

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

GUILHERME GASTAL DE CASTRO RAMOS

PROPOSTA DE CENÁRIOS PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NO
GUAÍBA (RS)

PORTO ALEGRE
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

GUILHERME GASTAL DE CASTRO RAMOS

PROPOSTA DE CENÁRIOS PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NO
GUAÍBA (RS)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, da UFRGS, como requisito para obtenção do título de mestre em Sensoriamento Remoto, sob orientação da Prof^a Dr^a Tatiana Silva da Silva.

PORTO ALEGRE

2019

Dedico ao meu avô, Onofre Machado Ramos, "In Memoriam", que desde minha infância ensinou a observar, cultivar e agradecer à Terra que nos sustenta.

AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer em especial aos meus pais, Helena e Jessé, que sempre priorizaram a minha educação e a dos meus irmãos frente a todos os demais compromissos que demandavam seus esforços e tempo.

Agradeço também à UFRGS, onde completei minha graduação de forma gratuita, e onde agora tenho a oportunidade de realizar o mestrado.

À minha orientadora, Tatiana Silva, pela dedicação e atenção durante todo este período de estudos e desenvolvimento e aos colegas do grupo do Laboratório de Modelagem de Bacias Ricardo Ayup-Zouain.

Aos professores e aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR).

Por fim, agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado acadêmico.

"We are a way for the universe to know itself."

Carl Sagan

RESUMO

O Lago Guaíba, localizado próximo à Região Metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, tem importante ligação cultural com a região e é o principal manancial para os municípios próximos. Além disso, permite a ligação portuária da capital gaúcha com o Oceano Atlântico. No passado recente, o sedimento de fundo foi explorado para fornecimento de areia ao mercado de construção civil da região. No entanto, a atividade de mineração foi paralisada após denúncias de danos ambientais e questionamento legal da competência dos municípios próximos para emissão de autorizações para mineração. Após extensas discussões técnicas e judiciais, a retomada da mineração ficou condicionada ao prévio zoneamento do Lago Guaíba. O presente estudo visa contribuir à proposição deste zoneamento, ao gerar um banco de dados em Sistema de Informações Geográficas (SIG) reunindo informações sobre o Lago Guaíba e, posteriormente, utilizando os modelos ecossistêmicos InVEST - *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* elaborar um mapa de importância de atividades desenvolvidas no Guaíba com base ecossistêmica e propor a modelagem de 3 cenários distintos de zoneamento do Lago para a atividade de mineração de areia. Os diferentes cenários consideraram de forma mais ou menos restritiva aspectos físicos e ambientais do lago como a granulometria do sedimento de fundo, presença de esporões e a distribuição espacial das atividades humanas atualmente desenvolvidas. No entanto, todos os cenários levaram em consideração restrições básicas à mineração, como o distanciamento das margens, um raio de proteção dos pontos de captação de água bruta, o canal de navegação, as rotas de transporte de passageiros, as áreas ocupadas por estruturas de saneamento e a Área de Preservação Ambiental do Delta do Jacuí. Estas restrições básicas ocupam 25,26 km², o equivalente a 4,9% da área de estudo. No Guaíba os pontos que notadamente atraem atividades humanas são pontos como balneários, os cais de navegação comercial, os terminais de transporte de passageiros, as colônias de pescadores, as marinas e clubes náuticos, os pontos considerados como relevantes para pesca e pontos turísticos. Estes pontos foram inseridos no modelo na forma de *Hotspots*. Para avaliação da sobreposição de usos, obteve-se mapas de Frequência de Sobreposição de Uso e de Índice de Importância da Sobreposição. Frente aos cenários desenvolvidos, as áreas sem restrições e com menores graus de importância para as outras atividades humanas foram consideradas mais aptas para a atividade

de mineração. O Cenário A, ou Conservacionista, apresentou 390,6 km² de restrição à mineração, ou seja, 76% da área de estudo. O Cenário B, Desenvolventista, resultou em 144,08 km² de restrição à mineração, ou seja, 28% da área de estudo. E, por fim, o Cenário C, de Gestão, resultou em 257,55 km² de restrição à mineração, ou seja, 50,1% da área de estudo. Os resultados gerados apresentam de forma integrada os principais aspectos a serem observados na proposição de um zoneamento da mineração para o Lago Guaíba, subsidiando o processo de tomada de decisão ao oferecer respostas de maneira flexível, ou seja, na forma de cenários possíveis, ao invés das tradicionais proposições no formato *hard mapping*.

ABSTRACT

Guaíba lake, located near the Metropolitan Region of Porto Alegre, in Rio Grande do Sul state, has an important cultural link with the region and it is the main source of raw water for the nearby municipalities. In addition, it allows the port connection of the Rio Grande do Sul's capital with the Atlantic Ocean. In the recent past, the bottom sediment was exploited to provide sand to the region's construction market. However, the mining activity was paralyzed after complaints of environmental damage and legal jurisdiction of the nearby municipalities to allow the mining activity. After extensive technical and judicial discussions, the continuity of the activity was conditioned to the previous Guaíba lake zoning. The present study intends to contribute to this zoning proposal, generating a database in Geographic Information System (GIS) by gathering information about Guaíba lake and later, using InVEST ecosystem models - Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs to propose the modeling of 3 distinct zoning scenarios for sand mining activity. The different scenarios considered, in different levels of restrictiveness, physical and environmental aspects of the lake such as the granulometry of the bottom sediment, presence of spurs, and the spatial distribution of human activities currently developed. However, all scenarios have considered basic restrictions on mining such as the margin distance, a radius of protection of the raw water catchment points, the navigation channel, the passenger transport routes, the areas occupied by sanitation structures, and the Jacuí Delta Environmental Preservation Area. These basic restrictions occupy 25.26 km², equivalent to 4.9% of the study area. In Guaíba lake the points that attract human activities are points such as seaside resorts, commercial shipping docks, passenger terminals, fishermen's colonies, marinas, and nautical clubs, points considered relevant for fishing and tourist spots. These points were inserted into the model as Hotspots. To evaluate the use overlapping, we obtained maps of Frequency of Overlapping Use and Overlapping Use Importance Index. In view of the developed scenarios, the areas with no restrictions and with lower degrees of importance for human activities were considered more suitable for the mining activity including mining suitability analysis based on Guaíba's different aquatic environmental systems. Scenario A, or Conservationist, presented 390.6 km² of mining restriction, or 76% of the study area. Scenario B, Developmental, resulted in 144.08 km² of mining restriction, that is, 28% of the study area. And, finally, Scenario C, Management,

resulted in 257.55 km² of mining restriction, or 50.1% of the study area. The generated results present in an integrated way the main aspects to be observed in the proposition of a mining zoning for Guaíba Lake, subsidizing the decision-making process by offering answers in a flexible way in form of possible scenarios, instead of traditional hard mapping propositions.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Situação em 2016 do enquadramento das porções do Lago Guaíba no PBHLG.....	26
Figura 2 - Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba.....	27
Figura 3 - Mapa das zonas de restrição de uso na área do espelho do Lago Guaíba.	28
Figura 4 - Distribuição granulométrica do sedimento de fundo.	33
Figura 5 - Mapa batimétrico do Lago Guaíba interpolado a partir de uma coletânea de dados pretéritos.....	35
Figura 6 - Mapa dos ambientes de sedimentação do Lago Guaíba.	37
Figura 7 - Sistemas Ambientais Aquáticos.	40
Figura 8 - Região Hidrográfica do Guaíba.....	45
Figura 9 - Localização da área de estudo.	46
Figura 10 - Fluxograma da metodologia da aplicação do modelo <i>OverllappingUse</i> ..	49
Figura 11 - Proposta metodológica para o Cenário A - Conservacionista.....	49
Figura 12 - Proposta metodológica para o Cenário B - Desenvolvimentista.	50
Figura 13 - Proposta metodológica para o Cenário C - Gestão.....	51
Figura 14 - Atividades humanas inseridas como polígonos no modelo de sobreposição de usos.....	52
Figura 15 - <i>Hotspots</i> de atividades humanas no Guaíba.	54
Figura 16 - Movimentação Total de Cargas 2010 - 2019. Fonte: LabTrans (WebPortos)/ANTAQ.....	60
Figura 17 - Movimentação Total de Cargas no TUP da CMPC 2010 - 2019.....	61
Figura 18 - Mapa de Frequência de Usos do Guaíba.	68
Figura 19 - Mapa de importância relativa de usos do Guaíba com <i>Hotspots</i> de atividades humanas.	69
Figura 20 - Aptidão à mineração média em cada poligonal de Sistema Ambiental Aquático.	71
Figura 21 - Restrições à mineração no Cenário Conservacionista.....	73
Figura 22 - Restrições à mineração conforme Cenário A.....	74
Figura 23 - Cenário A de aptidão à mineração de areia no Guaíba.	75
Figura 24 - Restrições à mineração no Cenário Desenvolvimentista.....	76
Figura 25 - Restrições à mineração conforme Cenário B.....	77

Figura 26 - Cenário B de aptidão à mineração de areia no Guaíba.	78
Figura 27 - Restrições à mineração no Cenário de Gestão.	79
Figura 28 - Restrições à mineração conforme Cenário C.	80
Figura 29 - Cenário C de aptidão à mineração de areia no Guaíba.	81
Figura 30 - Requerimentos e títulos minerários em comparação com a zona de restrição de uso do Cenário C - Gestão.	82

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de qualidade das águas doces no Brasil.	25
Quadro 2 – Distribuição dos Sistemas Ambientais do Guaíba.	39
Quadro 3 - Fonte das Informações geográficas utilizadas neste estudo.	47
Quadro 4 - Critérios de ponderação das atividades quanto à importância socioeconômica.	55
Quadro 5 - Ponderação das atividades do Lago Guaíba quanto a sua importância socioeconômica.	56
Quadro 6 - Unidades de Conservação Estaduais.	64
Quadro 7 - Unidades de Conservação Municipais.	65

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Armazenagem, área (m ²) e capacidade estática (m ³) do Cais Navegantes, Porto Alegre	58
Tabela 2 - Armazenagem, área (m ²) e capacidade estática (m ³) do Cais Mauá, Porto Alegre	59
Tabela 3 - Quantitativos médios mensais de passageiros.	61

LISTA DE SIGLAS

AGABRITAS - Associação Gaúcha dos Produtores de Brita, Areia e Saibro
AGERGS - Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do RS
ANM - Agência Nacional de Mineração
APA - Área de Proteção Ambiental
APP - Área de Preservação Permanente
BELP - Baixo Estuário da Lagoa dos Patos
CATSUL - CatSul Guaíba Transportes Hidroviários Ltda.
CELIC - Subsecretaria da Administração Central de Licitações
CSS - Concentração de Sólidos em Suspensão
DNH - Diretoria de Hidrografia e Navegação
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
EBAB - Estação de Bombeamento de Água Bruta
ESEC - Estação Ecológica
ESM - *Ecosystem Services Modeler*
ETA - Estação de Tratamento de Água
ETE - Estação de Tratamento de Efluentes
FEDERASUL - Federação de Entidades Empresariais do Rio Grande do Sul
FEE - Fundação de Economia e Estatística
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
GBE - Gestão com Base Ecológica
GC - Gerenciamento Costeiro
GIS - *Geographic Information System*
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INVEST - Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs
NatCap - *Natural Capital Project*
PBHLG - Plano de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba
PISA - Programa Integrado Socioambiental
PMPA - Prefeitura Municipal de Porto Alegre
RMPA - Região Metropolitana de Porto Alegre
RS - Rio Grande do Sul
SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
SINDIBRITAS - Sindicato das Empresas de Mineração de Brita, Areia e Saibro do RS
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SPH - Superintendência de Portos e Hidrovias
SUPRG - Superintendência dos Portos de Rio Grande
TUP - Terminal de Uso Privado
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Objetivos	19
1.2	Antecedentes e Justificativa	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Lavra de Areia	21
2.1.1	Lavra por Desmonte Hidráulico	21
2.1.2	Dragagem Hidráulica	21
2.1.3	Impactos da Mineração de Areia em Leito Submerso	22
2.2	Zoneamento e Demais Instrumentos de Gestão Aplicáveis	23
2.2.1	Zoneamentos	23
2.2.2	Plano de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba	24
2.3	Aspectos Regulatórios e de Licenciamento no Lago Guaíba	29
2.3.1	Regulação	29
2.3.2	Histórico do Licenciamento Ambiental da Atividade de Mineração de Areia 30	
2.3.3	Poligonais de Processos Minerários sobre o Guaíba	30
2.3.4	Paralelo com a Regulação da Atividade de Mineração no Rio Jacuí	31
2.4	Aspectos do Meio Físico Relevantes à Tomada de Decisão sobre Mineração no Guaíba	32
2.4.1	Sedimentos	32
2.4.2	Batimetria	34
2.4.3	Ambientes de Sedimentação do Lago Guaíba	36
2.5	Modelagem Espacial com Base Ecológica como Ferramenta de Suporte ao Planejamento e Gestão	38
2.5.1	Gestão com Base Ecológica	38
2.5.2	Modelos InVEST	41
2.5.3	Geração de Cenários	42
3	MÉTODO E DESENVOLVIMENTO	44
3.1	Área de Estudo	44
3.2	Fontes das Informações	46
3.3	Modelo de Aptidão em SIG e Geração de Cenários	48
3.4	Modelo <i>Overlapping Use</i>	51

3.4.1	Atividades inseridas no modelo	51
3.4.2	Sistema de Ponderação de Pesos das Atividades	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1	Caracterização das Atividades Desenvolvidas no Lago Guaíba	57
4.1.1	Atividade Portuária e Navegação	57
4.1.2	Pesca 62	
4.1.3	Unidades de Conservação	63
4.1.4	Obras de Infraestrutura e Saneamento	65
4.1.5	Pontos de Captação de Água Bruta	65
4.1.6	Marinas e Clubes Náuticos.....	66
4.1.7	Turismo e Relevância Paisagística do Guaíba	67
4.1.8	Balneários	67
4.1.9	Canal de Navegação e Rota de Navegação de Passageiros.....	67
4.2	Mapa de Frequência e Importância Relativa dos Usos do Guaíba	68
4.3	Cenário A - Conservacionista.....	72
4.4	Cenário B - Desenvolvimentista	76
4.5	Cenário C - Gestão	79
4.6	Comparação entre as Áreas de Interesse dos Empreendedores e Outros Trabalhos Desenvolvidos.....	82
4.7	Discussões a Respeito das Sobreposições de Usos	84
4.8	Discussões sobre a Geração de Cenários	85
4.9	Limites do Estudo e Recomendações	85
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
6	REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O Lago Guaíba possui importância histórica, econômica e cultural para Porto Alegre (RS) e região metropolitana. A concentração populacional e a importância econômica da região geram uma necessidade de gestão e conciliação das diferentes atividades que o afetam direta e indiretamente.

Dentre as diversas atividades e usos do Guaíba, a mineração de areia se destaca por ser uma atividade com elevado interesse por parte de empreendedores do ramo (RAMOS, 2017), mas com potencial de impacto ambiental bastante alto (SANTOS, 2008), principalmente, porque a mineração revolve o sedimento de fundo que são importantes sistemas deposicionais de poluentes como metais pesados, e possuem um papel importante na remobilização de contaminantes nos sistemas aquáticos (IKEM et al., 2003).

Atualmente paralisada, a atividade de mineração no Guaíba, aguarda, entre outras determinações, que seja feito o zoneamento do Guaíba para esta finalidade. Este zoneamento deverá levar em consideração aspectos físicos do Guaíba, como sua hidrodinâmica e sedimentologia, aspectos socioeconômicos como os conflitos com as demais atividades humanas desenvolvidas, e aspectos bióticos como os potenciais impactos sobre ictiofauna e fauna bentônica, entre outros.

Dentre os aspectos físicos do Guaíba, a batimetria, os ambientes sedimentares propostos por Nicolodi (2007), a caracterização textural dos sedimentos de fundo de acordo com Bachi (2000) e Laybauer (2001), são algumas das principais fontes de informação disponíveis. Podem ser citados também os recentes estudos de hidrodinâmica e sedimentologia de Scottá (2018) e de Miyoshi (2017) que através de estudos de reconstrução ambiental demonstrou resultados que já expressam consequências da atividade de mineração de areia no Rio Jacuí sobre os sedimentos de fundo do Guaíba.

Quanto ao mapeamento das atividades realizadas no Guaíba destaca-se o levantamento realizado no âmbito do Plano de Bacia Hidrográfica que gerou um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que inclui as estruturas de saneamento atualmente presentes, as linhas de navegação, unidades de conservação, entre outras, bem como o trabalho de Trindade (2018) que fez uma análise de sobreposição de usos como suporte ao Zoneamento Ecológico-Econômico.

Este estudo utilizou a Gestão com Base Ecológica (GBE) como metodologia central para a análise integrada das informações disponíveis. Esta metodologia, uma tradução livre do inglês *Ecosystem-based management*, tem como objetivo geral a manutenção dos recursos naturais de uma forma holística, reconhecendo as conexões entre os diferentes elementos dos ecossistemas, incluindo os seres humanos (MCLEOD & LESLIE, 2009) e os processos responsáveis por produzir os serviços ecossistêmicos e proporcionar benefícios sociais (ARKEMA ET AL., 2006).

Neste contexto, o presente estudo pretende mapear os atuais usos e propor uma análise de cenários da aptidão ambiental do Guaíba para a mineração de areia.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo identificar as áreas mais aptas para a mineração de areia através de um modelo espacial de base ecológica, bem como apresentar uma proposta ao zoneamento do Guaíba para mineração de areia na forma de cenários.

Como objetivos específicos, podem ser elencados:

1. Construir um Sistema de Informações Geográficas (SIG) contendo os diferentes usos e os parâmetros relevantes à aptidão da mineração;
2. Avaliar os conflitos de uso com base na sua sobreposição espacial;
3. Gerar diferentes Cenários de distribuição espacial das áreas aptas para mineração de areia;

1.2 Antecedentes e Justificativa

A mineração de areia no Guaíba e no seu principal afluente, o rio Jacuí, já foi pivô de polêmicas. Entre elas foi responsabilizada por danos ambientais necessitando de diversas intervenções dos órgãos fiscalizadores, incluindo aumento nas medidas de controle, automação na forma de fiscalização e até a suspensão das atividades por longos períodos. Sem a realização da atividade de mineração aumentou ainda mais a pressão da atividade mineradora nas alternativas locais próximas, principalmente no rio Jacuí.

No ano de 2016 foi divulgado o Zoneamento Ambiental para Atividade de Mineração no Lago Guaíba, estudo realizado por uma Equipe Técnica formada por Técnicos da SEMA (Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura), do Comitê do Lago

Guaíba, e da FEE (Fundação de Economia Estatística) com base nos diversos estudos para licenciamento ambiental da fase de Licença Prévia de Mineração e de Licença de Operação de Pesquisa Mineral apresentados pelos empreendedores à FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS). Como resultado, este Zoneamento apresentou, em função de uma análise integrada, as áreas disponíveis para mineração, sem ponderar, no entanto, quais as áreas são mais ou menos aptas para a realização desta atividade. Esta proposta de zoneamento foi fortemente criticada, como pode ser visto no documento publicado pela AMAGUAIBA (Associação Amigos do Ambiente) em 2017, e até o momento não foi aprovada como solução definitiva em termos de zoneamento da atividade no Guaíba.

Estudos como a Caracterização Textural dos Sedimentos de Fundo do Lago Guaíba (LAYBAUER, 2002) e o Padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação (NICOLODI, 2007), além do estudo da sedimentação do Guaíba (BACHI, 2000), cujos resultados de distribuição da granulometria de fundo foram confirmados por Scottá (2018), fornecem subsídios para uma análise espacial do Guaíba capaz de indicar, ao menos, áreas onde não deve ocorrer a mineração, seja pelo elevado teor de contaminantes ou pela inexistência de teor de areia no substrato que justifique a sua extração.

Além disso, a identificação espacial dos atuais usos poderá ser utilizada como ferramenta auxiliar na tomada de decisões por parte dos órgãos reguladores do setor da mineração e do meio ambiente. As informações espacializadas referentes às zonas de restrição à atividade minerária, bem como das áreas de reserva mineral de melhor qualidade e menor potencial poluidor poderão ser utilizadas também pelos empreendedores do ramo de mineração. O conhecimento prévio e divulgação destas informações pode evitar o investimento em pesquisa e prospecção de reservas minerais em áreas não indicadas para a atividade devido à sensibilidade ambiental ou em função de conflitos com outras atividades.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lavra de Areia

A extração de areia normalmente é conduzida por meio de dois tipos de operações de lavra dependendo do tipo de depósito: desmonte hidráulico ou dragagem hidráulica em leitos submersos. Embora os princípios técnicos de condução das lavras mantenham-se uniformes, existe uma grande variedade de procedimentos práticos, equipamentos e insumos utilizados, cuja escolha depende, basicamente, das condições da jazida, da escala da produção pretendida e dos tipos de produtos a serem comercializados (ALMEIDA, 2003).

2.1.1 Lavra por Desmonte Hidráulico

A lavra por desmonte hidráulico utiliza prioritariamente uma primeira operação de jateamento de água sob alta pressão na frente de lavra que se desenvolve ao longo das superfícies nas encostas dos morros ou no interior de cavas secas (ALMEIDA, 2003).

2.1.2 Dragagem Hidráulica

A dragagem hidráulica em leitos submersos consiste na aplicação de sistemas de bombeamento para sucção de polpa formada a partir da camada de sedimentos nos fundos dos rios, lagoas, represas ou canais. Os depósitos possuem espessura variáveis contendo material pouco consolidado desde alguns metros, mas podendo atingir até dezenas de metros. O estado de consolidação do material é uma condição necessária para permitir a utilização do método de dragagem (ALMEIDA, 2003).

A draga pode possuir também um dispositivo mecânico na extremidade da tubulação de fundo, cuja função é desagregar o material da superfície do leito e facilitar o trabalho de formação de polpa. A estrutura de uma draga é composta por um sistema de bombeamento sobre uma barcaça móvel, autopropulsora ou movida com auxílio de barco reboque, e que transporta o minério, ou sistema de bombeamento montado sobre barcaça com ancoragem fixa, onde o minério é transferido para as margens por tubulação sustentada sobre tambores flutuantes (ALMEIDA, 2003).

Na situação de extração de areia em leito de rio ou lago, a draga bombeia a areia e outros materiais presentes no fundo do rio, utilizando a água como veículo. A areia bombeada fica depositada na draga ou é enviada através de tubulações

diretamente ao silo, enquanto a água retorna ao rio juntamente com sedimentos finos. O volume de água bombeado é praticamente todo devolvido ao rio, com exceção de uma pequena parcela agregada a areia (SANTOS, 2008).

2.1.3 Impactos da Mineração de Areia em Leito Submerso

Os principais impactos advindos da operação da atividade de extração de areia em leito submerso, conforme Nogueira (2016) e Tobias et al (2010) são descritos a seguir, sendo estes divididos em impactos positivos e impactos negativos.

Impactos Positivos:

Diminuição do assoreamento dos cursos d'água, em virtude da remoção dos sedimentos para a obtenção da areia.

Aumento da oferta de areia, com repercussões positivas, mediante o seu uso para diversos fins, com a consequente melhoria da qualidade de vida.

Impactos Negativos:

Depreciação da qualidade do ar, devido ao lançamento de gases provenientes dos motores e de partículas sólidas, em virtude da utilização de maquinarias em diferentes operações.

Aumento da concentração de partículas em suspensão (turbidez) no curso d'água, devido ao revolvimento e desagregação do material mineral no curso d'água, durante o processo de extração de areia.

Alteração da calha original dos cursos d'água, em virtude do uso de equipamentos de extração de areia nos leitos dos rios.

Possibilidade de interferência na velocidade e direção do curso d'água, tendo em vista a eliminação dos bancos de sedimentos presentes nos leitos dos rios.

Contaminação do curso d'água causada pelos resíduos (óleos, graxas, lubrificantes) provenientes de maquinarias utilizadas nos diferentes tipos de operação.

Depreciação da qualidade física, química e biológica da água superficial, pelo lançamento de efluentes advindos do processo de drenagem da areia e por efluente doméstico gerado no empreendimento.

Eliminação temporária das áreas de refúgio de peixes.

Estresse da fauna aquática, ocasionado pela geração de turbulência no curso d'água durante a extração de areia.

Tendência ao achatamento da base genética das espécies animais aquáticas, advindo das consequências negativas no corpo hídrico, por possíveis derramamentos de óleos, graxas e lubrificantes.

Comprometimento da vida aquática devido à diminuição da produtividade global do seu ecossistema típico, decorrente do aumento da turbidez nos cursos d'água.

Tendência ao achatamento da base genética das espécies vegetais aquáticas, induzido pelas consequências negativas do aumento de turbidez nos cursos d'água.

Diminuição da possibilidade de usos múltiplos da água, tendo em vista o aumento da sua turbidez e a possibilidade de sua contaminação.

Depreciação da qualidade de vida dos trabalhadores e de vizinhos situados no entorno do empreendimento, devido aos ruídos causados pelas máquinas nas diferentes operações do empreendimento.

Impacto visual, associado às estruturas de extração, à estocagem da areia e à descaracterização da paisagem natural.

Risco de acidentes de trabalho, tendo em vista a grande utilização de mão-de-obra braçal durante toda a vida útil do empreendimento.

Risco de acidentes para os banhistas, devido à formação de depressões no leito do rio pela ação das dragas.

