dificuldade de previsão, possíveis impactos da mineração no Lago Guaíba sobre algumas espécies de répteis podem ser presumidos, e serão apresentados e discutidos a seguir.

- Alteração na composição química da água: A movimentação do substrato realizada pela dragagem libera e propaga diversos elementos presentes nos sedimentos, incluindo metais pesados, que podem ser absorvidos e acumulados nos organismos aquáticos. Na bacia do Lago Guaíba, além das quatro espécies de quelônios já referidas (*Acanthochelys spixii*, *Hydromedusa tectifera*, *Phrynops hilarii* e *Trachemys dorbigni*) ocorrem outros dois répteis aquáticos, o jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e a cobra-d'água (*Helicops infrataeniatus*). Embora todas estas espécies pareçam ser relativamente tolerantes à poluição, uma vez que são frequentemente encontradas habitando corpos d'água contaminados pela ocupação humana (esgoto e drenagem urbana) e agricultura (Bujes 2008, Filogônio et al. 2010, obs. pessoal), não se sabe qual poderia ser o efeito do eventual aumento da concentração de elementos liberados dos sedimentos, principalmente considerando tratar-se de animais de extratos superiores da cadeia alimentar. Apesar do efeito da contaminação química da água sobre répteis seja praticamente desconhecido, efeitos negativos já foram identificados. Na costa do Espírito Santo, por exemplo, alguns anos após o derramamento de rejeitos de mineração no rio Doce, foi constatado aumento da concentração de metais pesados no plasma sanguíneo e transferência materna de contaminantes para os ovos, diminuição da diversidade genética e aumento na incidência de doenças (fibropapiloma) para a tartaruga marinha da espécie *Chelonia mydas* (PMBA 2024). Embora mais relacionada ao ambiente aquático, não pode ser desprezado o efeito da alteração do aumento da concentração de elementos na água sobre as espécies terrestres em função da transferência dos mesmos pelas cadeias tróficas, bem como por ocasião das inundações.

- Aumento da turbidez da água: O aumento da turbidez da água pela suspensão de sedimentos pode reduzir a capacidade de detecção de presas de algumas espécies que utilizam orientação visual para alimentação na água, como o caso dos quelônios e crocodilianos. Entretanto, no caso do Lago Guaíba, estas espécies estão associadas mais aos corpos d'água secundários que ao leito principal (Bujes 2008), menos suscetíveis ao efeito da alteração mais significativa da turbidez da água. Apenas *P. hilarii* ocupa de forma mais ampla o leito principal do Lago, porém tendo em vista que a espécie é encontrada em ambientes de água bastante turva, está distribuída em praticamente todos os habitats aquáticos da bacia (Bujes 2008), tem grande capacidade de deslocamento e não utiliza sítios específicos para alimentação, o impacto do aumento da turbidez possivelmente não seja significativo para a espécie.

- Alterações na topografia: Dentre os possíveis impactos gerados pela atividade de mineração no Lago Guaíba para a fauna de répteis, a alteração da topografia, tanto nas margens quanto no fundo do Lago junto a elas, é o que mais se destaca. A alta seletividade e até mesmo fidelidade a sítios reprodutivos é uma característica comum em quelônios, inclusive em espécies de água doce, e a escolha destes sítios é um processo complexo e envolve fatores ambientais como distância da

água, tipo e granulometria do solo, exposição ao sol e relevo, entre outros (Spencer & Thompson 2003, Janzen & Morjan 2001). Das espécies presentes na área de interesse, não foram encontradas informações que permitam inferências sobre os possíveis impactos sobre áreas de nidificação de *Acanthochelys spixii*, e as informações disponíveis para *Trachemys dorbigni* (e.g. Bager et al. 2007, Fagundes et al. 2010) evidenciam uma baixa seletividade, indicando menor suscetibilidade a alterações no relevo das margens.

Em relação à *Hydromedusa tectifera*, embora não existam informações sobre sítios reprodutivos para a bacia do Lago Guaíba, estudos com população do sul do estado evidenciou que a espécie nidifica próximo da margem (em torno de 12 m) em locais com maior declividade (entre 20 e 30 graus) (Fagundes & Bager 2007, Bager & Rosado 2010). No Parque Estadual do Delta do Jacuí, a espécie foi registrada associada principalmente aos corpos d'água secundários, com pouco fluxo e temporários (Bujes 2008, Bujes & Verrastro 2008), supostamente menos suscetíveis aos possíveis impactos da mineração sobre o relevo das margens; porém, a falta de informações sobre onde a espécie nidifica na região e o fato de as informações existentes demonstrarem seletividade e escolha de áreas muito próximas da água, merece atenção.

Phrynops hilarii é a espécie presumivelmente mais suscetível a possíveis alterações na topografia por ser altamente seletiva para sítios reprodutivos em termos de altura do substrato, tipo e granulometria do solo e exposição ao sol, e possuir reprodução gregária, ou seja, com muitas fêmeas desovando no mesmo local (Bager 1997, Bujes 1998, 2010). Embora a espécie nidifique relativamente distante da margem, como descrito por Bager (1997) e Bager & Rosado (2010), e observado na Fazenda Ouro Branco durante as atividades de campo no presente estudo, não se conhece o papel do relevo na margem e no fundo do lago na sua adjacência, na escolha e orientação para localização das áreas adequadas para nidificação da espécie.

A manutenção da integridade das áreas de nidificação dos quelônios pode ser importante não apenas para a conservação das próprias populações, mas também de outros vertebrados nestes locais. Bujes (1998) registrou uma taxa de predação de 82,35% em 17 ninhos de *P. hilarii* na Reserva Biológica do Lami, e Gonçalves et al. (2007) registraram que 98% de 58 ninhos de *T. dorbigni* estudados na Estação Ecológica do Taim foram predados por seis espécies de vertebrados (uma ave, um lagarto e quatro mamíferos); as elevadas taxas de predação dos ninhos destas duas espécies indicam que seus ovos podem representar um importante recurso alimentar para populações locais de outros vertebrados.

Avifauna: Não são esperados impactos significativos decorrentes de atividades de dragagem e mineração de areia sobre as espécies de aves migratórias ou ameaçadas de extinção que habitam o Lago Guaíba e ecossistemas associados, tampouco sobre as colônias reprodutivas de aves aquáticas presentes na área, desde que sejam respeitadas as restrições de distanciamento dessas atividades em relação às margens, assegurando-se, assim, a integridade dos ambientes marginais. Por outro lado, havendo desestabilização de margens por extração de areia em áreas impróprias, pode ocorrer perda de áreas de banhado por erosão, além de inundações mais frequentes e extensivas em períodos de cheia, com potenciais prejuízos ao habitat e aos abrigos utilizados pela fauna, especialmente ao longo da margem norte do Guaíba.

O biguá (*Nannopterum brasilianum*) foi identificado como uma espécie de ave potencialmente sensível aos impactos da atividade de mineração de areia na área de estudo, devido ao seu uso intensivo das águas do Guaíba como habitat de alimentação em combinação com sua alta densidade populacional, bem como pelo relevante papel ecológico que desempenha na transferência de energia e de matéria orgânica nos ecossistemas aquático e terrestre.

Os biguás podem ser afetados de diversas formas pelas atividades de dragagem e mineração. Por tratar-se de um predador que se orienta visualmente durante o forrageamento subaquático, o aumento da turbidez da água – decorrente da elevação na carga de sedimentos em suspensão, além da que já ocorre naturalmente – pode reduzir a disponibilidade de áreas próprias para alimentação, bem como diminuir a taxa de sucesso na captura de presas e, conseqüentemente, a eficiência dos mergulhos. Isso pode forçar as aves a buscarem outras áreas de alimentação mais frequentemente do que ocorre hoje, com possíveis efeitos em cascata sobre a cadeia trófica e na transferência de nutrientes. A incidência desse impacto tende a ser maior em cursos d'água com baixa velocidade de vazão, onde a permanência de sedimentos em suspensão é favorecida, como é o caso do Lago Guaíba, especialmente quando associada a elevados níveis de revolvimento do leito por dragagem.

Os biguás também podem ser impactados pela perturbação associada ao aumento do tráfego de embarcações e à operação de equipamentos utilizados nas atividades de mineração. Embora a espécie já esteja sujeita a determinados níveis de perturbação nas condições atuais, a intensificação dos distúrbios, sobretudo nas proximidades de áreas de concentração utilizadas para o descanso, pode gerar efeitos sinérgicos e cumulativos significativos, potencialmente comprometendo a permanência da espécie em certos locais.

Por fim, outra forma pela qual os biguás podem ser afetados pela atividade refere-se à bioacumulação de contaminantes e metais pesados, resultante da mobilização de sedimentos anteriormente estabilizados no leito do Lago Guaíba em decorrência de dragagens. Por se tratar de uma espécie que ocupa o topo da pirâmide alimentar aquática, o biguá apresenta grande propensão à acumulação de poluentes transferidos via cadeia trófica. Embora os níveis atuais de contaminação dos biguás que habitam a região não estejam quantificados, presume-se que sejam elevados, considerando os altos índices de poluição das águas do Lago Guaíba.

Com base nos resultados, em especial aqueles para o bivalve endêmico e ameaçado de extinção (Em perigo) *Cyanocyclas guahybensis*, mas não só, recomenda-se como medida principal de mitigação de impactos para a fauna e flora do Lago Guaíba a exclusão de atividades de mineração numa faixa de 3 km (três quilômetros) da margem leste (Porto Alegre e Viamão) e numa faixa de 2 km (dois quilômetros) da margem oeste (Barra do Ribeiro e Guaíba).

Como embasamento para a recomendação de exclusão de atividades de mineração numa faixa de 3 km (três quilômetros) da margem leste (Porto Alegre e Viamão), levou-se em consideração principalmente a distribuição da espécie *Cyanocyclas guahybensis* no Lago Guaíba e sua biologia reprodutiva, e as áreas com maior concentração de metais pesados.

Como embasamento para a recomendação de exclusão de atividades de mineração numa faixa de 2 km (dois quilômetros) da margem oeste (Barra do Ribeiro e Guaíba), levou-se em

consideração principalmente a preferência ambiental das outras seis espécies de bivalves ameaçados de extinção, sua distribuição geográfica e biologia reprodutiva, e áreas de maior concentração de metais pesados.

Considerando que as larvas dos bivalves ameaçados de extinção *Anodontites iheringi*, *Castalia martensi*, *Leila blainvilliana* e *Mycetopoda legumen* parasitam peixes temporariamente, recomenda-se, para permitir o desenvolvimento completo e a dispersão das espécies, que não ocorram atividades de mineração durante o período de defeso da pesca, preservando o período reprodutivo das espécies de peixes e a relação ecológica de peixes-bivalves.

Em relação à fauna de anfíbios, qualquer tipo de escavação nas margens das áreas a serem mineradas, de modo a formar açudes e outros corpos d'água artificiais, deve ser evitada para impedir novas invasões de rã-touro.

Com o objetivo de prevenir distúrbios excessivos nas áreas de repouso tradicionalmente utilizadas pelos biguás no Lago Guaíba, recomenda-se o estabelecimento de zonas de exclusão para atividades de dragagem e mineração em um raio de 1 km (um quilômetro) ao redor das formações rochosas conhecidas como Pedras de Belém Novo e Baleias da Ponta Grossa. Essa medida deve ser estendida a quaisquer outras formações naturais onde forem registradas concentrações regulares da espécie superiores a 250 indivíduos.

O resguardo das faixas de exclusão de mineração recomendadas acima também garante a permanência da vegetação ripária bem conservada e dos barrancos de terra e várzeas nas margens dos rios importantes para a disponibilização de abrigos adequados à reprodução, descanso e alimentação da lontra, minimizando impactos possíveis sobre a população da espécie.

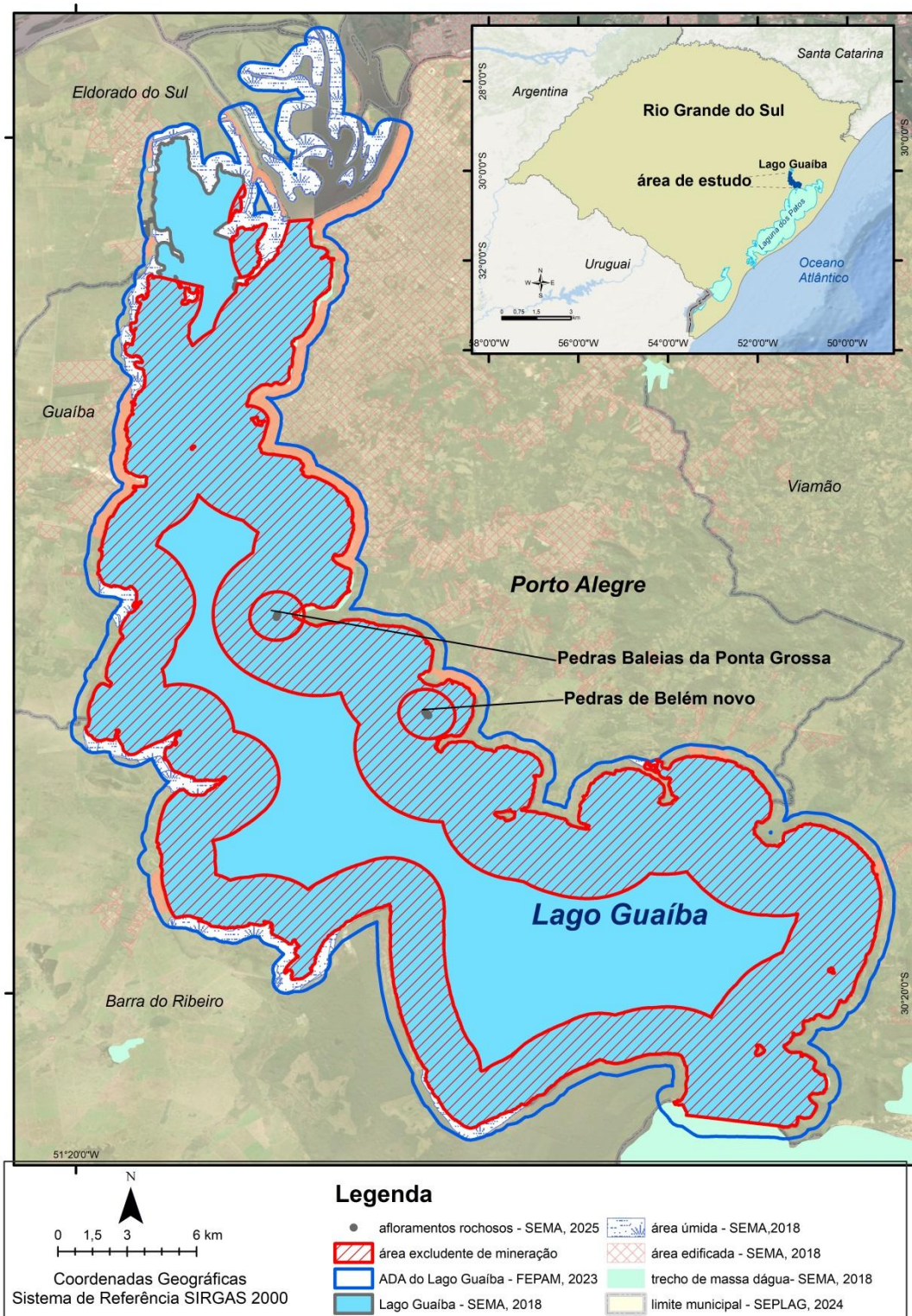


Figura 5: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme estudo de margens e fauna terrestre e semiaquática.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.5 Análise Físico-Química dos Sedimentos

A presença de poluentes orgânicos e inorgânicos nos sedimentos dos recursos hídricos pode ter origens diversas, como efluentes industriais lançados de forma direta ou indireta, esgoto doméstico advindo do saneamento de áreas urbanizadas, deposição atmosférica, carreamento de áreas agrícolas e de solo pelas chuvas, lixiviação de elementos naturalmente existentes, contaminantes de aterros e de resíduos sólidos urbanos dispostos de forma inadequada, entre outros. Ou seja, tipicamente é esperado que um curso hídrico, especialmente próximo a locais de uso antrópico, apresente sedimentos de fundo contaminados com elementos poluentes.

Tipicamente, os compostos poluentes orgânicos e inorgânicos tendem a se fixar nos sedimentos de granulometria fina, em especial aqueles de tamanho argila. Em função da maior área superficial disponível para uma mesma massa sedimentar, quanto menor o tamanho do grão do sedimento, maior será o seu potencial de adsorção de outros materiais, e, portanto, de conter em sua estrutura elementos químicos considerados poluentes. De forma contrária, material sedimentar formado por partículas grandes do tamanho areia, no caso do Lago Guaíba, tendem a não conter tais poluentes e por isso há dispensa de caracterização química e ensaios toxicológicos nestes sedimentos segundo a legislação atual.

Observou-se nos sedimentos do Lago Guaíba, através dos estudos de sondagem realizados no âmbito do presente zoneamento, a presença de camadas formadas por sedimentos de granulometria fina, do tamanho argila, de diferentes espessuras e distribuídas ao longo de quase toda a área de estudo. Essas camadas estão depositadas em distintos níveis do pacote sedimentar que compõe o leito do lago, ocorrendo, por vezes, no topo da camada de sedimentos, mas também intercaladas a deposições de sedimentos mais grossos, de tamanho *silte* ou areia, indicando assim a necessidade da caracterização de toda a área do Lago.

Desta forma, as análises físico-químicas foram realizadas em uma malha amostral composta por 115 pontos amostrados ao longo de toda a área do Lago, em três profundidades do pacote sedimentar (camada superficial, camada do meio compreendendo profundidade entre cerca de 3 e 9 metros e camada profunda compreendendo profundidades maiores que cerca de 10 metros), totalizando 345 análises, cuja extração das amostras foi feita durante o estudo de sondagem. A malha inicial de amostragem foi confeccionada utilizando a distância de cerca de 2 km entre os pontos (utilizando a projeção UTM Zona 22S) e transformação de coordenadas utilizando o *datum* SIRGAS 2000. As linhas na direção Norte-Sul foram feitas respeitando o Norte verdadeiro das cartas, considerando uma linha central e à partir desta foram feitos offsets de 2.000 metros. A determinação das linhas sentido Leste-Oeste foram feitas a partir de uma linha imaginária perpendicular às linhas Norte-Sul, partindo 2.000 metros a partir do ponto mais ao sul projeto, no caso a Ponta de Itapuã, e à partir deste foram traçados offsets de 2.000 metros.

As amostras foram primeiramente analisadas frente aos parâmetros listados na Resolução Conama 454/2012. Para várias substâncias, especialmente orgânicas, os resultados ficaram abaixo do limite de quantificação, porém alguns dos elementos foram encontrados nos sedimentos do Lago em teores quantificáveis apresentando diferenças significativas de concentração em função do local de

coleta e profundidade. Posteriormente, visando analisar quantitativamente as distribuições de cada composto no Lago, foi feita a espacialização dos pontos com a geração de *raster* para cada uma das substâncias químicas nas camadas superficial (A1), meio (A2) e profunda (A3). Para os orgânicos e o composto mercúrio foram gerados *raster* apenas para a camada superficial (A1), uma vez que os resultados das demais camadas ficaram abaixo do limite de detecção da metodologia empregada na quantificação dos compostos.

Os resultados obtidos em cada ponto de amostragem foram interpolados empregando-se a ferramenta IDW (*Spatial Analyst*), na potência 2, com processamento no ArcGIS Pro. Foram mantidos os parâmetros padrão da ferramenta, como tamanho de célula de saída, expoente da distância e raio de busca para a interpolação. Foi definido como barreira o contorno do lago Guaíba - Essa mudança também foi aplicada no "Environments" da ferramenta. A partir desta interpolação, pode-se gerar informações contínuas da estimativa de concentração de cada poluente em toda a área do Lago Guaíba.

Para gerar os mapas de exclusão, como os arquivos *raster* são do tipo "float", foi necessária a conversão desses arquivos para *raster* do tipo "inteiro". O objetivo de transformar os *raster* para o tipo "inteiro" foi para realizar futuramente a conversão do arquivo matricial em vetorial (polígonos). Em alguns casos, foi necessário utilizar a ferramenta "Reclassify", já que, na conversão para inteiro, com o *raster* produzido não foi possível definir as classes de acordo com os valores de corte (limite acima do qual a área será excluída para atividade minerária). *Raster* que foram reclassificados usando a ferramenta *Reclassify*: Mercúrio (A1) e Arsênio (A1). Para cada um desses *raster* foram produzidos dois valores: 0 (restrição) e 1 (permissão).

Foi então feita a conversão dos arquivos *raster* (tipo inteiro) mencionados no passo acima em vetoriais (polígonos). Nessa conversão foi criado automaticamente o campo "gridcode", que carrega os valores dos pixels dos arquivos *raster* de cada composto químico. Esse campo "gridcode" foi utilizado posteriormente.

Nos arquivos vetoriais foi adicionado um campo e chamado de "corte", que foi utilizado para definir as classes 0 (restrição) e 1 (permissão). O campo "corte" foi preenchido (0 ou 1) utilizando a função "Reclass" em linguagem *Python*. O campo utilizado como referência para os cálculos foi o campo "gridcode". A etapa seguinte consistiu na união dos polígonos de cada *Feature Class* com o mesmo valor de corte (0 ou 1). A ferramenta utilizada foi a "Dissolve".

Os valores de corte utilizados para gerar as áreas de exclusão da atividade minerária como forma de evitar possível contaminação da água decorrente da ressuspensão dos sedimentos contaminados com tais elementos químicos, na falta de uma legislação aplicável específica para a atividade, foram definidos com base nos seguintes critérios:

Compostos nutrientes (fósforo e nitrogênio): conforme consta no relatório da CETESB: Qualidade das Águas Costeiras do Estado de São Paulo, 2022, os valores de alerta constantes na Resolução CONAMA 454/2012 não estão atrelados à proteção da vida aquática ou qualidade ambiental, mas a um parâmetro para subsidiar o acompanhamento de processo de eutrofização em áreas selecionadas para disposição de material dragado. Na literatura de referência em que se baseiam os valores da CONAMA 454/2012, o *Canadian Council of Ministers of the Environment*,

também não há valores aplicados a estes elementos em sedimentos para proteção da vida aquática. Desta forma, visando adotar valores que possam trazer maior segurança para a qualidade ambiental do sedimento, observando-se o princípio da prevenção e precaução, definiu-se por aplicar o mesmo valor de referência adotado pela CETESB e descritos na Tabela 2.3 do Relatório Qualidade das Águas Costeiras do Estado de São Paulo para águas salobras, já que não foi encontrada referências para águas doces.