Possibilidade de ocorrência de acidentes automobilísticos, por causa da queda de areia durante o transporte para as fontes de consumo.

Aumento da possibilidade de ocorrer acidentes nos ambientes onde houve instabilidade do solo, por ocasião da concentração de operações para a extração de areia.

Diminuição da toponímia, ou seja, perda de identidade entre os ribeirinhos e o lugar em decorrência da mineração da areia, afastando-as, principalmente da beira dos rios e das matas ciliares adjacentes.

2.2 Zoneamento e Demais Instrumentos de Gestão Aplicáveis

2.2.1 Zoneamentos

O Zoneamento Ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981), regulamentado pelo Decreto nº 4.297/2002, no qual o termo Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) passa a ser utilizado. Neste

decreto, o ZEE é definido como o instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, o qual estabelecerá medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

O ZEE visa organizar de forma vinculada as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas. Para alcançar estes objetivos, o ZEE deve levar em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e poderá até mesmo determinar a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais. Atualmente, está em elaboração o ZEE do Estado do Rio Grande do Sul coordenado pela SEMA, que prevê que sejam realizados estudos específicos para o Lago Guaíba.

Enquanto não for elaborado o Zoneamento Ambiental do Lago Guaíba permanecerá a recomendação expressa do Ministério Público Estadual (2015) no sentido de que a FEPAM se abstenha de emitir qualquer licença ambiental para atividade de pesquisa ou extração de areia no Lago Guaíba. Conforme já mencionado, ano de 2016, chegou a ser divulgado um estudo intitulado Zoneamento Ambiental para Atividade de Mineração no Lago Guaíba, no entanto, este estudo sofreu diversas críticas e não chegou a se tornar um instrumento de gestão desta atividade no Guaíba.

No rio Jacuí, afluente do Guaíba, existe a mesma necessidade de zoneamento de áreas para mineração, neste caso já se encontra em fase de início de execução o Zoneamento com base no edital CELIC publicado no dia 11 de novembro de 2016.

2.2.2 Plano de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba

O Plano de Bacia é o resultado de um processo de planejamento, dinâmico e participativo, que visa equacionar o balanço entre a disponibilidade hídrica e os diversos usos demandados na bacia hidrográfica (SOARES NETO et al., 2003).

O Comitê do Lago Guaíba foi criado pelo Decreto Estadual 38.989 de outubro de 1998 e depois de um breve período de aprimoramento e amadurecimento, em 2002, foram publicados os Estudos Preliminares para subsídios ao Plano de Bacia do Lago Guaíba (PBHLG). Em abril de 2016 foi apresentado o Relatório Final Síntese e

SIG - Revisão 01 (ECOPLAN, 2016). O SIG publicado junto a este Relatório apresenta uma grande quantidade de informações geográficas relativas a estruturas de saneamento existentes no Guaíba, canais de navegação, pontos de captação de água, entre outras.

Através do Comitê do Lago Guaíba foi elaborado o enquadramento das porções deste corpo hídrico conforme instrumento previsto pela Política Nacional dos Recursos Hídricos, definido pela Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, o Enquadramento consiste no estabelecimento de metas ou objetivos de qualidade da água (classe) a serem, obrigatoriamente, alcançados ou mantidos em um dado corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

Quadro 1 - Classes de qualidade das águas doces no Brasil.

Classes de Qualidade	Destinação ou Uso da Água
Especial	Consumo humano com desinfecção, preservação das comunidades e ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	Consumo humano, após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas e daquelas em Terras Indígenas; recreação de contato primário ¹⁶ , irrigação de produtos agrícolas que são consumidos crus.
2	Consumo humano, após tratamento convencional ¹⁷ , proteção das comunidades aquáticas; recreação com contato primário; irrigação de culturas agrícolas e de parques e jardins, áreas de esportes e lazer; aquicultura e pesca.
3	Consumo humano, após tratamento convencional ou avançado ¹⁸ , irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário ¹⁹ , e dessedentação animal.
4	Navegação e harmonia paisagística.

Fontes: Garcia, 2012 e CONAMA 357/2005.

O Enquadramento de corpos d'água tem por objetivo estabelecer o nível de qualidade dos recursos hídricos almejado pelos diferentes representantes da sociedade e definido no âmbito do Comitê de Gerenciamento de Bacia. Deve ser utilizado como um instrumento de planejamento para que sejam atendidas as necessidades humanas, de acordo com a Lei Nº 9.433/1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Comitê de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba iniciou o processo de Enquadramento em 2003. Os estudos passaram pelas fases de levantamento das

disponibilidades hídricas, diagnóstico e prognóstico das demandas hídricas, balanço hídrico e cenário tendencial, entre outros. Estes estudos foram apresentados em reuniões temáticas, divulgadas para os membros do Comitê e os seus representantes. Para validar e compreender esta primeira etapa do Plano, foram realizadas reuniões setoriais da Agricultura, Navegação, Pesca, Abastecimento Público, Esgotamento Sanitário, Drenagem Urbana, Resíduos Sólidos e Esporte/Turismo. As informações, validadas nestas reuniões, forneceram subsídios ao processo de Enquadramento que ocorreu no período de 2004 a 2006 de uma maneira mais dinâmica e participativa. Finalmente, em 2006 foi aprovada a primeira fase deste Plano de Bacia, que se constituiu na proposta de Enquadramento (ECOPLAN, 2016, pag. 389).

A figura 1 apresenta a classificação das águas do Guaíba, conforme diagnóstico do PBHLG. Está é a classificação por segmento correspondente ao cenário do ano de 2016 da qualidade da água, considerando as concentrações médias dos parâmetros e o percentil 80 das concentrações por segmento do Lago Guaíba, com base na pior classificação.

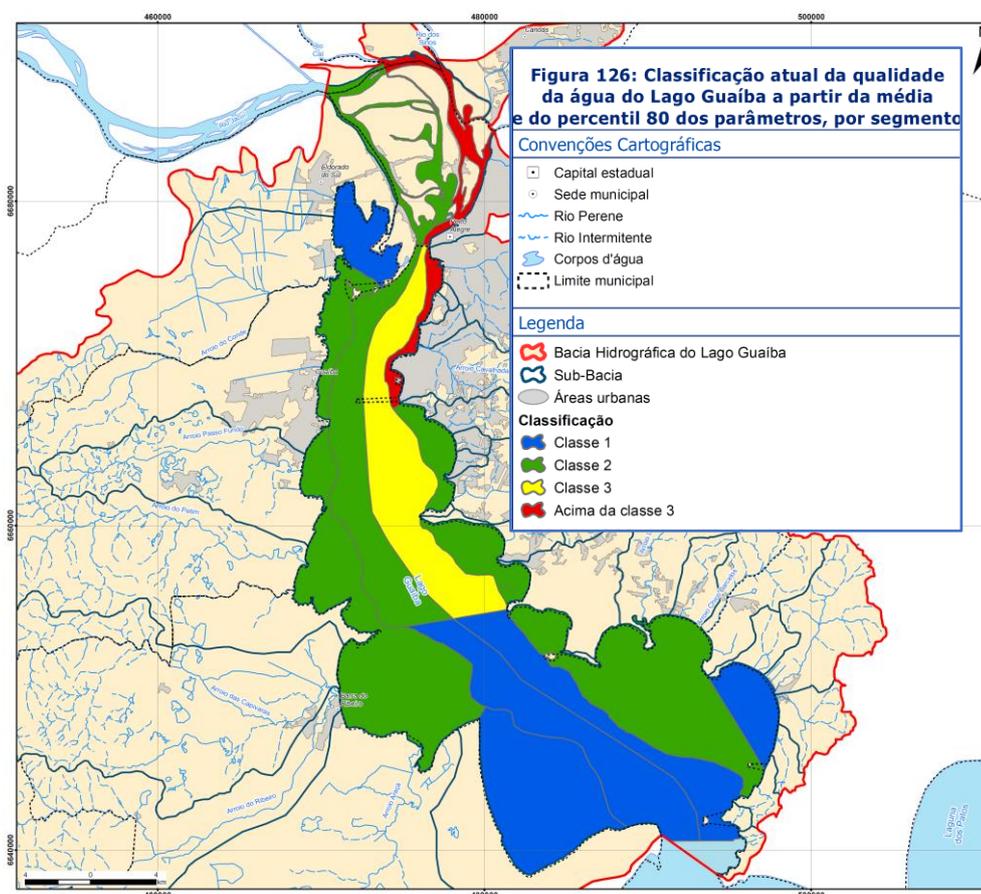


Figura 1 - Situação em 2016 do enquadramento das porções do Lago Guaíba no PBHLG.

Fonte: ECOPLAN, 2016.

Em geral, os segmentos da margem direita ao Lago Guaíba apresentam classe 2. O segmento do canal principal, na margem direita, a montante, apresenta classe 2 e na margem esquerda, classe 3. A jusante, o canal de navegação foi classificado em classe 1 (ECOPLAN, 2016, pag. 367).

Aa figura 2 apresenta o enquadramento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, ou seja, aquele nível de qualidade mínimo, que é desejado que seja mantido e para o qual serão estabelecidos os objetivos, metas e restrições de usos no âmbito do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica.

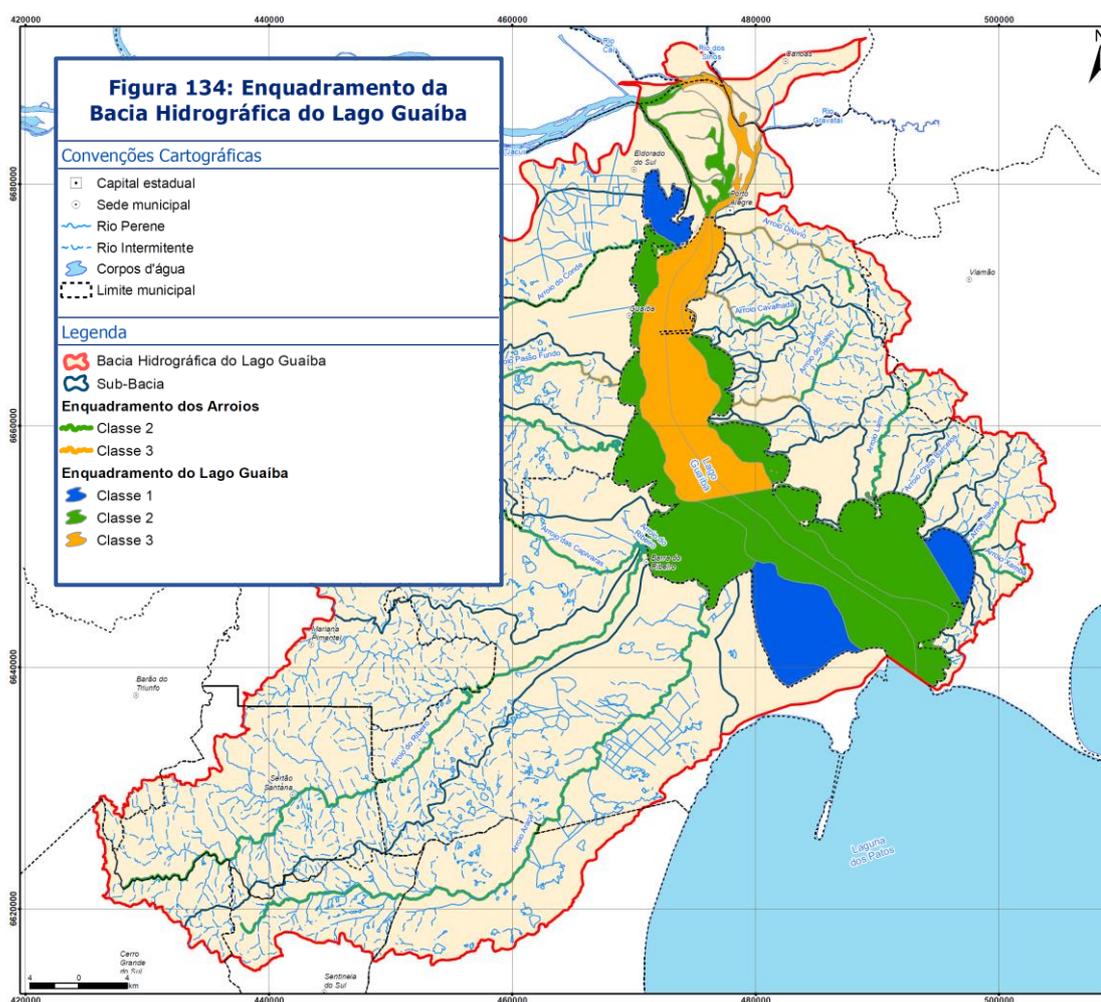


Figura 2 - Enquadramento da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba.

Fonte: ECOPLAN, 2016.

O Enquadramento pode ser levado em consideração como mais um dos critérios para a proposta de Zoneamento para mineração, uma vez que este enquadramento representa o acordo estabelecido no Comitê de Bacia entre os diferentes representantes quanto à qualidade da água desejada em cada setor do Lago.

2.3 Aspectos Regulatórios e de Licenciamento no Lago Guaíba

2.3.1 Regulação

Devido ao valor dos agregados minerais ser baixo em relação ao volume movimentado, cada cidade ou centro urbano torna-se um foco para abertura de novos empreendimentos minerários. Neste sentido, destacou Gomi (2005) que o valor de mercado da areia está diretamente ligado ao custo do frete, que pode, em alguns casos, representar até dois terços do preço final do produto, o que impõe a necessidade de ser extraída o mais próximo possível do mercado consumidor.

No Brasil a regulação do setor de mineração é exercida pela Agência Nacional de Mineração (ANM), que substituiu o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Esta agência é a responsável pela emissão dos direitos minerários aos mineradores que cumprem com os requisitos legais instituídos no Código de Mineração (DECRETO-LEI Nº 227/1967) e de acordo com as diversas Portarias emitidas por este órgão.

Em paralelo ao título minerário, o empreendedor do ramo de mineração deve obter e manter o licenciamento ambiental para a sua atividade de mineração, que dependendo da localização, tipo de substância extraída e do porte da atividade será licenciada pela Secretaria de Meio Ambiente Municipal, pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM) ou pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), ou seja, dependendo do porte e do potencial poluidor da atividade ela será licenciada na esfera municipal, estadual ou federal.

Além do título minerário e da licença ambiental, os empreendedores necessitam obter o assentimento da Prefeitura Municipal, que é expresso por meio de certidões de conformidade quanto à localização do empreendimento em relação às leis de zoneamento municipais ou demais impeditivos eventualmente estabelecidos nas esferas municipais. Como boa parte da área do Lago Guaíba não pertence a nenhum município especificamente, as autorizações municipais expedidas aos mineradores foram questionadas na justiça, o que culminou na paralisação das atividades de mineração de areia.

No caso do Lago Guaíba, boa parte da área está dentro do raio de 10 km de unidades de conservação (UC), fazendo necessário também o consentimento do gestor da UC para o licenciamento da extração de areia.

2.3.2 Histórico do Licenciamento Ambiental da Atividade de Mineração de Areia

Dada a peculiaridade da extração de areia no que concerne ao seu baixo valor agregado, a rigidez locacional dos pontos de extração e o consumo concentrado nos grandes centros urbanos, muito tem se discutido a respeito dos locais onde esta atividade pode ser realizada.

A RMPA tem sido abastecida pela areia extraída do Jacuí e por jazidas abertas em terra firme situadas em municípios vizinhos de Porto Alegre. No entanto, há uma forte mobilização por parte de empresas do setor representadas pelo Sindicato das Empresas de Mineração de Brita, Areia e Saibro do Rio Grande do Sul - SINDIBRITAS e da Associação Gaúcha dos Produtores de Brita, Areia e Saibro - AGABRITAS (FEDERASUL, 2018) no sentido de viabilizar novas áreas de mineração.

Os órgãos ambientais já demonstraram que o tema é de fundamental importância e já foi discutido internamente, sendo que no Zoneamento Ambiental para Atividade de Mineração no Lago Guaíba foram utilizados os critérios de distanciamento mínimo de 60 m das margens, de 400 m do entorno dos locais de captação de água para abastecimento público e de 500 m de balneários e clubes náuticos. Recomendou também o afastamento de 100 m de cada lado dos emissários e da Hidrovia estabelecida pelo SPH. Como resultado, esta proposta de zoneamento estimou que 30% da área do Guaíba seria viável para extração de areia, mantendo restrições temporais em função do período de defeso da pesca e de acordo com o licenciamento ambiental específico de cada local.

2.3.3 Poligonais de Processos Minerários sobre o Guaíba

No caso da mineração da areia algumas nuances extras devem ser consideradas, pois ao contrário da mineração fora de recursos hídricos, sobre o Guaíba não existe direito de posse nem matrículas de propriedade e as áreas não pertencem a nenhum município, sendo consideradas propriedade da União. O título minerário, ainda que apenas para pesquisa mineral ou em fase de requerimento de lavra, é o único documento que regula a disputa entre os empreendedores pelas áreas com potencial de mineração no Guaíba. Quando a atividade de mineração de areia voltar a ser licenciada pelo órgão ambiental, salvo disposição em contrário, os atuais detentores dos requerimentos de títulos minerários terão prioridade. Portanto, essa expectativa justifica o elevado número de processos minerários e requerimentos existentes e mantidos atualmente.

No PBHLG já havia sido delimitada uma zona de restrição à mineração levando em consideração abrangência das UC e suas respectivas zonas de amortecimento, pontos de captação de água, localização do emissário subaquático do PISA e as áreas de abrangência de litologias com teor maior de 50% de sedimentos finos (com potencial concentração de poluentes). Esta zona de restrição resultou em uma área de 393,12 km², ou seja, 81% da área.

Com base no SIG gerado para este estudo foi possível avaliar que dos 635 títulos ou requerimentos minerários vigentes em 19/06/2019 no sistema do DNPM e localizados sobre o espelho d'água do Guaíba, apenas 155 estão completamente fora desta área de restrição à mineração definida no PBHLG.

2.3.4 Paralelo com a Regulação da Atividade de Mineração no Rio Jacuí

Devido à proximidade com a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e ligação fluvial existente e a semelhança da problemática existente no rio Jacuí com a situação do Lago Guaíba cabe ser traçado um paralelo entre os dois casos.

Dada a atual vedação à atividade de mineração de areia no Guaíba, o rio Jacuí tem sido uma alternativa locacional para esta atividade. Em ambos os casos a mineração de areia é feita considerando que haverá um contrato firmado entre o detentor do título minerário e o detentor da draga (FEPAM, 2016).

Desde 2013 está em funcionamento o chamado cercamento eletrônico da atividade de mineração de areia realizado através de dragas, conforme estabelecido pela Resolução CONSEMA 116/2006. Este sistema, exigido nas licenças ambientais das dragas e nas Licenças de Operação dos empreendedores detentores dos direitos minerários, garante que os equipamentos de dragagem funcionem somente quando as dragas estão dentro das poligonais úteis das áreas de mineração devidamente licenciadas. Ao saírem destas áreas, as dragas sofrem a interrupção da atividade por parada de motores de propulsão ou de dragagem. O rastreamento das barcas pode ainda ser acompanhando remotamente e em tempo real pela empresa de rastreamento, órgãos fiscalizadores e qualquer cidadão com acesso à internet através do site da FEPAM.

No Jacuí, as áreas de mineração da SOMAR mantém um afastamento mínimo de 60 m das margens do rio e das ilhas (SOMAR, Relatório de Atividades 2017).

2.4 Aspectos do Meio Físico Relevantes à Tomada de Decisão sobre Mineração no Guaíba

2.4.1 Sedimentos

O substrato depositado no leito do Lago Guaíba é heterogêneo texturalmente, sendo constituído principalmente por areias, areia siltica, silte arenoso e silte argiloso (LAYBAUER, 2002).

Segundo Irion & Zöllmer (1990), mais de 50% dos sólidos suspensos consistem de partículas com diâmetro inferior a 63 µm (silte e argila), também denominados de sedimentos de granulação fina ou lama, dependendo das características hidrodinâmicas do meio, essas partículas, ou parte delas, podem decantar, depositando-se no substrato sedimentar (MALLE, 1990).

Segundo Laybauer (2000) no Guaíba os teores de areia e a razão silte/argila nos sedimentos diminuem com o aumento da profundidade, enquanto os teores de silte e argila (finos) aumentam com a mesma, indicando uma clara relação entre a batimetria do lago e a granulometria dos sedimentos do seu leito.

A amostragem dos sedimentos do leito nos trabalhos de CECO (1999) e Bachi *et al.* (2000), conforme apresentado na figura 4, permitiu definir um zoneamento do leito, segmentando o leito do Lago em setores A, B, C, D, tendo o conteúdo de areia contido para cada setor em: 90 a 100%; 50 a 90%, 10 a 50% e 0 a 10%, respectivamente. Estes dados não foram desenvolvidos com o objetivo de fomentar a mineração e não dizem respeito às quantidades das reservas de areia disponíveis para extração.

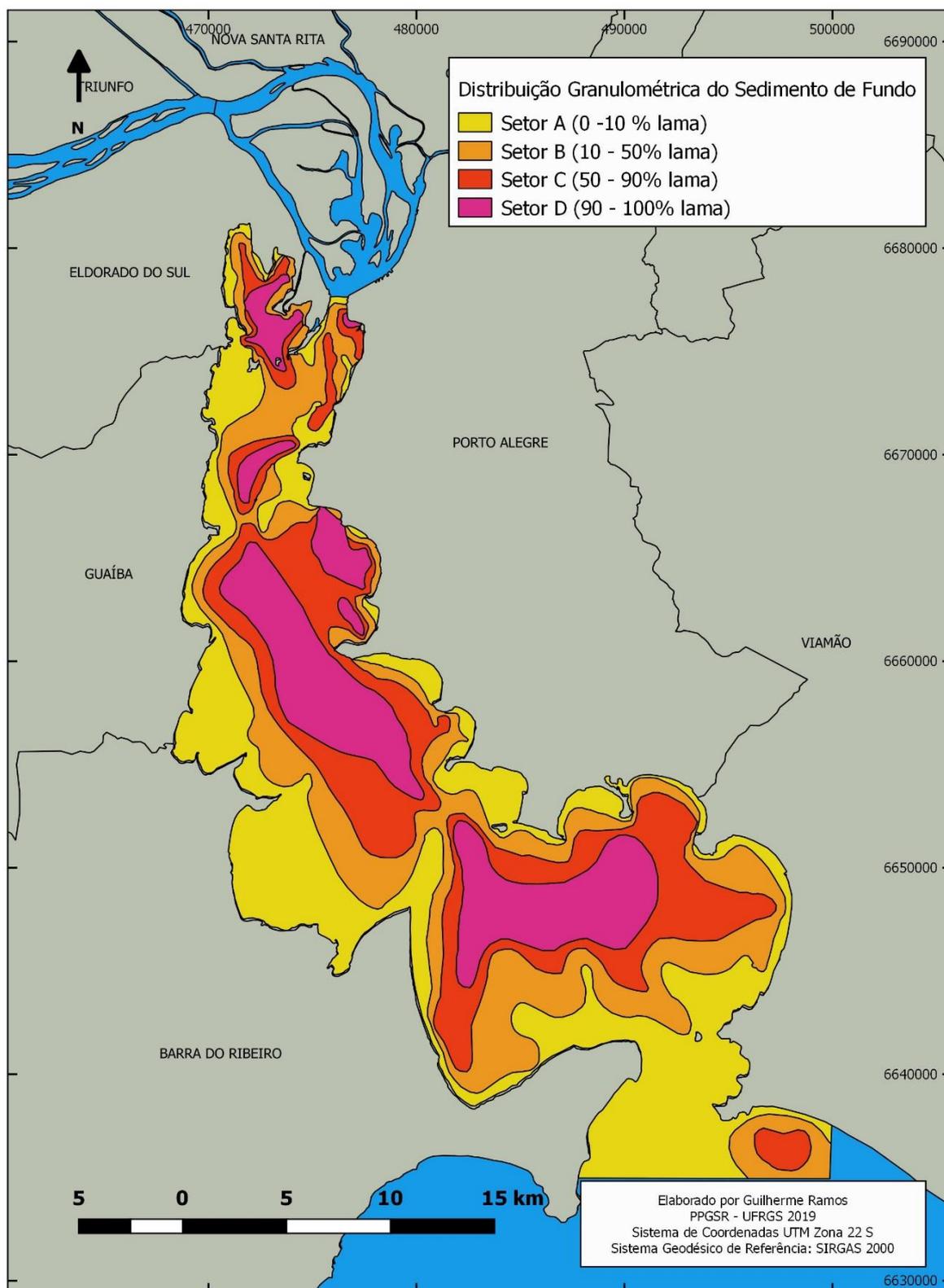


Figura 4 - Distribuição granulométrica do sedimento de fundo.

Fontes: Adaptado de Laybauer, 2000; SIG do PBLG (ECOPLAN, 2016).

As áreas com maiores teores de silte e argila (lama) devem ser evitados para mineração por não serem da granulometria de interesse dos mineradores, e porque, segundo Laybauer (2000), neles pode-se ter estoques expressivos de poluentes orgânicos e inorgânicos. Já nos campos A e B esse potencial é reduzido de forma significativa, devido à pequena concentração de suportes geoquímicos necessários à adsorção de compostos poluentes.

Em termos quantitativos, o valor médio de descarga sólida transportada para a Lagoa dos Patos entre os períodos de 2003 a 2006 foi de 1.098.500 t/ano, o que representa uma exportação de mais de 400.000 m³ de sedimentos da bacia de drenagem do Guaíba para os sistemas deposicionais lagunares (ANDRADE NETO, 2012).

2.4.2 *Batimetria*

As principais fontes de dados de batimetria correspondem ao levantamento batimétrico realizado pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha em 1964 e os dados mais recentes identificados no trabalho de Nicolodi (2007) que compilou dados pré-existentes de batimetria oriundo de três fontes:

Mapa físico do Atlas Ambiental de Porto Alegre, elaborado por Irgang et al. (1997);

Base de dados do projeto "Sedimentação do Lago Guaíba" (CECO, 1999; BACHI et al. 2000); e

Dados obtidos em doze perfis praias e dois perfis transversais com 900 m de extensão cada elaborado por Nicolodi (2002) em praias ao sul do Lago Guaíba.

Este modelo batimétrico está apresentado na figura 5.

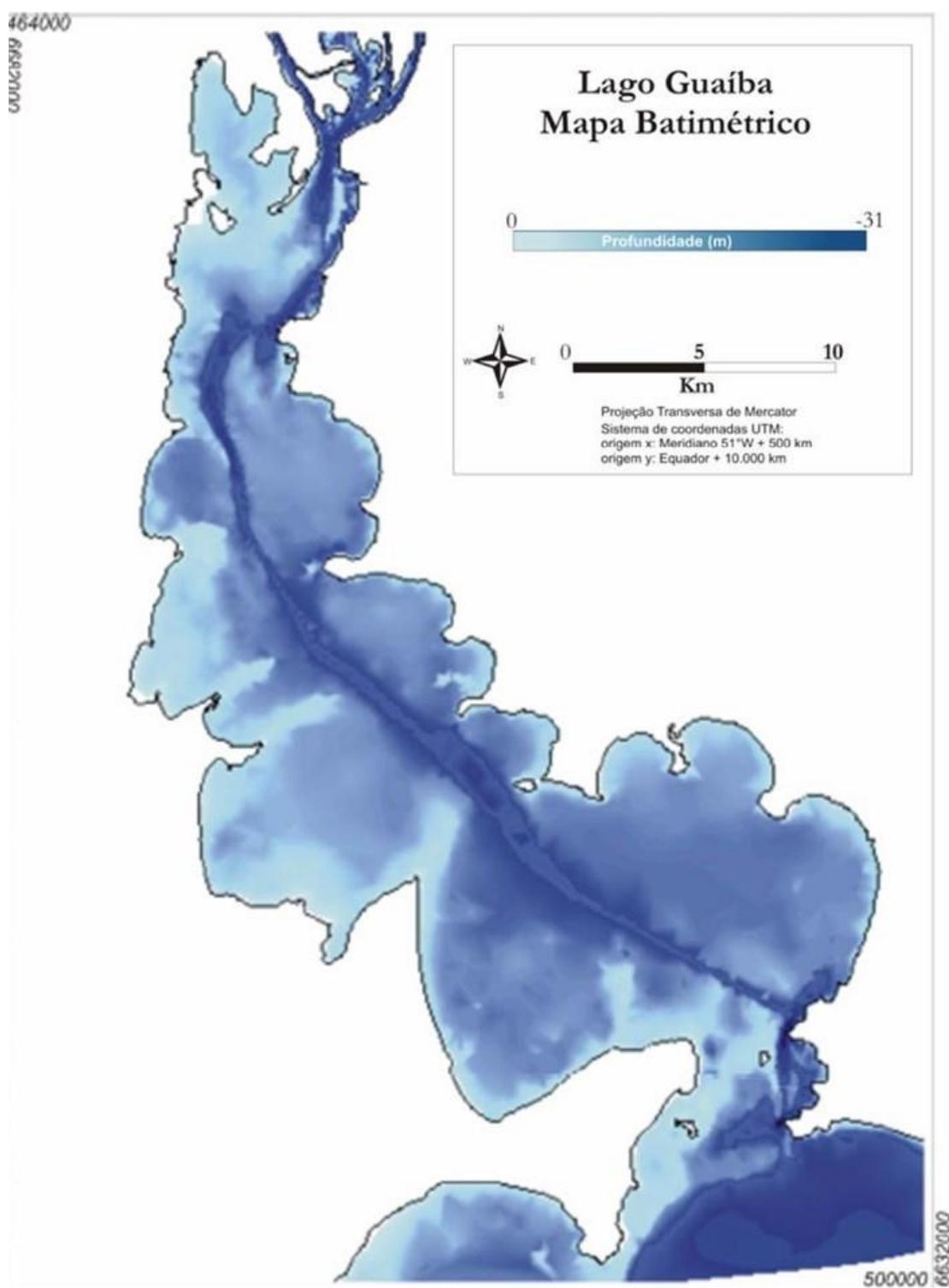


Figura 5 - Mapa batimétrico do Lago Guaíba interpolado a partir de uma coletânea de dados pretéritos.
Fonte: Nicolodi (2007).

De acordo com este modelo batimétrico, o Guaíba possui profundidade média de 2 m registrando valores maiores que 30 m próximos a Itapuã (NICOLODI, 2007).

Este modelo foi utilizado para o estudo dos ambientes de sedimentação do Lago Guaíba que, por sua vez, foi empregado associado a outras características para a delimitação dos Sistemas Ambientais Aquáticos na fase de diagnóstico do ZEE-RS (SEMA, 2018).

2.4.3 Ambientes de Sedimentação do Lago Guaíba

A ação de ventos e geração de ondas também é uma forçante presente nesse sistema. O vento altera a hidrodinâmica do Guaíba, gerando ondas com alturas de até 0,55 m presentes em áreas do canal e com menor altura nas margens mais rasas. As ondas são responsáveis por ressuspender os sedimentos nas áreas mais rasas, até 1,9 m (NICOLODI, 2007). Os mapas de Concentração de Sedimentos em Suspensão (CSS) desenvolvidos por Scotta (2018) confirmam a modelagem proposta por Nicolodi (2007).

O conhecimento da distribuição espacial dos ambientes de sedimentação de um corpo d'água pode ser de grande valia na gestão de sua utilização e conservação. Este conhecimento gera subsídios para diversas áreas, podendo também contribuir à normatização técnica para extração de recursos minerais (NICOLODI, 2007). A figura 6 apresenta o mapa resultante do estudo dos ambientes de sedimentação do Guaíba desenvolvido por Nicolodi (2007).

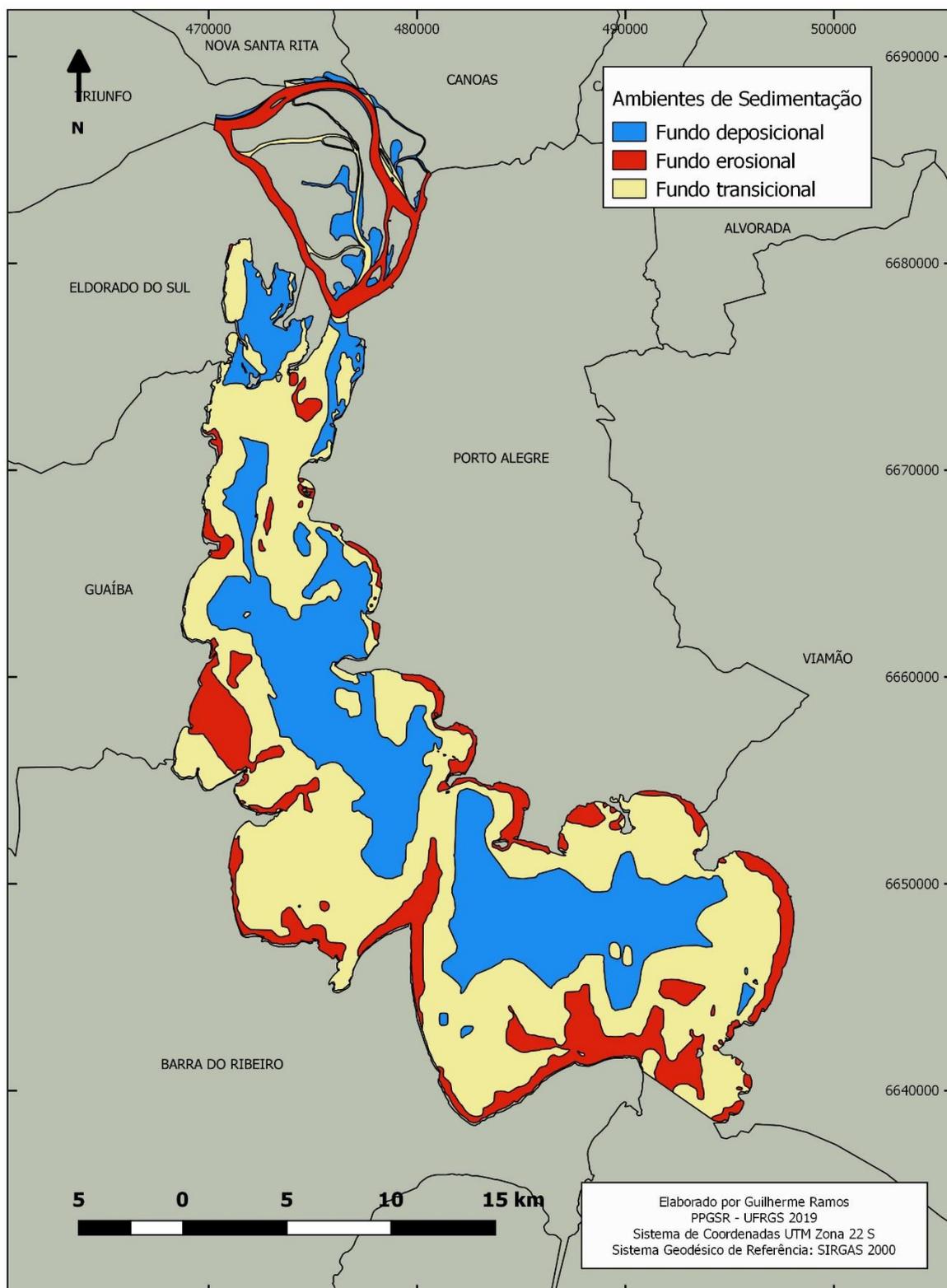


Figura 6 - Mapa dos ambientes de sedimentação do Lago Guaíba.

Fonte: Adaptado de Nicolodi (2007).

Do ponto de vista da mineração, as áreas de maior interesse são aquelas onde predominam na maior parte do tempo ambientes de característica deposicional e transicional, pois garantem aporte e renovação de sedimentos de interesse para extração mineral. Além disso, o processo de ressuspensão das partículas mais finas acaba por selecionar a granulometria aumentando a concentração de sedimentos na granulometria areia nas áreas de menor profundidade. Outro fator importante para a manutenção da qualidade da água do Guaíba no caso da retomadas das atividades de mineração é que se evite revolver o fundo das áreas de granulometria fina, pois nessas áreas a atividade minerária tenderia a devolver para a coluna d'água poluentes que se acumularam nos sedimentos de fundo durante vários anos (NICOLODI 2007)

2.5 Modelagem Espacial com Base Ecológica como Ferramenta de Suporte ao Planejamento e Gestão

2.5.1 Gestão com Base Ecológica

Os estudos de Gerenciamento Costeiro (GC) tem apresentado um processo evolutivo acentuado nas últimas décadas. Inicialmente, a gestão ambiental de sistemas costeiros esteve predominantemente atrelada às ações de controle de atividades estabelecidas em locais específicos (BURROUGHS, 2011). Esta Gestão Setorial, focada em um determinado setor ou atividade econômica, baseada no licenciamento ambiental passou em um segundo momento a considerar os aspectos espaciais de sua atuação, avançando para um Gestão Espacial. Pode-se tomar como exemplo a definição de unidades de conservação, os estudos sobre ambientais específicos como manguezais, entre outros (ASMUS et al,2017).

Mais recentemente, a crescente necessidade de percebermos, entendermos e, eventualmente, interferirmos em sistemas ambientais complexos, tendo em conta suas características físicas e sociais, tem levado o gerenciamento costeiro a um contexto de Gestão Ecológica (ou Gestão com Base Ecológica - GBE) (MC LEOD e LESLIE, 2009).

A base ecológica para a gestão tem, como concepção fundamental, a consideração de que os sistemas marinhos e costeiros são entendidos como um conjunto de ecossistemas compostos por elementos ecológicos (naturais), econômicos e sociais (ASMUS et al, 2017).

A GBE visa, principalmente, conservar a capacidade dos ecossistemas de entregar todos os seus serviços ecológicos (MC LEOD e LESLIE, 2009). A pressão de usos assim como a disputa por espaços e por recursos naturais, proporcionam risco à degradação ou perda aos ecossistemas, e até mesmo podem ocasionar impactos e perturbações em diferentes frequências e durações, comprometendo as estruturas e as funções ecológicas dos sistemas ambientais (MMA, 2008b). De acordo com Ehler e Douvere (2009), em situações de conflitos há enfraquecimento e comprometimento na capacidade dos sistemas ambientais de prover serviços ecossistêmicos, os quais fornecem benefícios à sociedade (MA, 2003; 2005)

Para que seja possível obter as informações necessárias para o estabelecimento da GBE, Asmus (2015) propõe um *Road Map* com as seguintes etapas: (1) identificar os ecossistemas; (2) mapear, modelar, simular os ecossistemas; (3) identificar riscos e problemas (perdas de serviços ecossistêmicos ou de sua qualidade); (4) valorar os ecossistemas com base na percepção de valor de seus usuários (atores sociais); (5) identificar os espaços de gestão; e (6) integrar modelos e propostas com a política pública de gestão ambiental.

Na fase de diagnóstico da elaboração do ZEE-RS o Guaíba teve suas margens e a porção aquática classificados em diferentes Sistemas Ambientais. Na porção aquática foram definidos sete sistemas ambientais levando em consideração os ambientes sedimentares propostos por Nicolodi (2007), a batimetria e o canal de navegação. No Quadro 2 estão listados os sistemas ambientais e sua distribuição.

Quadro 2 – Distribuição dos Sistemas Ambientais do Guaíba.

SISTEMA	ÁREA	% DA ÁREA TOTAL	DISTRIBUIÇÃO
Sistema de baixio com fundo erosional	30 km ²	6,1%	Ampla.
Sistema de baixio com fundo transicional	30 km ²	6,1%	Ampla.
Sistema de baixio com fundo deposicional	9 km ²	1,8%	Pequena, com grupamentos no norte.
Sistema intermediário com fundo erosional	40 km ²	8,2 %	Ampla.

Sistema intermediário com fundo transicional	223 km ²	45,5%	Ampla e predominante.
Sistema intermediário com fundo deposicional	142 km ²	29%	Ampla e predominante.
Sistema Aquaviário	16 km ²	3,3%	Concentrada.

Fonte: SEMA,2018.

Na figura 7 estão apresentados estes Sistemas Ambientais Aquáticos.

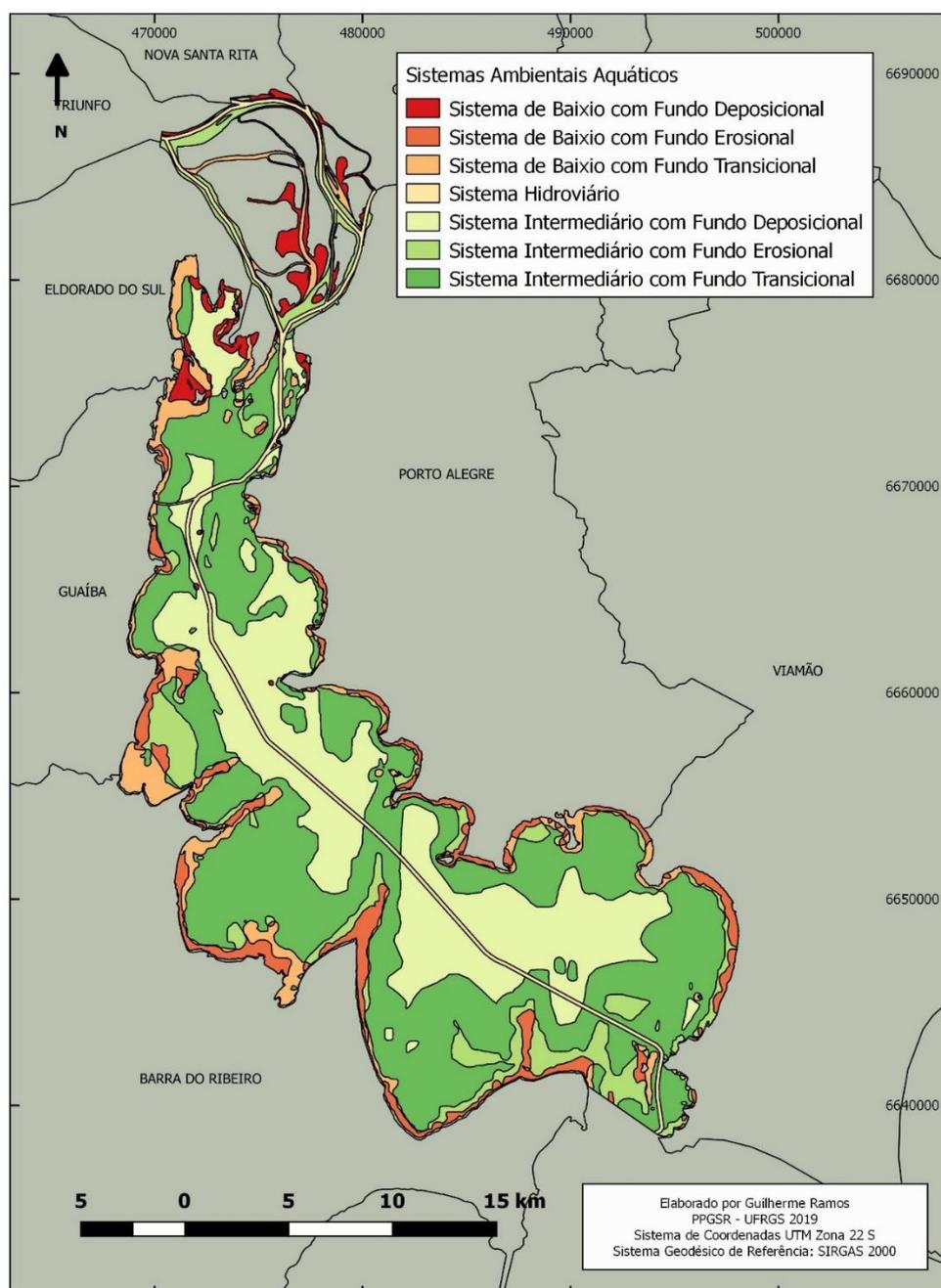


Figura 7 - Sistemas Ambientais Aquáticos.

Fonte: SEMA, 2018.

2.5.2 Modelos InVEST

Os modelos ecossistêmicos *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVEST) foram desenvolvidos pela *Natural Capital Project* (NatCap) em parceria com as universidades Stanford e de Minnesota e as instituições *The Nature Conservancy* e *World Wildlife Fund* (WWF). esse conjunto de modelos está disponível para download no site naturalcapitalproject.org e são de *software* livre e código aberto. São utilizados para mapear e avaliar os recursos e os serviços ecossistêmicos, com finalidade de preservação e de conservação. O InVEST permite que tomadores de decisão, avaliem e quantifiquem as alternativas de gestão para a seleção de áreas importante a investimentos, prezando a proteção dos benefícios ecossistêmicos.

Nyland (2018) utilizou os modelos ecossistêmicos do InVEST para avaliação da sobreposição de usos no sistema de Lagoas Mirim-Mangueira-Patos, no Rio Grande do Sul e obteve mapas de Frequência de Ocorrência e de Índice de Importância, variando de acordo com três cenários ambientais de análise. Com base na análise integrada dos resultados, obteve áreas prioritárias à gestão, divididas em três categorias de necessidades a iniciativas de gestão. Os resultados sinalizam a necessidade de os usos compartilharem espaços e recursos, associando conservação e recuperação com interesses econômicos e sociais.

Trindade (2018) também aplicou o modelo *Overlapping Use*, do InVEST, na análise de sobreposição de usos no Lago Guaíba e identificou a existência de possíveis conflitos de usos devido à incompatibilidade entre atividades. Além disso, através do trabalho desenvolvido conseguiu identificar zonas que necessitam de uma maior compatibilização entre ambiente e atividades humanas, buscando maximizar a exploração dos benefícios advindos dos serviços ambientais.

Na literatura, não há muitos casos de utilização dos modelos do InVest para zoneamento de mineração em corpos hídricos, mas esses modelos têm sido utilizados para o Gerenciamento Costeiro de forma ampla. Outeiro (2015), por exemplo, aplicou o modelo *Overlapping Use* em um caso empírico de como os serviços ecossistêmicos podem ser incorporados ao planejamento espacial marinho na região sul de Los Lagos (Chile) com objetivo de: (a) avaliar as incompatibilidades sobrepostas dentro de cada área de zoneamento; (b) calcular a pontuação de importância dos três principais serviços ecossistêmicos selecionados; (c) avaliar os escores de importância dos serviços ecossistêmicos e desenvolver cenários futuros plausíveis para o zoneamento

marinho. No seu trabalho, Outeiro também desenvolveu indicadores para ponderação inter e intra-atividades com pontuações entre 1 e 3 para diferentes atividades de ecoturismo, para as espécies-chave dos habitats e para as espécies protagonistas do ecoturismo e observação da vida selvagem na região.

2.5.3 Geração de Cenários

Quando tratamos da obtenção de recursos naturais ou demais formas de relacionamento entre atividades humanas e ecossistemas, os diversos atores envolvidos têm interesses distintos e muitas vezes conflitantes. Ao modelar estes sistemas complexos existem inúmeras possibilidades quanto ao nível de impacto ambiental previsto, ou seja, existem distintas visões na confecção de cenários ambientais, as quais fazem abordagens diferenciadas em relação ao modo que os ecossistemas se correlacionam aos interesses humanos.

Arkema *et al.* (2015) desenvolveu o planejamento costeiro e marinho de Belize, com base nos modelos ecossistêmicos InVEST, em que foram projetados três cenários ambientais para 2025, possibilitando a quantificação do retorno dos benefícios ecossistêmicos aos usuários, e propôs um plano de manejo costeiro. Os cenários se basearam em uma combinação de informações sobre os planos de governo, as propostas de planos, a distribuição espacial de usos e a valoração de importância desses usos por meio da opinião dos *stakeholders*. As visões dos três cenários foram: (1) de conservação, em que os ecossistemas devem ser conservados através de restrições ao desenvolvimento; (2) de desenvolvimento, a qual visa o crescimento econômico e a expansão urbana rápida; e (3) de gestão, em que se combinam metas de conservação com necessidades de uso.

No estudo de Outeiro (2015) foram gerados dois cenários futuros plausíveis baseados nas políticas e tendências de tomada de decisão: (1) Cenário de conservação ambiental e desenvolvimento das populações tradicionais; (2) Cenário de desenvolvimento industrial.

Os cenários ambientais são gerados, normalmente, através de metodologia construída de acordo com os objetivos pretendidos. A produção dos cenários se dá conforme a valoração de cada ecossistema, critério ou variável para determinado tipo de pressão que altere ou degrade o ambiente. A valoração, normalmente, leva em conta o envolvimento dos *stakeholders* e a escolha dos cenários pretendidos, sendo necessário o conhecimento das fragilidades, ou seja, o grau de suscetibilidade ao

dano frente a ocorrência de determinadas ações e conflitos, e das potencialidades. (NYLAND, 2018).

3 MÉTODO E DESENVOLVIMENTO

A metodologia proposta tem como plano de fundo a gestão com base ecossistêmica, adotando como conceito central, a definição de MEA (2005) que afirma que os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Através desta abordagem, objetiva-se fazer a manutenção dos ecossistemas em que a atividade mineradora estará inserida, com ênfase nos seus aspectos ambientais e socioeconômicos.

Assim, os diferentes cenários são gerados segundo uma visão antropocêntrica, partindo-se dos seguintes princípios: (1) as variações em termos de restrições ambientais têm como critérios os parâmetros que refletem a maior ou menor oferta de serviços ambientais; (2) a sobreposição de uso é um indicador de competição por serviço ambiental, e considera-se para fins de ponderação, a importância relativa das atividades.

3.1 Área de Estudo

O Guaíba é um corpo hídrico com 496 km² de extensão. Localizado na porção leste do estado do Rio Grande do Sul (RS), a oeste da capital Porto Alegre. Este lago banha também os municípios de Eldorado do Sul, Guaíba, Barra do Ribeiro e Viamão. Palco de diversos usos e ligado culturalmente à região, é o principal manancial que garante o abastecimento de água para a população dos municípios citados.

O Guaíba é formado pelo encontro das águas dos rios Jacuí, dos Sinos, Caí e Gravataí. Recebe também as águas dos arroios situados às suas margens, abrangendo uma área de drenagem de 84.763 Km², ou seja, cerca de 30% do território do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2012). A vazão média anual dos afluentes é de 1483 m³/s (VAZ *et al.*, 2001). A área drenada pelo Guaíba é justamente a mais densamente habitada do Estado, com aproximadamente 6,5 milhões de habitantes, que respondem por quase 70% de todo o PIB estadual (NICOLODI *et al.*, 2010).