Metais e Compostos orgânicos: os dados de referência trazidos na CONAMA 454/2012, tanto para o nível 1 quanto para o nível 2 de concentração dos metais, são oriundos da legislação Canadense (*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*). O nível 1 indica a concentração limiar abaixo da qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota. Entretanto, conforme publicação “*Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs du Québec. 2007. Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation*”, outros níveis de concentração foram criados de forma a atender mais adequadamente em termos protetivos à vida aquática e ao ambiente natural em função da variabilidade dos sedimentos e tipos de contaminação. Neste contexto, para prevenir a contaminação por sedimentos resultante de descargas de fontes industriais em um curso d’água, um novo limite foi desenvolvido para a concentração abaixo da qual se espera apresentar efeito raro na biota aquática – *rare effect concentration* (REL). Considerando as características do Lago Guaíba em termos de contaminação industrial e urbana atual e passada e a necessidade de evitar que elementos químicos tóxicos atualmente indisponíveis presentes nas camadas sedimentares do Lago possam gerar efeito danoso aos organismos aquáticos por ressuspensão e disponibilização ao meio em função da mineração, o grupo técnico definiu aplicar os valores de concentração de metais do REL, exceto para o elemento níquel que, por não dispor de dados de REL na referida publicação canadense, foi adotado o valor do nível 1 da CONAMA 454/2012.

A seguir são listados todos os elementos quantificados que mereceram destaque pela equipe técnica.

- Fósforo Total

Teores mais elevados do elemento são observados na região centro-norte, junto ou logo após os centros das cidades de Porto Alegre e Guaíba, indicando possível deposição do elemento oriundo principalmente de esgoto não tratado que é lançado ao lago. A disponibilização deste elemento pode resultar em eutrofização do meio.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 700 mg/kg, conforme referência da CETESB supracitada. A Figura 6 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

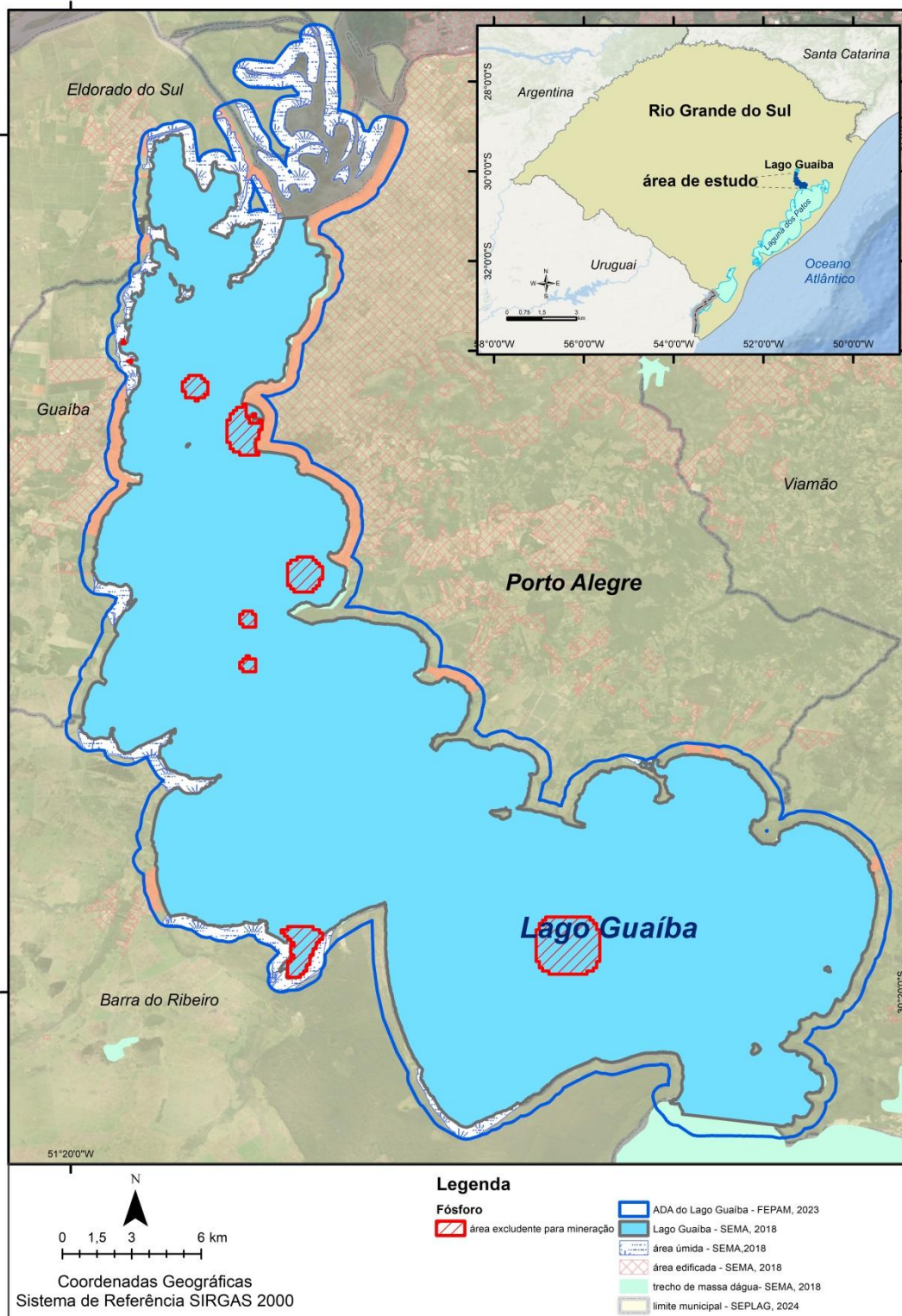


Figura 6: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento fósforo.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021

- Nitrogênio Total *Kjedahl*

Valores de nitrogênio se distribuem no sedimento de fundo ao longo do lago, nas três profundidades analisadas. A parte sul do lago se mostra com os maiores teores em relação à parte norte, em especial na camada mais profunda do sedimento, indicando que a contaminação por este elemento já ocorre há bastante tempo, chegando nas camadas mais profundas de sedimento, provavelmente por processo similar a uma lixiviação. A disponibilização deste elemento na água pode resultar em eutrofização do meio.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 1500 mg/kg, conforme referência da CETESB supracitada. A Figura 7 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

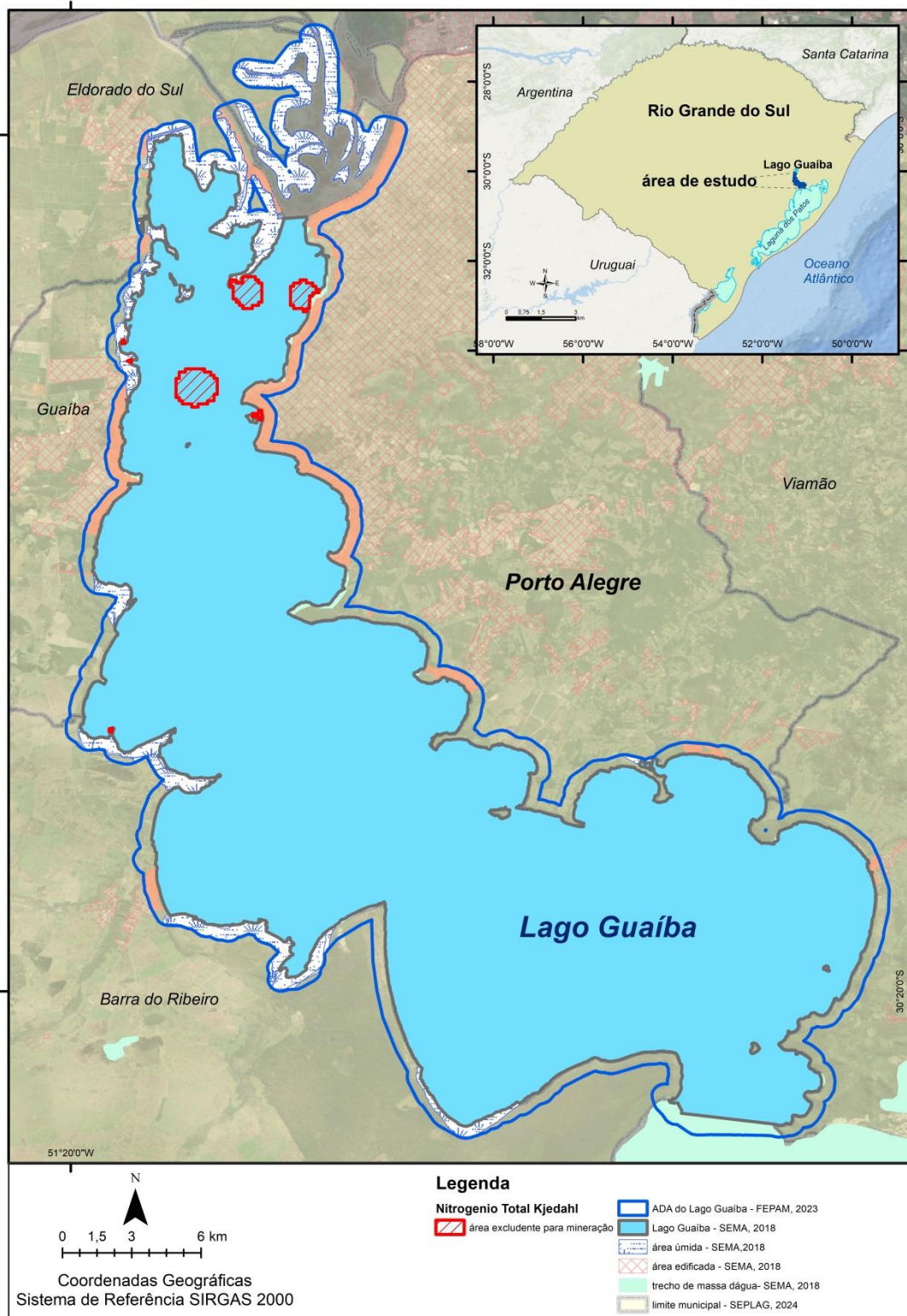


Figura 7: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento nitrogênio.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Chumbo

Foram detectados valores de chumbo nos sedimentos ao longo do Lago, nas 3 profundidades analisadas, embora se observa que a camada superficial contem as maiores concentrações do elemento.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 25 mg/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A figura 8 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.



Figura 8: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento chumbo.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Cromo

As maiores concentrações se localizam principalmente nos trechos que banham a cidade de Porto Alegre com destaque para trechos na Zona Sul de Porto Alegre nas enseadas em frente aos bairros de Ipanema até Ponta Grossa..

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 25 mg/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 9 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

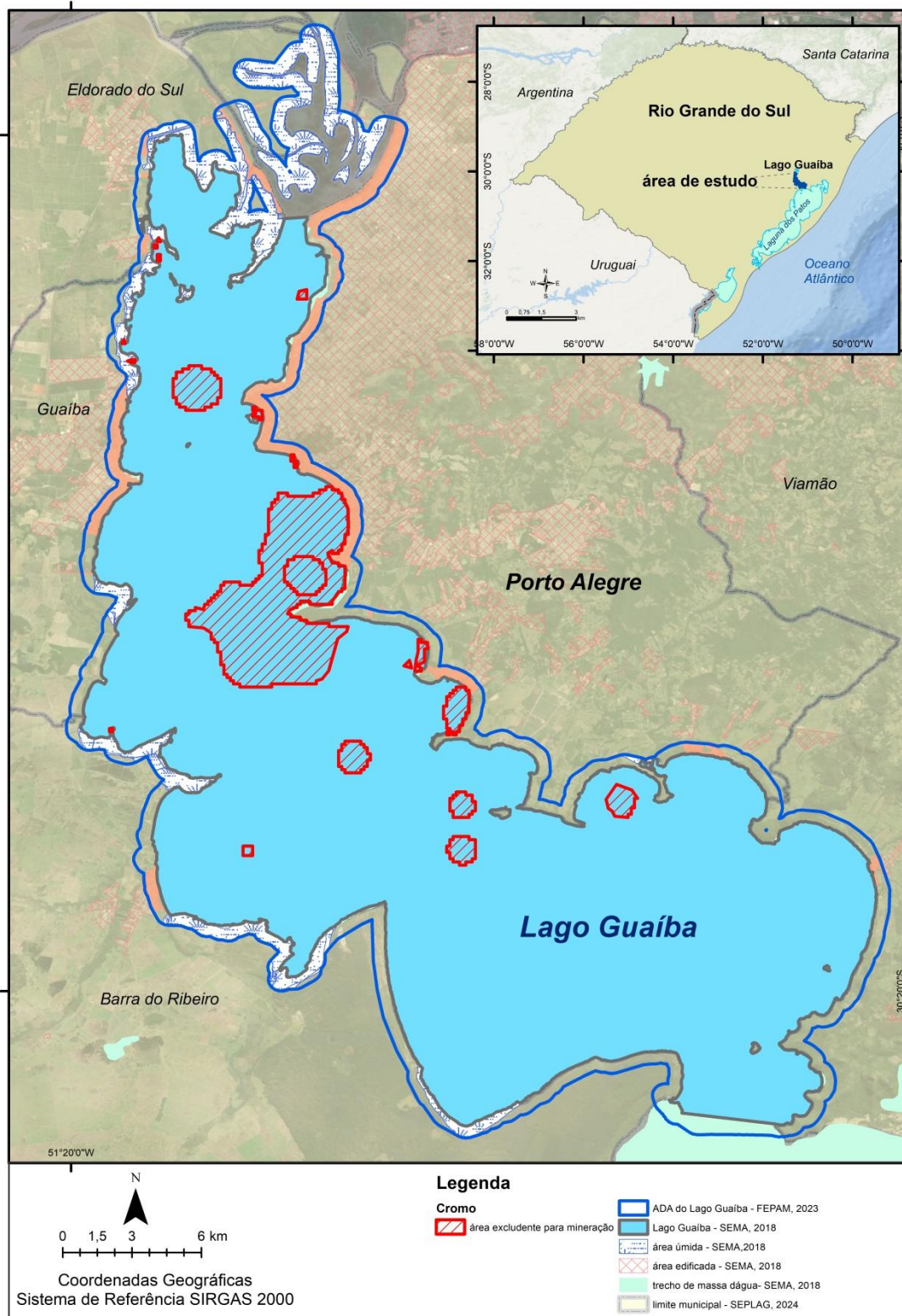


Figura 9: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento cromo.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021

- Cobre

Foram detectados valores de cobre ao longo do lago, nas 3 profundidades analisadas. As maiores concentrações em áreas mais abrangente localizadas principalmente nos trechos da Zona Sul de Porto Alegre nas enseadas e em frente aos bairros de Ipanema até Ponta Grossa. Observa-se tendência da camada superficial conter maior teor do elemento..

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 22 mg/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 10 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

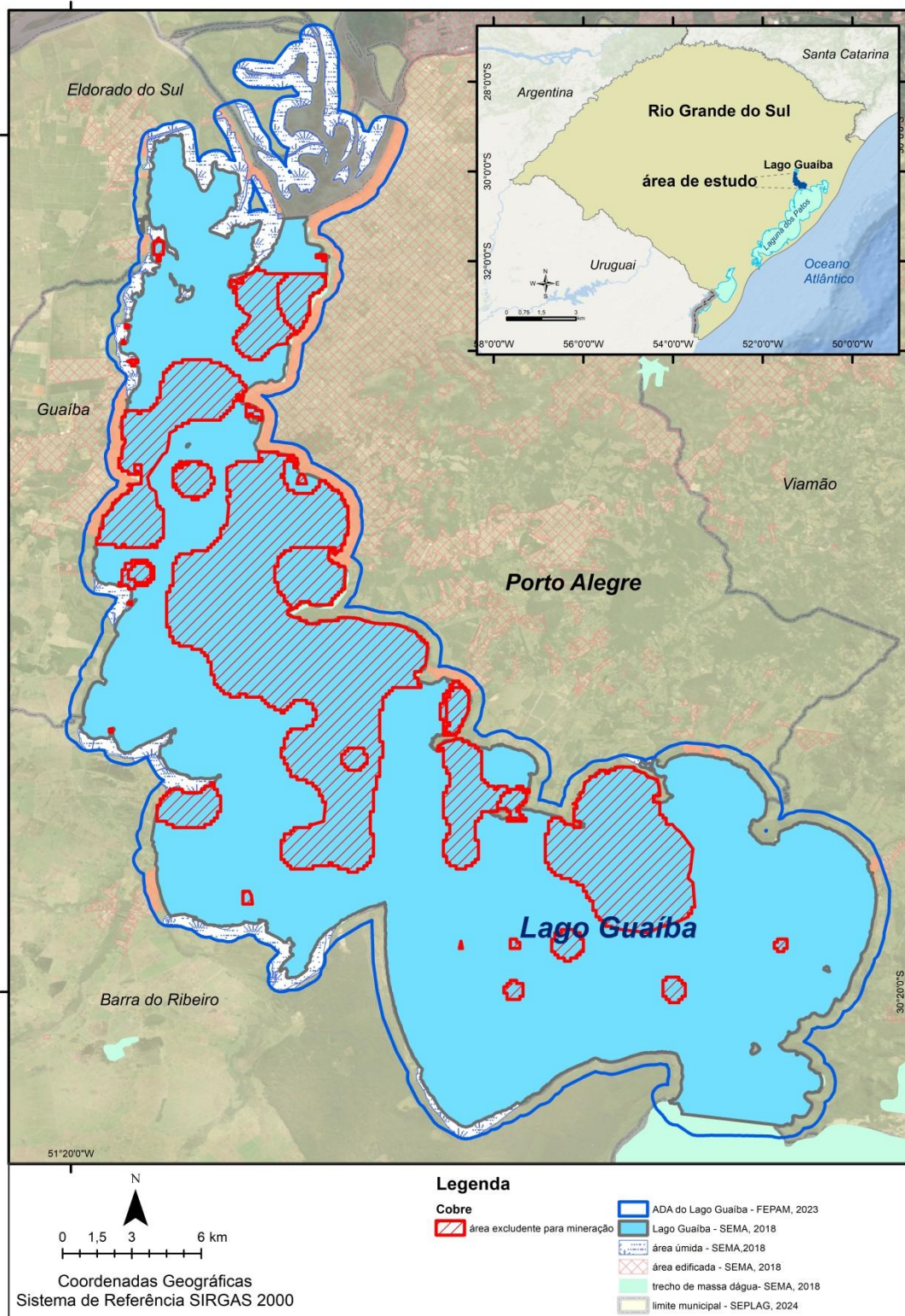


Figura 10: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento cobre.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Zinco

Foram detectados valores de zinco ao longo do lago, nas 3 profundidades analisadas. Observa-se tendência da camada superficial conter maior teor do elemento. As maiores concentrações em áreas mais abrangente localizadas principalmente nos trechos que banham a cidade de Porto Alegre.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 80 mg/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 11 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

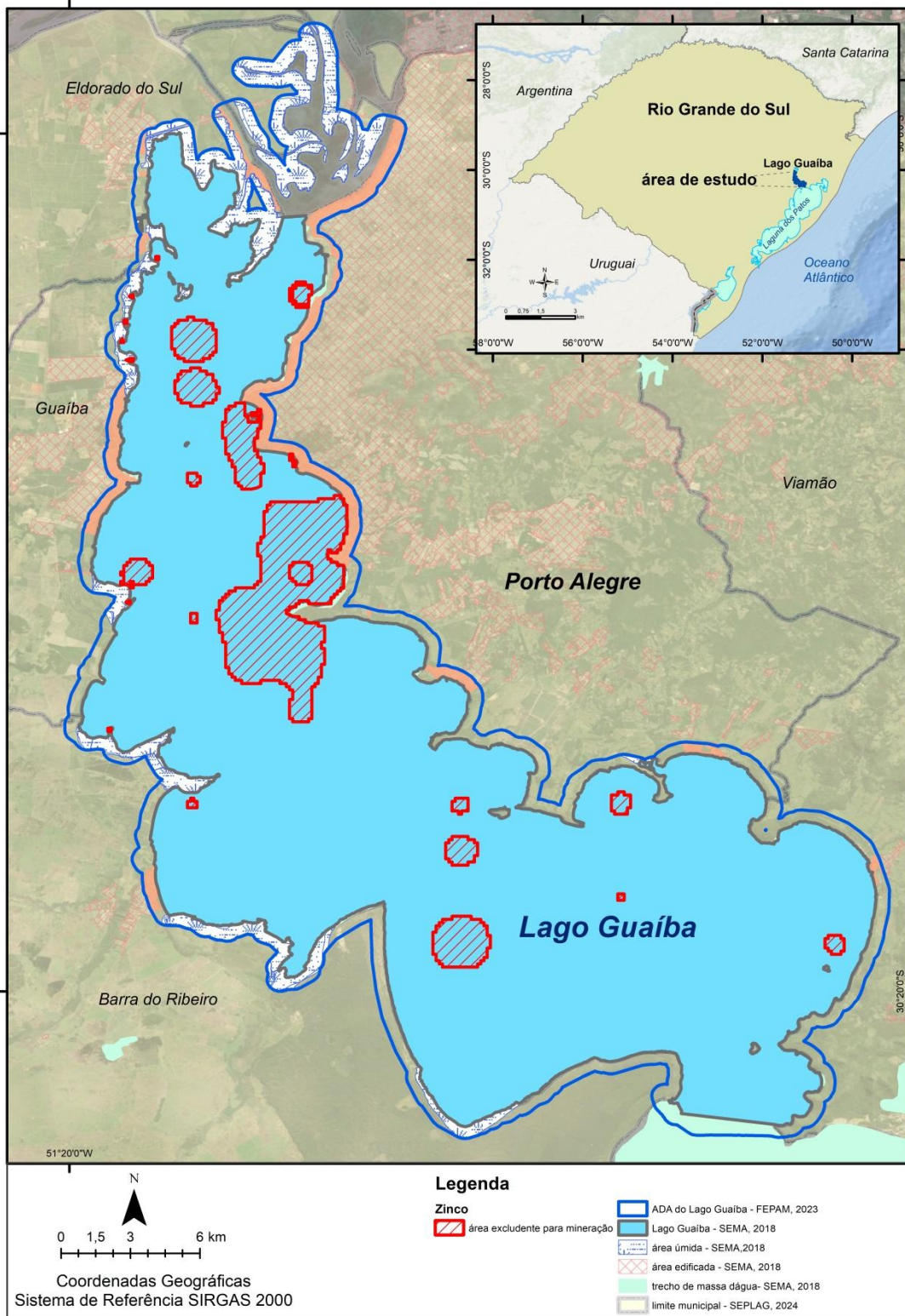


Figura 11: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento zinco.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Mercúrio

Exceto para a amostra da camada de superfície (ponto amostral F17), não foi detectado mercúrio nos demais pontos que foram amostrados do Lago, em teor superior ao limite de detecção do método utilizado.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 0,094 mg/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 12 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.