As bacias que drenam suas águas direta ou indiretamente para o lago são: Alto Jacuí, Vacacaí e Vacacaí-Mirim, Pardo, Baixo Jacuí, Taquari-Antas, Caí, Sinos e Gravataí, conforme apresentado na figura 8.

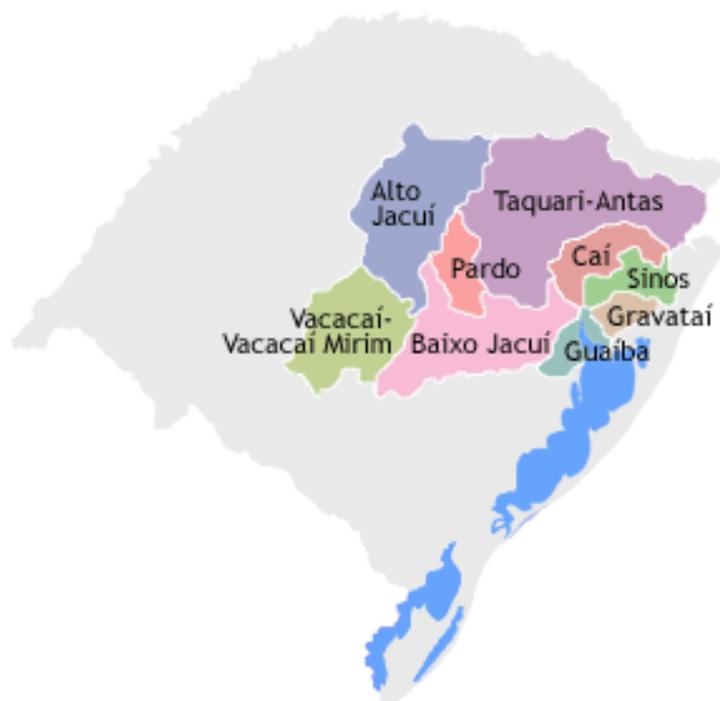


Figura 8 - Região Hidrográfica do Guaíba.

Fonte: FEPAM.

Especificamente a Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (BHLG), conforme delimitação do seu Plano de Bacia, ocupa uma área equivalente a 1,1% da área do Estado do Rio Grande do Sul, no entanto, nos 14 municípios abrangidos, total ou parcialmente, pela BHLG, está concentrada 18,1% da população do Rio Grande do Sul (COMITÊ DO LAGO GUAIBA, 2017).

A área de estudo se concentra no Delta do Jacuí e no Lago Guaíba, ou seja, na massa de água delimitada pelo início do Delta do Jacuí, ao norte, e pelo início da Lagoa dos Patos, ao sul, delimitada pela Ponta de Itapuã, conforme figura 9.

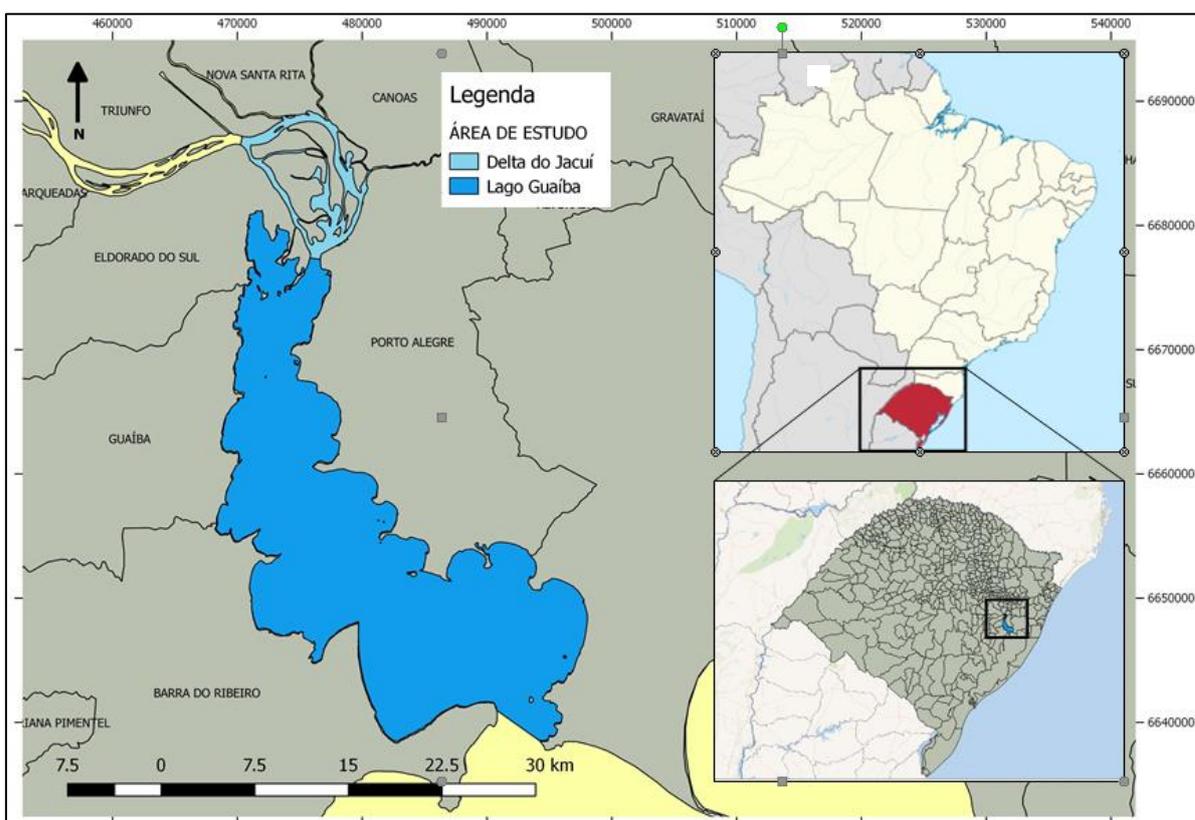


Figura 9 - Localização da área de estudo.

Em contraste às porções altamente urbanizadas e industrializadas, encontram-se ambientes de alto valor cênico e que exercem importantes funções ecológicas. Destaque para os sistemas de matas e áreas úmidas, ambientes de elevada beleza, cujas funções ecológicas incluem (embora não limitadas a): regulação hídrica, provisão de berçário/habitat, estocagem genética, filtragem e depuração, dentre outros. A importância ecológica local fica demonstrada pela existência de cinco unidades de conservação próximas, criadas com o intuito de prover a manutenção dos serviços ecossistêmicos/ambientais locais (SEMA, 2018).

3.2 Fontes das Informações

Os dados e informações espaciais utilizados neste estudo possuem diversas fontes, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Fonte das Informações geográficas utilizadas neste estudo.

Dado de entrada	Modelo onde o dado foi utilizado	Formato	Referência
Atividade Portuária Porto de Porto Alegre	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	SPH (SUPRG) / Decreto Federal de 03/06/2015
Atividade Portuária TUP CMPC	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	LO FEPAM 05144 / 2016-DL / WebPortos
Massa D'água Guaíba e Delta do Jacuí	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Estruturas de Saneamento PISA	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Canal de Navegação	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Linha de Navegação de Passageiros CATSUL	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Esporões	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Enquadramento Proposto PBHLG	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Pontos de Captação de Água Bruta	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Margens (60 m)	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016)
Balneários	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	Google Earth / Google Maps
Marinas e Clubes Náuticos	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	Google Earth / Google Maps
Colônias de Pescadores	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	Google Earth / Google Maps
Pontos Turísticos e Pontes	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	Google Earth / Google Maps
Cais de Navegação Comercial	<i>Overlapping Use</i>	Lista	Google Earth / Google Maps
Cais de Transporte de Passageiros	<i>Overlapping Use</i>	Lista	CATSUL (2017)
Locais considerados bons/ótimos para Pesca	<i>Overlapping Use</i>	Lista de Coordenadas	Rech da Silva (2007)
Divisão Municipal	Imagem de Fundo	<i>Shapefile</i>	IBGE
Distribuição Granulométrica do Sedimento de Fundo	Restrições dos Cenários	<i>Shapefile</i>	PBHLG (ECOPLAN, 2016) / Adaptado de Laybauer, 2000
Poligonais de Direitos Minerários	Conclusões	<i>Shapefile</i>	ANM (2018)
Batimetria	Conclusões	Raster	Nicolodi (2007)

Todas as informações foram reunidas em um SIG que será disponibilizado para consulta através do servidor do Laboratório de Modelagem Ricardo Norberto Ayup Zouain – Labmodel, do Instituto de Geociências da UFRGS.

3.3 Modelo de Aptidão em SIG e Geração de Cenários

A área de exclusão à atividade de mineração compreenderá uma distância de 60 m da margem em direção ao interior do corpo hídrico, as informações utilizadas no modelo incluem as estruturas de saneamento como emissário de esgoto doméstico e de efluentes, o canal de navegação, a APA do Delta do Jacuí, locais onde a granulometria dos sedimentos de fundo for composta por elevados teores de lama, os esporões e as porções do lago enquadradas como Classe 1 no PBLG. Variações destes critérios básicos serão avaliadas para três diferentes cenários.

Dados obtidos em projeções distintas foram reprojatados para o Datum Sirgas 2000, projeção UTM, utilizando o software QGis. Os dados vetoriais foram transformados em dados *raster* compatíveis com o Software TerrSet® para execução da modelagem de conflito de usos no módulo *Overlapping Use* do *Ecosystem Services Modeler*. Como saídas serão gerados os mapas de importância e de frequência de atividades. O mapa de importância das atividades será considerado inversamente proporcional à aptidão da área para mineração de areia, de modo que as áreas menos utilizadas serão consideradas mais aptas para a atividade de mineração.

Foi calculada a média do mapa de importância delimitado para cada polígono contínuo dos sistemas ambientais da porção aquática do Guaíba de modo a verificar quais os sistemas ambientais apresentam maior concentração de atividades e conseqüente disputa por serviços ecossistêmicos.

O fluxograma da metodologia de aplicação do modelo pode ser visualizado na figura 10.

Sobre o mapa de aptidão à mineração foram delimitados três diferentes cenários de restrição à mineração:

Cenário A - Conservacionista;

Cenário B - Desenvolvimentista;

Cenário C - De Gestão.

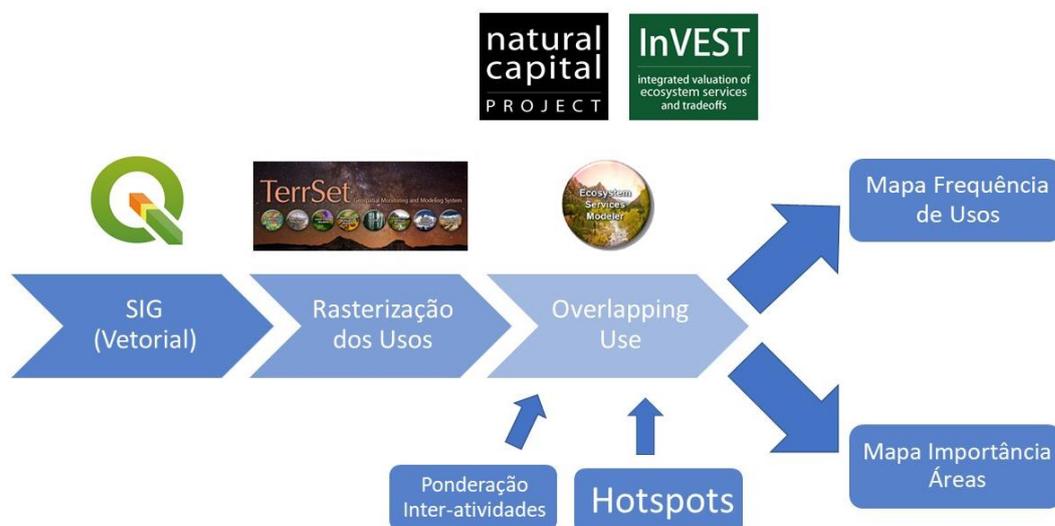


Figura 10 - Fluxograma da metodologia da aplicação do modelo *Overlapping Use*.

O detalhamento dos critérios e restrições em cada cenário estão apresentados nas figuras 11 a 13.

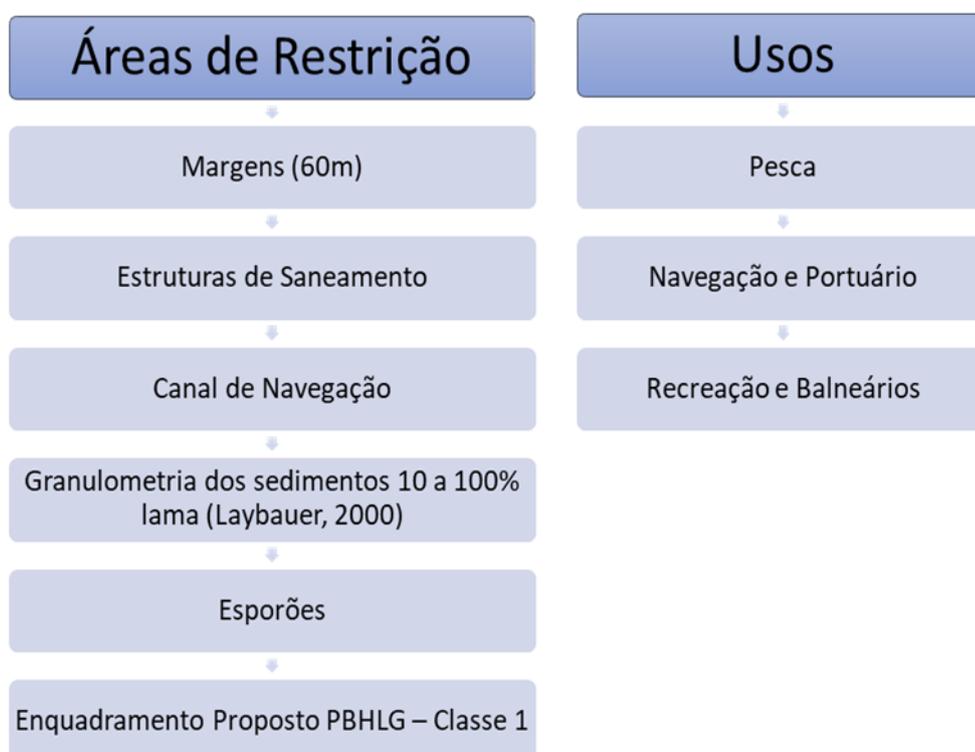


Figura 11 - Proposta metodológica para o Cenário A - Conservacionista.

O Cenário A, ou Conservacionista, figura 11, é o que apresentará maior área de restrição à mineração, principalmente por considerar todas as restrições básicas e uma faixa mais ampla de granulometria de sedimentos de fundo como áreas inaptas para a atividade de mineração. Também será o único a considerar o Enquadramento Proposto no PBHLG como Classe 1 como restrição à mineração.

Este é, portanto, o cenário que privilegia a conservação da qualidade da água do Guaíba em detrimento de área superficial disponibilizada para mineração.

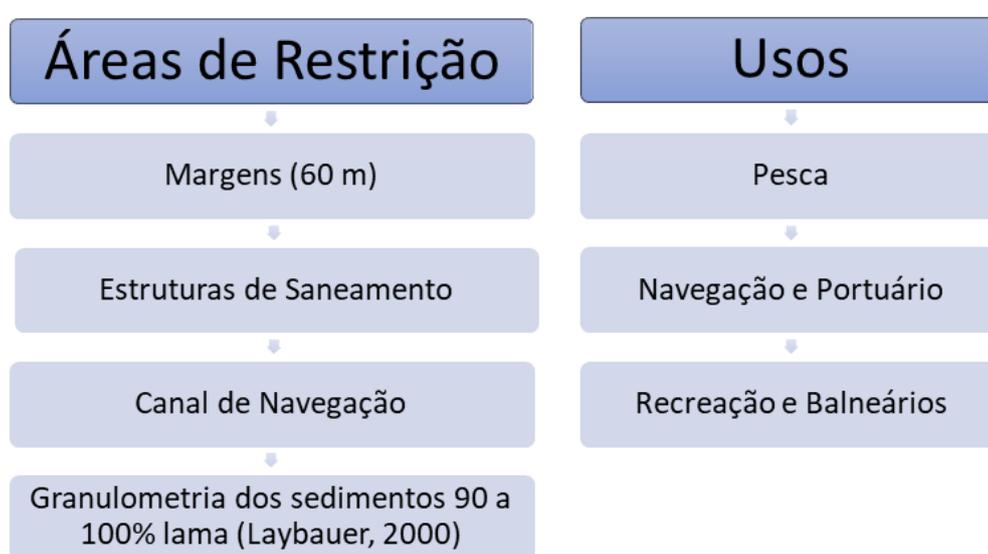


Figura 12 - Proposta metodológica para o Cenário B - Desenvolventista.

O Cenário B, ou Desenvolventista, figura 12, é o que apresentará menor área de restrição à mineração. Este cenário considera restritas à mineração em função da granulometria do sedimento de fundo apenas onde ocorre áreas com sedimentos na faixa de 90% ou mais na granulometria lama. Não considera restrições em função do Enquadramento Proposto no PBHLG, mas mantém como restrições o canal de navegação, as rotas de navegação de passageiros, as estruturas de saneamento do PISA e a faixa de 60 m a partir das margens do Guaíba. É, portanto, o cenário onde maior área superficial estaria disponível para mineração.



Figura 13 - Proposta metodológica para o Cenário C - Gestão.

O Cenário C, ou Cenário de Gestão, figura 13, é um intermediário entre os Cenários A e B. Neste cenário além das restrições básicas (margens, canal de navegação, linhas de navegação de passageiros, estruturas de saneamento) estão considerados os esporões e as áreas de granulometria de sedimentos de fundo entre 50 e 100% de lama como inaptos para a mineração.

Os resultados são apresentados, para cada cenário inicialmente apenas com a delimitação de cada tipo de restrição empregada e posteriormente com as diferentes restrições aglutinadas como áreas de exclusão da atividade, enquanto as áreas sem restrições aparecem com a representação *fuzzy*, compostas por variações contínuas de aptidão, considerando o critério de mais apta à mineração quanto mais distante das áreas de uso intensivo.

3.4 Modelo *Overlapping Use*

3.4.1 Atividades inseridas no modelo

Para a análise de sobreposição dos usos será utilizado o modelo *Overlapping Use* presente no *InVEST*, acrônimo para *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*, desenvolvido pelo *Natural Capital Project* (<http://www.naturalcapitalproject.org>). O nível de importância de cada uso frente aos demais será dado pelos pesos inter-atividade utilizando o indicador de Importância Socioeconômica da atividade presente na metodologia já desenvolvida e aplicada no estudo de Nyland (2018).

Para a utilização do modelo *Overlapping Use* todas as informações espaciais que estavam no formato *Shapefile* foram transformadas em *raster* no *TerrSet®*. Os *rasters* gerados foram referenciados ao *Datum* Sirgas 2000 em coordenadas UTM. O tamanho do pixel foi definido em 25 m, adequado para a escala de trabalho.

As atividades inseridas como polígonos no modelo *Overlapping Use* foram Pesca, Atividades Portuárias, Navegação de Passageiros e o Canal de Navegação. A atividade pesca foi considerada como realizada em toda a área de estudo.

A atividade Portuária incluiu as Bacias de Evolução e demais áreas do Porto de Porto Alegre, o Terminal de Uso Privado da CMPC, localizado no município de Guaíba.

Aa figura 14 apresenta a disposição espacial destas atividades.

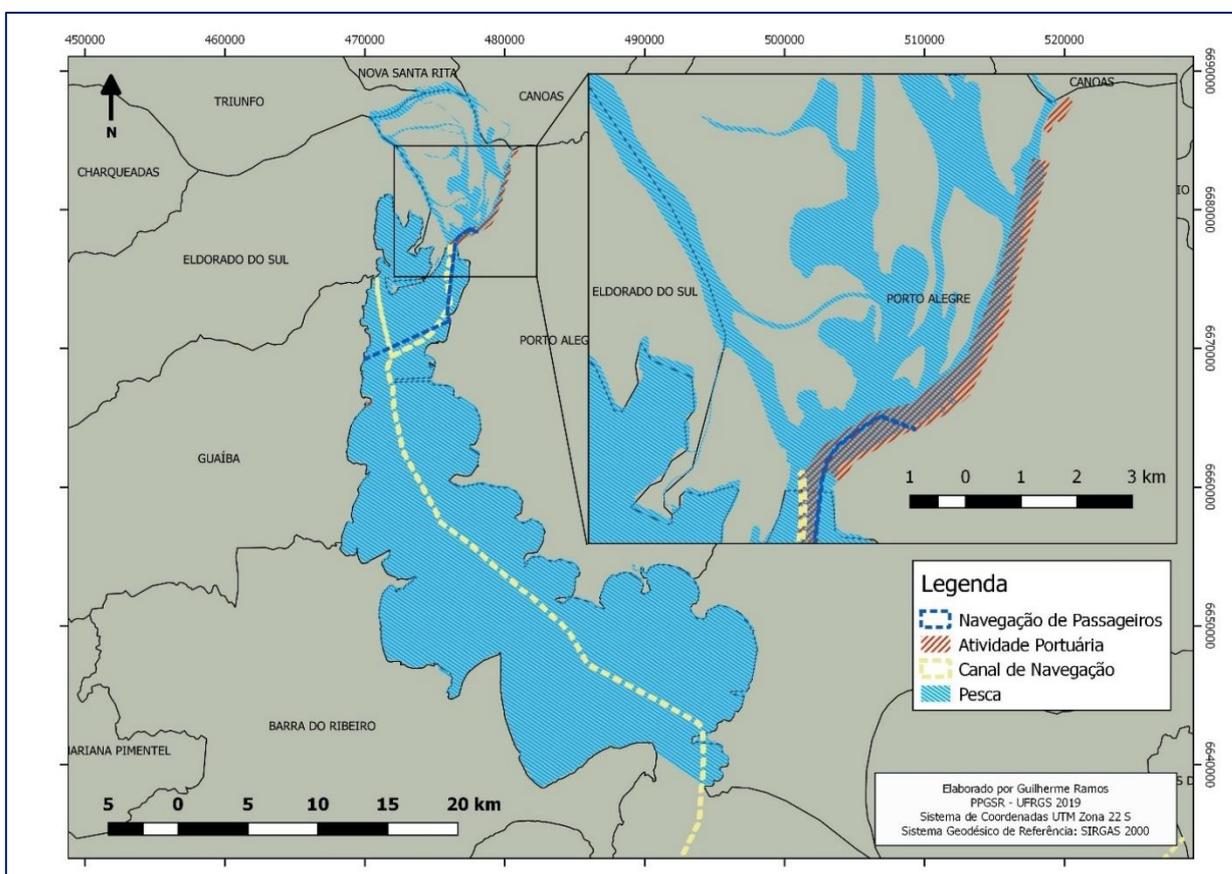


Figura 14 - Atividades humanas inseridas como polígonos no modelo de sobreposição de usos.

As demais atividades foram inseridas na análise através dos *Hotspots*. No modelo *Overlapping Use* existe a possibilidade de inserção de pontos de notável interesse para atividades humanas. Estes pontos interferem apenas no Mapa de Importância Relativa das Atividades e não influenciam no Mapa de Frequência das Atividades.

No Guaíba os pontos que notadamente atraem atividades humanas são pontos como os balneários, os cais de navegação comercial, os terminais de transporte de passageiros, as colônias de pescadores, as marinas e clubes náuticos, os pontos considerados como relevantes para pesca e os pontos turísticos. Os pontos de interesse para pesca inseridos no modelo foram quatro pontos classificados como bons/ótimos de acordo com a opinião de pescadores da região obtida em Rech da Silva (2007).

Dentro desta proposta de modelagem foram determinados os *Hotspots* apresentados na figura 15.