Figura 12: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento mercúrio.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Arsênio

Concentrações de arsênio foram detectadas em alguns pontos específicos do Lago na camada de superfície. Na camada do meio, foi detectado apenas em um dos pontos amostrados (F86) valor expressivo do poluente, chegando a ser superior ao nível 2 da Conama 454/2012. Na camada mais profunda foi detectado arsênio em um único ponto. Todos os demais pontos apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 4,1 mg/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 13 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

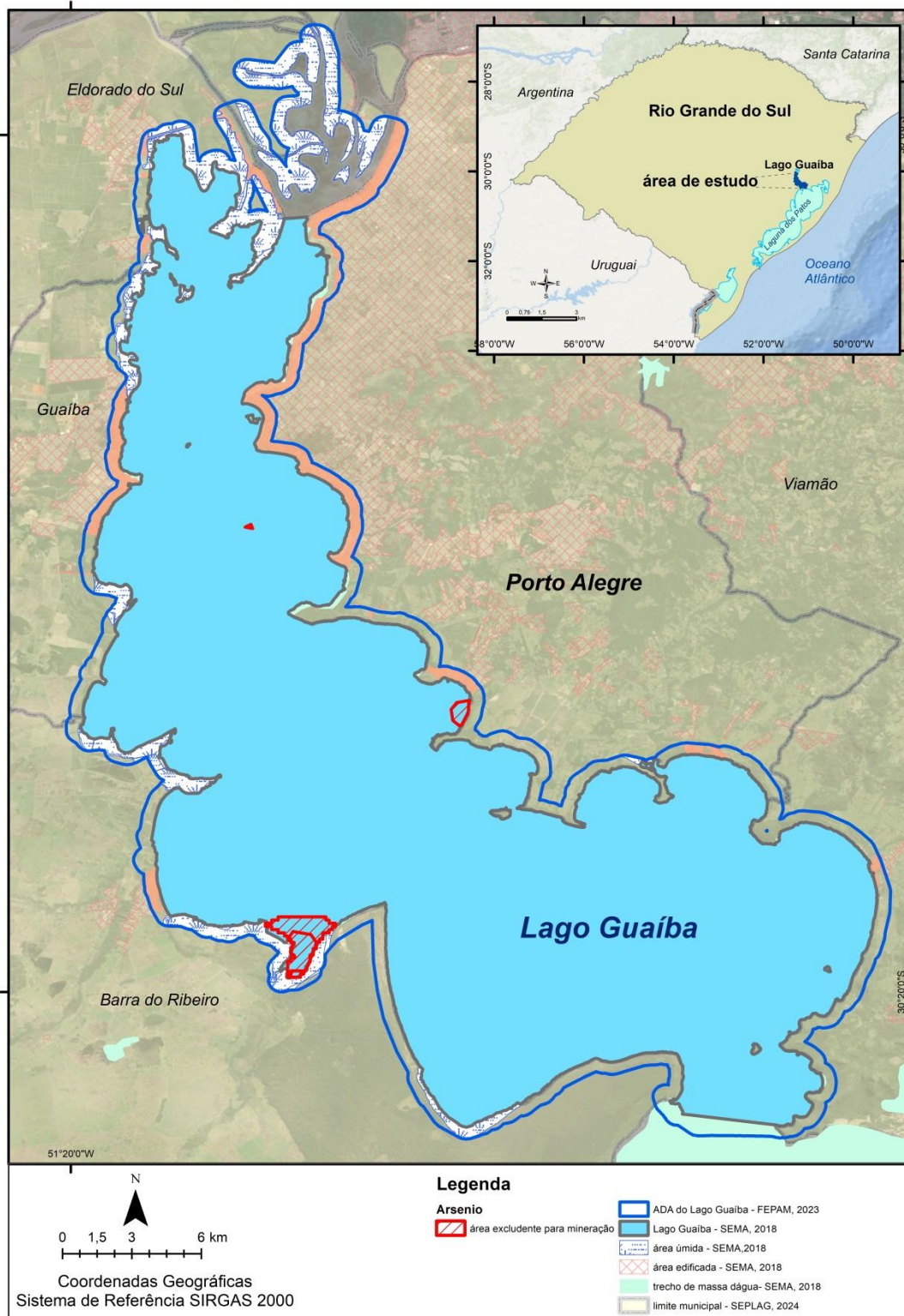


Figura 13: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento arsênico.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Níquel

Valores de níquel se distribuem no sedimento de fundo ao longo do lago, nas três profundidades analisadas. Maiores concentrações são observadas na camada de superfície.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 18 mg/kg, conforme referência nível 1 do CONAMA 454/2012. A Figura 14 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

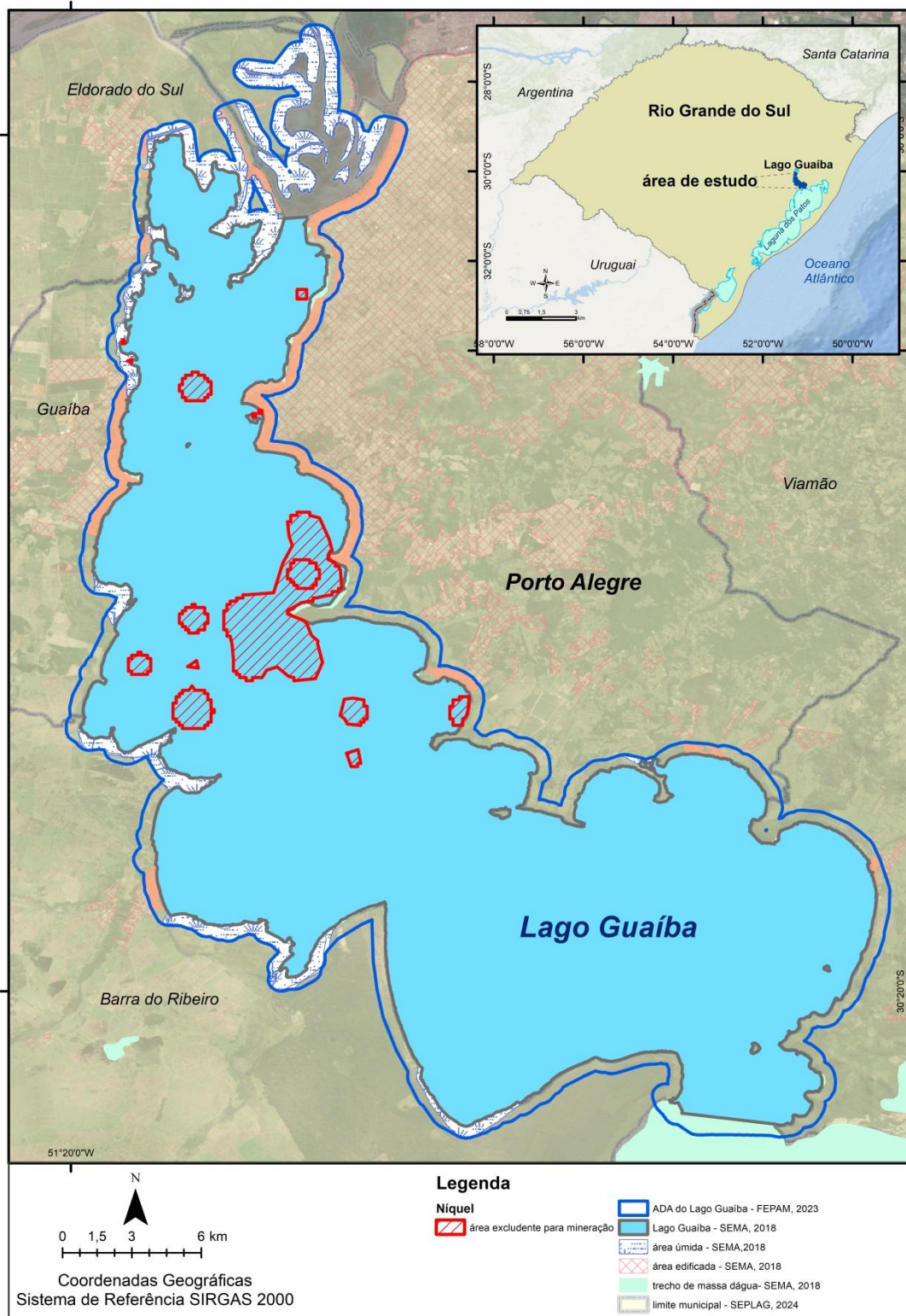


Figura 14: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento níquel.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Compostos Orgânicos

- Benzo (a) pireno

Valores mais elevados de Benzo pireno foram obtidos somente para a camada superficial dos sedimentos na região em frente ao centro da cidade de Porto Alegre, indicando contaminação desta área. A presença destes contaminantes nas camadas superficiais é esperada em função da granulometria e composição física dos sedimentos.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 11 ng/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 15 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

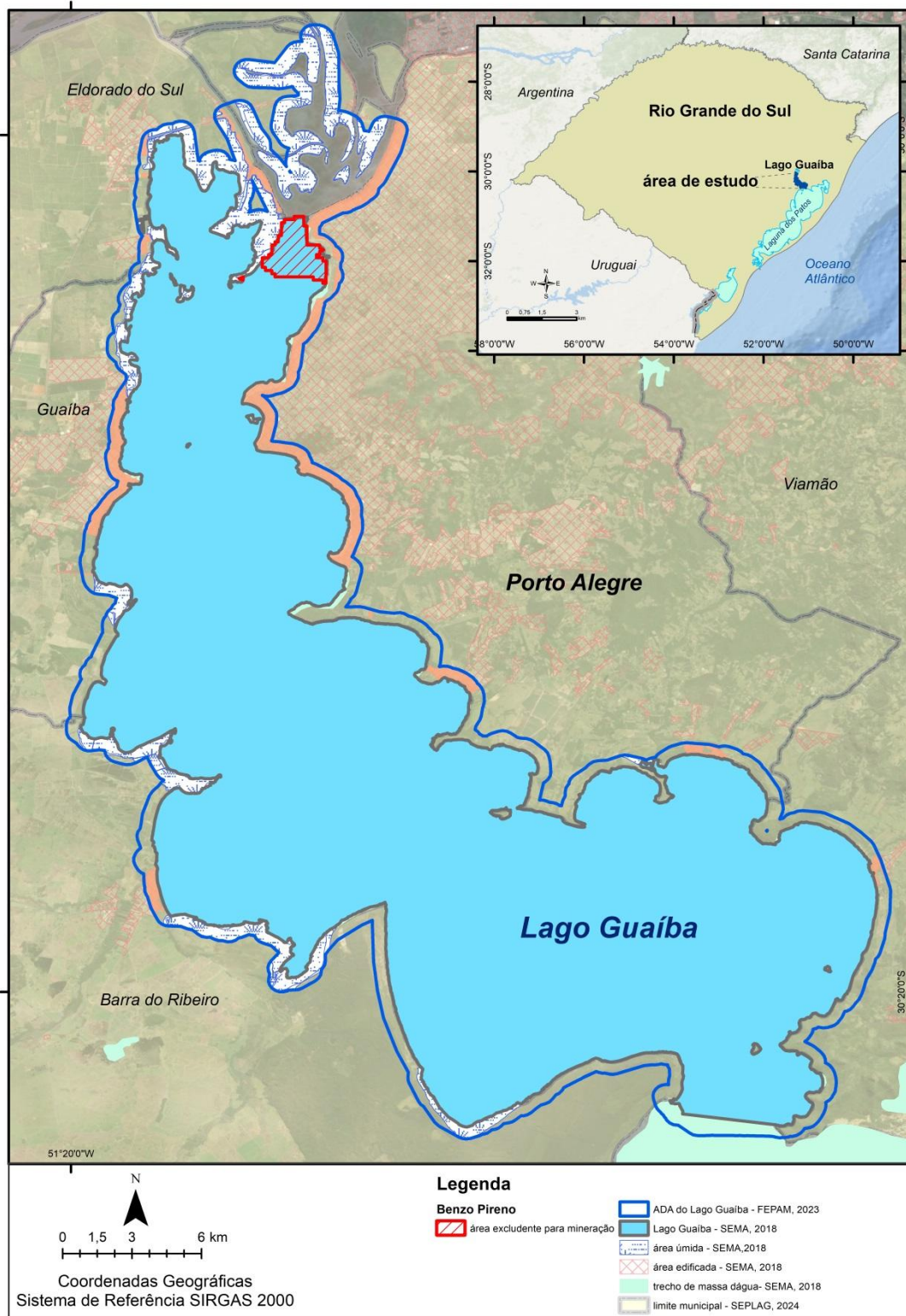


Figura 15: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento benzo (a) pireno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Pireno

Valores mais elevados de pireno foram obtidos somente para a camada de superfície na região em frente ao centro da cidade de Porto Alegre, indicando contaminação desta área. A presença destes contaminantes nas camadas superficiais é esperada em função da granulometria e composição física dos sedimentos.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 29 ng/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 16 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

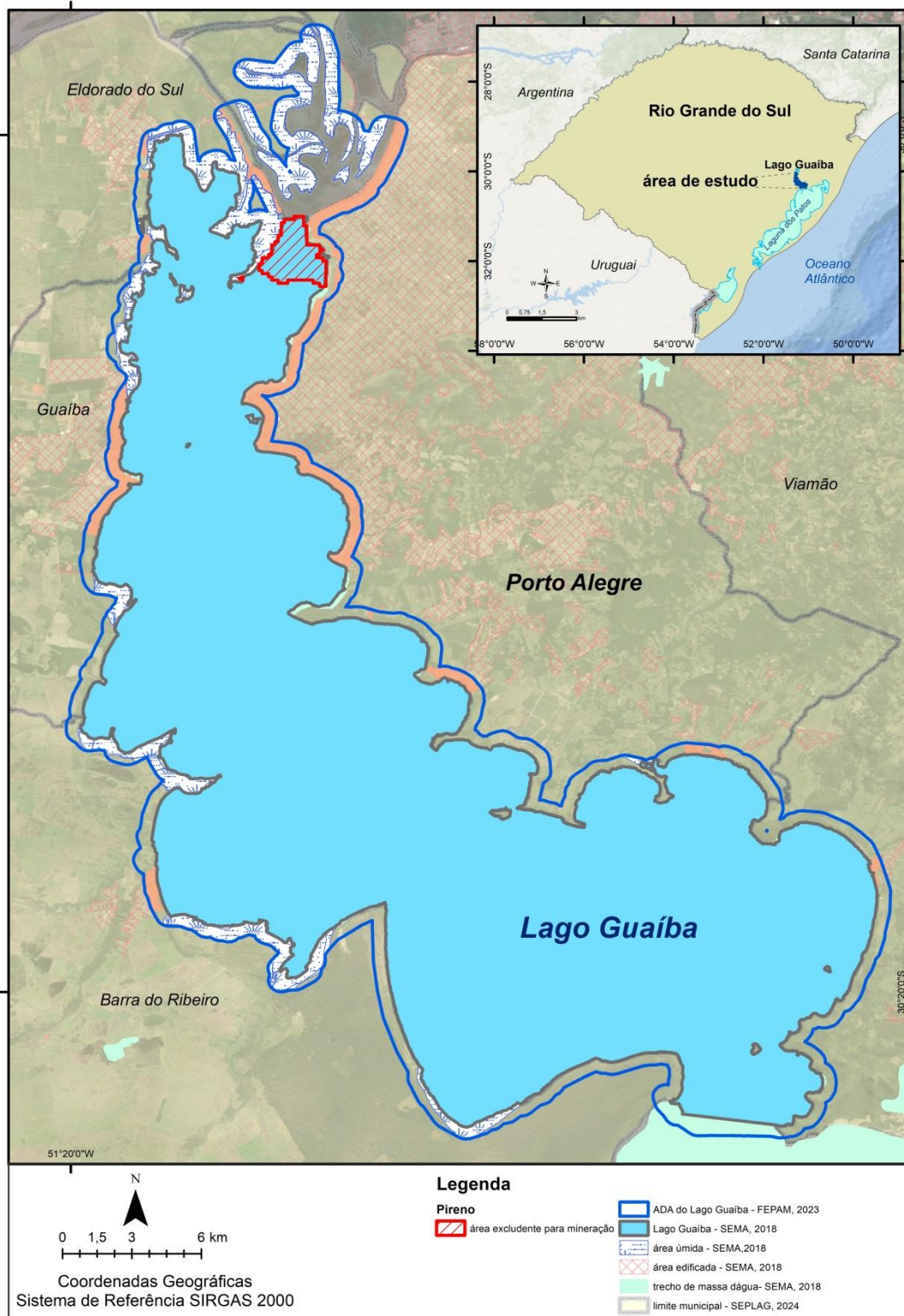


Figura 16: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento pireno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Fenantreno

Valores mais elevados de fenantreno foram obtidos somente para a camada de superfície na região em frente ao centro da cidade de Porto Alegre, indicando contaminação desta área. A presença destes contaminantes nas camadas superficiais é esperada em função da granulometria e composição física dos sedimentos.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para o elemento é de 25 ng/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 17 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.



Figura 17: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento fenantreno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Acenaftaleno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Criseno, Fluoranteno e Dibenzo antraceno

Valores mais elevados deste poluente foram obtidos para a camada de superfície na região norte do Lago, de forma muito similar ao verificado para os demais orgânicos apresentados anteriormente, indicando contaminação desta área. A presença destes contaminantes nas camadas superficiais é esperada em função da granulometria e composição física dos sedimentos.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para os compostos Acenaftaleno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Criseno, Fluoranteno e Dibenzo antraceno foi de 3 ng/kg, 16 ng/kg, 14 ng/kg, 26 ng/kg, 47 ng/kg e 3 ng/kg, respectivamente, conforme referência canadense (valor do REL). As figuras 18 a 23 mostram as áreas restritas em função da indicação de conterem teores destes compostos superiores ao limite adotado.

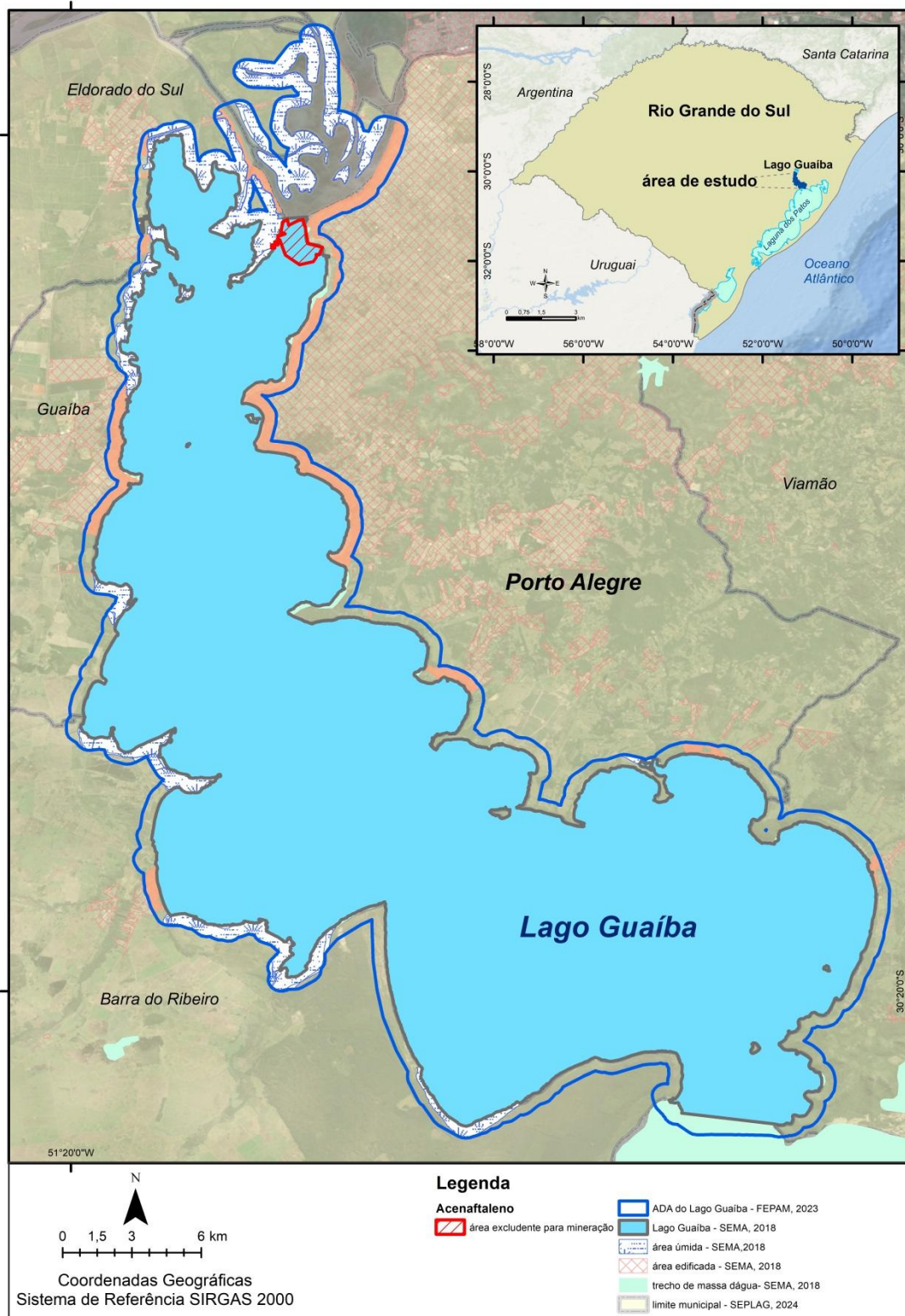


Figura 18: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento acenaftaleno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.