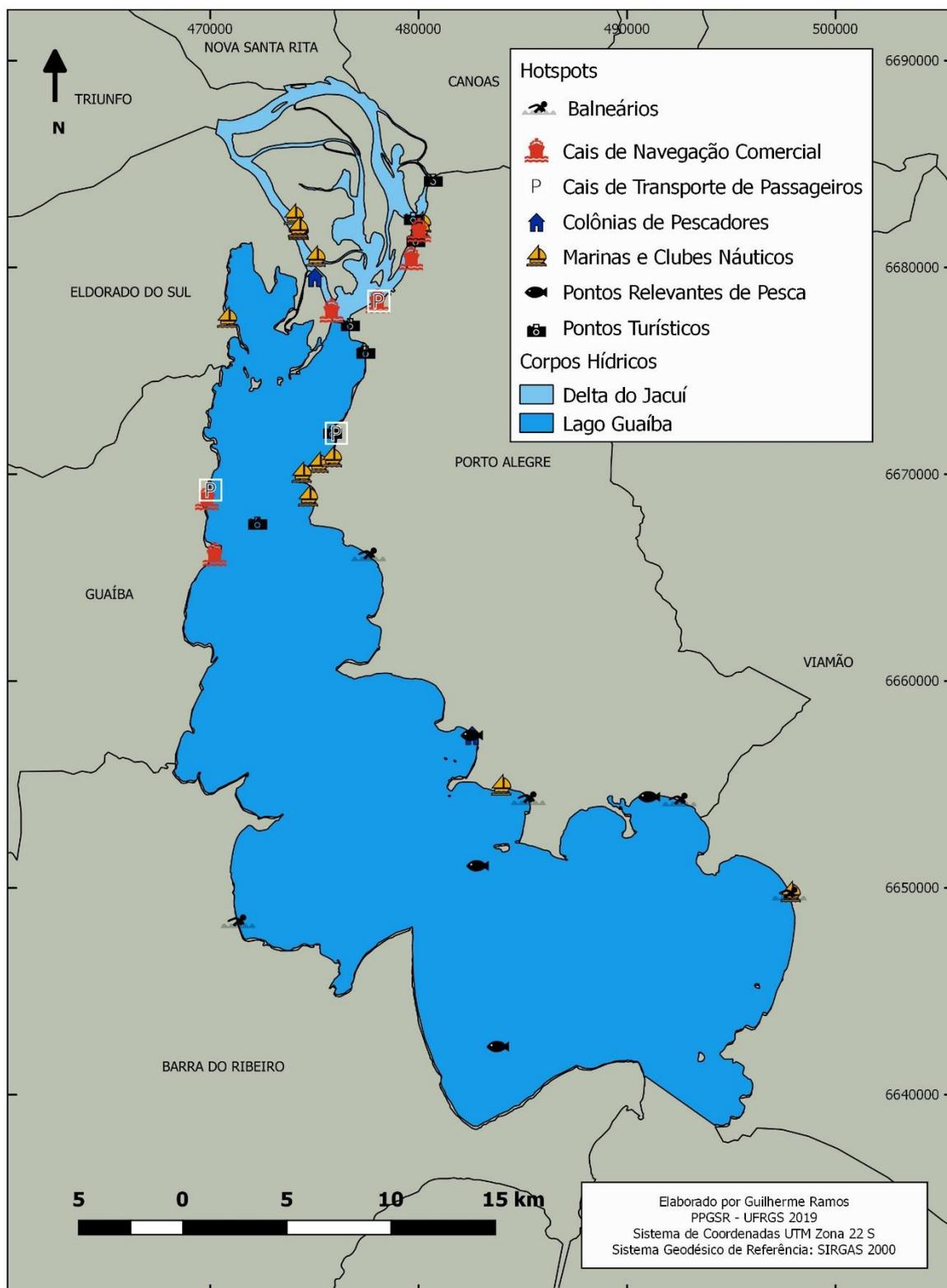


Figura 15 - Hotspots de atividades humanas no Guaíba.

Para essa função pode ser adicionada uma taxa de decaimento de distância, a qual irá aumentar o índice de importância de determinadas áreas de acordo com a

proximidade de locais relevantes para o uso. A taxa de decaimento (β) padrão do modelo é dada pelo valor $\beta = 0,025$. A taxa de decaimento utilizada foi de $\beta = 1$. Quanto maior for o valor β utilizado, mais aumenta o raio de interferência dos hotspots no mapa de importância de usos.

3.4.2 Sistema de Ponderação de Pesos das Atividades

As atividades realizadas no Guaíba e inseridas no modelo tiveram seus pesos estabelecidos considerando a sua importância socioeconômica através de parte da metodologia desenvolvida de forma conjunta com Nyland (2018), a qual já havia sido empregada no estudo de Modelos Ecológicos aplicados no Baixo Estuário da Lagoa dos Patos.

Considerou-se que quanto mais distantes das áreas típicas das atividades humanas e dos pontos de concentração de atividade humana, ponderadas entre si através de sua importância socioeconômica, mais aptas foram consideradas as áreas para mineração.

As diferentes atividades receberam uma pontuação de 1 a 5. Sendo a pontuação 1 destinada à atividade menos importante e 5 à atividade mais importante com relação aos critérios socioeconômicos apresentados no 4.

Quadro 4 - Critérios de ponderação das atividades quanto à importância socioeconômica.

	CATEGORIAS	IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA ATIVIDADE				
PESO	INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	Potencial de Arrecadação de Impostos	Geração de Renda Local	Exclusividade Social da Atividade	Escala de Influência da Atividade	Número de Atores Envolvidos com a Atividade
1	CRITÉRIOS	Não Gera	Não Gera	Não há dificuldade para troca de atividade	Pontual	Um Ator
2		Baixo	Baixa	Pouca dificuldade para troca de atividade	Local	Dois Atores

3	Médio	Média	Média Dificuldade para troca de atividade	Regional	Três Atores
4	Alto	Alta	Alta dificuldade para troca de atividade	Nacional	Quatro Atores
5	Muito Alto	Muito Alta	Impossibilidade de troca de atividade	Global	Cinco ou Mais Atores

Os resultados da aplicação destes critérios de ponderação estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Ponderação das atividades do Lago Guaíba quanto a sua importância socioeconômica.

Categoria	1 - Importância Socioeconômica da Atividade no Lago Guaíba			
	Usos			
Indicador Socioeconômico	Pesca	Portuário/ Navegação Comercial	Navegação Passageiros	Lazer (Uso Recreativo e Esportes Náuticos)
Potencial de Arrecadação de Impostos	1	5	4	3
Geração de Renda Local	3	3	4	3
Exclusividade Social da Atividade	3	4	2	2
Escala de Influência da Atividade	2	5	3	3
Número de Atores Envolvidos com a Atividade	2	4	3	3
Média	2.2	4.2	3.2	2.8
Ponderação Final	2	4	3	3

De acordo com esta metodologia, a atividade Portuária/Navegação Comercial recebeu pontuação 4. As atividades de Navegação de Passageiros e Lazer receberam pontuação 3 e a atividade Pesca recebeu pontuação 2.

Estas pontuações foram posteriormente introduzidas no modelo *Overlapping Use* do Software *TerrSet®* que junto com os *Hotspots* determinou o grau de importância relativa das atividades do Lago Guaíba apresentado na Figura 18.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentadas as informações espacializadas que compuseram o SIG, a aplicação da metodologia proposta para obtenção dos mapas de áreas com maior aptidão à mineração, as restrições à mineração nos 3 cenários distintos e a apresentação da aptidão à mineração dentro de cada Sistema Ambiental.

Os resultados dos levantamentos de informações espaciais estão aqui apresentados, porque compõem o SIG que é um dos resultados que este trabalho tinha como objetivo desenvolver e disponibilizar.

4.1 Caracterização das Atividades Desenvolvidas no Lago Guaíba

4.1.1 Atividade Portuária e Navegação

Os principais dados apresentados foram obtidos de documentos oficiais (planos, zoneamentos, normativas, licenças) publicados por entidades governamentais, bem como outras publicações técnicas de departamentos especiais como a SEMA, SPH e a SUPRG.

O Porto de Porto Alegre possui 8 km de cais acostável, divididos entre os cais Mauá, Navegantes e Marcílio Dias. Após a extinção da Superintendência de Portos e Hidrovias - SPH pela Lei Nº 14.983/2017, o Porto passou a ser administrado pela Superintendência do Porto de Rio Grande - SUPRG.

Conforme a Portaria MT nº 1.009/1993, a área do Porto organizado de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, é constituída:

- a) Pelas instalações portuárias existentes na margem esquerda do Guaíba, estendendo-se desde a extremidade sul do Cais Comercial, junto à Ponta da Cadeia até a extremidade norte, junto ao Saco do Cabral, abrangendo todos os cais, docas, pontes, píeres de atracação e acostagem, armazéns, silos, rampas ro-ro, pátios, edificações em geral, vias internas de circulação rodoviária e ferroviária e, ainda, os terrenos ao longo dessas faixas marginais e em suas adjacências, pertencentes à União, incorporados ou não ao patrimônio do porto de Porto Alegre ou sob sua guarda e responsabilidade;
- b) Pela infraestrutura de proteção e acesso aquaviário, tais como áreas de fundeio, bacias de evolução, canal de acesso ao norte do paralelo 32° S, áreas adjacentes a esse, até as margens das instalações do porto organizado, conforme definidas no item "a" acima, existentes ou que venham a ser

construídas e mantidas pela Administração do Porto ou outro órgão do poder público.

O acesso aquaviário aos terminais portuários é feito pela hidrovia que se estende ao longo da Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba. A extensão total desta hidrovia é de aproximadamente 310 km, dos quais 236 km apresentam profundidades naturais entre 6,5 e 7 m, enquanto cerca de 74 km necessitam ser dragados periodicamente a fim de manter o calado oficial de 17 pés (5,18 m) com uma largura de 80 m. O trecho de canais artificiais na Lagoa dos Patos possui 35.216 m de extensão e no Guaíba 39.120 m.

Todas as instalações de acostagem do Porto de Porto Alegre são de uso público e a atracação dos navios deve ser feita de acordo com a prioridade definida no Regulamento de Exploração do Porto e mediante autorização do órgão administrador.

Todas as operações portuárias e possíveis arrendamentos devem ser pautados pelo Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto, devidamente aprovado pela Secretaria de Portos da Presidência da República - SEP/PR. As áreas que poderão ser objeto de arrendamento por terceiros, possuem a seguinte natureza de carga:

- a) Cais Mauá: Revitalização Portuária;
- b) Cais Navegantes: Carga Geral, Granéis sólidos e líquidos e terminais Multipropósito;
- c) Cais Marcílio Dias: Terminais Multipropósito;

No Plano Mestre estão caracterizadas as áreas de armazenagem de cada subdivisão do Porto. O Cais Navegantes apresenta capacidade estática total de 294.620 m³ dividida em seus armazéns, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Armazenagem, área (m²) e capacidade estática (m³) do Cais Navegantes, Porto Alegre

ARMAZÉM	ÁREA (M ²)	CAPACIDADE ESTÁTICA (M ³)
C-6	8.560	51.900
D	3.900	23.400
D-1	3.900	23.400

D-2	3.900	23.400
D-3	3.900	23.400
D-4	3.900	20.280
E-1	3.380	20.280
E-2	3.380	20.280
E-4	3.380	20.280
Armazém SPH (ex-Bunge)		18.000
Armazéns Serra Morena		50.000
Total		294.620

A capacidade estática total do Cais Mauá é de 180.400 m³, dividida em 16 armazéns, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Armazenagem, área (m²) e capacidade estática (m³) do Cais Mauá, Porto Alegre

ARMAZÉM	ÁREA (M ²)	CAP. ESTÁTICA (M ³)	OBSERVAÇÕES
A	840	4.800	-
A-1	1.920	9.600	-
A-2	1.920	9.600	-
A-3	1.920	9.600	-
A-4	1.920	9.600	-
A-5	1.920	9.600	-
A-6	1.920	9.600	-
A-7	1.920	9.600	-
B	960	4.800	-
B-1	1.920	9.600	-
B-2	1.920	9.600	-
B-3	960	4.800	-

C-1	1.600	8.000	Ocupado pela estação naval do corpo de Bombeiros
C-2	1.600	8.000	-
C-3	5.300	31.800	Ocupado como garagem e oficina de manutenção de veículos da SPH.
C-4	5.300	31.800	-
Total		180.400	

O porto possui duas bacias de evolução, uma frontal ao Cais Mauá, denominada “Bacia Bravo”, e outra frontal ao Cais Navegantes, denominada “Bacia Alfa”. Ambas apresentam largura média de 500 m, extensão de 5.000 m e profundidades de 6 m.

Os dados sobre a movimentação total de cargas no Porto Organizado de Porto Alegre contemplam Granel Sólido, Carga Geral e Carga Containerizada. As cargas mais transportadas no Porto em todos os estes anos foram Adubos (Fertilizantes) e no Terminal de Uso Privativo (TUP) da CMPC foram Pastas de Madeiras.

Nas Figuras 16 e 17 são apresentados os dados do total de carga transportada em toneladas nos anos de 2010 a 2019 (dados parciais para o ano de 2019) no Porto de Porto Alegre e no TUP da Celulose Rio-grandense.

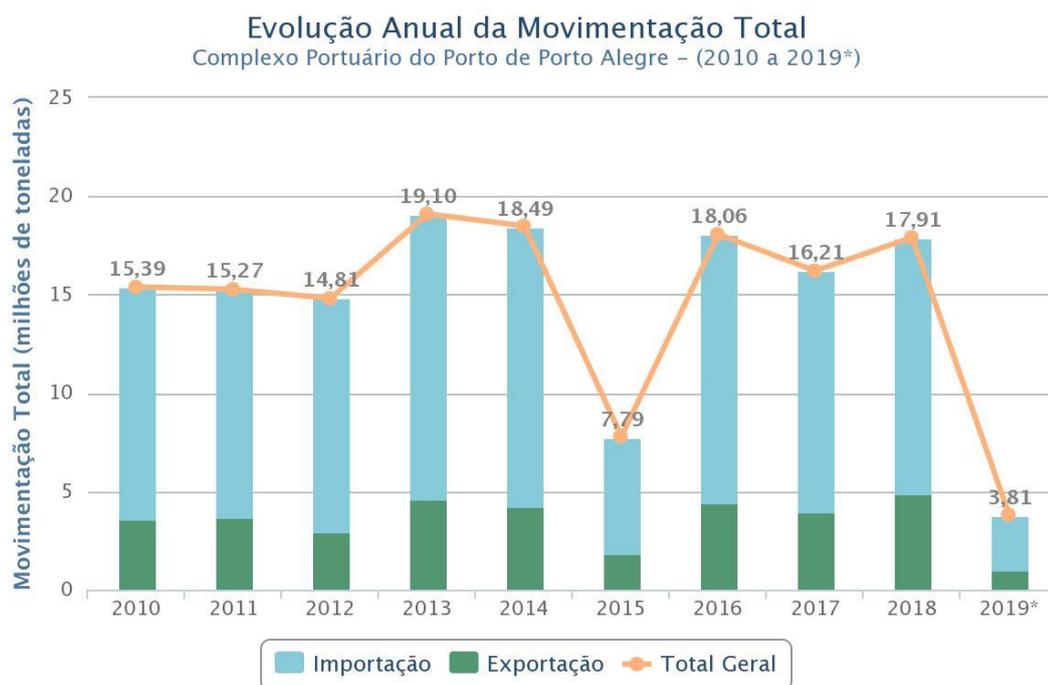


Figura 16 - Movimentação Total de Cargas 2010 - 2019. Fonte: LabTrans (WebPortos)/ANTAQ.

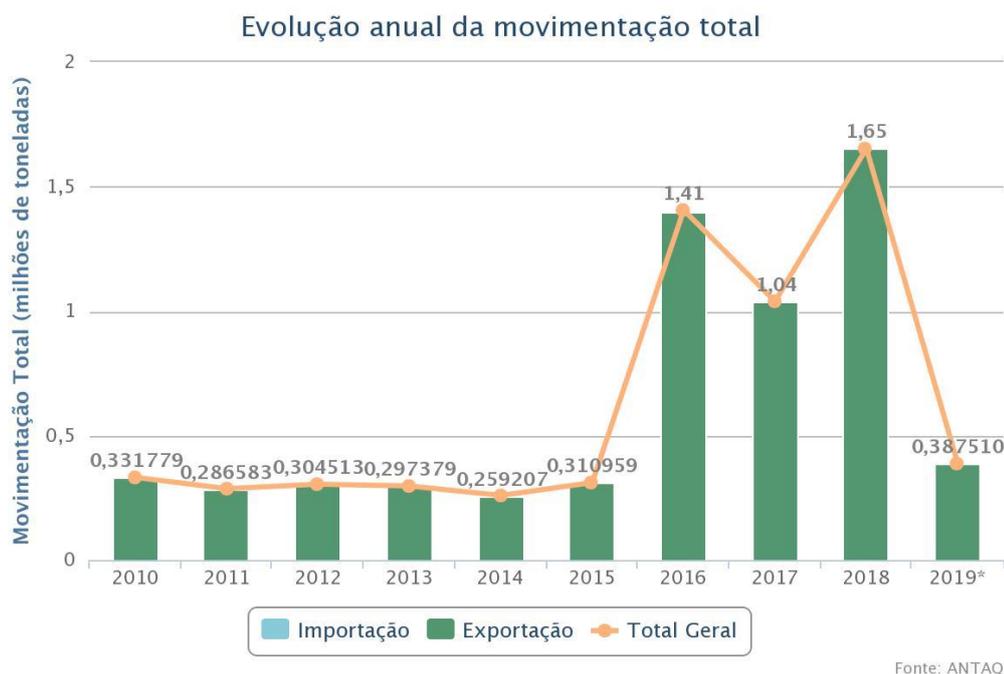


Figura 17 - Movimentação Total de Cargas no TUP da CMPC 2010 - 2019.

Fonte: LabTrans (WebPortos)/ANTAQ.

A partir do primeiro semestre de 2011 passou a ser desenvolvido o serviço de transporte de passageiros no Lago Guaíba. A CatSul, empresa do Grupo Ouro e Prata, se tornou a responsável pelo serviço, após vencer licitação promovida pelo Governo do Estado, em novembro de 2010.

A travessia de passageiros contempla os terminais de Porto Alegre, junto ao Shopping Barra Shopping, Cais Mauá e o Terminal Hidroviário de Guaíba. Este serviço apresentou os seguintes quantitativos mensais, conforme informado pela CatSul à AGERGS (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantitativos médios mensais de passageiros.

ANO	DEMANDA MENSAL
2011	44.755
2012	57.951
2013	69.071
2014	73.820(*)

(*) A informação compreende os meses de Janeiro a Setembro. Fonte: AGERGS.

Além das poligonais inseridas no modelo representando as áreas de atividades portuárias, também foram inseridos *Hotspots* de atividades humanas representando os locais de embarcação de passageiros e os cais de navegação comercial. Foram considerados seis pontos de navegação comercial, conforme listados a seguir: Cais Mauá, Cais Navegantes, Estaleiro Mabilde, Trapiche do Centro do Município de Guaíba e o terminal portuário da CMPC. Os três *hotspots* da navegação de passageiros foram inseridos no modelo representando cada um dos terminais da Catsul já citados anteriormente.

4.1.2 Pesca

A descrição e caracterização da atividade pesqueira artesanal no Lago Guaíba foram feitas através de levantamento bibliográfico e uso de dados secundários compilados. Particularmente, foram observados os trabalhos de Villamil et al. (1996); Garcez & Sanchez-Botero, (2005); Pasquotto (2005); Rech da Silva (2007); Feistauer (2012), Paula (2013) e Fontoura (2019).

No Lago Guaíba a pesca artesanal ocorre praticamente em todo o domínio aquático (norte, sul e adjacente ao norte da Lagoa dos Patos), aparecendo como uma atividade socioeconômica que atua simultaneamente e divide espaço e serviços ecossistêmicos com as demais. Em síntese, o ambiente lacustre se caracteriza pela existência do Delta do rio Jacuí que é constituído por um grande número de canais, sacos e banhados formados no interior das ilhas.

Rech da Silva (2007), com base na percepção dos pescadores da região, relatou uma série de problemas ambientais enfrentados na atividade. Problemas como poluição das águas, redução dos estoques pesqueiros, bombeamento de água para as lavouras de arroz e a atuação de dragas de extração de areia têm sido mencionados como conflitos existentes com os pescadores artesanais. Este autor relata, por exemplo, que ao Sul do Lago Guaíba a poluição da água é menor, em comparação aos índices verificados na parte norte do lago (a margem leste onde está situada a cidade de Porto Alegre concentra os piores resultados). Apesar disso, os pescadores que atuam ao sul do lago apontam outros impactos que têm influenciado na disputa pelos territórios das comunidades pesqueiras. Relatam que a pesca tem ocorrido mais distante das margens devido à poluição por agrotóxicos provenientes da agricultura. Além disso, as bombas de sucção de água para a irrigação frequentemente estão instaladas em locais considerados pelos pescadores como

importantes para a reprodução dos peixes e associadas à queda na quantidade de peixes. Assim, a agricultura influencia tanto na quantidade quanto na qualidade do pescado, o que leva os pescadores a desenvolverem a pesca em áreas menos influenciadas por esta. A implementação de áreas de proteção ambiental na região, como o Parque Estadual do Delta do Jacuí, e a fiscalização realizada pelo IBAMA e pelo Batalhão Ambiental da Brigada, também constitui fonte de conflitos socioambientais envolvendo os pescadores artesanais (PASQUOTO, 2005).

Paula (2013) detectou junto ao Fórum do Delta do Jacuí a percepção dos pescadores de que existem conflitos diretos das atividades de pesca e mineração. Os pescadores destacam que a retirada de areia em áreas reconhecidas como de reprodução dos peixes, suga os alevinos, o que compromete safras futuras. Além do impacto sobre a reprodução dos peixes, apontam que as areeiras não respeitam as áreas tradicionais de pesca e, costumeiramente, causam danos às redes dos pescadores artesanais.

Especificamente quanto à ictiofauna, o estudo de Fontoura et al. (2019) compreendeu a primeira análise sistemática dos limites de movimentação a montante de seis espécies de peixes que utilizam a área estuarina da bacia da Lagoa dos Patos no sul do Brasil. O programa de amostragem incluiu o rio dos Sinos, Guaíba, incluindo o delta do Jacuí e Lagoa dos Patos no período de 1998 a 2014.

No modelo proposto a pesca foi inserida como *hotspots* de atividades humanas através de 4 pontos classificados como bom ou ótimo pelos pescadores, conforme levantamento realizado por Rech da Silva (2007) e também com 2 pontos representando a localização das Colônias de Pescadores Z-4, localizada na praia de Itapuã, município de Viamão e Z-5, localizada na Ilha da Pintada em Porto Alegre.

4.1.3 Unidades de Conservação

O levantamento das unidades de conservação foi feito com base no SIG FEPAM/SEMA e consulta à legislação específica quanto existente.

Em atendimento à legislação estadual e “de acordo com o Código Estadual do Meio Ambiente (Lei Estadual nº 11.520/2000), no Rio Grande do Sul as Unidades de Conservação possuem uma área circundante protegida para fins de licenciamentos, que corresponde ao raio de 10 km a partir de seus limites:

"Art. 55 - A construção, instalação, ampliação, reforma, recuperação, alteração, operação e desativação de estabelecimentos, obras e atividades

utilizadoras de recursos ambientais ou consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, bem como capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. Parágrafo único - Quando se tratar de licenciamento de empreendimentos e atividades localizados em até 10 km (dez quilômetros) do limite da Unidade de Conservação deverá também ter autorização do órgão administrador da mesma" (RS, 2000).

Dessa forma, todo empreendimento ou atividade localizado dentro do raio de 10 km ao redor dos limites de qualquer Unidade de Conservação localizada no território do Rio Grande do Sul, seja municipal, estadual ou federal, pública ou privada, cadastrada ou não no SEUC, necessita da autorização do Órgão Gestor da Unidade de Conservação.

Quadro 6 - Unidades de Conservação Estaduais.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS	INSTRUMENTO DE CRIAÇÃO	ÁREA DO POLÍGONO (HA)	MUNICÍPIO ONDE ESTÁ INSERIDA	MUNICÍPIOS DENTRO DA BACIA AFETADOS PELO RAIO DE 10 KM DA UC	BIOMA
APA Estadual Delta do Jacuí	Lei Estadual nº 12.371/2005	22.826,39	Canoas, Charqueadas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Porto Alegre e Triunfo	Canoas, Eldorado do Sul, Guaíba, Nova Santa Rita, Porto Alegre e Triunfo	Pampa e Mata Atlântica
Parque Estadual do Delta do Jacuí	Decreto Estadual nº 24.385/1976	14.242	Canoas, Charqueadas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Porto Alegre e Triunfo	Canoas, Eldorado do Sul, Guaíba, Nova Santa Rita, Porto Alegre e Triunfo	Mata Atlântica
Parque Estadual de Itapuã	Decreto Estadual nº 22.535/1973	5.566,50	Viamão	Barra do Ribeiro, Porto Alegre e Viamão	Pampa
RPPN Estadual Barba Negra	Portaria SEMA nº 48, de 28/09/2010	2.379,44	Barra do Ribeiro	Barra do Ribeiro, Porto Alegre, Tapes e Viamão	-

Fonte: SEMA (2010).

Quadro 7 - Unidades de Conservação Municipais.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO MUNICIPAIS	INSTRUMENTO DE CRIAÇÃO	ÁREA DO POLÍGONO (HA)	MUNICÍPIO ONDE A UC ESTÁ INSERIDA	MUNICÍPIOS DENTRO DA BACIA AFETADOS PELO RAIO DE 10 KM DA UC
Reserva Biológica Lami José Lutzenberger	Decreto-Lei Municipal nº 4.097, de 31/12/1975 (criação da UC) Lei Municipal nº 9.781, de 05/07/2005 (altera denominação da UC)	179,77	Porto Alegre	Porto Alegre e Viamão.

Fonte: DUC/DEFAP/SEMA (2013).

4.1.4 Obras de Infraestrutura e Saneamento

O sistema de tratamento de esgotos do município de Porto Alegre conta com uma estrutura de transporte de esgoto bruto da região central para a Estação de Tratamento de Esgoto da Serraria. Este emissário localiza-se submerso no lago Guaíba e é uma estrutura física que impede a mineração na sua proximidade. Este emissário faz parte do Programa Integrado Socioambiental (Pisa).

4.1.5 Pontos de Captação de Água Bruta

Segundo o Zoneamento para mineração do Guaíba (SEMA, 2016), os pontos de captação localizados na margem esquerda do Lago são: captações da Ilha da Pintada, São João/Moinhos de Vento, Menino Deus, Tristeza e Belém, todas pelo realizadas pelo DMAE, e a captação junto à Itapuã realizada pela CORSAN, que abastece Viamão. Os pontos de captação na margem direita são: Barra do Ribeiro e Guaíba, que são realizados pela CORSAN.