Figura 19: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento antraceno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

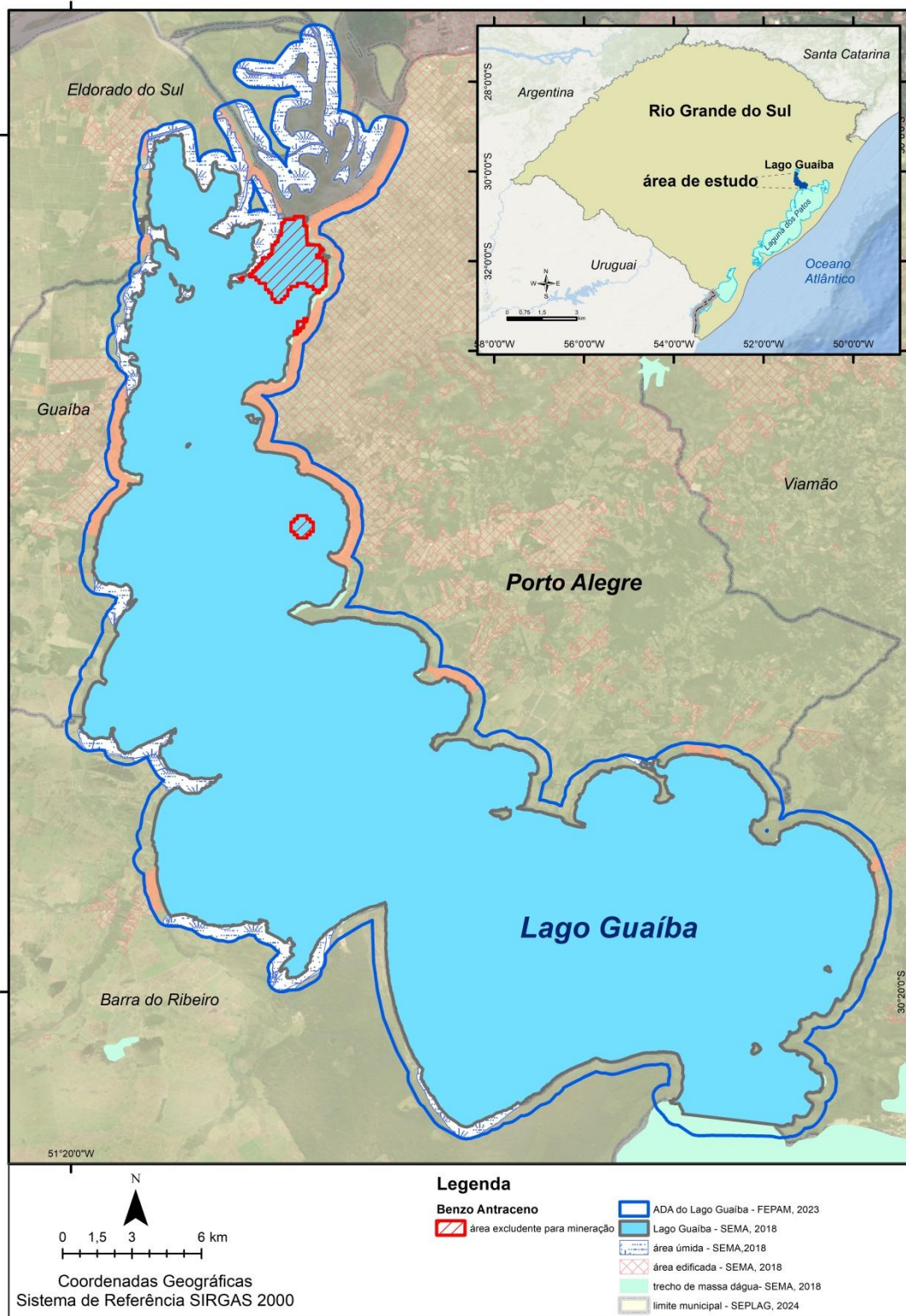


Figura 20: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento benzo antraceno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

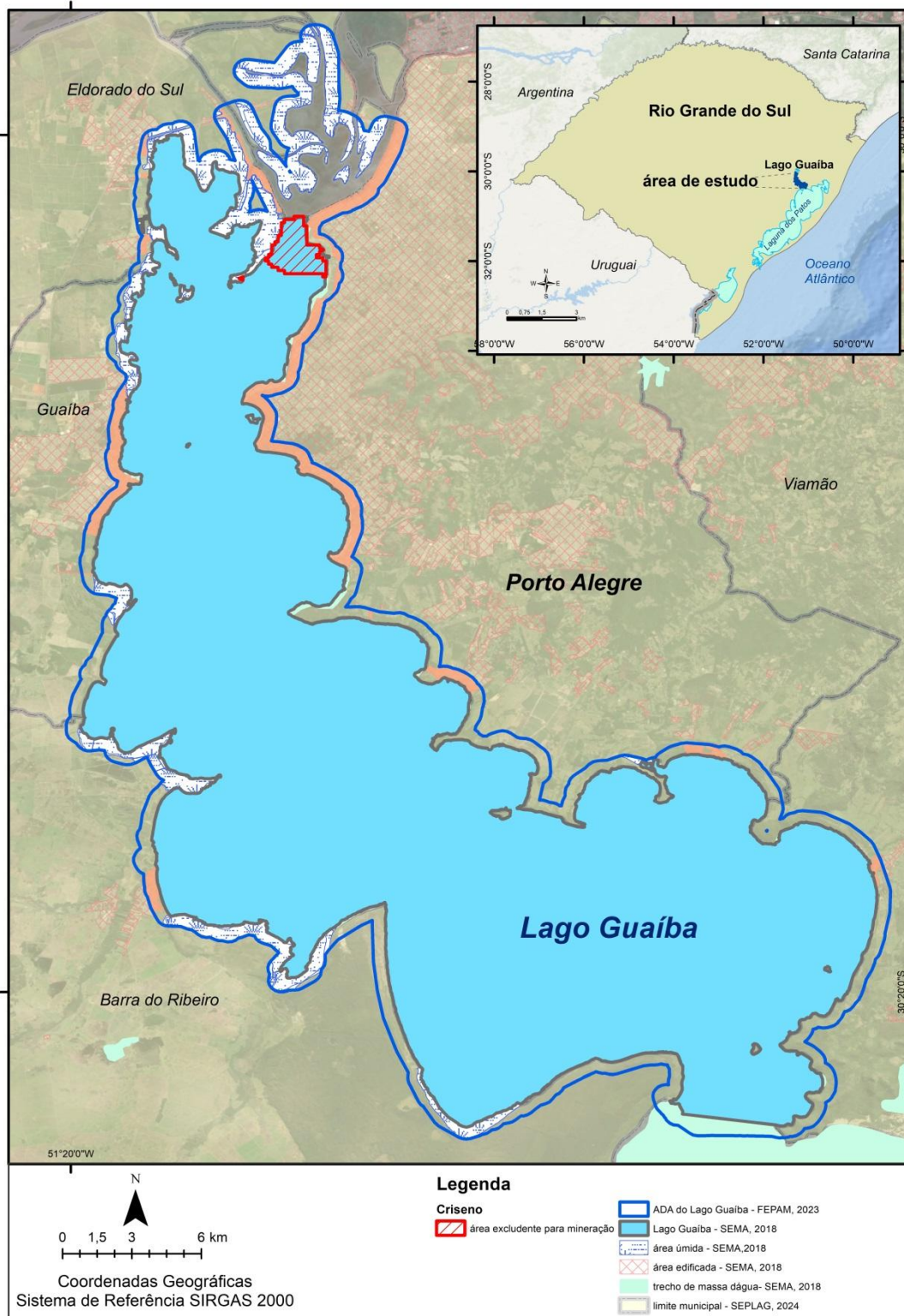


Figura 21: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento criseno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

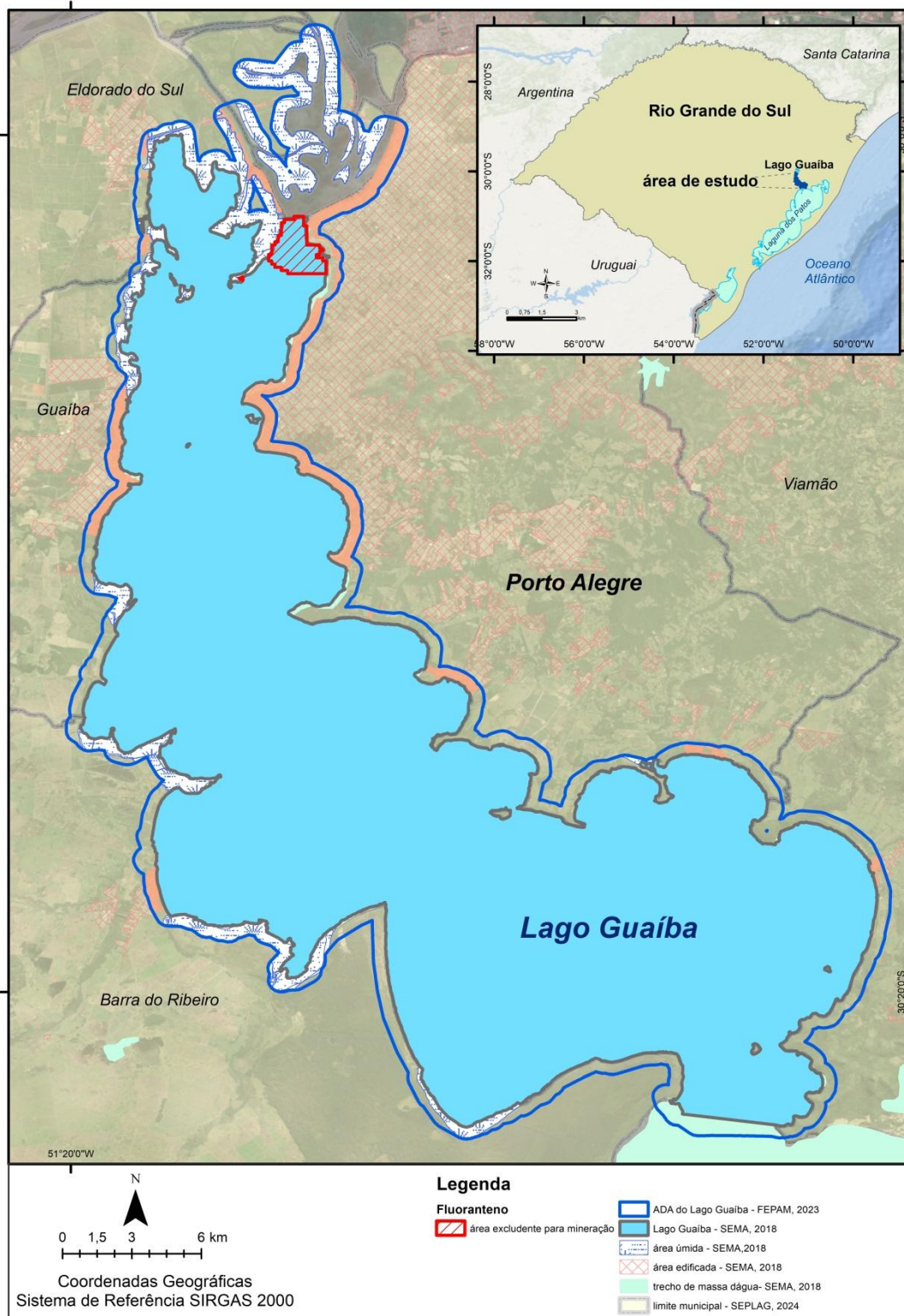


Figura 22: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento fluoranteno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.



Figura 23: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para o elemento dibenzô antraceno.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

- Soma HPAs

Valores mais elevados de HPAs foram obtidos somente para a camada de superfície na região em frente ao centro da cidade de Porto Alegre, indicando contaminação desta área. A presença destes contaminantes nas camadas superficiais é esperada em função da granulometria e composição física dos sedimentos.

Em termos de área de exclusão, o valor limite adotado para HPAs é de 25 ng/kg, conforme referência canadense (valor do REL). A Figura 24 mostra as áreas restritas em função da indicação de conterem teores deste elemento superiores ao limite adotado.

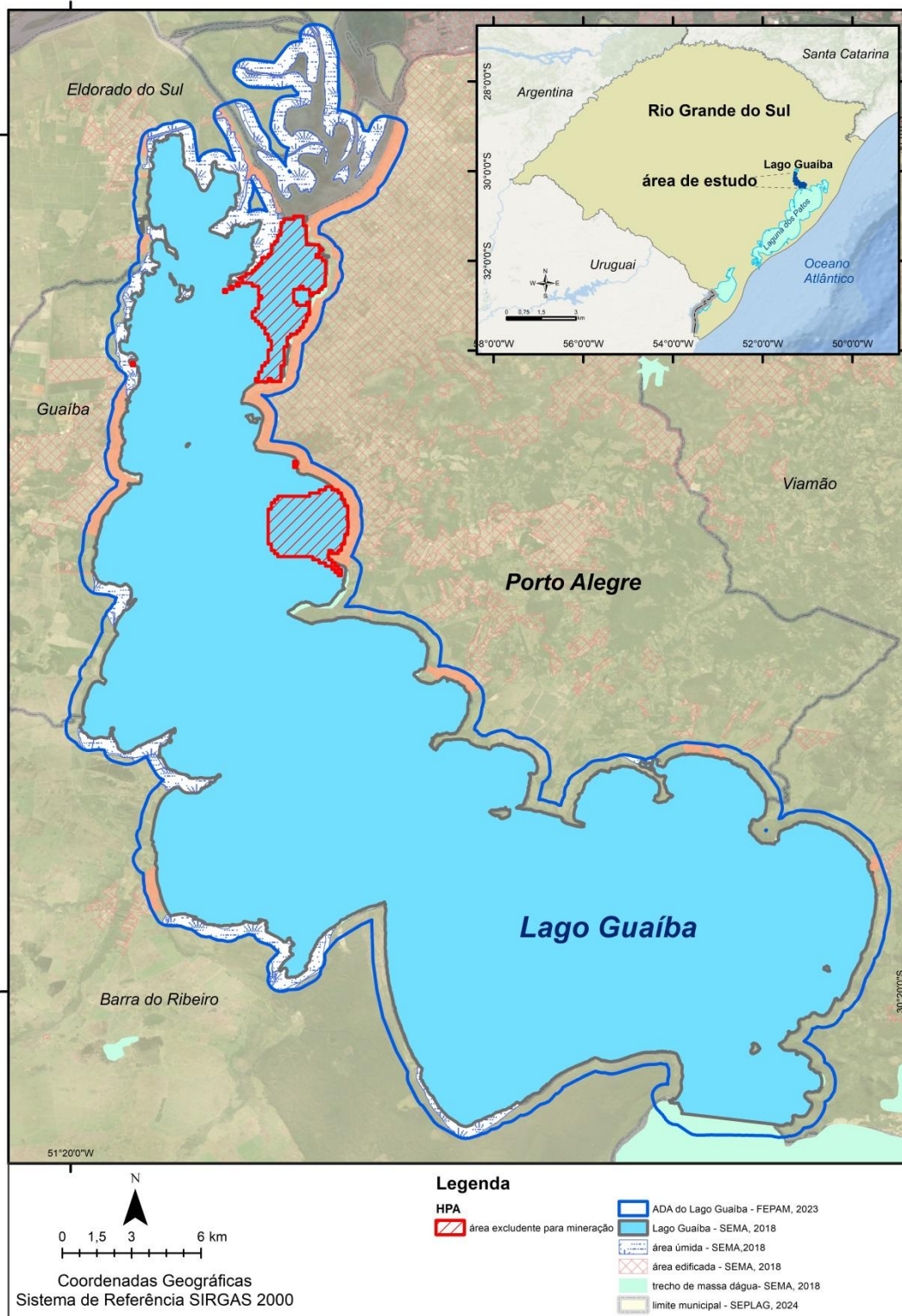


Figura 24: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos para a soma HPAs.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Ainda que as análises tenham revelado valores inferiores ao nível 2 da CONAMA 454/2012, concentrações mais elevadas para alguns elementos analisados foram detectadas em pontos distribuídos de forma aleatória entre as 3 profundidades avaliadas. Portanto a ressuspensão dos sedimentos às águas do Lago deve ser evitada de forma a não gerar possível eutrofização da água ou mesmo aumento de concentração de certos poluentes com potencial tóxico com possibilidade de torna-los biodisponíveis para os organismos aquáticos.

Desta forma, o grupo técnico entendeu por utilizar valores mais restritivos que os do nível 1 do CONAMA 454/2012. Tais valores foram buscados na literatura internacional e na CETESB e indicam precaução e prevenção como forma de proteção à vida aquática do Lago. O mapa a seguir (Figura 25) resume as áreas que devem ser excluídas da atividade minerária para não se ter ressuspensão de sedimentos com possível impacto na qualidade da água e nos organismos.

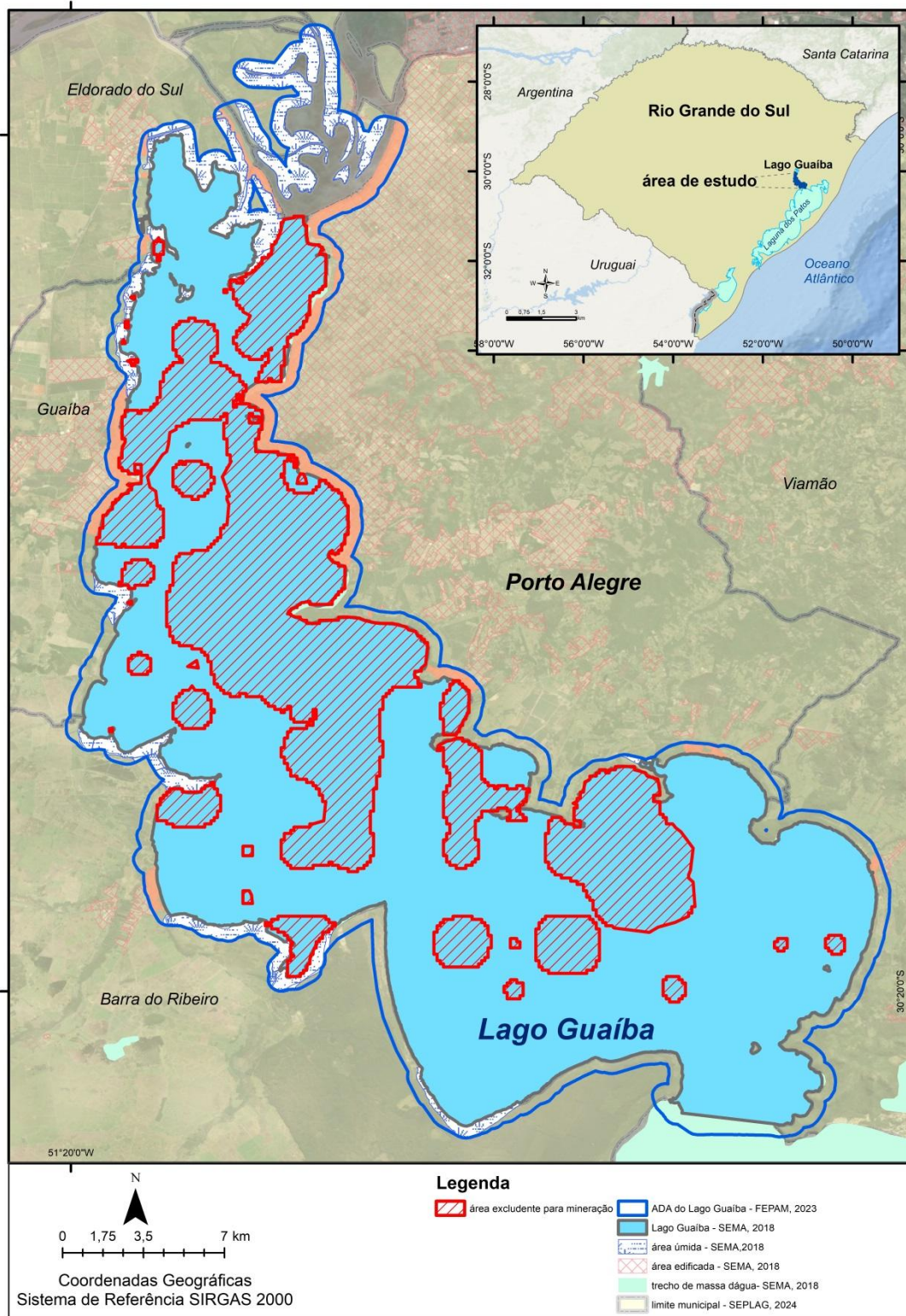


Figura 25: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba conforme análise físico-química dos sedimentos.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.6 Ecotoxicidade dos Sedimentos

A análise de ecotoxicidade foi realizada em 26 dos 128 pontos amostrados que registraram algum poluente acima do nível 1 na CONAMA 454/2012. Os resultados da análise de ecotoxicidade do sedimento destes pontos não detectou nenhuma toxicidade para *Hyaella azteca* nas análises feitas. De acordo com essa metodologia (ABNT NBR 15470/2013), os sedimentos testados não demonstraram toxicidade significativa para esse organismo, conforme padrões estabelecidos, ou seja, mesmo que tenha sido observada a presença de certos contaminantes químicos no sedimento nas análises físico-químicas, os mesmos não estão em concentrações suficientes ou biodisponíveis para acarretar efeito deletério aos organismos nas condições atuais em que se encontram.

Tais elementos presos aos sedimentos, entretanto, se ressuspensos na coluna d'água podem sofrer influências da interação com outros elementos ou mesmo uma ação oxirredução dependendo especialmente do potencial, pH e temperatura do meio, gerando compostos com potencial de serem biodisponíveis e afetar a biota aquática.

5.7 Qualidade da Água

Os dados de qualidade da água do Lago Guaíba são oriundos da rede Básica FEPAM, coletados entre os anos de 2022 e 2024, nas datas 28/06/22, 21/09/22, 29/12/22, 04/04/23, 04/06/24, 03/07/24, 14/08/24, 18/11/24, em 4 pontos do Lago, disponíveis no sistema RSAgua (<https://gis.fepam.rs.gov.br/RSAgua/>), compreendendo a análise de 29 parâmetros físico-químicos e biológicos listados na Resolução CONAMA 357 de 2005. O Quadro 2 traz as informações dos pontos de coleta e nas Tabelas 1 e 2 os resultados das análises.

Quadro 2: estações de monitoramento da qualidade da água superficial

CÓD. ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
87242030	-30,371400	-51,072500
87442000	-30,010130	-51,215143
87460020	-30,099500	-51,270900
87460175	-30,197700	-51,264000

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1: resultados das análises da qualidade da água

CÓD. ESTAÇÃO	DATA COLETA	FITOPLACTON - CIANOBACTÉRIAS	FOSFATO ORTO	FÓSFORO TOTAL	MANGANÊS	NÍQUEL	NITROGÊNIO AMONÍACAL	NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	PH	SALINIDADE	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS	TRANSPARENCIA DA ÁGUA	TURBIDEZ	ZINCO
87242030	28/06/2022	ND	0,046	0,116	0,033	0,103	<0,0640	0,432	9,12	6,8	0,02	88	28	ND	44,03	0,007
	21/09/2022	49	0,064	0,147	0,03	0,105	ND	ND	9,04	7,6	0,04	90	8	0,3	34,5	0,12
	29/12/2022	43317	0,092	0,11	0,074	0,045	0,133	ND	9,69	9,1	0,06	84	43	0,4	31,25	0,005
	04/04/2023	1093	0,155	0,31	0,04	<0,0040	<0,4250	0,48	8,39	7,5	0,08	120	14	0,4	33,2	0,043
	04/06/2024	133	0,083	0,221	ND	ND	<0,4670	<1,2600	8,79	7	0,02	<82,0000	12	0,3	41,57	ND
	03/07/2024	617	0,085	0,087	0,026	<0,0050	<0,4670	<1,2600	8,97	6,8	0,02	<82,0000	7	0,3	41,86	<0,0140
	14/08/2024	<1,0000	ND	0,17	0,029	<0,0050	<0,4670	1,76	9,57	7,4	0,03	<82,0000	5	0,4	27,13	0,049
18/11/2024	298	0,098	0,09	ND	ND	<0,4670	<1,5900	8,33	7,6	0,04	118	22	0,3	38,09	ND	
87442000	28/06/2022	ND	0,025	0,069	0,039	0,108	<0,0640	0,31	8,31	6,6	0,03	93	21	ND	40,28	0,014
	21/09/2022	286	0,155	0,274	0,086	0,1	ND	ND	5,21	6,9	0,06	9	79	0,6	16,9	0,007
	29/12/2022	4704	0,136	0,14	0,101	0,031	1,69	ND	5,26	7,1	0,06	89	<7,0000	0,7	13,73	0,006
	04/04/2023	2056	0,157	0,217	0,107	0,056	<0,4250	0,488	4,78	7,1	0,06	<82,0000	6	1	8,89	0,004
	04/06/2024	711	0,078	0,094	ND	ND	<0,4670	<1,2600	7,11	6,7	0,03	<82,0000	13	0,4	32,33	ND
	03/07/2024	97	0,083	0,084	0,044	<0,0040	<0,4670	<1,2600	8,51	6,4	0,02	<82,0000	8	0,3	35,53	0,02
	14/08/2024	97	ND	0,176	0,041	<0,0050	<0,4670	1,77	8,15	6,9	0,03	<82,0000	10	0,3	32,69	0,014
18/11/2024	1634	0,05	0,091	ND	ND	0,467	1,77	8,16	7,4	0,04	106	26	0,3	27,62	ND	
87460020	28/06/2022	ND	0,029	0,063	0,032	0,116	<0,0640	0,59	9,04	6,7	0,03	65	25	ND	38,24	0,01
	21/09/2022	256	0,041	0,123	0,057	0,104	ND	ND	8,06	7,2	0,03	66	9	0,6	20,01	0,003
	29/12/2022	49	0,098	0,099	0,071	0,023	0,469	ND	6,75	7,2	0,04	76	9	0,7	17,7	0,007
	04/04/2023	97	0,12	0,193	<0,0700	0,061	0,49	0,585	6,07	7,1	0,04	<82,0000	<5,0000	0,9	9,55	0,004
	04/06/2024	43	0,073	0,257	ND	ND	<0,4670	<1,2600	7,81	6,7	0,02	<82,0000	9	0,3	39,65	ND
	03/07/2024	<1,0000	0,081	0,081	0,033	<0,0040	<0,4670	<1,2600	8,55	6,4	0,02	<82,0000	8	0,3	39,71	<0,0030
	14/08/2024	50	ND	0,15	0,021	<0,0050	<0,4670	1,85	9,14	6,8	0,02	<82,0000	12	0,3	39,22	<0,0140
18/11/2024	29	0,073	0,116	ND	ND	<0,3550	1,59	8,75	7,8	0,03	107	18	0,3	27,19	ND	
87460175	28/06/2022	ND	0,029	0,043	0,032	0,109	<0,0640	0,432	9,14	6,7	0,02	17	78	ND	37,02	0,007
	21/09/2022	273	0,083	0,192	0,155	0,108	ND	ND	8,18	7,3	0,05	82	39	0,4	45,7	0,007
	29/12/2022	823	0,11	0,12	0,051	0,01	0,118	ND	8,58	7,9	0,05	85	10	0,5	23,35	0,043
	04/04/2023	34	0,153	0,204	0,127	0,059	0,504	0,66	7,6	7,3	0,06	86	12	0,4	22,09	0,006
	04/06/2024	80	0,08	0,484	ND	ND	0,467	<1,2600	8,16	6,8	0,02	<82,0000	10	0,3	39,93	ND
	03/07/2024	157	0,072	0,08	0,024	<0,0050	<0,4670	<1,2600	8,6	6,6	0,02	<82,0000	6	0,3	37,93	<0,0140
	14/08/2024	34	ND	0,153	0,02	<0,0050	<0,4670	1,77	9,05	6,9	0,02	<82,0000	7	0,3	38,21	0,144
18/11/2024	1384	0,046	<0,0660	ND	ND	<0,3550	<1,5900	8,61	7,9	0,04	112	17	0,3	16,9	ND	

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 2: resultados das análises da qualidade da água

CÓD. ESTAÇÃO	DATA COLETA	ALCALINIDADE	ALUMÍNIO	CÁDMIO	CHUMBO	CLORETO	CLOROFILA A	COBRE	COLIFORMES TOTAIS	CONDUTIVIDADE	CROMO TOTAL	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	ESCHERICHIA COLI	FERRO
87242030	28/06/2022	11,9	2,55	<0,0020	<0,0040	3,58	ND	0,005	ND	43,9	0,005	1	12	310	2,84
	21/09/2022	18,8	2,47	<0,0020	<0,0040	6,62	0,86	0,003	ND	74,4	0,005	1	13	<100,0000	2,16
	29/12/2022	21,6	1,98	<0,0020	<0,0040	14,65	58,04	0,004	ND	121,08	<0,0040	1	20	<1,0000	2,05
	04/04/2023	21,9	2,09	<0,0020	<0,0040	26,6	4,58	0,004	ND	160,5	<0,0040	2	17	<1,0000	2,14
	04/06/2024	16,6	ND	ND	ND	<3,0000	<0,0400	ND	1732,9	49,4	ND	<4,0000	<15,0000	33,6	ND
	03/07/2024	12,4	2,43	<0,0040	<0,0050	<3,0000	ND	<0,0110	ND	46,3	<0,0080	<4,0000	<15,0000	108,1	2,34
	14/08/2024	15,4	2,12	<0,0040	<0,0050	3,6	<0,0400	<0,0110	ND	56,3	<0,0080	ND	<15,0000	50,4	2,04
18/11/2024	17	ND	ND	ND	4,62	<0,0400	ND	ND	77,5	ND	<4,0000	16	<1,0000	ND	
87442000	28/06/2022	12,5	2,07	<0,0020	<0,0040	3,37	ND	0,004	ND	47,4	0,006	1	14	344,8	2,79
	21/09/2022	26,4	1,12	<0,0020	<0,0040	9,77	1,34	<0,0030	ND	104,4	0,005	1	18	>2419,6000	1,57
	29/12/2022	29,1	0,852	<0,0020	<0,0040	11,1	4,16	<0,0030	ND	128,3	<0,0040	1	24	624	1,1
	04/04/2023	30,4	0,61	<0,0020	<0,0040	9,4	6,75	<0,0030	ND	120	<0,0040	5	16	1126	0,912
	04/06/2024	16,1	ND	ND	ND	<3,0000	<0,0400	ND	5475	57,5	ND	<4,0000	<15,0000	317	ND
	03/07/2024	14	2,08	<0,0020	<0,0040	<3,0000	ND	0,003	ND	53,3	<0,0040	<4,0000	<15,0000	238	2,41
	14/08/2024	17,2	2,05	<0,0040	<0,0050	4,7	<0,0400	<0,0110	ND	71,5	<0,0080	<4,0000	16	2419,6	2,06
18/11/2024	19,7	ND	ND	ND	5,19	<0,0400	ND	ND	84,6	ND	<4,0000	<15,0000	1153	ND	
87460020	28/06/2022	11	2,16	<0,0020	0,005	2,84	ND	0,004	ND	44,2	0,005	1	13	461,1	2,5
	21/09/2022	17,1	1,09	<0,0020	<0,0040	5,58	<1,0000	<0,0030	ND	64,3	0,005	1	13	ND	1,36
	29/12/2022	21,6	1,12	<0,0020	<0,0040	6,54	2,46	0,004	ND	91,04	<0,0040	1	12	435,2	1,33
	04/04/2023	22,8	0,665	<0,0020	<0,0040	6,8	2,15	<0,0030	ND	87,3	<0,0040	2	<15,0000	83,9	0,945
	04/06/2024	17,2	ND	ND	ND	3,1	<0,0400	ND	>2419,6000	50,7	ND	<4,0000	18	88,2	ND
	03/07/2024	14	2,69	<0,0020	<0,0040	<3,0000	ND	<0,0030	ND	50,7	<0,0040	<4,0000	<15,0000	178,2	2,4
	14/08/2024	13,3	2,68	<0,0040	<0,0050	<3,0000	<0,0400	<0,0110	ND	53,3	<0,0080	<4,0000	15	75,4	2,14
18/11/2024	18,3	ND	ND	ND	3,84	<0,0400	ND	ND	75	ND	<4,0000	<15,0000	816,4	ND	
87460175	28/06/2022	11,2	1,85	<0,0020	<0,0040	2,94	ND	0,004	ND	43,2	0,005	1	12	249,9	2,42
	21/09/2022	20,6	2,43	<0,0020	<0,0040	8,22	0,76	0,005	ND	87,3	0,006	1	15	129,1	2,76
	29/12/2022	20,6	1,58	<0,0020	<0,0040	8,82	13,25	0,003	ND	107,03	<0,0040	1	14	3	1,55
	04/04/2023	21,9	1,49	<0,0020	<0,0040	11,7	5,2	0,004	ND	123	<0,0040	2	15	9,7	1,92
	04/06/2024	18,4	ND	ND	ND	<3,0000	<0,0400	ND	>2419,6000	49,6	ND	<4,0000	<15,0000	58,3	ND
	03/07/2024	13,4	2,25	<0,0040	<0,0050	<3,0000	ND	<0,0110	ND	48,8	<0,0080	<4,0000	<15,0000	98,7	2,19
	14/08/2024	13,2	2,68	<0,0040	<0,0050	<3,0000	<0,0400	<0,0110	ND	54,2	<0,0080	<4,0000	15	70,3	2,13
18/11/2024	18,2	ND	ND	ND	5,14	<0,0400	ND	ND	91	ND	<4,0000	18	17,1	ND	

Fonte: elaborado pelos autores.

Na avaliação dos resultados frente aos parâmetros com valores indicativos de classes de qualidade definidas pela Resolução CONAMA 357/2005, tem-se a seguinte classificação mostrada no Quadro 3 e Figura 26 a seguir.

Quadro 3: resultados da classificação conforme Resolução CONAMA 357/2005.

CÓD. ESTAÇÃO	DATA COLETA	ALUMÍNIO	CÁDMIO	CHUMBO	CLORETO	CLOROFILA A	COBRE	CROMO TOTAL	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO	ESCHERICHIA COLI	FERRO	FITOPLANTON - CIANOBACTÉRIAS	FÓSFORO TOTAL	MANGANÉS	NÍQUEL	NITROGÊNIO AMONÍACAL	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	PH	SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	TURBIDEZ	ZINCO
87242030	28/06/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	ND	1	1	1	2	3	ND	Pior que Classe 3 ou 4	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	2	1
	21/09/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	1	1	1	1	1
	29/12/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	3	1	1	1	1	3	2	Pior que Classe 3 ou 4	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1
	04/04/2023	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	04/06/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	1		1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	2	ND
	03/07/2024	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	ND	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	2	1
	14/08/2024	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	1	1	1	ND	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	18/11/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	1	1	1		1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	1	1
	28/06/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	ND	1	1	1	2	3	ND	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	2	1
	21/09/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	2	1	1	1	1
87442000	29/12/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	3	Pior que Classe 3 ou 4	Pior que Classe 3 ou 4	2	1	1	1	1
	04/04/2023	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	3	Pior que Classe 3 ou 4	1	3	1	1	1	1
	04/06/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	2		1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	1	ND
	03/07/2024	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	ND	1	1	1	2	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	14/08/2024	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	1	1	1	1	3	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	18/11/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	3		1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	1	1
	28/06/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	ND	1	1	1	2	3	ND	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1
	21/09/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	ND	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	1	1	1	1	1
	29/12/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	04/04/2023	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1
87460020	04/06/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	1	ND	1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	1	ND
	03/07/2024	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	ND	1	1	1	2	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	14/08/2024	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	18/11/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	3		1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	1	1
	28/06/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	ND	1	1	1	2	3	ND	2	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1
	21/09/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	3	Pior que Classe 3 ou 4	ND	1	1	1	2	1
	29/12/2022	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	04/04/2023	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	3	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	1	1	1
	04/06/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	1	ND	1	Pior que Classe 3 ou 4	ND	ND	1	1	1	1	1	ND
	03/07/2024	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	ND	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
87460170	14/08/2024	Pior que Classe 3 ou 4	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	Pior que Classe 3 ou 4	1	1	1	1	1	1	1	1
	18/11/2024	ND	ND	ND	1	1	ND	ND	1	1		1	2	ND	ND	1	1	1	1	1	ND

Fonte: elaborado pelos autores.

É possível verificar que os parâmetros mais críticos em termos de pior qualidade da água estão relacionados à presença dos elementos alumínio, ferro, fósforo e níquel, cujas concentrações se mantêm elevadas de montante à jusante. Ou seja, o aporte destes elementos na água do Lago provavelmente decorre dos afluentes ao norte, e se mantêm ao longo do Lago.

O elevado teor de fósforo encontrado em todos os pontos avaliados e durante todo o período de amostragem é fator preocupante pois tal elemento pode gerar a eutrofização do meio e facilitar um aumento na proliferação de algas gerando problemas nos pontos de captação/tratamento para abastecimento público.

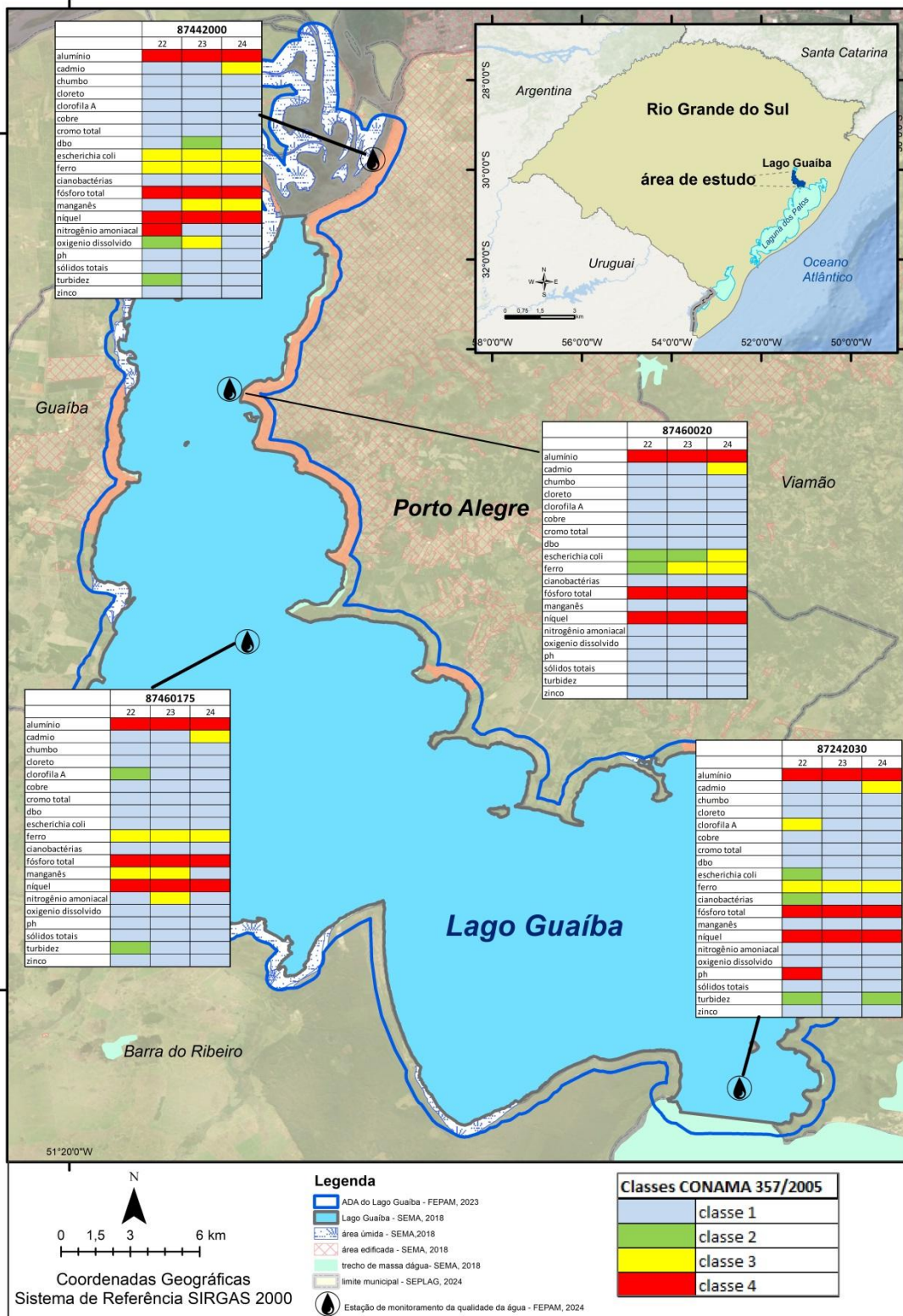


Figura 26: classificação dos dados de qualidade da água do Lago Guaíba.
Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.8 Áreas de Preservação Ambiental e Usos Preponderantes

O trabalho para a realização do zoneamento de áreas passíveis de mineração no Lago Guaíba requer também a identificação de todas as áreas de preservação ambiental, as Unidades de Conservação estaduais, municipais e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), protegidas por lei que circundam o Lago com suas respectivas zonas de amortecimento, além dos canais de navegação existentes e pontos de captação de água, de forma a tornar impeditiva a atividade nestes locais.

Em termos de pontos de captação de água para abastecimento público, há vários pontos na cidade de Porto Alegre localizados ao longo da margem do Lago, além de um ponto de captação em Guaíba e outro em Barra do Ribeiro. O Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) é o prestador do serviço público de abastecimento de água no município de Porto Alegre e a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) é a concessionária do serviço de abastecimento de água para os demais municípios (Canoas, Guaíba, Eldorado do Sul, Barra do Ribeiro, Mariana Pimentel e Sertão Santana). Ao todo são seis pontos de captação de água bruta no Lago Guaíba para abastecimento do município de Porto Alegre e dois para atender ao município de Guaíba, Eldorado do Sul e Barra do Ribeiro.

De acordo com dados indicados pelo DMAE ou CORSAN, um raio de 0,4 km no entorno dos locais de captação de água para abastecimento público deve ser preservado (informação obtida do zoneamento apresentado pela SEMA/FEPAM em 2016).

Mapa com os pontos de captação no Lago Guaíba com respectiva zona de restrição é mostrado na Figura 27.



Figura 27: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba no entorno dos pontos de captação.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021

Quanto às hidrovias, o Lago Guaíba dispõe de uma hidrovia principal que liga a parte norte do Lago à Laguna dos Patos, tendo ainda canais hidroviários secundários, como o canal da CMPC e a hidrovia comercial entre Guaíba e Porto Alegre. A hidrovia do Lago Guaíba é uma das principais rotas hidroviárias de cargas do Rio Grande do Sul, com 56 quilômetros de extensão. Para evitar conflito de embarcações nas hidrovias e dragas de extração da areia, um afastamento de 100 m para cada lado dos canais de navegação é indicado (informação obtida do zoneamento apresentado pela SEMA/FEPAM em 2016), conforme Figura 28.

Na hidrovia principal e nos canais hidroviários secundários, as alterações, desassoreamentos e quaisquer outras atividades necessárias para sua manutenção ou ampliação poderão seguir regimento próprio. Também, nos casos em que houver extração de areia motivada para o desassoreamento como ação de utilidade pública para manter ou ampliar o escoamento das águas, a atividade nestes locais específicos e determinados não será regrada por este zoneamento.