Segundo o site da PMPA, as seguintes EBAB abastecem Porto Alegre:

Estações de Bombeamento de Água Bruta

EBAB Moinhos de Vento - ETA Moinhos de Vento

Localização da EBAB: Av. Voluntários da Pátria, 2100

Localização da Captação: da EBAB em linha reta até o Porto

Vazão Máxima: 2.000 L/s

EBAB Menino Deus - ETA José Loureiro da Silva (Bairro Menino Deus)

Localização da EBAB: Av. Borges de Medeiros, 2.003

Localização da Captação: em linha reta da Av. Borges de Medeiros, 2.003, para o Lago Guaíba (próximo ao Parque Marinha)

Vazão Máxima: (volume de água bruta bombeada por segundo) 3.000 L/s

EBAB Tristeza - ETA Tristeza

Localização da EBAB: Av. Guaíba, 2.201

Localização da Captação: dentro do Clube Veleiros do Sul

Vazão Máxima: 450 L/s

EBAB Belém Novo - ETA Belém Novo

Localização da EBAB: Beco Copacabana, nº 4

Localização da Captação: no fim do Beco Copacabana

Vazão Máxima: 1.000 L/s

EBAB São João - ETA São João Bairro Higienópolis

Localização da EBAB: Av. Voluntários da Pátria, 2100

Localização da Captação: da EBAB em linha reta até o Porto

Vazão Máxima: 2.600 L/s

EBAB Francisco de Lemos Pinto - ETA Ilha da Pintada

Localização da EBAB: Rua Capitão Coelho, 115

Localização da Captação: nos fundos da Estação

Vazão Máxima: 100 L/s

Além destes, conforme o PBLG, existem mais dois pontos de captação de água bruta no Guaíba que abastecem municípios vizinhos, um que abastece os municípios de Guaíba e Eldorado do Sul e outro que abastece o município de Barra do Ribeiro. O ponto de captação existente no Lami foi desativado. Todos os pontos de captação de água bruta foram inseridos no modelo como polígonos com 400 m de raio ao redor dos pontos de captação e não como *Hotspots*.

4.1.6 Marinas e Clubes Náuticos

Ao longo da orla do Guaíba estão distribuídas diversas marinas e clubes náuticos. Devido à grande valorização imobiliária dos terrenos da zona sul do

município de Porto Alegre localizados às margens do Guaíba, também surgiram ao longo dos anos muitas marinas na região das ilhas e em cidades próximas como Eldorado. No modelo aplicado neste estudo foram inseridos 14 pontos representando Marinas e Clubes Náuticos, sendo 13 no município de Porto Alegre e um em Eldorado do Sul.

4.1.7 Turismo e Relevância Paisagística do Guaíba

O Guaíba tem uma forte ligação cultural e paisagística com os municípios localizados nas suas margens. Em função disso, também foram considerados os impactos visuais que a operação da mineração de areia pode trazer. Dentro do modelo foram inseridos sete pontos como *Hotspots* de Relevância Paisagística, representando as seguintes localidades turísticas ou que reúnem grande público diariamente: Anfiteatro Pôr do Sol; Ponte Estaiada da BR-448; Ponte Móvel do Guaíba, Ilha da Cadeia; Pontal do Estaleiro Só; Usina do Gasômetro e a Nova Ponte do Guaíba (ainda em fase de construção).

4.1.8 Balneários

Segundo o Zoneamento para mineração do Guaíba (SEMA, 2016), os balneários que ficam na margem direita do Lago ficam situados em Eldorado do Sul, Guaíba (Praia da Alegria e Praia da Florida) e Barra do Ribeiro (Praia Recanto das Mulatas). Os da margem esquerda estão situados em Porto Alegre (Praia de Belém Novo, praia do Leblon - posto 1 e 2, praia do Veludo - posto 3, Praia do Lami - posto 1, 2 e 3) e em Viamão (Praia de Itapuã). Foram considerados como balneários todas as praias do Lago Guaíba onde é feito o monitoramento regular da qualidade da água pela FEPAM. Estes pontos foram inseridos no modelo como *Hotspots* de atividades humanas.

4.1.9 Canal de Navegação e Rota de Navegação de Passageiros

A localização do canal de navegação e a rota de navegação de passageiros estão disponibilizadas no SIG do PBHLG (ECOPLAN, 2016). Para inserção nos modelos considerou-se apenas o canal de navegação no trecho da Lagoa dos Patos até a área portuária do Porto de Porto Alegre e o trecho da rota do CATSUL para transporte de passageiros atualmente em uso trecho Guaíba - Barra Shopping - Centro de Porto Alegre.

4.2 Mapa de Frequência e Importância Relativa dos Usos do Guaíba

Como resultado da aplicação do modelo *Overlapping Use* do *TerrSet*® foram obtidos os mapas de Frequência, conforme Figura 18, e de Importância Relativa dos Usos do Guaíba, conforme Figura 18. O mapa de Frequência aponta o somatório de atividades sobrepostas em um mesmo pixel. Nesta fase foram consideradas as atividades pesca, navegação comercial, navegação de passageiros e atividades portuárias. A Frequência das atividades consideradas variou de 1 a 3. Sendo o valor máximo 3, atingido na Região Portuária de Porto Alegre, onde ocorre a sobreposição das atividades de Pesca, atividade Portuária e Navegação de Passageiros. Não foram consideradas as unidades de conservação, a captação de água bruta nem as atividades de lazer, uma vez que estas informações foram adicionadas posteriormente.

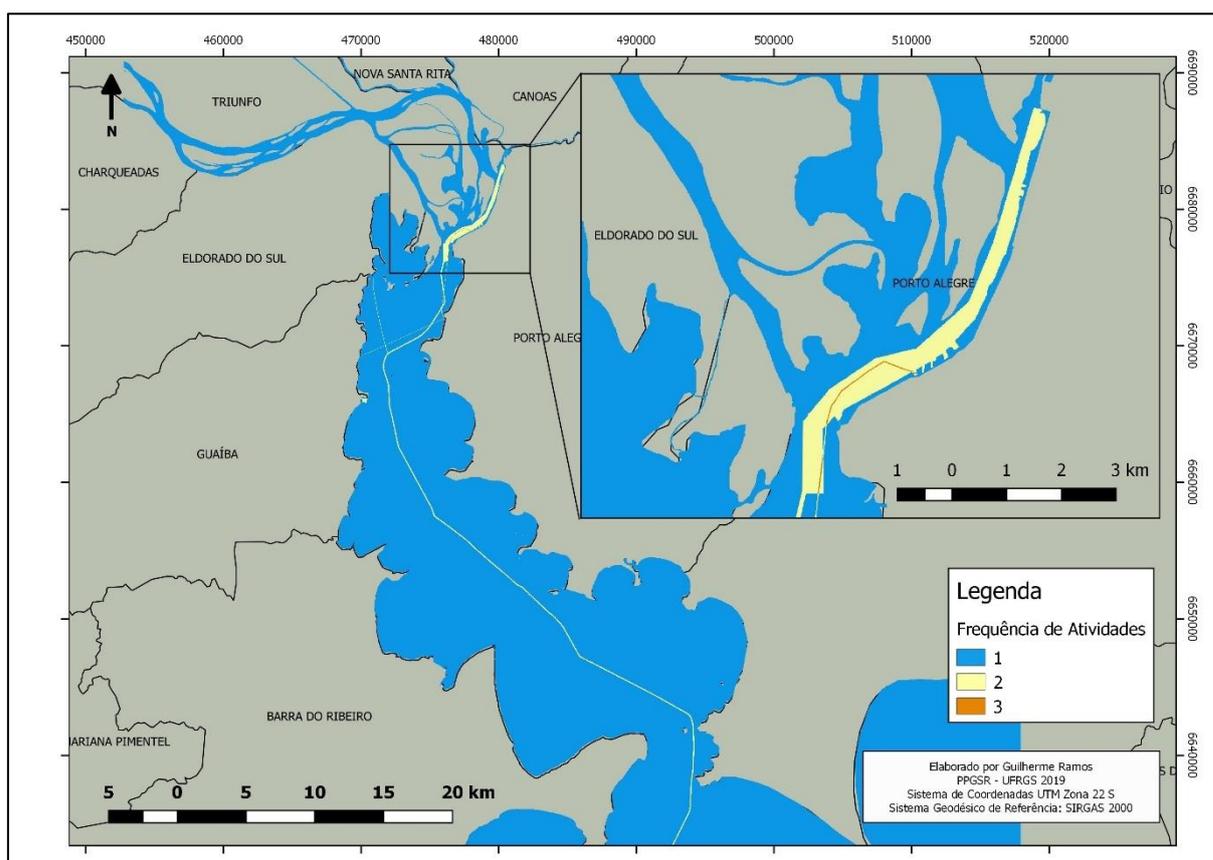


Figura 18 - Mapa de Frequência de Usos do Guaíba.

Foram então inseridos no modelo os pontos de relevante atividade humana, os *Hotspots*, representado áreas de lazer, pesca, cais de navegação comercial e de passageiros, balneários, marinas e clubes náuticos e pontos de relevância

paisagística, obtendo assim a representação gráfica de Importância Relativa de Usos do Guaíba (Figura 19).

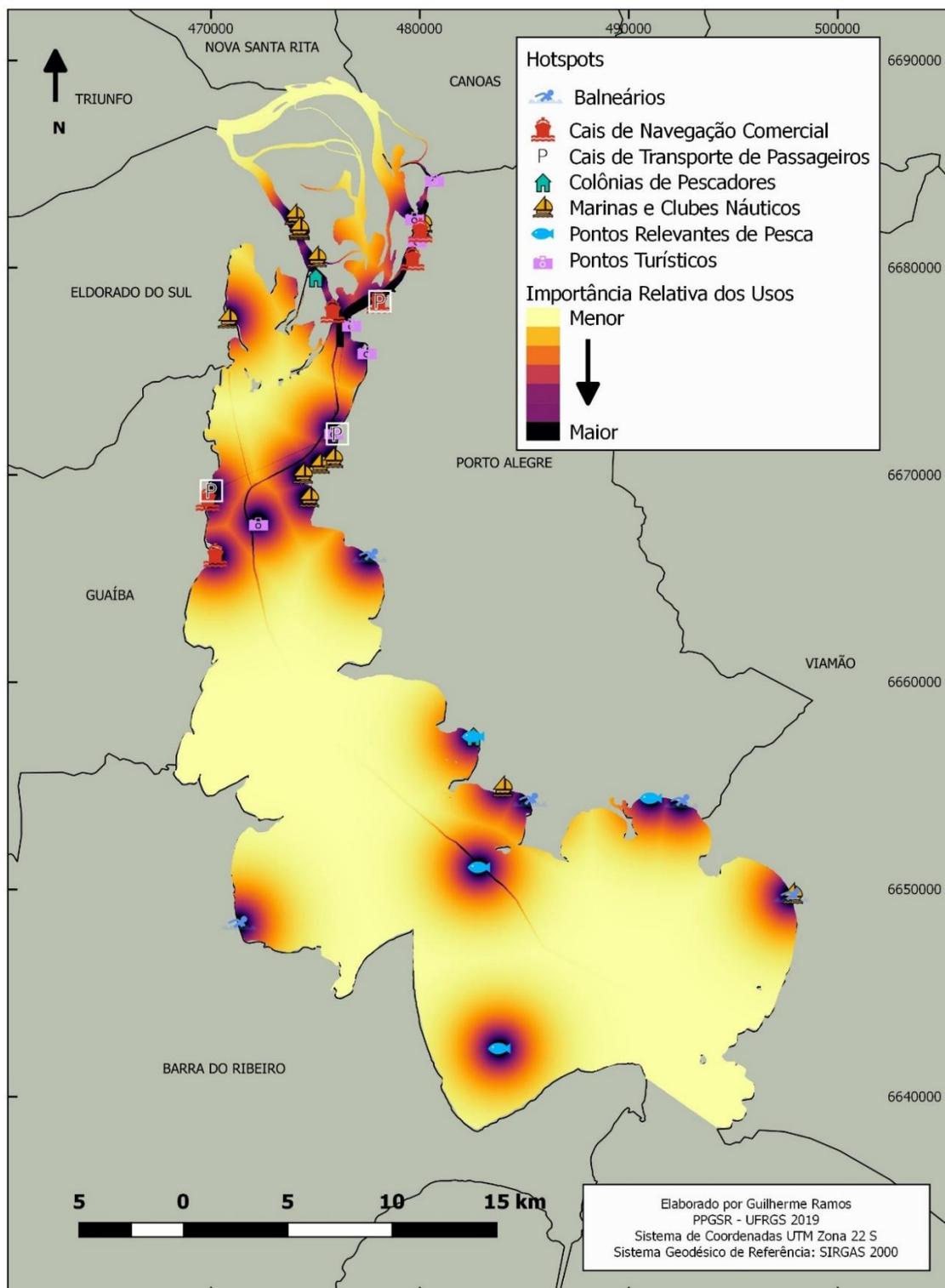


Figura 19 - Mapa de importância relativa de usos do Guaíba com Hotspots de atividades humanas.

Os hotspots inseridos no modelo geram um raio de influência com decaimento proporcional à distância. Nas regiões onde não havia superposição de mais de uma atividade este raio atinge no máximo 3 km. O alcance deste raio é determinado pelo fator β que foi inserido nesse modelo do *TerrSet*® com valor igual a 1.

Para fins de aplicação ao zoneamento da mineração as áreas de maior importância para atividades humanas foram consideradas as menos aptas para a atividade de mineração.

Também foi calculada a média da aptidão à mineração em cada Sistema Ambiental. Desta forma, é possível analisar quais as porções do Guaíba que possuem características semelhantes em termos de ambiente sedimentar e batimetria e apresentam melhor aptidão à mineração no que se refere à menor intensidade de usos.

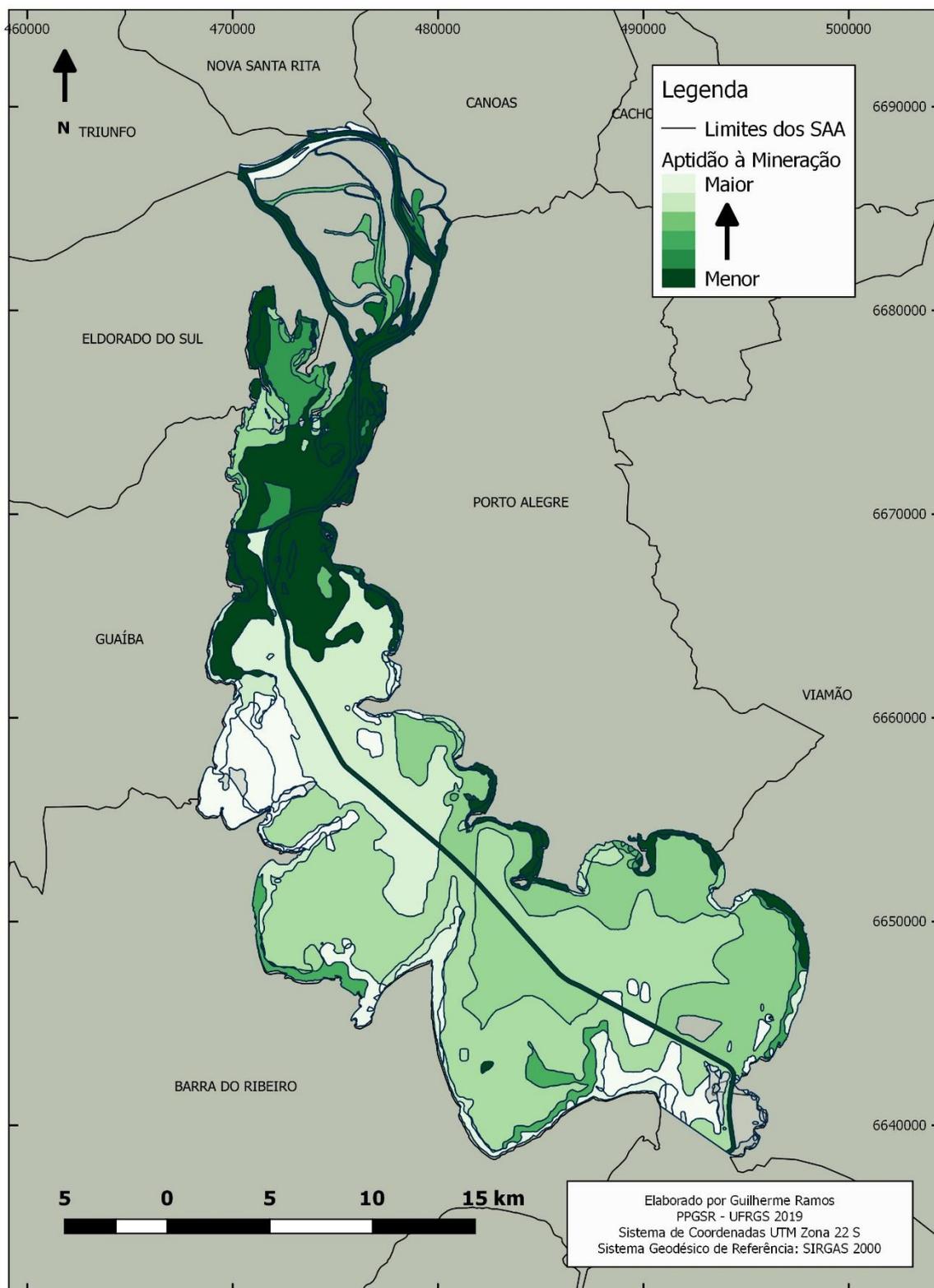


Figura 20 - Aptidão à mineração média em cada poligonal de Sistema Ambiental Aquático.

Pode ser notado na Figura 20 que os sistemas mais aptos à mineração através desta análise são os sistemas de baixios e sistemas intermediários com fundo erosional localizados na porção oeste do Guaíba próximo à região sul do município de Guaíba além do sistema intermediário com fundo erosional na porção do Guaíba próximo à Lagoa dos Patos.

Os diferentes cenários de restrição à mineração foram sobrepostos ao mapa de importância de usos do Guaíba. Em todos os cenários restrições básicas foram impostas como a distância de 60 m das margens, o raio de 400 m dos pontos de captação de água bruta para abastecimento das ETAs, o canal de navegação, as rotas de transporte de passageiros da empresa Catsul, as áreas ocupadas pelo emissário subaquático do PISA e a área da APA do Delta do Jacuí. Estas restrições impostas a qualquer cenário de mineração de areia no Guaíba ocupam 25,26 km², o equivalente a 4,9% da área de estudo. Não ficam explícitos nos mapas os diferentes decaimentos de importância por distância de cada atividade e isso se deve a escala trabalhada.

Questões como a granulometria dos sedimentos de fundo, distribuição de classes definidas no âmbito do CBHLG, esporões tiveram diferentes alocações em cada cenário.

4.3 Cenário A - Conservacionista

No cenário conservacionista foram considerados os critérios mais rigorosos para a restrição de áreas à mineração. Neste cenário, Figura 21, além das restrições básicas, também foram consideradas como restrições as áreas de esporões conforme delimitadas no PBHLG, as áreas onde se pretende alcançar qualidade da água Classe 1 no âmbito do PBHLG, a área da APA do Delta do Jacuí e as áreas onde o sedimento de fundo é composto em mais de 10% na granulometria lama.

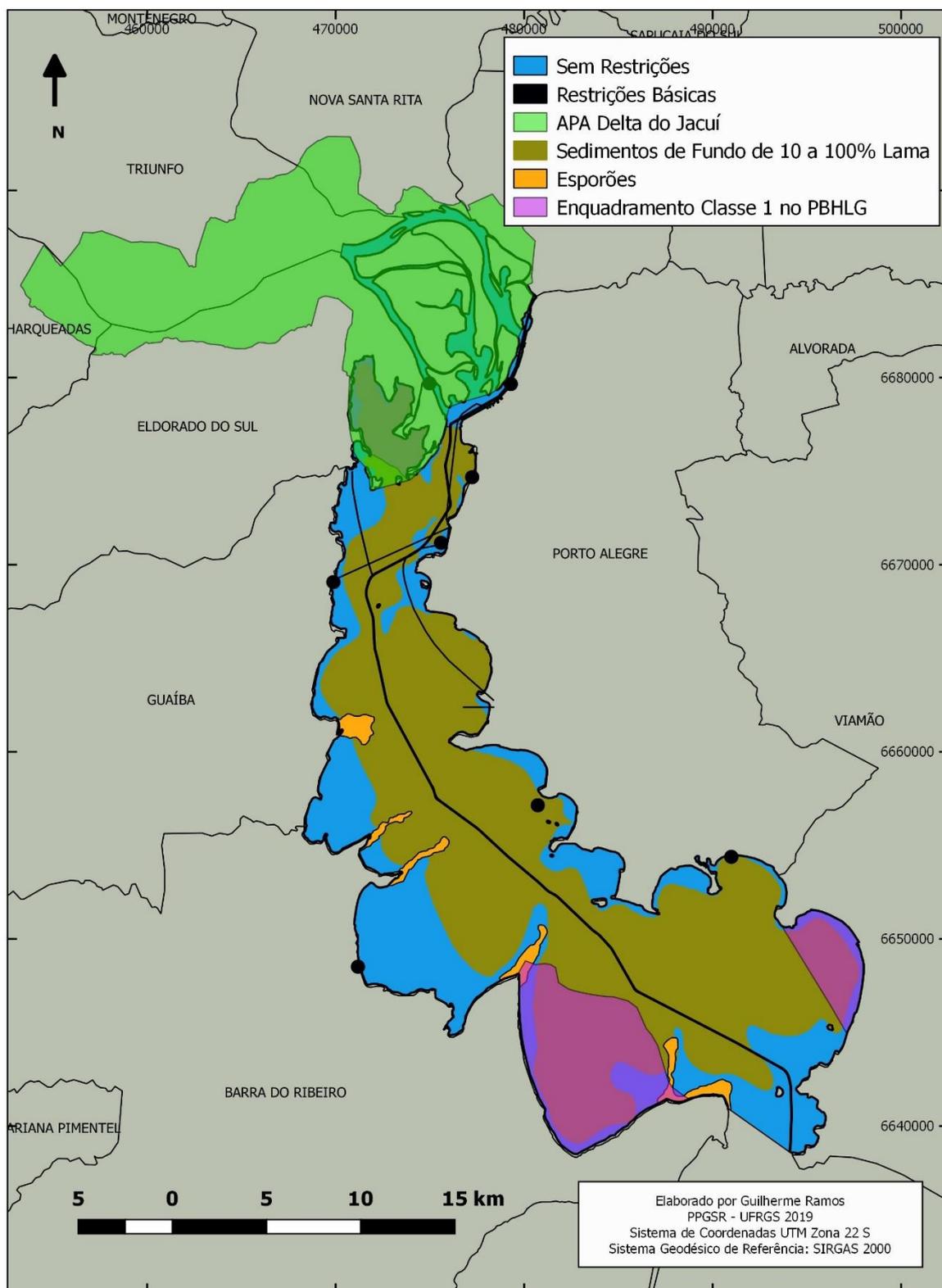


Figura 21 - Restrições à mineração no Cenário Conservacionista.

Somadas, as áreas de restrição deste cenário correspondem a 390,6 km² ou seja, 76% da área de estudo. Na figura 22 está apresentada a área total de restrição e a área considerada disponível para mineração.

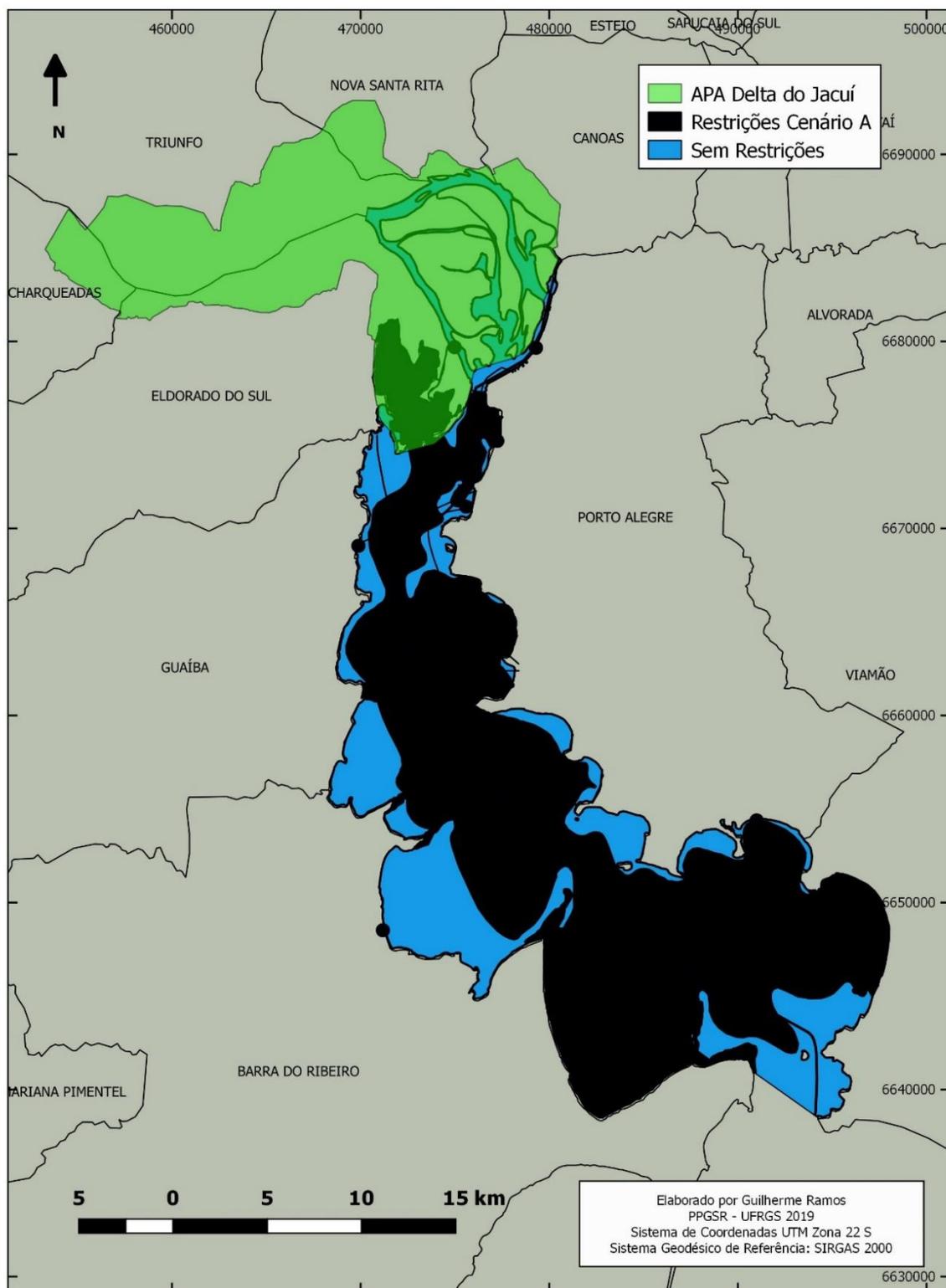


Figura 22 - Restrições à mineração conforme Cenário A.

Sobrepondo as restrições deste cenário ao mapa de importância relativa de usos do Guaíba obtém-se o mapa final de aptidão à mineração do Cenário A, Figura 23.

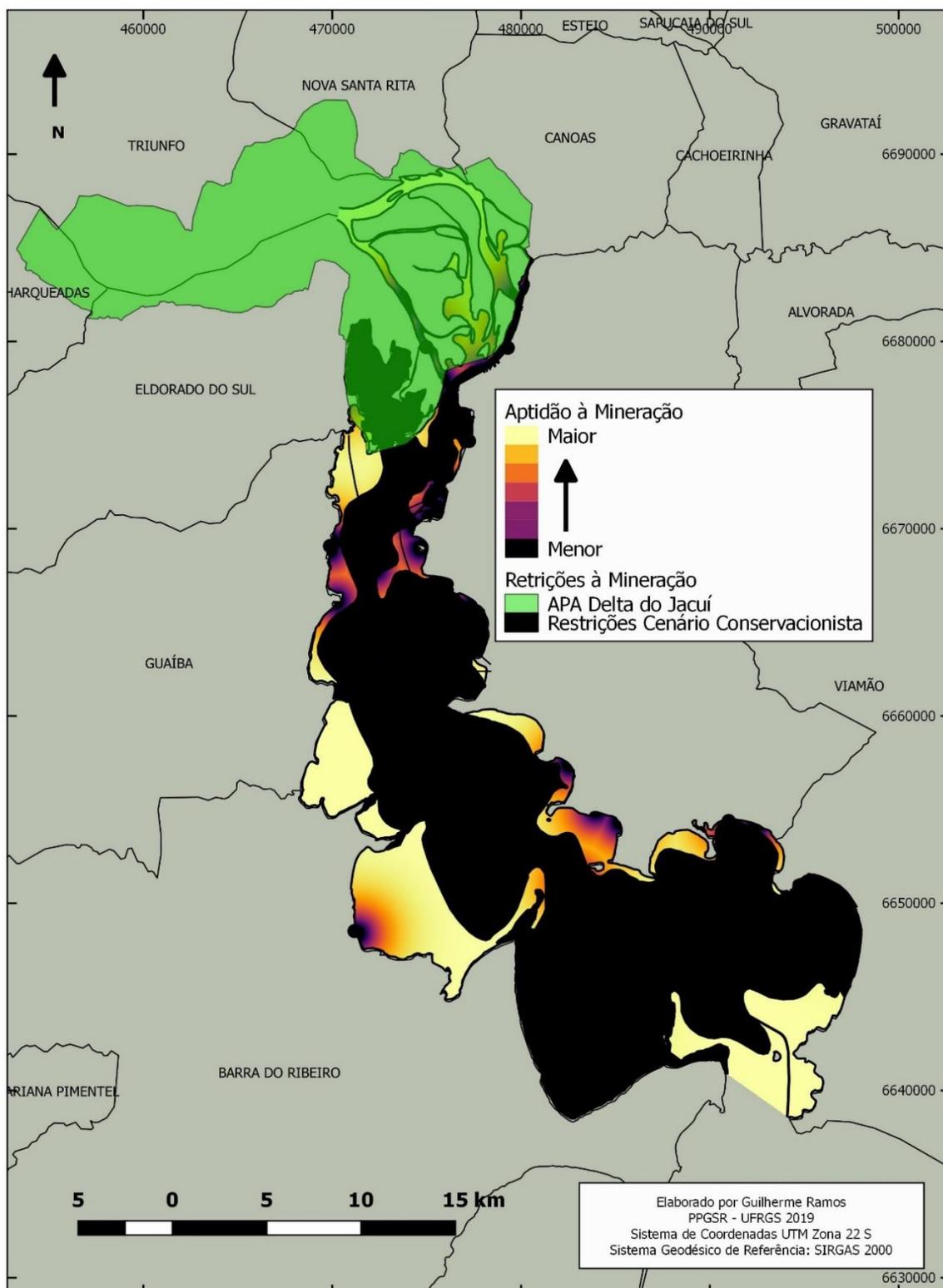


Figura 23 - Cenário A de aptidão à mineração de areia no Guaíba.

4.4 Cenário B - Desenvolvimentista

O cenário desenvolvimentista apresenta o menor nível em termos de restrições ambientais para delimitação das áreas de bloqueio à mineração. Neste cenário, além das restrições básicas, foram consideradas como restrições à mineração apenas a área da APA do Delta do Jacuí e as regiões onde o sedimento de fundo é composto em 90% ou mais na granulometria lama, Figura 24.

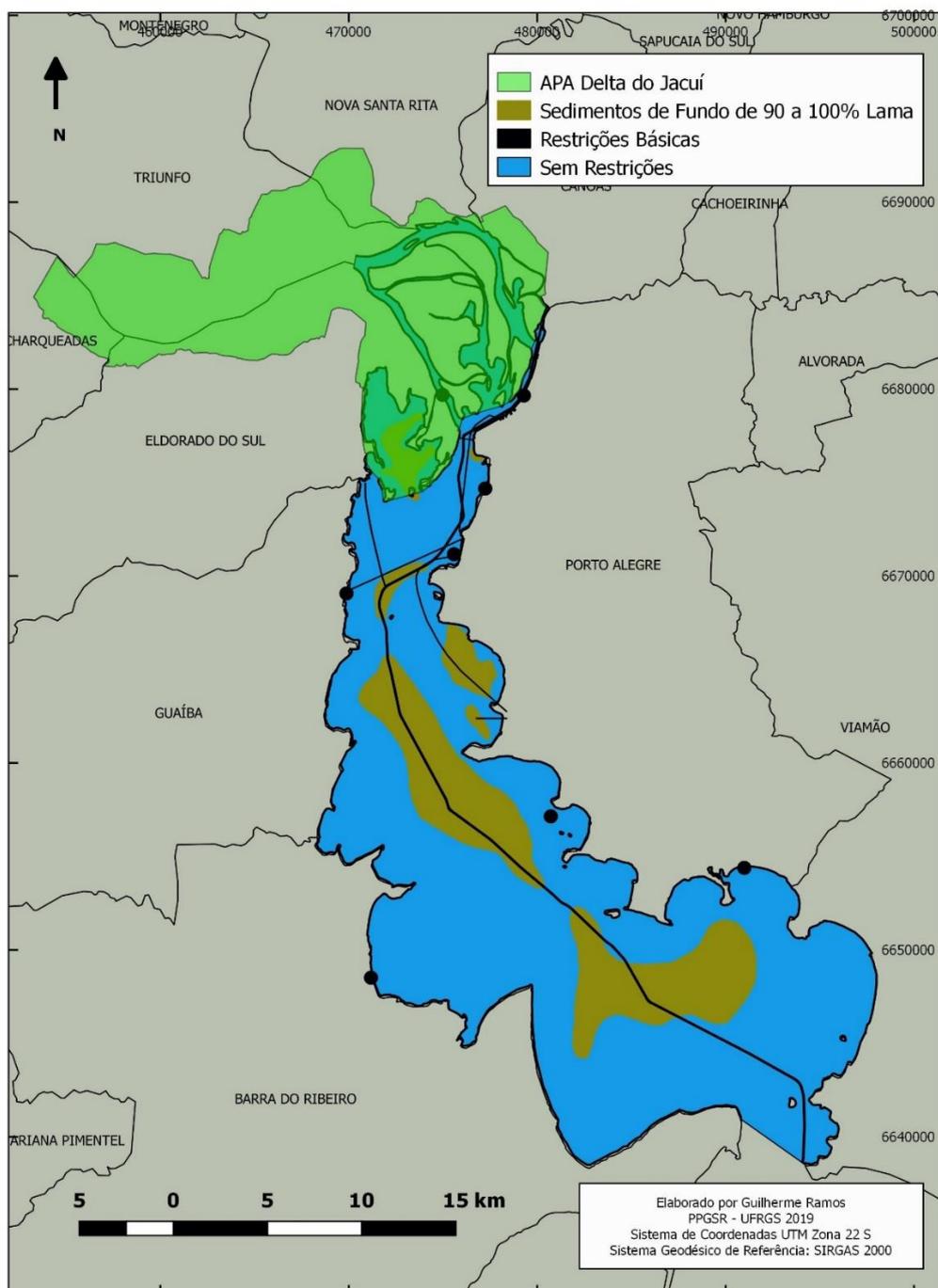


Figura 24 - Restrições à mineração no Cenário Desenvolvimentista.

Somadas, as áreas de restrição deste cenário correspondem à 144,08 km² ou seja, 28% da área de estudo. A Figura 25 apresenta a área total de restrição e a área considerada disponível para mineração.

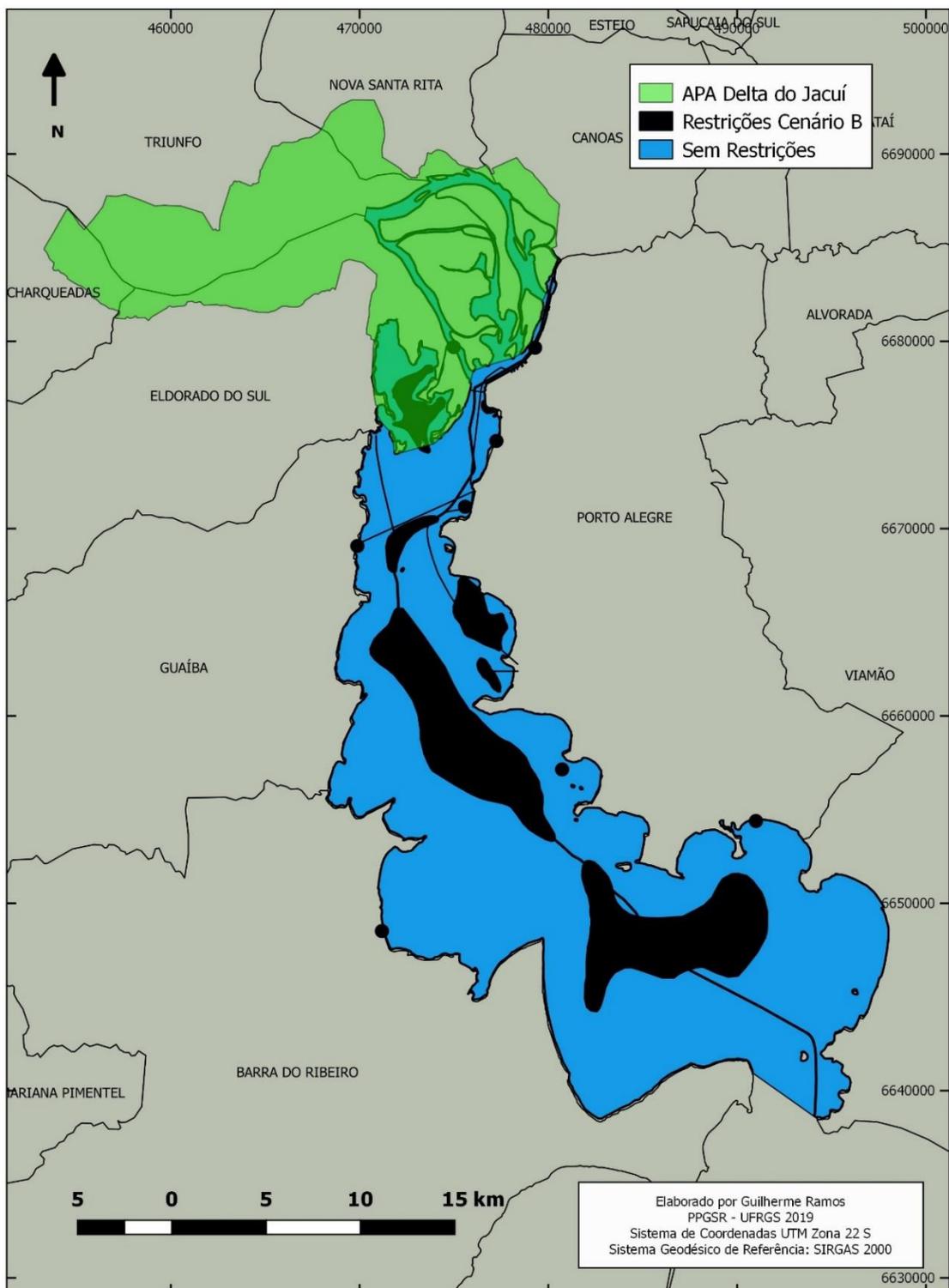


Figura 25 - Restrições à mineração conforme Cenário B.

Sobrepondo as restrições deste cenário ao mapa de importância relativa de usos do Guaíba obtém-se o mapa final de aptidão à mineração do Cenário B, Figura 26.

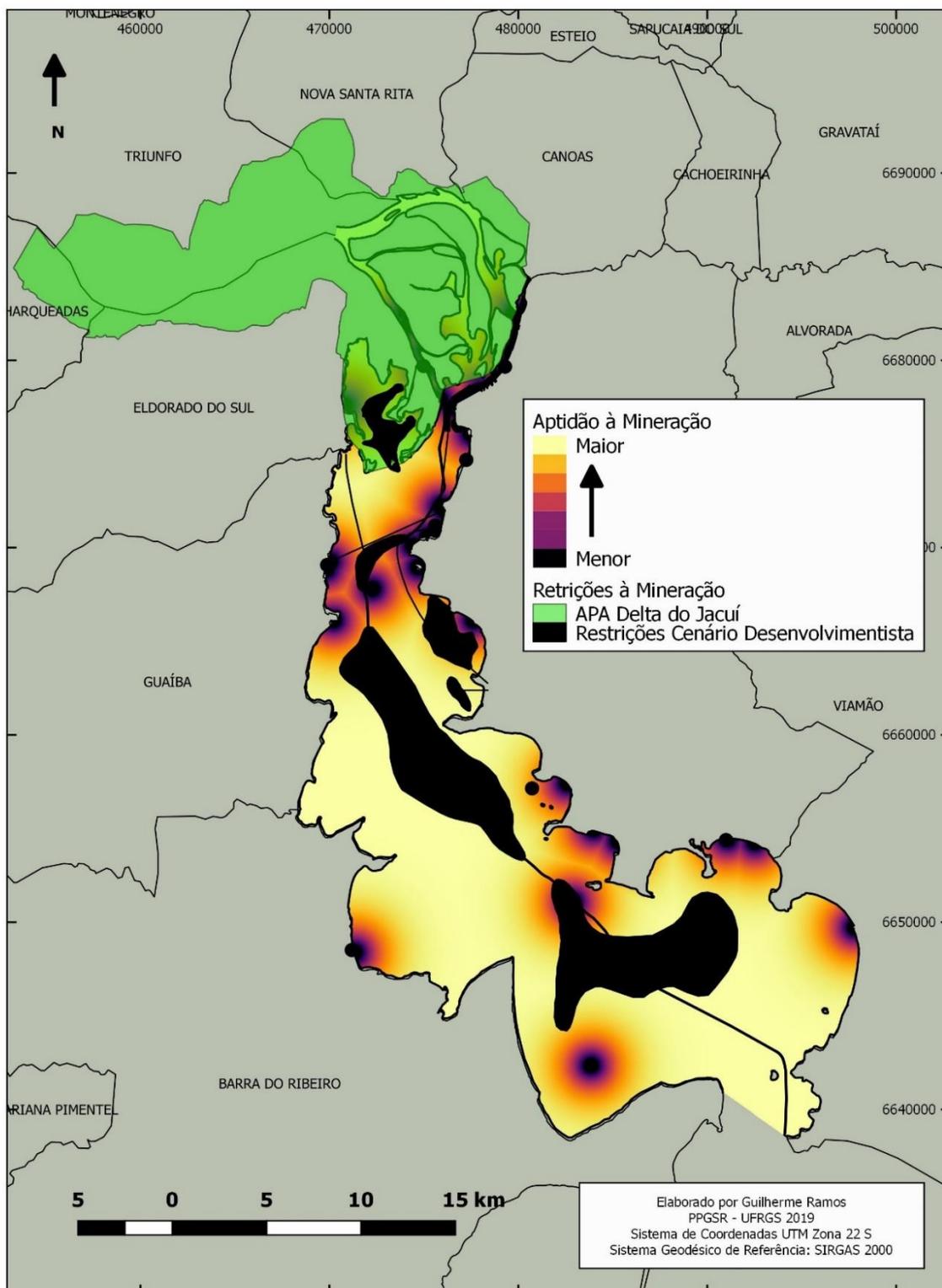


Figura 26 - Cenário B de aptidão à mineração de areia no Guaíba.

4.5 Cenário C - Gestão

No cenário de Gestão buscou-se um equilíbrio entre restrições ambientais e maior liberação de frentes de lavra de areia. Neste cenário, além das restrições básicas, foram consideradas como restrições à mineração as áreas de esporões conforme delimitadas no PBHLG, a área da APA do Delta do Jacuí e as regiões onde o sedimento de fundo tem composição entre 50 e 100% na granulometria lama, Figura 27.

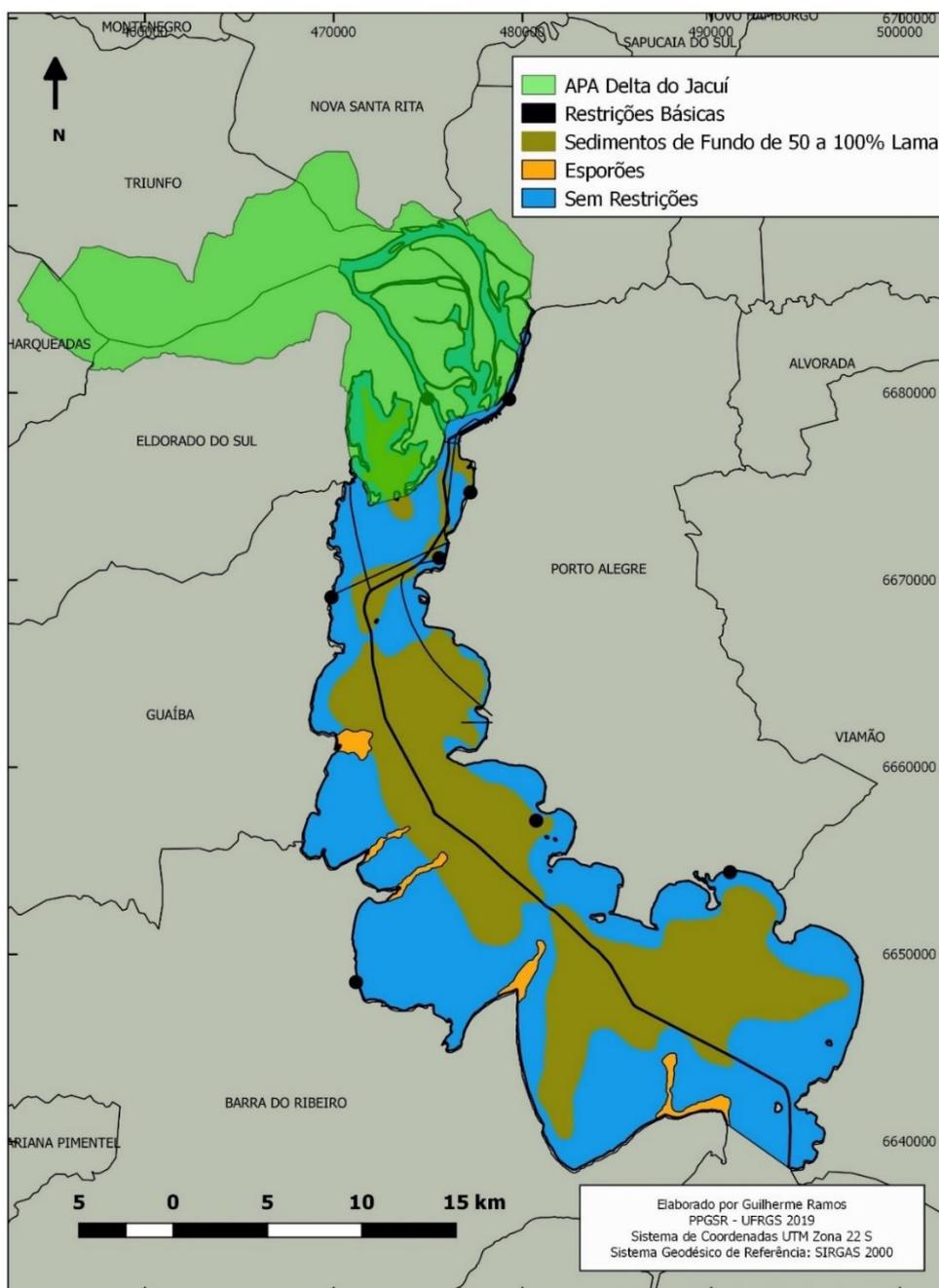


Figura 27 - Restrições à mineração no Cenário de Gestão.

Somadas as restrições deste cenário correspondem à 257,55 km², ou seja, 50,1% da área de estudo. A Figura 28 apresenta a área total de restrição e a área considerada disponível para mineração.

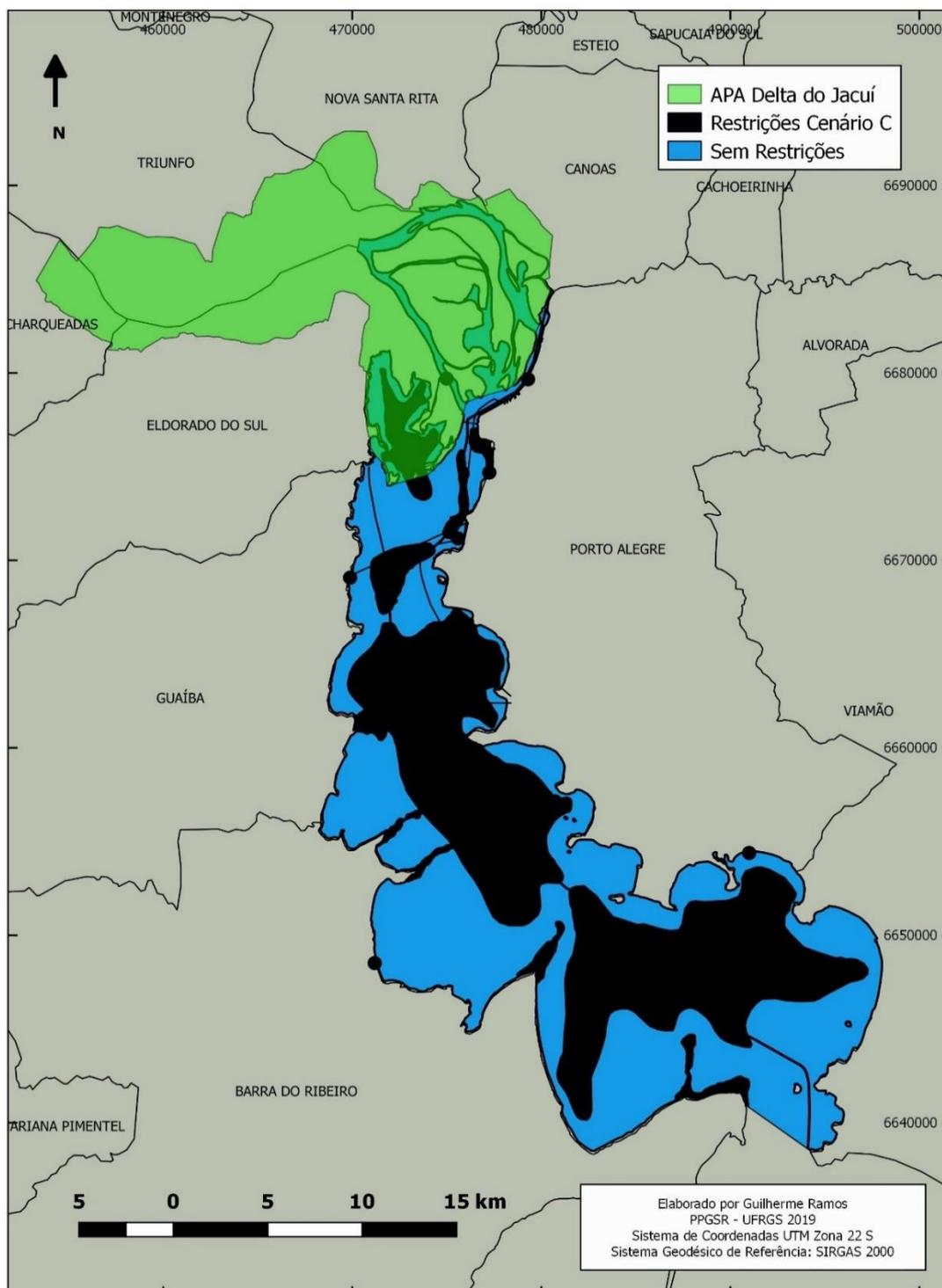


Figura 28 - Restrições à mineração conforme Cenário C.