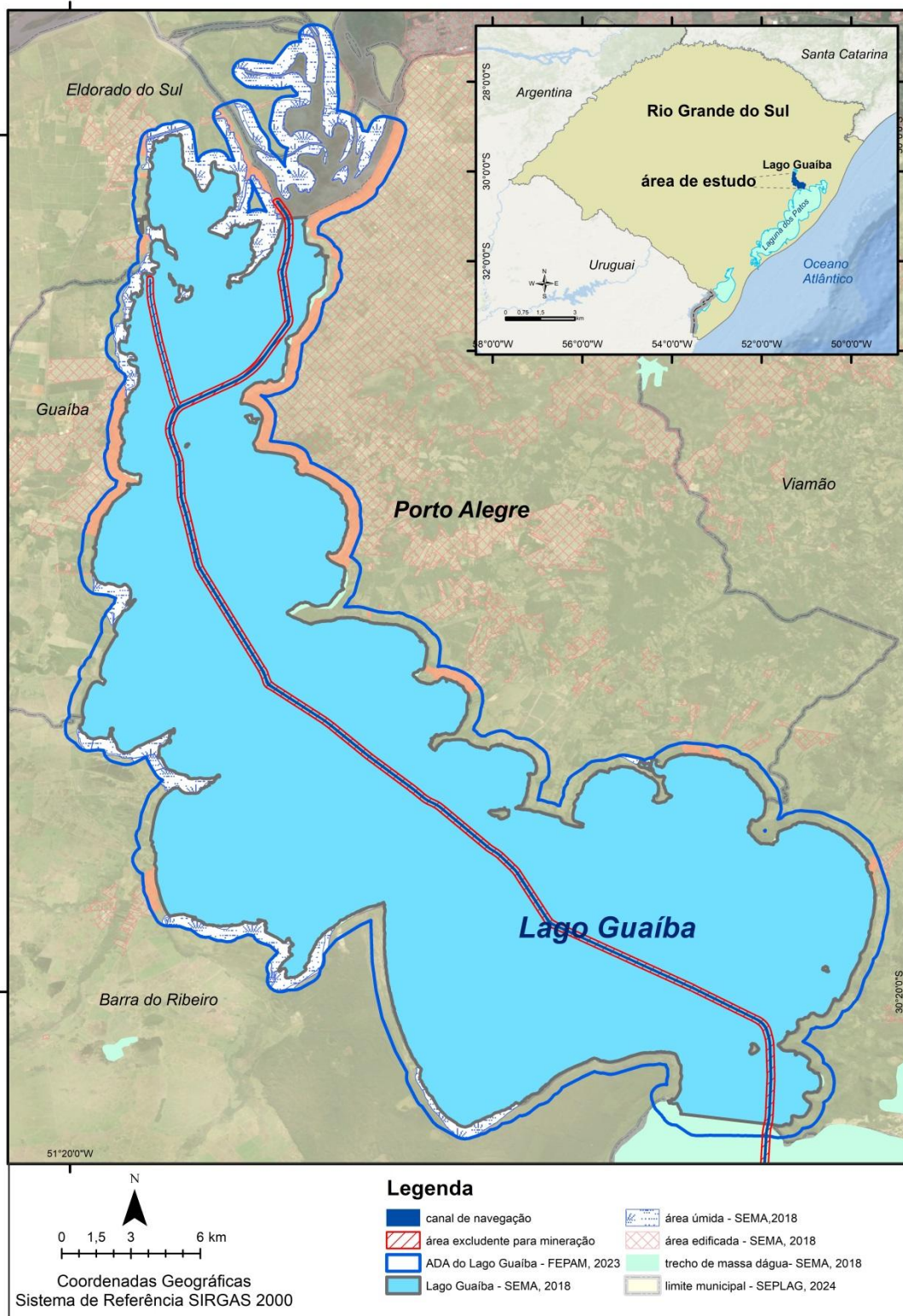


Figura 28: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba no entorno das hidrovias.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Embora a legislação federal indique que o órgão licenciador pode licenciar atividades no entorno de unidades de conservação mediante autorização dos gestores da unidade quando se tratar de atividades que possam causar impacto às unidades, o zoneamento proposta aqui indica que nas zonas de amortecimento das unidades (exceto Áreas de Proteção Ambiental e Reservas Particulares do Patrimônio Natural, conforme art. 25 da Lei Federal nº 9.985/2000) ou no entorno de 3 km desta, quando a zona de amortecimento não estiver estabelecida, devem ser excluídos de atividade minerária.

Foram consideradas:

- Buffer 3 km UC_Municipal: PNM Morro Jose Lutzenberger
- UCs Estaduais: APAE Delta do Jacui
- Zona Amortecimento UC Municipal: ZA PNM Morro do Osso
- Zona Amortecimento UCs Municipal: RBM do Lami José Lutzenberger
- Zona Amortecimento UC Municipal: ZA RVS Morro São Pedro
- UCs Estaduais: RPPNE Barba Negra
- Buffer 3 km UC_Estadual: Parque Estadual de Itapuã

A Figura 29 apresenta as áreas de restrição listadas acima.



UCs.

Figura 29: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba em função das

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021

As Resoluções CRH nº 50/2008 e 207/2016 aprovaram o Enquadramento das águas superficiais do Lago Guaíba apresentando 3 classe de uso conforme o trecho do Lago. Da parte norte até o centro e margens de Porto Alegre na classe 3, enquanto que nas demais margens e porção sul do Lago em classe 2. As áreas próximas a RPPNE Barba Negra, Itapuã e APAE Delta do Jacuí foram enquadradas em Classe 1. Logo, pelo enquadramento proposto, entende-se que a atividade de mineração de areia deve ser excluída das áreas classificadas como Classe 1, já que a ressuspensão de sedimentos pode afetar os parâmetros físico-químicos da água e inviabilizar que tais trechos atinjam/permaneçam no enquadramento proposto. O mapa da Figura 30 apresenta este cenário.

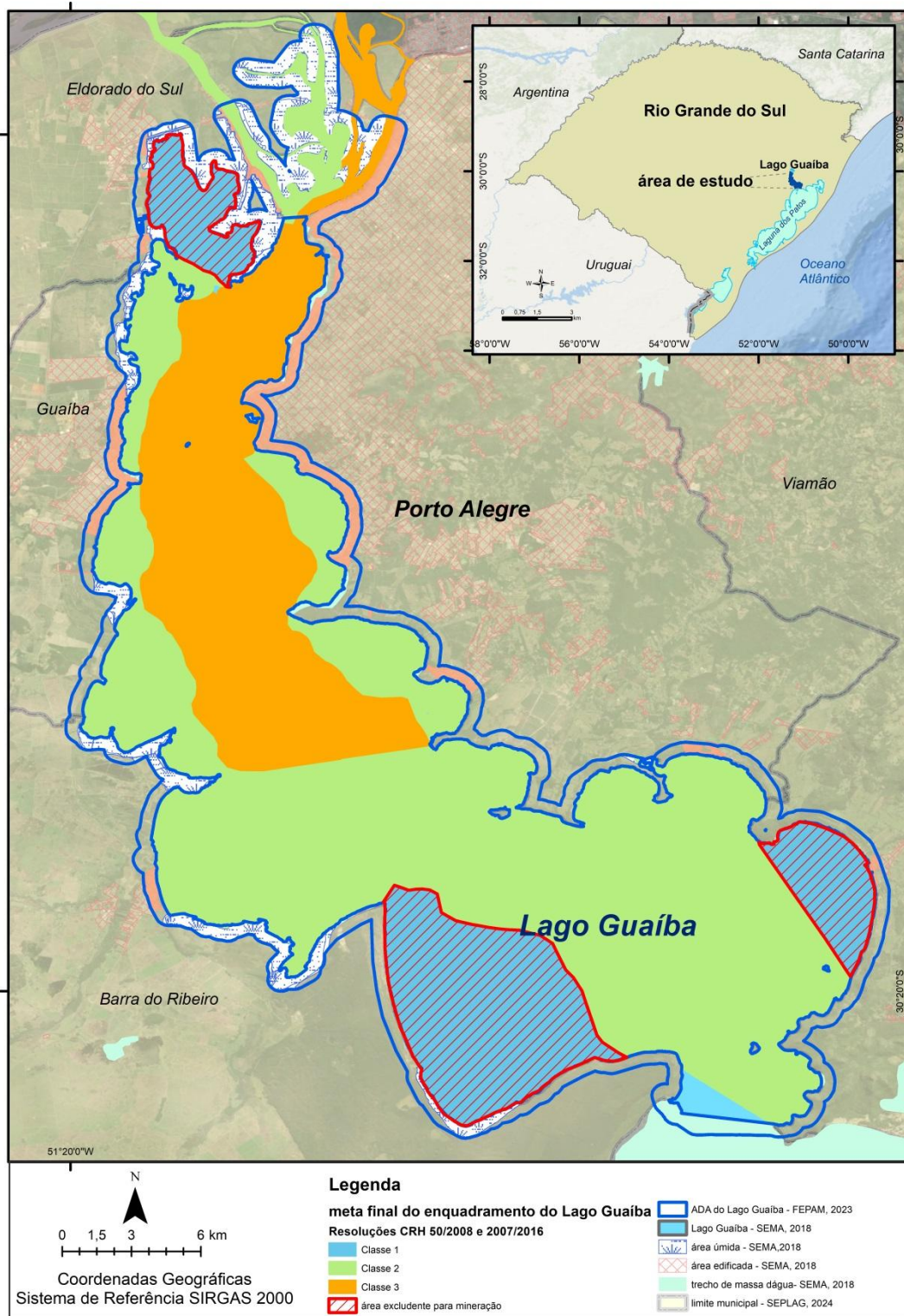


Figura 30: áreas propostas como de exclusão para mineração de areia no lago Guaíba em função da meta final de enquadramento.

Fonte: elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

5.9 Estudo Hidrossedimentológico

Para avaliar os impactos da atividade de mineração de areia no Lago Guaíba, o estudo hidrossedimentológico da Região Hidrográfica do Lago Guaíba buscou compreender a dinâmica de transporte de sedimentos no trecho final do Baixo Jacuí e no próprio Guaíba. Resumidamente, o modelo proposto considerou o aporte de sólidos e líquidos na Região Hidrográfica do Guaíba (Produto 02 - Relatório da Modelagem de Aporte de Sólidos e Líquidos da Bacia Hidrográfica - Módulo I), os quais adentrariam os dois sistemas modelados. Posteriormente, foi feita uma simulação da hidrodinâmica de sedimentos na região do Baixo Jacuí (P03 - Relatório da Modelagem Hidrodinâmica e de Sedimentos do Baixo Jacuí – Módulo II), seguida da hidrodinâmica e transporte de sedimentos do Lago Guaíba (P04 - Relatório da Modelagem Hidrodinâmica e Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba – Módulo III). Para avaliação dessa dinâmica, foram simulados cenários os quais consideraram projeções de mudanças climáticas e alterações no uso do solo previstas até 2030, bem como simulações da retirada de materiais pela mineração no Jacuí e Guaíba. Os resultados, apresentados no P05 – Relatório de Cenários Futuros de Mudanças Climáticas e Alterações de Uso e Ocupação do Solo a Partir da Modelagem Hidrossedimentológica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba, embasam a proposição de critérios para a extração de areia.

Na análise da dinâmica sedimentar inicial da Região Hidrográfica do Guaíba, foi implementado o modelo hidrossedimentológico MGB-SED, que representa o processo de erosão e transporte de sedimentos. Como resultado dessa primeira modelagem, foram gerados dados de descarga líquida e sólida os quais foram os dados de entrada para a modelagem seguinte. Na sequência, o Módulo II abrangeu o trecho final do Baixo Jacuí e simulou os processos de erosão, deposição e transporte de sedimentos provenientes das bacias afluentes a este trecho (Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, Pardo, Taquari-Antas, Sinos, Caí e Gravataí), utilizando o modelo hidrodinâmico Delft3D. A sequência da modelagem foi implementada para o Lago Guaíba (Módulo III) e forneceu as zonas de tendência erosiva e deposicional e as taxas de erosão/deposição de áreas de interesse do Lago. Os dados de entrada para o Módulo III, descarga líquida e descarga sólida, são provenientes da modelagem hidrodinâmica realizada no trecho final do Baixo Jacuí (Módulo II).

Os três módulos foram calibrados e validados com base em dados de literatura e das estações de monitoramento disponíveis para a região. O período de calibração foi de 1975 a 2005 e o de validação de 2006 a 2015, considerando 13 estações fluviométricas da RH do Guaíba.

Os resultados hidrodinâmicos obtidos mostraram que os modelos responderam adequadamente às forçantes. A comparação entre os níveis modelados e observados nos períodos de calibração mostraram que os modelos encontram-se em fase com os dados observados, apresentando coeficientes estatísticos que mostram boa aderência. Uma vez que os modelos reproduzem adequadamente o campo de elevação como consequência direta, o campo de velocidade, que é uma das variáveis mais importantes em estudos de transporte de sedimentos, entende-se que também foi bem representado.

Com relação à dinâmica sedimentar, no Módulo II a resposta do modelo de transporte de sedimento aos fatores hidrológicos e aos campos hidrodinâmicos correspondentes mostrou que sedimentos com granulometria da ordem de 150 μm (areia fina) são transportados principalmente por arraste de fundo. No entanto, quando são observadas vazões intensas, superiores a 8.000 m^3/s ,

ocorre a suspensão de areia e conseqüente transporte pela coluna da água. A dinâmica de erosão e deposição de sedimentos ocorreu em concordância com outros estudos já realizados, demonstrando que os dados batimétricos utilizados representam adequadamente a geometria do rio.

A análise do transporte de sedimentos coesivos, que se caracterizam por serem mais leves e por isso permanecem em suspensão por um período mais longo, mostrou comportamento análogo ao observado nas análises da areia. Ou seja, para os períodos de vazões baixas ($< 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ – tempo de permanência de 34% – Q90 Jacuí = $359,18 \text{ m}^3/\text{s}$), sedimentos do tipo silte e argila, quando entram no sistema através do contorno do rio Jacuí permanecem em suspensão por aproximadamente 25 km. A partir desse ponto, não é mais possível observar concentrações significativas desse tipo de sedimento em suspensão na coluna da água. Por outro lado, quando as condições hidrológicas favorecem descargas superiores a $6.000 \text{ m}^3/\text{s}$, a pluma de sedimento mais fino permanece em suspensão, atravessando toda a extensão do rio, até atingir o Lago Guaíba.

Os resultados obtidos para o Modelo Hidrodinâmico do Lago Guaíba (Módulo III) demonstram que o principal meio de transporte de sedimentos coesivos (silte e argila) e não coesivos (areia) é o transporte pela descarga do leito e se dá em momentos de descargas elevadas, superiores a $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Os sedimentos mais pesados (areia) se depositam na porção ao norte do domínio e seu transporte, em momentos de elevadas descargas, provoca seu espalhamento. Mesmo assim as maiores concentrações de areia no fundo ficam restritas ao extremo norte do domínio, ocorrendo em menor proporção na região central do lago.

As velocidades mais intensas, superiores a $2,0 \text{ m/s}$, provocadas pelas vazões extremas ($> 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ – Q90 Guaíba = $672,35 \text{ m}^3/\text{s}$), geram o transporte dos sedimentos mais leves (coesivos) por todo o domínio, até a conexão com a Laguna dos Patos, onde ocorre a sua expulsão para fora do domínio do modelo. Com base nas forçantes utilizadas para gerar a circulação hidrodinâmica no interior no Lago Guaíba, não foi observado o transporte de sedimentos mais pesados (não coesivos = areia) para fora do domínio. A energia dos fluxos gerados foi suficiente para ressuspender a areia já depositada, porém não foi observado o transporte de sedimentos não coesivos até o limite da fronteira sul.

Diferentemente das simulações do Módulo II, em cenários onde o campo de ondas não foi considerado como uma forçante no Lago Guaíba, não foram identificados pontos de erosão. Contudo, ao incluir o campo de ondas, com base em estudos anteriores realizados na região, foram observadas duas áreas importantes de erosão: uma localizada na margem direita e outra no limite sul, próximo à conexão com a Laguna dos Patos. Esses resultados indicam que as ondas, em conjunto com o aumento da descarga líquida, desempenham um papel significativo na remobilização dos sedimentos de fundo no Lago Guaíba.

No Produto 05, foram considerados três cenários principais para as modelagens hidrodinâmicas: i) Histórico, abrangendo o período de 2006 a 2015; ii) Cenário de Desflorestamento, considerando a condição de desflorestamento no período de 2016 a 2030, e o iii) Cenário Tendencial, que apresenta as condições mais prováveis futuras de 2016 a 2030. Além das condições iniciais, também foi avaliada a influência da atividade minerária em curso no Baixo Jacuí e seus impactos tanto nessa região quanto no Lago Guaíba. Os polígonos de mineração do modelo do Baixo Jacuí, foram inseridos com base nos limites de áreas de concessão de mineração disponibilizadas pela

SEMA/RS (2019), obtidas junto à divisão de mineração da FEPAM, contendo as áreas, o volume total permitido para dragagem, profundidade máxima e empresa responsável pela atividade na região. Os polígonos de mineração, no modelo do Lago Guaíba, foram criados a partir das informações disponibilizadas pela divisão de mineração da FEPAM (2019), de áreas de interesse para a exploração de areia identificadas em estudos de impactos ambientais, com exceção da Área 5, que foi adicionada com base no pacote sedimentar observado no Relatório do Levantamento Geofísico com Sísmica de Alta Resolução na Área do Lago Guaíba – RS (Nº01.HID.021/18-RE.001- R0), realizado por Belov (2019), contrato nº 18/2018 (Figura 31 e 32).

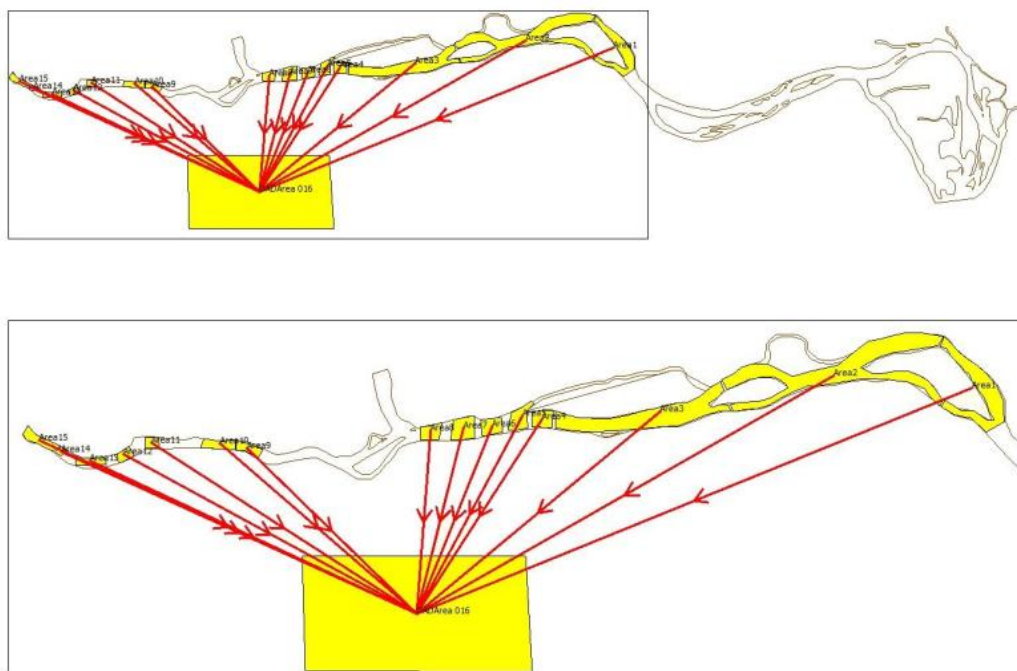


Figura 31: localização das áreas de mineração modelo hidrodinâmico Baixo Jacuí.

Fonte: estudo hidrossedimentológico do lago Guaíba: produto 05 - relatório de cenários futuros de mudanças climáticas e alteração de uso e ocupação do solo a partir da modelagem hidrossedimentológica da região hidrográfica do lago Guaíba. RHA. Nov/2019.



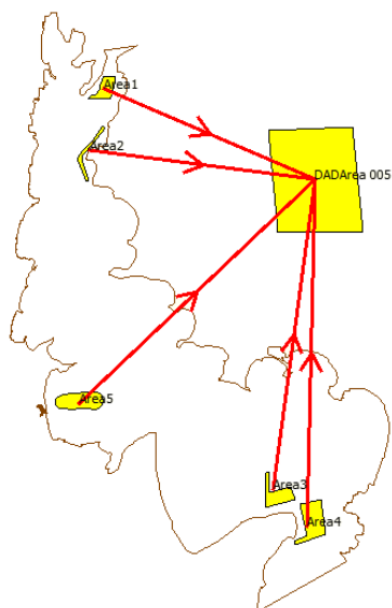


Figura 32: localização das áreas de mineração modelo hidrodinâmico do Lago Guaíba.

Fonte: estudo hidrossedimentológico do lago Guaíba: produto 05 - relatório de cenários futuros de mudanças climáticas e alteração de uso e ocupação do solo a partir da modelagem hidrossedimentológica da região hidrográfica do lago Guaíba. RHA. Nov/2019.

O mapa das zonas erosivas e deposicionais do Baixo Jacuí demonstra que as áreas de mineração correspondem a áreas de deposição de sedimento (em condições naturais), colaborando com a reposição de sedimentos nestes locais e contribuindo com a manutenção da atividade no corpo de água. Diferentemente do que ocorre no Rio Jacuí, no Lago Guaíba, com exceção das Áreas de mineração 1 e 2, as Áreas 3, 4 e 5 localizam-se em regiões onde não foi identificado o acúmulo de sedimento, não ocorrendo o “reabastecimento” em caso de retirada. Em conjunto, a análise dos mapas de erosão/sedimentação do Lago Guaíba, correspondentes ao período total de simulação, demonstrou que mesmo no cenário de maior aporte de sedimentos a deposição de sedimentos ocorre essencialmente na região norte do Guaíba, dificultando o reabastecimento de sedimentos ao longo do lago.

A Figura 33 apresenta o mapa de erosão/sedimentação para o período de validação, que simula a condição atual dos sistemas Baixo Jacuí e Lago Guaíba, onde foram encontrados ambientes erosivos (tonalidade azul) e deposicionais (tonalidade vermelha). Tais resultados são contundentes com o que já se tinha de conhecimento para a região, conforme descritos na literatura (Figura 34). As áreas de deposição ocorreram desde a montante do Lago Guaíba chegando próximo da desembocadura do lago, sendo as áreas próximas a desembocadura do Delta do Jacuí com a maior acúmulo de sedimentos, cerca de 3,5 metros ao longo dos 10 anos simulados.

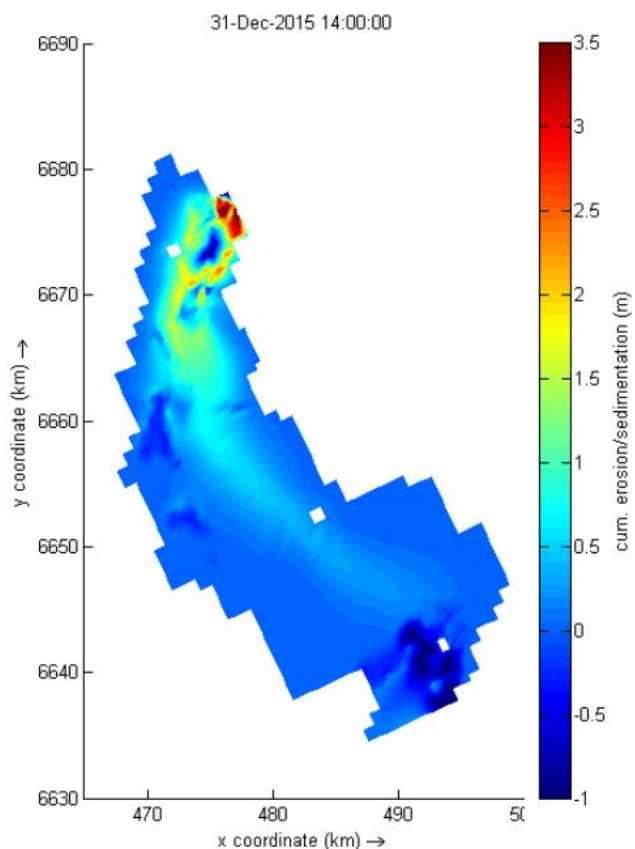


Figura 33: mapa erosão/sedimentação – período de validação.

Fonte: estudo hidrossedimentológico do lago Guaíba: produto 04 - relatório da modelagem hidrodinâmica e transporte de sedimentos do lago Guaíba – módulo III. RHA. Nov/2019.

Em analogia aos estudos de Nicolodi (2013), o mapa da Figura 33 poderia ser interpretado como Ambientes Erosionais onde a taxa varia de -1 a 0,5; Ambientes Transicionais onde a taxa varia de 0,5 a 1,5; e Ambientes deposicionais onde a taxa está acima de 1,5. Dessa forma, em ambientes erosionais, as características predominantes são de não existência de acúmulo de sedimentos e, com isso, quaisquer intervenções em retiradas dos materiais já depositados nessas áreas poderiam gerar um desequilíbrio sedimentar no Lago Guaíba, indicando inviabilidade de extração de areia nestas áreas.

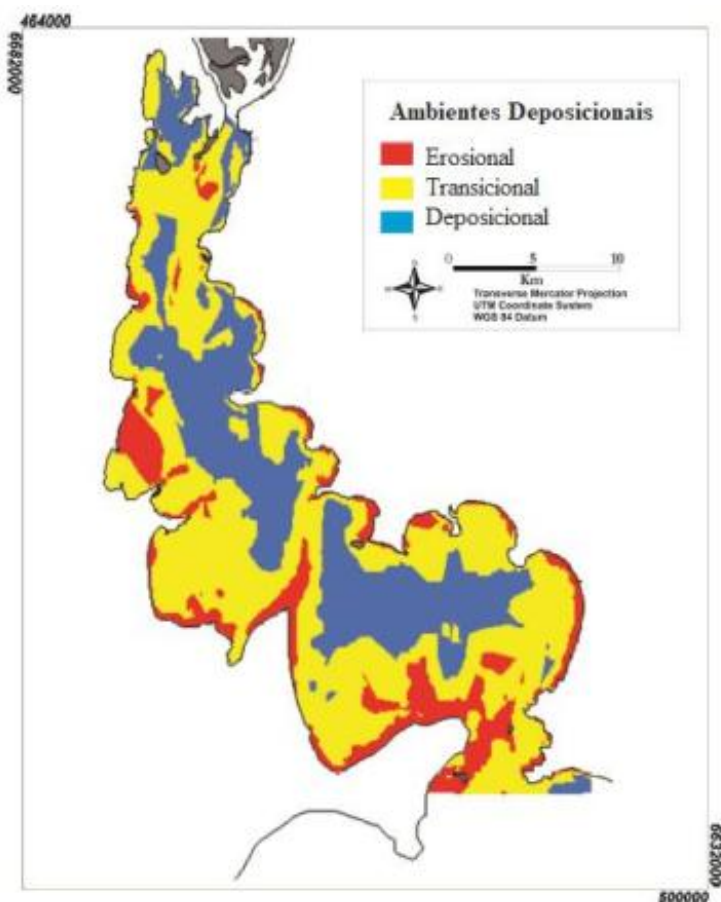


Figura 34: mapa de ambiente deposicional.

Fonte: Modificado de Nicolodi (2013).

Quando comparados os cenários, observou-se que a atividade de mineração simulada no modelo do Baixo Jacuí não apresentou alterações significativas na dinâmica sedimentar do Guaíba, fato que pode estar relacionado com o baixo transporte de sedimentos encontrado nas simulações do Módulo III. A partir da análise dos resultados encontrados no Modelo Hidrodinâmico e de Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba, devido a não reposição de sedimentos em áreas do Guaíba, entende-se que a manutenção do equilíbrio sedimentar, em caso de retirada de sedimentos pela atividade de mineração, não seria mantida.

Dessa forma, conclui-se que o balanço sedimentar do Guaíba apresenta uma dinâmica espacialmente heterogênea, com implicações significativas para a atividade de mineração de areia. As áreas ao norte do lago, próximas à foz do Rio Jacuí, apresentam uma reposição de sedimentos mais evidente, ainda que baixa e pontual, devido ao transporte de sedimentos provenientes do Baixo Jacuí durante eventos de vazões elevadas ($> 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$). No entanto, essa reposição parece ser insuficiente para garantir o equilíbrio sedimentar em caso de extração contínua de areia e deve ser minuciosamente monitorada em caso de atividade de mineração. Maior atenção deve ser dada às áreas ao sul do Guaíba, que mostram-se mais vulneráveis, com reposição natural de sedimentos nula ou insignificante.

Importante destacar que a atividade de mineração de areia, ao retirar sedimentos do fundo do lago, pode agravar o balanço sedimentar negativo, o que comprometeria o equilíbrio sedimentar desse sistema. Além disso, o impacto das ondas e erosão de praias pode ser agravado no sul do Guaíba com uma futura mineração de areia. A remoção dos sedimentos altera a batimetria, aumenta a profundidade e potencialmente aumenta a energia das ondas e correntes, local com ondas naturalmente maiores no sul devido ao maior tamanho do corpo hídrico. Esse aumento na intensidade das ondas, associado à ausência de reposição sedimentar nessas áreas, especialmente nas áreas caracterizadas como erosionais, parecer indicar pela inviabilidade de atividade de mineração no sul do Guaíba do ponto de vista hidrossedimentológico.

Por fim, o estudo também apresenta proposição de melhorias no monitoramento hidrossedimentológico da região (Figura 35), a fim de que se possa ter um maior controle da dinâmica sedimentar e, eventualmente, das atividades de mineração adicionais na região.

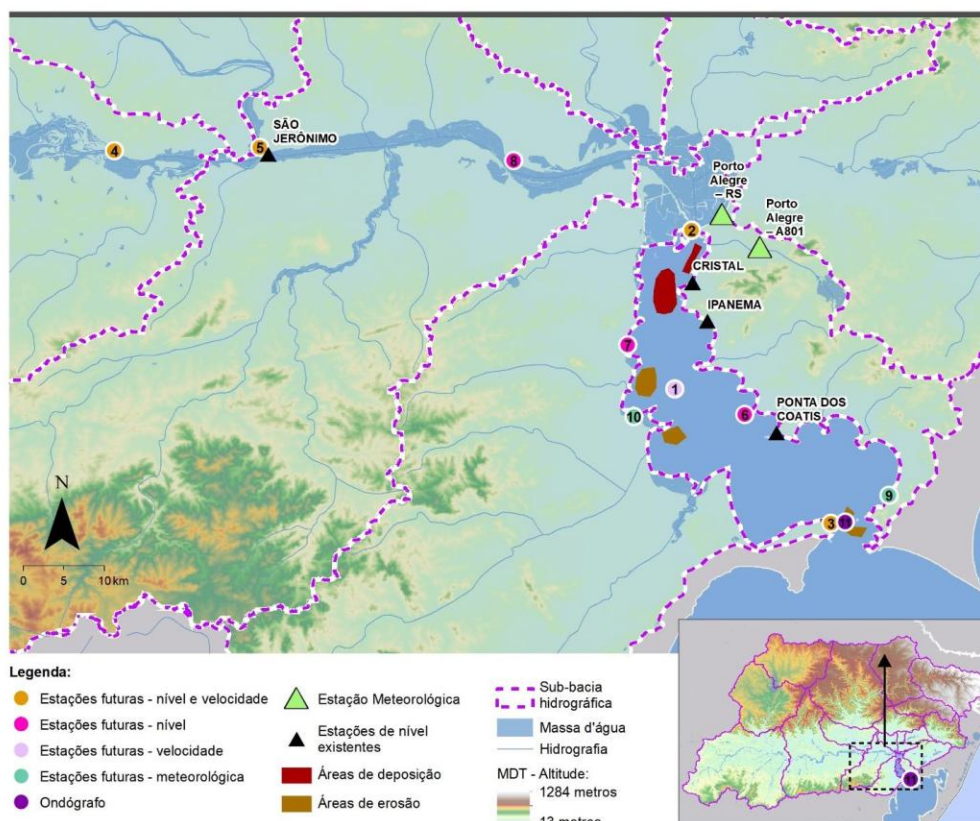


Figura 35: localização das estações de monitoramento de nível e velocidade existentes e estações propostas de serem instaladas.

Fonte: estudo hidrossedimentológico do lago Guaíba: produto 08 - proposta de monitoramento necessário para o aprimoramento do modelo. RHA. Nov/2019.

Em suma, o estudo hidrossedimentológico indica que áreas ao sul do Lago Guaíba devem ser evitadas para a atividade minerária, assim como nas regiões próximas às margas, uma vez que o mapa de erosão/sedimentação (mapa da Figura 33) gerado como resultado do Modelo

Hidrodinâmico e de Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba indicou que em tais regiões não haveria reposição da areia extraída, podendo gerar impactos significativos nas margens em função da possibilidade de aumento de ondas e alteração do equilíbrio sedimentar do sistema. Como os dados já integralizados deste zoneamento indicaram que tais regiões são áreas restritivas para a atividade minerária, o grupo técnico entendeu que as premissas deste estudo estariam sendo atendidas pelas áreas de exclusão definidas pelos estudos anteriores. Contudo, as áreas caracterizadas como erosionais pelo estudo de Nicolodi, validadas pelo presente estudo hidrossedimentológico, foram zoneadas como restritivas para a atividade de mineração de areia (Figura 36). Para as demais áreas do lago, um monitoramento de alteração do regime de onda bem como das linhas de margens deve ser realizado na área de influência do empreendimento minerário, caso a mineração venha a ser implementada numa destas áreas potencialmente viáveis apontadas neste zoneamento.

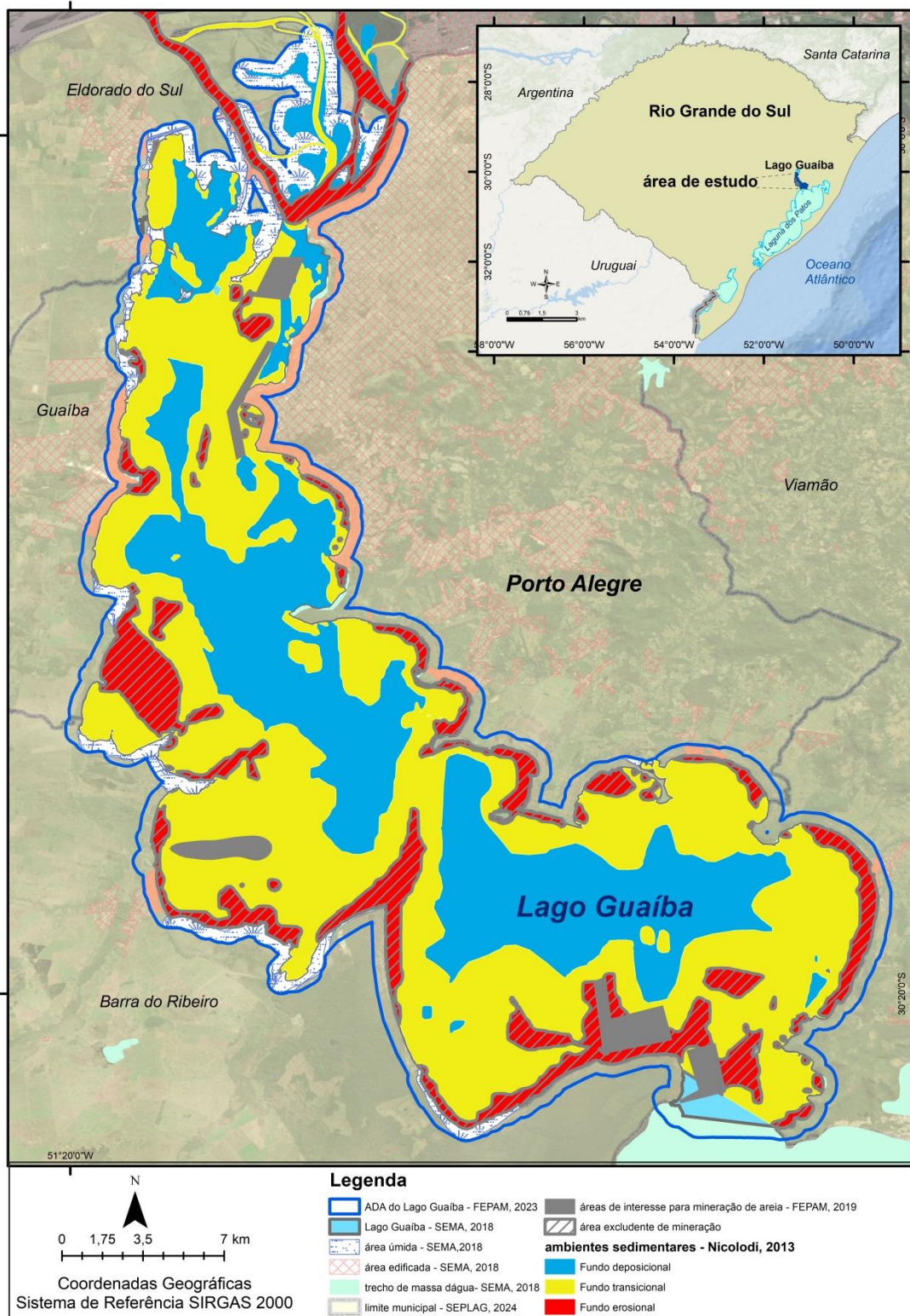


Figura 36: áreas erosionais do estudo de Nicolodi excludentes de mineração.
Fonte: Modificado de Nicolodi (2013).

5.10 Sondagem

O objetivo dos 126 furos de sondagem realizados no lago foi de identificar e diferenciar a ocorrência de sedimentos arenosos (alvo da mineração) e sedimentos finos (*silte* e *argila*), amostrar esses sedimentos a fim de avaliar suas composições químicas, físicas e biológicas, além de reconhecer, quando possível, a profundidade do substrato rochoso estável (*bedrock*). Além disso, os dados de sondagem foram também utilizados para modelar a espessura e a estratigrafia do pacote sedimentar que compõe o fundo do Lago Guaíba.

Com base nas sondagens realizadas, constatou-se que a maioria das amostras apresenta perfis compostos predominantemente por sedimentos finos (*argila*, *argila arenosa* e *silte*) nos primeiros 4 metros, embora possam ocorrer pequenas variações de espessura entre as sondagens. Nas camadas mais profundas, observou-se uma predominância de sedimentos arenosos, com grãos variando de areia muito fina a areia grossa. Em alguns casos, foram identificados grânulos maiores, caracterizados como minerais transportados de áreas circundantes.

Os resultados também indicaram que, nas proximidades das margens, as amostras possuem maiores percentuais de areia, enquanto na região do canal de navegação predominam elevados teores de *silte* e matéria orgânica. De uma forma geral, os mapas litológicos mostram que as camadas arenosas predominam em cotas de profundidade inferiores aos -7,00 metros. Quanto à sedimentação do material fino, destaca-se o processo de decantação, que ocorre em condições de baixa energia, ou seja, com pouca ação de ondas e correntes ou pela presença de barreiras físicas que reduzem o dinamismo do sistema.

Ocasionalmente, camadas de areia argilosa indicam um possível retorno de transporte ativo de sedimentos. Esse fenômeno pode estar relacionado à entrada de material arenoso recente (caracterizado por maior imaturidade, com presença de feldspato, grânulos maiores e fragmentos de rocha) ou ao retrabalho de sedimentos mais antigos, ainda não consolidados, predominantemente compostos de quartzo. Por sua vez, o material arenoso encontrado em maiores profundidades no lago é representativo das fácies sedimentares do sistema Barreira Lagunar. Esse sistema foi influenciado por diversos eventos transgressivos e regressivos que ocorreram ao longo do período Quaternário. Em cada episódio de ingresso marinho, partes da região foram submersas, o que resultou no retrabalho dos depósitos já existentes. Assim, o pacote sedimentar acumulado reflete uma sequência de eventos que abrangem depósitos aluviais, lagunares, lacustres e paludiais de diferentes idades.

Com o aumento da profundidade nas sondagens analisadas, observa-se a presença de sedimentos arenosos compostos por grãos de quartzo de granulometria fina, bem arredondados e bem selecionados. Esses sedimentos podem estar associados a depósitos eólicos e de *backshore* do sistema Barreira Lagunar. Além disso, a presença de fragmentos de conchas associados a esses depósitos arenosos sugere uma relação com depósitos de *shoreface* e *foreshore*. Quando as conchas estão inteiras, é possível identificá-las como pertencentes a organismos bivalves, possivelmente

moluscos. No entanto, quando fragmentadas, não é viável determinar o tipo de organismo ou mesmo a natureza exata das conchas.

Em suma, o pacote sedimentar do fundo do Lago Guaíba contém areia em diversas granulometrias distribuídas de forma relativamente homogênea pelo Lago, tendo variações em função da camada de *silte* ou argila superficial que ocupa tal espaço. Através dos estudos de sondagem foi possível verificar a ocorrência de camadas intercaladas de areia e argila. Essas intercalações ocorrem de distintas formas, havendo diferentes espessuras de pacotes de sedimentos finos sobrepostos a pacotes arenosos e em diferentes cotas, além de, por vezes, ocorrerem camadas onde essas granulometrias se misturam, sendo descrito no relatório de sondagem como areias argilosas e argilas arenosas. Entretanto, quantidades mais expressivas de areia são observadas nas camadas profundas, além da cota de -7,00 m, indicando a ocorrência dessa camada de sedimento fino depositada sobre as camadas de areia ao longo da área do lago.

Desta forma, as restrições para a extração mineral no leito do lago Guaíba, no que diz respeito aos dados de sondagem, se dão por conta da ocorrência de deposição de sedimentos finos (*silte* ou argila) sobre ou intercalados com as camadas de areia – em especial onde nesse sedimento fino foi verificado a ocorrência de material contaminante conforme as análises químicas. O estudo mostrou também que a área profunda da parte centro sul tem origens diversas, especialmente de períodos geológicos distantes com influência de sedimentação de origem marinha, ou seja, provavelmente a retirada deste material de fundo não teria reposição imediata pelo transporte hidráulico das correntes.

5.11 Levantamento Geofísico

A litologia ao redor do Lago Guaíba varia de norte a sul, com predominância de rochas cristalinas na porção norte, especialmente em Porto Alegre. Nas margens dessa região, as rochas graníticas aparecem em pontais rochosos. As rochas cristalinas do Escudo Sul-Rio-grandense estão concentradas principalmente no norte e centro-norte do lago, com a presença dessas formações diminuindo progressivamente para o sul, onde predominam cristais graníticos na margem leste.

Quanto aos depósitos sedimentares, eles estão presentes em todas as áreas ao redor do lago, com maior destaque para a porção sul/sudoeste e, especialmente, para a margem oeste. Os depósitos de planície lagunar são os mais comuns nas margens do Guaíba, seguidos pelos depósitos eólicos e coluviais-aluviais.

Os dados indicam que o fundo do Lago Guaíba apresenta uma maior quantidade de sedimentos arenosos nas áreas próximas ao delta do rio Jacuí, no norte, tornando-se progressivamente mais lamoso em direção à parte central e inferior do lago. A região centro-sul e sul do Guaíba tende a ser dominada por sedimentos lamacentos, com os arenosos restritos às margens. Em alguns pontos, esses sedimentos arenosos são cobertos por uma fina camada de lama. No extremo sul, próximo à Ponta de Itapuã, o fundo do lago volta a apresentar um caráter mais arenoso, com a presença de *sandwaves*.

As seis unidades estratigráficas mapeadas no fundo lacustre do Lago Guaíba indicam diferentes eventos deposicionais, possivelmente relacionados à evolução quaternária da região.

Dentre elas, destaca-se a unidade Pacote Arenoso, que está presente em toda a extensão do lago e corresponde à unidade de maior espessura dos depósitos sedimentares. As maiores espessuras dessa unidade são observadas nas áreas onde o embasamento está mais profundo. O Pacote Arenoso ocorre quase em afloramento nas margens do lago, além de formar terraços e bancos de areia nas porções Centro-Sudoeste e Sul. Em algumas áreas, quando essa unidade é muito rasa (quase aflorante), ela pode estar coberta por uma fina e delgada camada de lama.

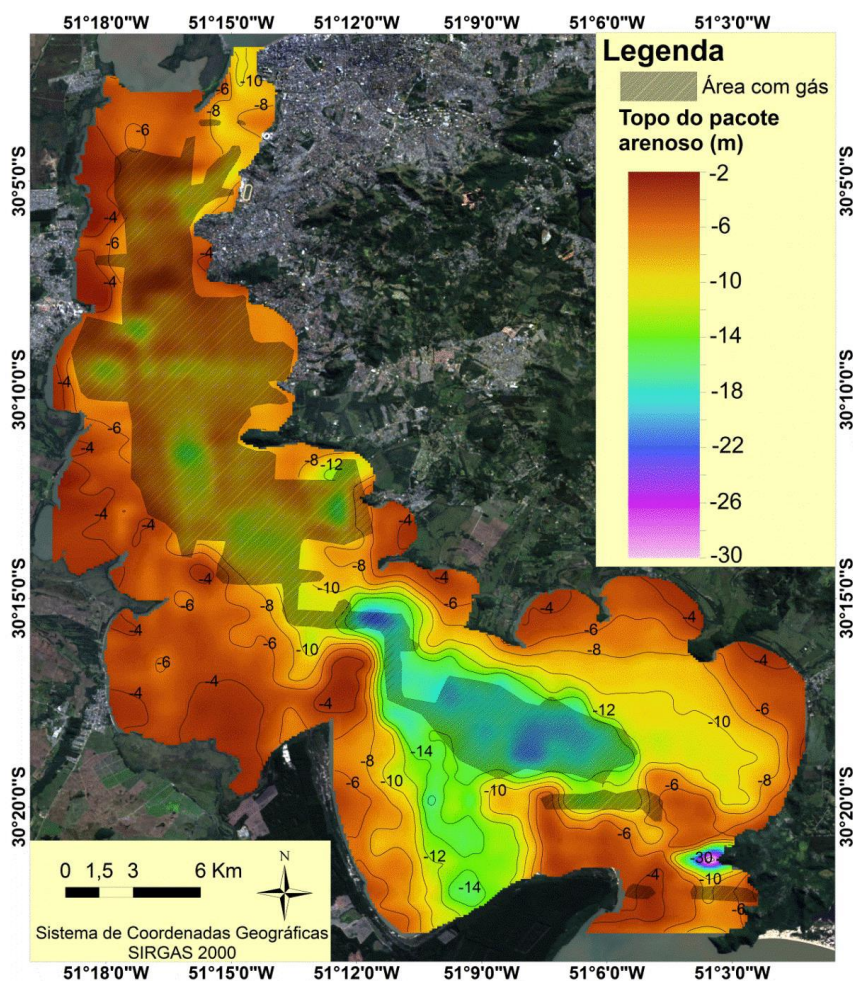


Figura 37: mapa do Topo do Pacote Sedimentar
Fonte: Relatório BELOV N°01.HID.021/18-RE.001- R0.

A maior acumulação de areias na porção centro-sul do Lago Guaíba está associada à desembocadura de rios em sua margem oeste, como o Arroio do Patim, Arroio do Ribeiro e Arroio Araçá. A ausência de espessuras significativas na porção norte do lago pode ser explicada pela retenção parcial dos sedimentos no delta do Rio Jacuí, que, por sua vez, não é complementada por outros cursos d'água importantes que transportem sedimentos para suas margens (Figura 37).

De maneira geral, as áreas centrais do lago, ao longo do eixo do canal principal, são dominadas pela deposição de sedimentos mais lamosos, refletindo um caráter mais deposicional.

Nas proximidades das margens, os sedimentos apresentam uma mistura textural (areia e lama), indicando um padrão transicional nas condições de energia das correntes, onde tanto a deposição quanto o transporte de sedimentos estão em equilíbrio. Nas margens do Guaíba, por outro lado, os sedimentos tornam-se predominantemente arenosos, o que dificulta a penetração do sinal acústico da fonte de som. Em contraste, os sedimentos lamacentos permitem uma melhor visualização do sinal sísmico em profundidade. Assim, as margens apresentam um caráter mais erosional, refletindo a dinâmica das correntes de água, enquanto a parte central do lago exibe um comportamento mais deposicional.

Em comparação com estudos anteriores realizados na área, os sedimentos arenosos das margens do Lago Guaíba apresentam uma "capa lamosa" visível nos perfis sísmicos. Segundo a bibliografia, essas margens arenosas afloram em fundos lacustres mais rasos, onde não há cobertura argilosa, a qual teria sido removida pelas correntes geradas pelas ondas, que causam a ressuspensão dos sedimentos mais finos. No entanto, essa condição nem sempre foi observada. Na margem oeste da porção centro-sul do Guaíba, nas proximidades da Ponta do Salgado, o pacote arenoso aflora no fundo lacustre sem a presença dessa camada lamacenta. Por outro lado, em outras áreas, essa cobertura lamosa foi sempre observada sobre o pacote arenoso nas margens.

Além disso, o estudo identificou a presença de gás nas camadas de fundo do lago, o que dificultou a visualização em alguns perfis sísmicos, especialmente nas porções norte e centro-norte do Guaíba. Esse maior acúmulo de gás na região norte está relacionado à grande quantidade de matéria orgânica transportada pelos rios, que se acumula nessa área.

6 RESULTADO FINAL

Os dados mostraram que o pacote sedimentar do fundo do Lago Guaíba contém areia em diversas granulometrias de forma relativamente homogênea pelo Lago. Entretanto, quantidades mais expressivas de areia são observadas nas camadas profundas, além dos 11 m, somente na porção que vai do centro ao sul do Lago indicando que na parte norte haveria menor disponibilidade quantitativa do mineral. Observou-se que não há sedimentação de areia mais grossa na parte inferior do lago, pois todo o material oriundo dos afluentes principais fica depositado no delta. Somente areia fina argila, silte e matéria orgânica conseguem chegar nas partes centrais e sul do Lago.

A areia profunda depositada da parte centro sul tem origem de eventos pretéritos e não teria reposição imediata pelo transporte hidráulico das correntes em caso de retirada, gerando cavas que seriam preenchidas por silte, argila e material orgânico, gerando depósito de lama ao fundo do Lago.

Conforme resultados do Modelo Hidrodinâmico e de Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba, a não reposição de sedimentos em áreas do lago afetaria a manutenção do equilíbrio sedimentar em caso de retirada de sedimentos pela atividade de mineração, onde comparados cenários com e sem mineração, os cenários que incluíam a atividade apresentaram maior taxa de erosão e menor deposição. De forma geral o estudo hidrossedimentológico indica que áreas ao sul do Lago Guaíba devem ser evitadas para a atividade minerária, assim como nas regiões próximas às margens, uma vez que o mapa de erosão/sedimentação gerado como resultado do Modelo

Hidrodinâmico e de Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba indicou que em tais regiões não haveria reposição da areia extraída, podendo gerar impactos significativos nas margens em função da possibilidade de aumento de ondas e alteração do equilíbrio sedimentar do sistema. Além disso, as áreas caracterizadas como erosionais pelo estudo de Nicolodi, validadas pelo presente estudo hidrossedimentológico, foram zoneadas como restritivas para a atividade de mineração de areia.

Foi detectada a presença de diversos compostos poluentes no sedimento de fundo, com diferenças significativas de concentração em função do local de coleta e profundidade. Embora não tenha sido observado efeito ecotóxico do sedimento, alguns compostos químicos detectados e quantificados podem gerar alterações na qualidade da água do Lago no caso de serem disponibilizados por algum processo físico ou químico, como por exemplo a ressuspensão do sedimento ao meio aquoso em condições de temperatura e pH específicos. Elementos como fósforo presentes na camada superficial dos sedimentos na porção centro sul do Lago devem ter avaliação especial, bem como a ocorrência de nitrogênio em grande extensão do lago, nas 3 profundidades avaliadas, o qual pode acarretar eutrofização do meio (especialmente devido ao fato da água do Lago já apresentar elevados teores de fósforo) ou aumento dos níveis de contaminação da água se o mesmo vier a ser liberado. Da mesma forma, a presença de metais nos sedimentos, em especial chumbo na porção central do Lago e margens de Porto Alegre indica que tais áreas não devem ter ressuspensão dos sedimentos de forma a evitar possível recondução do poluente ao meio aquoso. No caso dos poluentes orgânicos, a porção norte do Lago, apresentou tais elementos e devem ser restringidos processos minerários nesta área.

Grande parte das espécies de peixes e de macroinvertebrados estão bem distribuídas no Lago ou mais concentradas na parte norte. Algumas espécies, entretanto, predominam na parte sul do Lago, com destaque para o *Genidens barbatus* (bagre-branco), espécie caracterizada como em perigo pela Portaria 445/2014 do Ministério do Meio Ambiente e Decreto 51.797/2014 do Estado do Rio Grande do Sul. Além disso, um grupo de espécies foi amostrado com predominância em áreas marginais e mais estruturadas do lago Guaíba, como também associados com rios e arroios, ou a foz destes. Para manutenção e preservação da ictiofauna e macroinvertebrados do Lago de forma equilibrada, foi recomendado que as lavras de areia sejam distribuídas de forma intercaladas, respeitado o período de defeso da pesca, preservada área situada a menos de 1 km das margens e restringir lavra em área de amortecimento (buffer) de 10 km no entorno dos limites do Parque Estadual Delta do Jacuí, da Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger e do Parque Estadual de Itapuã.

Para proteção de Margens e de Fauna Terrestre e Semiaquática, tendo sido observadas áreas com maior concentração de metais pesados, foi definida a exclusão de atividades de mineração numa faixa de 3 km da margem leste (Porto Alegre e Viamão) considerando principalmente a distribuição da espécie *Cyanocyclas guahybensis* no Lago Guaíba e sua biologia reprodutiva; e numa faixa de 2 km da margem oeste (Barra do Ribeiro e Guaíba) considerando principalmente a preferência ambiental de seis espécies de bivalves ameaçados de extinção, sua distribuição geográfica e biologia reprodutiva. Também, com o objetivo de prevenir distúrbios excessivos nas áreas de repouso tradicionalmente utilizadas pelos biguás no Lago Guaíba, foram estabelecidas zonas

de exclusão para atividades de dragagem e mineração em um raio de 1 km ao redor das formações rochosas conhecidas como Pedras de Belém Novo e Baleias da Ponta Grossa.

Em termos socioeconômicos, o estudo realizado indicou que a atividade de extração de areia pode ser benéfica e contributiva para ao desenvolvimento econômico da população do entorno. Entretanto, é proposto preservar distanciamento de 2,1 km das praias, balneários e centros urbanos como forma de evitar possíveis impactos negativos tanto aos usuários do Lago como nas estruturas marginais.

Em suma, os seguintes critérios foram elencados para gerar o zoneamento do Lago Guaíba para a atividade de mineração de areia, onde os critérios excludentes geraram o mapa da Figura 38 - resultado final das áreas propostas como de exclusão e como possíveis para mineração de areia no lago Guaíba.

Critérios excludentes (áreas hachuradas em vermelhas no mapa):

- Áreas de amortecimento do entorno de unidade e parques de conservação ambiental, localizados no extremo norte e na parte sul do Lago, com raio de 3 km quando não estabelecida;
- Áreas de águas classificadas pelo Plano de Bacia como Classe 1;
- Afastamento de 100 m do entorno do canal de navegação;
- No entorno dos pontos de captação de água, com raio de 0,4 km de *buffer*;
- Afastamento de 1 km das margens ao redor do Lago e área de amortecimento (*buffer*) de 10 km no entorno dos limites do Parque Estadual Delta do Jacuí, da Reserva Biológica do Lamí José Lutzenberger e do Parque Estadual de Itapuã, para a conservação da ictiofauna de forma a garantir locais para alimentação e reprodução dos indivíduos;
- Afastamento de 2,1 km de áreas urbanizadas e balneários, conforme estudo socioeconômico;
- Áreas onde os dados da análise de poluentes nos sedimentos indicaram concentrações acima do valor REL - *rare effect concentration* disponibilizado no documento “*Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs du Québec. 2007. Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation*” ou do relatório da CETESB: “Qualidade das Águas Costeiras do Estado de São Paulo, 2022”, ou do nível 1 da Resolução CONAMA 454/2012;
- Afastamento de 3 km da margem leste (Porto Alegre e Viamão) e de 2 km da margem oeste (Barra do Ribeiro e Guaíba) como premissa de proteção às margens, biota e fauna terrestre e semiaquática;
- Raio de 1 km ao redor das formações rochosas conhecidas como Pedras de Belém Novo e Baleias da Ponta Grossa para prevenir distúrbios excessivos nas áreas de repouso tradicionalmente utilizadas pelos biguás no Lago Guaíba.

Critérios para execução da atividade:

- Atender na íntegra o rito do licenciamento para a atividade;

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021

- Observar as distâncias previstas na Portaria Interministerial 60/2015 para a atividade de mineração;

- A lavra de areia deve iniciar em escala piloto, sendo ampliada na medida que programas de monitoramento demonstrem inequivocamente que não há evolução negativa de indicadores de qualidade ambiental, com prejuízo relevante para a biota;

- A lavra de areia deve ser evitada no período de defeso da pesca, em consonância com o período reprodutivo de diversas espécies de peixes e na relação ecológica de peixes-bivalves, entre primeiro de novembro e 31 de janeiro;

- Todas as embarcações deverão possuir sistema de rastreamento via satélite com desligamento automático das bombas de sucção, pois é uma ferramenta importante para garantir a não intervenção nas áreas de restrições e controle;

- Deverá ter avaliação de alteração do regime de ondas, com modelos preditivos em função da profundidade da lavra e condições de contorno, bem como monitoramento das linhas de margens do lago próximas à área de influência do empreendimento;

- Deverá ser definido programa de monitoramento da dispersão da pluma de sedimentos, de forma a evitar que a mesma possa causar impactos nas captações, balneários e clubes náuticos;

- Deverá ser realizada avaliação da camada sedimentar conforme Resolução CONAMA 454/2012 na área a ser minerada e apresentado programa de monitoramento de dispersão da pluma de poluentes no em torno da área e em locais sensíveis próximos;

- Na operação da atividade, deverá ser apresentado laudo técnico conclusivo sobre os monitoramentos exigidos no licenciamento informando eventuais impactos causados pela mineração de areia no lago Guaíba, bem como sugestões de medidas mitigatórias e inclusive possíveis novas restrições. Todas as informações técnicas deverão estar acompanhadas da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do profissional responsável;

- monitoramento periódico do relevo do leito do Lago na faixa de 200 metros a partir da margem (considerado o nível abaixo da cota de inundação);

- Os seguintes monitoramentos de biota terrestre e semiaquática devem ser observados na área de influência do empreendimento:

Vegetação: implementação de um monitoramento contínuo das margens do Guaíba nos municípios de Guaíba e Barra do Ribeiro, com especial atenção aos contornos dos banhados das fazendas Ouro Branco e do Brejo, visando à detecção precoce de instabilidades ou alterações na configuração das margens. A metade leste do Banhado do Brejo, a partir da embocadura do arroio Araçá, tem a totalidade de sua margem naturalmente protegida por uma faixa de camalotes de macrófitas aquáticas que pode atingir até 70 m de largura. Essa formação vegetal atua como um “para-choque” natural, atenuando impactos mecânicos sobre a margem, como aqueles causados pela ação de ondas. Dessa forma, recomenda-se o monitoramento sistemático da largura e da extensão dos camalotais marginais do Guaíba, junto ao Banhado do Brejo, como medida complementar de proteção das margens.

Caso as atividades de mineração no lago sejam autorizadas, é imprescindível que as espécies selecionadas sejam coletadas e analisadas quanto aos níveis de metais e outros elementos de interesse antes do início das atividades e após o início delas. No que se refere aos níveis de contaminação, por se tratar de impacto já existente e que pode ser rastreado em diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar, recomenda-se o monitoramento contínuo da bioacumulação de contaminantes em organismos sésseis ou estritamente residentes na área de estudo. De igual importância é que essa mensuração ocorra ao longo de mais de uma estação do ano e, preferencialmente, quando o lago não esteja sob seca ou enchente.

Sugere-se que sejam escolhidas de três a cinco espécies de diferentes famílias, evitando assim um viés advindo de impactos singulares sobre uma espécie ou comunidade em particular. São sugeridas uma espécie frequente e abundante – o chapéu-decouro (*Echinodorus grandiflorus*), e duas delas mais raras – *Gymnocoronis spilanthoides* e *Solanum amygdalifolium*. Sugere-se também o monitoramento do junco (*Schoenoplectus californicus*) e do canivão (*Hymenachne grumosa*).

Moluscos: Considerando o grande impacto gerado pela atividade de mineração de areia em ambientes aquáticos, tais como aumento da turbidez da água, redução na concentração de oxigênio devido à ressuspensão do material orgânico presente no sedimento, remoção de substrato e flora e fauna associados, ressuspensão e/ou remobilização de elementos químicos (por exemplo, metais pesados), aumento da erosão e profundidade do corpo d'água e criação de barreiras para a migração de espécies, principalmente peixes, recomenda-se que a extração de areia, se licenciada, seja acompanhada por monitoramento de indicadores abióticos (tais como, análises físico-químicas da água, batimetria) e das populações de espécies de moluscos bivalves ameaçadas de extinção.

Anfíbios: Em situações de alagamento natural das várzeas onde existem corpos d'água utilizados pelas espécies de anfíbios para reprodução, materiais particulados e elementos químicos provenientes do fundo do rio podem ficar disponibilizados nesses ambientes. Recomenda-se o monitoramento desses locais principalmente logo após períodos de cheia. Nas áreas para o monitoramento das espécies nativas também deve ser avaliada a presença da rã touro, espécie exótica invasora.

Répteis: Monitoramento permanente da concentração de elementos químicos na água, especialmente metais pesados, bem como a concentração destes elementos em algumas espécies de organismos aquáticos.

Avifauna:

1. Monitoramento da turbidez da água. No caso dos biguás, a distinção entre os efeitos das pressões antrópicas já existentes e aqueles que poderão ser desencadeados pela atividade de extração de areia no leito do Lago Guaíba é extremamente complexa, pela possibilidade de sobreposição e sinergia de impactos. Recomenda-se a elaboração de um perfil de turbidez das águas do Guaíba, com base na coleta sistemática de dados ao longo de pelo menos um ano em pontos de coleta distribuídos por toda a área de concessão de lavra. Este perfil deverá constituir a linha de base para a implementação de um programa de monitoramento contínuo dessa variável na área de estudo, de modo a permitir o ajuste da intensidade das operações de dragagem – em termos, por exemplo, de número de dragas ou de volume dragado – à manutenção de valores de turbidez próximos dos atuais.

2. Monitoramento da abundância do biguá (*Nannopterum brasilianum*). Realizar o monitoramento contínuo da população de biguás que utiliza o trecho avaliado do Lago Guaíba, com o objetivo de compreender os padrões de uso ao longo do ciclo anual e identificar possíveis tendências populacionais ao longo do tempo. A estratégia mais eficaz para esse monitoramento consiste na realização de contagens sistemáticas nos locais onde a espécie forma concentrações de repouso, tanto no Lago Guaíba quanto em dormitórios coletivos. Recomenda-se, em especial, a construção de perfis de ocupação diurna das pedras de Belém Novo e Baleias da Ponta Grossa, com base em contagens mensais, realizadas de forma simultânea nesses pontos. O uso de monitoramento remoto, por meio da instalação de câmeras, pode ser uma alternativa viável, desde que as imagens obtidas possibilitem a estimativa do número de indivíduos presentes. As contagens devem ser estendidas para o dormitório coletivo das aves, caso seja localizado.

Cabe destacar que na hidrovia principal e nos canais hidroviários secundários, as alterações, desassoreamentos e quaisquer outras atividades necessárias para sua manutenção ou ampliação poderão seguir regramento próprio. Também, nos casos em que houver extração de areia motivada para o desassoreamento como ação de utilidade pública para manter ou ampliar o escoamento das águas, a atividade nestes locais específicos e determinados não será regrada por este zoneamento.

Este zoneamento ambiental para atividade de mineração de areia no lago Guaíba deverá ser atualizado em prazo de 5 (cinco) anos, após sua publicação. Também poderá ser atualizado em período inferior, desde que sejam apresentados/atualizados pelos interessados os estudos necessários e tenha aprovação pela FEPAM.

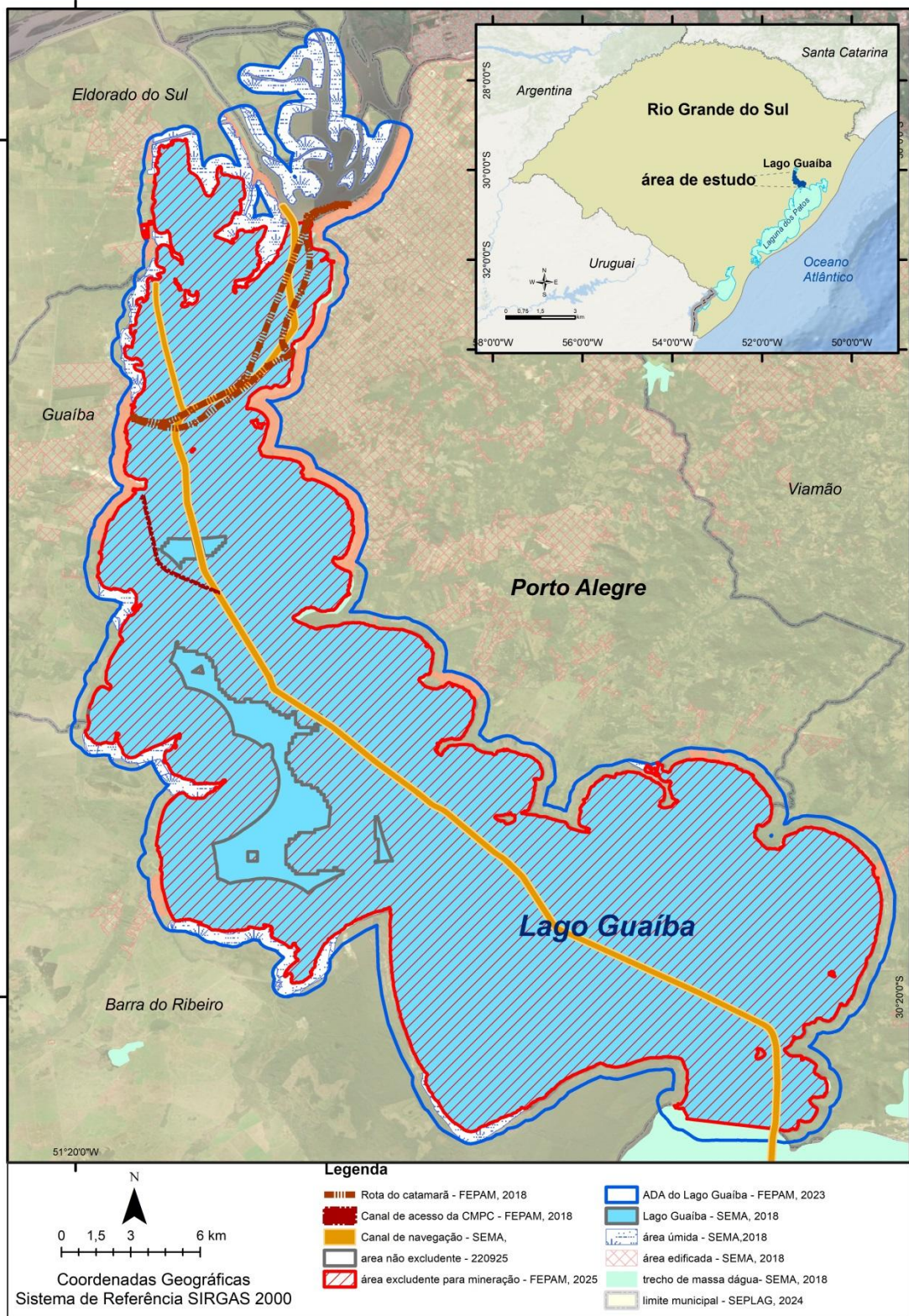


Figura 37: resultado final das áreas propostas como de exclusão e como possíveis para mineração de areia no lago Guaíba.

Fonte: Elaborado pelo Serviço de Inteligência Geoespacial da FEPAM.

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021