Sobrepondo as restrições deste cenário ao mapa de importância relativa de usos do Guaíba obtém-se o mapa final de aptidão à mineração do Cenário C, Figura 29.

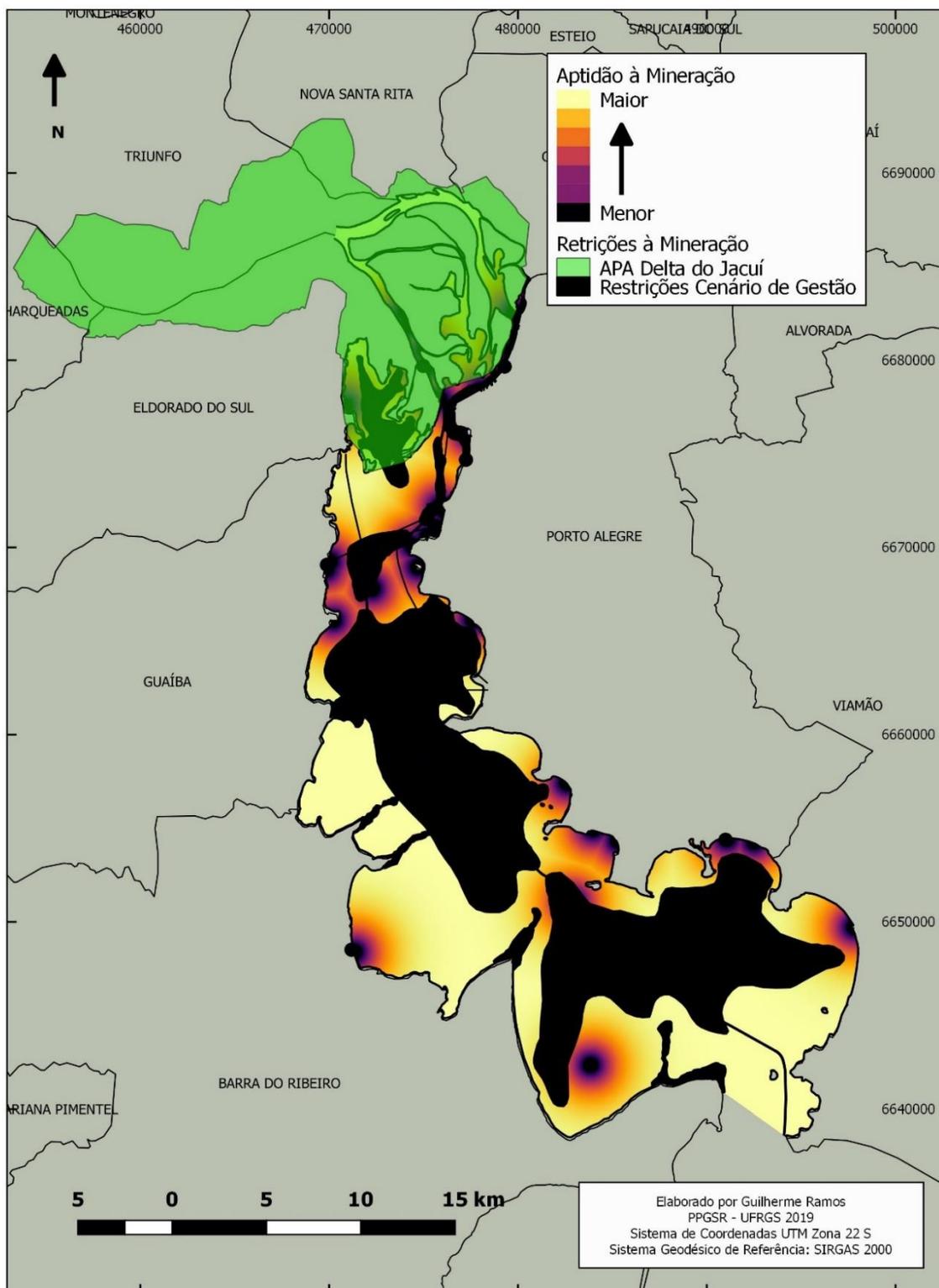


Figura 29 - Cenário C de aptidão à mineração de areia no Guaíba.

4.6 Comparação entre as Áreas de Interesse dos Empreendedores e Outros Trabalhos Desenvolvidos

O SIG desenvolvido com as diversas fontes de informação foi utilizado também para comparação entre os requerimentos e títulos minerários existentes sobre o Lago Guaíba e as Zonas de Restrição à Mineração desenvolvidas, Figura 30.

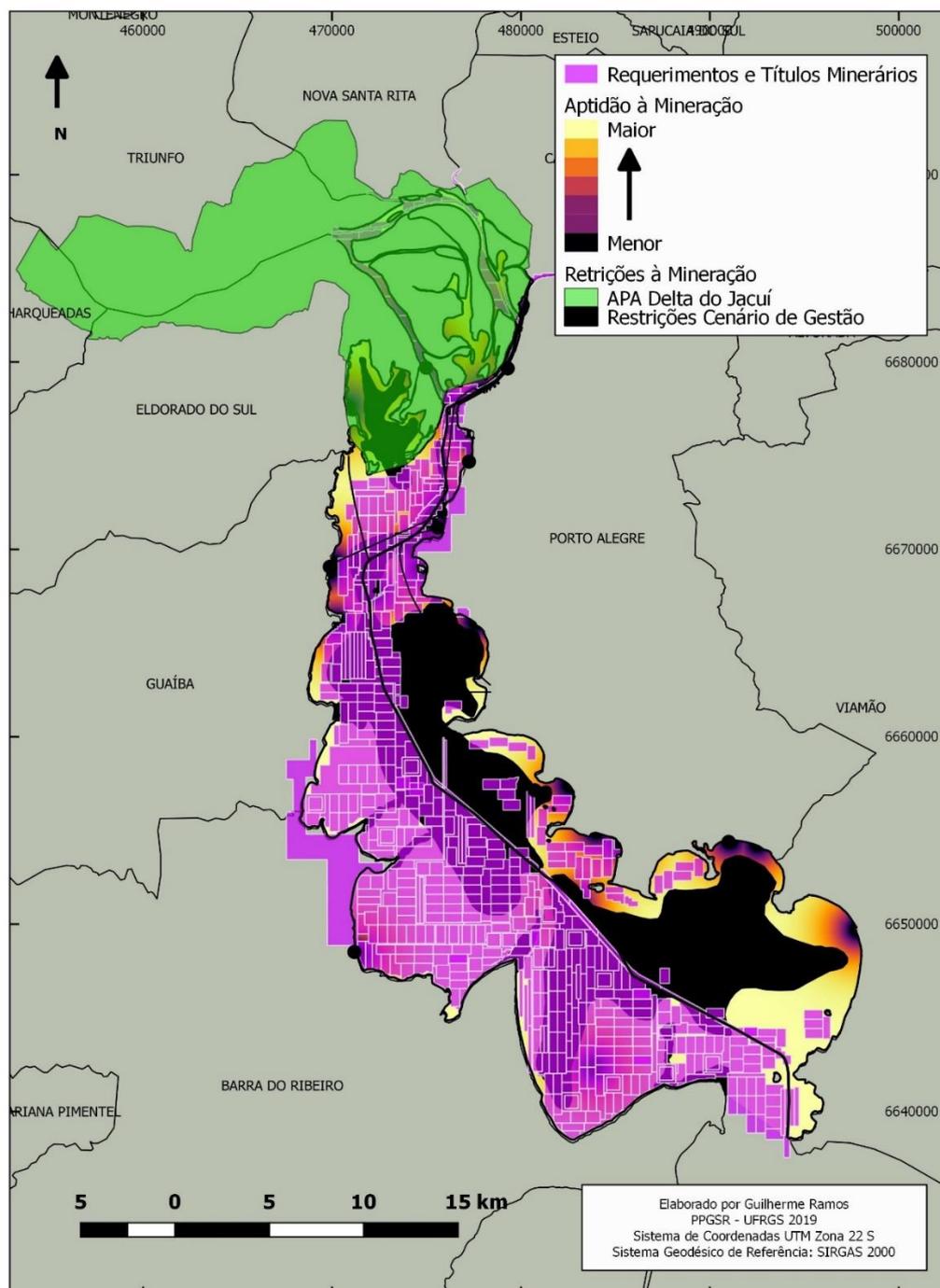


Figura 30 - Requerimentos e títulos minerários em comparação com a zona de restrição de uso do Cenário C - Gestão.

Dos 635 requerimentos de títulos minerários, 374 estão, ao menos em parte, sobrepostos a áreas de restrição previstas no Cenário de Gestão. Este resultado é considerado relevante ao demonstrar a quantidade expressiva de títulos minerários que requerem uso em áreas inadequadas, seja por serem conflitantes com outros usos ou por estarem em locais de maior potencial de impactos ambientais negativos, como áreas de margem e de sedimento de fundo de granulometria fina que tem maior probabilidade de apresentar contaminação.

Em relação ao zoneamento do Guaíba para mineração desenvolvido pela SEMA (2016) os resultados apresentam aspectos semelhantes uma vez que fatores físicos como a distribuição do sedimento de fundo, os emissários de efluentes, o canal de navegação e os locais de captação de água bruta são itens que estavam presentes em ambas as propostas de zoneamento de mineração. Dentre os 3 cenários propostos, o cenário C, de Gestão, foi o que mais se assemelhou à proposição da SEMA. No entanto, as propostas de zoneamento diferem, principalmente porque, o zoneamento da SEMA não considerou as rotas de transporte de passageiros, as atividades portuárias, as marinas e clubes náuticos e tampouco os pontos de relevância para atividade de pesca (com exceção das colônias de pescadores).

Quanto às unidades de conservação, o presente estudo incluiu nos 3 cenários apenas a restrição da APA do Delta do Jacuí, porque já engloba totalmente a área do PEDJ e porque as demais UCs próximas não se sobrepõem diretamente ao Guaíba, apenas suas Zonas de Amortecimento ou o raio de 10 km. Se fossem considerados todos os raios de 10 km das UCs próximas como restrição total à mineração, praticamente toda área do Guaíba ficaria inviabilizada para esta atividade restando apenas uma porção central na altura da Ponta Grossa. Nos zoneamentos propostos pelo PBHLG e pela SEMA foram consideradas algumas áreas do raio de 10 km das UCs, mas não de todas. Não incluir o raio de 10 km das UCs, não impossibilita a mineração a priori, mas também não traz prejuízo à conservação destas áreas, uma vez que se mantem a obrigação legal de que cada empreendedor obtenha a autorização do Órgão Gestor da Unidade de Conservação dependendo da localização da jazida.

4.7 Discussões a Respeito das Sobreposições de Usos

A análise de frequência de atividades apresentou resultados semelhantes aos obtidos por Trindade (2018) que também utilizou o modelo *Overlapping Use* do InVEST para análise de sobreposição de usos no Guaíba. No entanto, as divergências nos resultados se devem aos dados de entrada e da opção de Trindade por apresentar resultados com base em zonas de planejamento, enquanto o presente estudo apresentou os resultados de sobreposição *pixel a pixel*. Além disso, Trindade (2018) considerou que toda a massa de água do Guaíba é utilizada para atividade de lazer, enquanto no presente estudo optou-se por incluir esta atividade apenas como *hotspots* e não com áreas delimitadas. A opção do uso dos *hotspots* justifica-se uma vez que a atividade ocorre de forma esparsa por toda a massa de água do Lago, mas com maior intensidade ao redor de balneários, marinas e clubes náuticos.

Também pode ser traçado um paralelo dos resultados obtidos quanto à sobreposição de atividades com o trabalho de Nyland (2018) que aplicou uma metodologia semelhante na análise de sobreposição de usos no Baixo Estuário da Lagoa do Patos (BELP), Lagoa Mangureira e na Lagoa Mirim, no extremo sul do RS. Nyland (2018), ao aplicar o sistema de ponderação de importância socioeconômica das atividades, obteve peso 4,2 para as atividades de Navegação e Portuária sendo estas consideradas as mais importantes em uma escala de 0 a 5. Esta pontuação de 4,2 também foi obtida para a atividade Portuária/Navegação Comercial no Guaíba. As atividades de pesca e lazer obtiveram 2,2 e 2,8 respectivamente na ponderação inter-atividades para o Guaíba, enquanto receberam 2,6 e 3 no trabalho de Nyland. Estas ponderações interferem no resultado dos mapas de importância das atividades, mas não no mapa de frequência de atividades. As variações das ponderações de importância de usos nas diferentes áreas de estudo demonstram que a metodologia é capaz de captar a diferença de contexto socioeconômico entre a RMPA e de Rio Grande, esta capacidade fica evidenciada no exemplo da atividade de pesca que é mais desenvolvida e, portanto recebeu uma ponderação maior, no BELP do que no Guaíba.

Quanto à sobreposição de usos, assim como neste estudo, Nyland (2018) obteve valores máximos para a Frequência de Ocorrência de Usos igual a três no BELP, estando estes valores máximos relacionados a áreas Portuárias onde pode ocorrer a sobreposição com atividades de pesca e lazer. Na Lagoa Mirim também há

até três usos sobrepostos. Essa sobreposição ocorre tanto em uma área da Lagoa Mirim, em que há divisão de espaço entre os usos de pesca, navegação e a ilha da unidade de conservação Estação Ecológica (ESEC) do Taim, quanto na Lagoa Mangueira com sobreposição da pesca, do lazer e da ESEC (NYLAND, 2018).

Ao contrário da sobreposição de usos de Nyland (2018) e Trindade (2018) o presente estudo não considerou as poligonais de mineração cadastradas na ANM como atividades humanas, já que a atividade de mineração está paralisada no Guaíba e também porque a sua inclusão influenciaria o resultado que visa justamente avaliar as melhores possibilidades de locação da atividade minerária reduzindo os conflitos com as demais atividades humanas.

4.8 Discussões sobre a Geração de Cenários

Em todos os cenários desenvolvidos foi verificado que a granulometria do sedimento de fundo exerceu uma influência muito grande nas áreas de restrição à mineração. O que é esperado e explicado em função do potencial de acúmulo de contaminantes que é maior nos sedimentos de menor granulometria localizados nos pontos de maior profundidade do lago, conforme apontaram os estudos de Bachi (2000), Nicolodi (2007) e Laybauer (2012). Além disso, a granulometria de interesse para mineração é a porção areia, de forma que neste aspecto há um alinhamento entre viabilidade ambiental e técnica, já que maiores percentuais de lama não são desejáveis em nenhum dos casos.

Os cenários A e C têm por objetivo demonstrar as abordagens mais extremadas do tema, a fim de melhor balizar a proposição de um cenário intermediário aqui chamado de Cenário de Gestão (Cenário B). Na comparação do Cenário B com os títulos minerários verificou-se que a maior parte dos títulos minerários requeridos estão objetivando áreas consideradas, dentro do âmbito do Cenário B, como inadequadas para extração de areia.

4.9 Limites do Estudo e Recomendações

Este estudo foi desenvolvido com Base Ecológica, o que lhe confere uma visão antropocêntrica e focada principalmente nos aspectos socioeconômicos da questão da atividade de mineração. Para fins de uma avaliação ambiental mais abrangente devem ser considerados complementarmente aspectos

hidrossedimentológicos capazes de indicar quais alterações e em que intensidade estas alterações poderiam ocorrer se forem reiniciadas as atividades de mineração.

O aporte de sedimentos calculado com base na taxa de sedimentação de fundo no Guaíba também é um fator importante a ser considerado pois delimita um parâmetro quantitativo de areia a ser explorado de forma sustentável, sendo este um fator que está além da questão locacional prevista nos zoneamentos, mas que pode ser verificado em futuros levantamentos batimétricos e controlado nos planos de lavra a serem apresentados aos órgãos reguladores.

Segundo o estudo de Nicolodi (2007), o padrão de ondas tem influência direta nos padrões de sedimentação no Lago Guaíba sendo a batimetria um fator fundamental para todo o sistema, já que ela, ao mesmo tempo, influencia e é influenciada pela ação das ondas. Portanto, a mineração, caso permitida, poderá causar modificações na dinâmica do corpo hídrico como um todo.

Por este motivo, também é de fundamental importância que se mantenham e até se intensifiquem as orientações presentes nas licenças de operação emitidas pela FEPAM para mineração de areia em outros corpos hídricos no sentido de que a operação da draga deverá ser realizada de forma regular quanto ao rebaixamento do leito, evitando-se a formação de depressões isoladas e/ou atingir cotas além das estabelecidas na Licença de Operação da área para a lavra de areia. Também é de fundamental importância, que seja utilizado o sistema de monitoramento, regulamentado pela Resolução CONSEMA 116/2006 e que prevê o monitoramento em tempo real das dragas licenciadas com desligamento automático no caso de tentativa de operação fora da poligonal previamente delimitada no processo de licenciamento ambiental, a exemplo do monitoramento existente para a atividade no rio Jacuí, http://ww3.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/mapa_dragas.asp.

Aliado à implementação do Zoneamento da mineração no Lago Guaíba o monitoramento em tempo real permitirá, inclusive, o controle social da atividade, uma vez que os dados estejam disponíveis em tempo real na internet e abertos ao público.

Questões biológicas e áreas de sensibilidade para reprodução da fauna também precisam ser aprofundadas, uma vez que as áreas de bloqueio com ênfase na fauna utilizadas neste estudo foram baseadas apenas no distanciamento das margens e na APA do Delta do Jacuí e podem vir a ser majoradas quando informações mais detalhadas estiverem disponíveis.

No caso específico da solução de eventuais conflitos entre mineração e o uso do Lago para atividades de lazer, além das restrições espaciais, uma alternativa para diminuir os conflitos é optar por restrições temporais da mineração, já que a mineração pode se concentrar nos dias de semana, enquanto as atividades de lazer tendem a ocorrer de forma mais intensa nos finais de semana e dias não úteis.

Restrições temporais também são uma alternativa importante na mediação de conflitos com a atividade de pesca. O período de defeso da Região Sul e Sudeste do Brasil e ao qual estão submetidos os pescadores do Fórum Delta do Jacuí que inclui os pescadores do Guaíba, vai de 1º de novembro a 31 de janeiro (PAULA, 2013) e poderia ser estabelecido como período de paralisação também da atividade de mineração com objetivo de resguardar o período de reprodução da ictiofauna e desenvolvimento dos alevinos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Zoneamento da mineração de areia no Guaíba é um caso emblemático. Até o momento, apesar das diferentes pressões não se encontrou uma solução harmoniosa e definitiva. Esta questão corre o risco de se arrastar por mais tempo assim como no caso do estudo de Outeiro (2015) no Chile, onde os planos para um Planejamento Espacial efetivo ainda permanecem sem solução em razão da falta de disposição política das instituições governamentais para alcançar o consenso entre as partes interessadas com visões e interesses conflitantes, e algum acordo entre partes privadas e organizações sociais (OUTEIRO, 2015).

Apesar disso, conforme forem desenvolvidos novos estudos ou aumentar o nível de detalhamento das informações espaciais disponíveis a base de dados atual poderá ser ampliada e novos cenários poderão ser gerados.

Considera-se que a análise dos cenários de mineração com ênfase nas atividades humanas desenvolvidas e áreas de restrições é um importante passo no sentido do desenvolvimento de um zoneamento que permita a retomada da atividade. Sozinho, entretanto, não garante a sustentabilidade da atividade e não é capaz de evitar completamente os impactos negativos potenciais. São necessários acompanhamento e fiscalização dos órgãos competentes para evitar práticas poluidoras e a exploração excessiva desse recurso mineral. Espera-se que os resultados do presente trabalho venham a contribuir ao processo de tomada de

decisão com foco no Guaíba, em especial no que tange aos conflitos da mineração com as demais atividades desenvolvidas neste corpo hídrico ou dependentes dele.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. S. Métodos de mineração. In: TANNO, L. C.; SINTONI, A. (Coord.). Mineração e município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. P. 61-65. (Publicações IPT, 2850).

AMAGUAIBA, Avaliação do “Zoneamento Ambiental para atividades de mineração do Lago Guaíba”, 2016. Disponível em: <<http://amaguaiba.org/wp-content/uploads/2016/07/Avalia%C3%A7%C3%A3o-Zoneamento-Minera%C3%A7%C3%A3o-Gua%C3%ADba-AMA.pdf>>. Acessado em: 05/03/2018.

ANDRADE NETO, J. S.; RIGON, L.T.; TOLDO JR, E.E.; SCHETTINI, C.A.F. Descarga sólida em suspensão do sistema fluvial do Guaíba, RS, e sua variabilidade temporal. Pesquisas em Geociências, 39 (2): 161-171, maio/ago. 2012.

ANM. Sistema de Informações Geográficas da Mineração - SIGMINE. Layer Processos Minerários. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 12/05/2017.

ARKEMA, K.K.; VERUTES, G.M.; WOOD, S.A.; CLARKE-SAMUELS, C.; ROSADO, S.; CANTO, M.; ROSENTHAL, A.; RUCKELSHAUS, M.; GUANNEL, G.; TOFT, J.; FARIES, J.; SILVER, J. M.; GRIFFIN, R.; GUERRY, A.D. Embedding ecosystem services in coastal planning leads to better outcomes for people and nature. PNAS, Boston, v. 112, n. 2, jun. 2015.

ASMUS, M.L. Gestão com Base Ecológica Aplicada à Ambientes Marinhos e Costeiros. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 12., 2015, São Lourenço. Texto palestrante.

ASMUS, M.L.; NICOLODI, J.L.; SCHERER, M.E.G.; GIANUCA, K.S.; COSTA, J.C.; ANDRADE, L.F.G.; HALLAL, G.; FERREIRA, W. L. S.; RIBEIRO, J.N.A. ; PEREIRA, C.R.; BARRETO, B.T.; TORMA, L.F.; MASCARELLO, M.A.; VILLWOCK, A. Simples para Ser Útil: Base Ecológica para a Gestão Costeira. In: ENCONTRO NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO, 10., 2017, Rio Grande. Anais. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande, 2017, p. 142-143 BRASIL. Anuário Estatístico 2016. Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/Anuario2016/>>. Acesso em: 02/09/2017.

BACHI, F.A.; BARBOZA, E.G.; TOLDO JR, E.E. Estudo da sedimentação do Guaíba. Ecos, v. 17, p. 32-35. 2000.

BRASIL, Decreto de 3 de junho de 2015. Define a área do Porto Organizado de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, 2015.

BRASIL, Decreto nº 4.297/2002 - Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências, 2002.

BRASIL, Decreto-Lei Nº 227/1967 - Código de Mineração. 1967.

BRASIL, Lei Federal nº 6.938/1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, 1981.

BRASIL, Lei Federal nº 9433/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 1997.

BRASIL, Portaria 1.009/1993. Delimitação da área do Porto Organizado do Porto de Porto Alegre.

BRASIL, Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 05/04/2018.

BURROUGHS, R. Coastal Governance. Washington: Island Press, 2011.

CATSUL. Pontos de Embarque. Disponível em: <<https://www.travessiapoaguaiba.com.br/site/default.asp?TroncoID=945181&SecaoID=739250&SubsecaoID=0>>. Acesso em: 12/05/2017.

CELIC/RS, Edital N.º 022/CELIC/2016 - Processo administrativo Nº 008948-05.67/13-3. Serviços de elaboração de zoneamento ambiental - atividade de mineração de areia nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, 2016.

COMITÊ DO LAGO GUAIBA. Histórico. Site. Disponível em: <<http://comitedolagogaiba.com.br/historico/>>. Acesso em: 25/03/2017.

CONSEMA, Resolução N.º 116/2006. Dispõe sobre critérios de Licenciamento Ambiental do uso de equipamento de dragagem em atividades de mineração em corpos hídricos. 2006.

ECOPLAN. Plano de Bacia do Guaíba - Relatório Final Síntese (RS) e SIG - REVISÃO 01, 2016.

EHLER, C.; FANNY D. Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic

Commission and Man and the Biosphere Programme. ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO. 2009.

FEDERASUL. Site. disponível em: <<http://www.federasul.com.br/guaiba-tem-30-da-area-passivel-para-mineracao/>>. Acesso em: 01/04/2018.

FEISTAUER, L.B.H. Análise das ações de educação ambiental no Parque Estadual Delta do Jacuí. Trabalho de conclusão de curso (Ciências Biológicas Licenciatura), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FEPAM. LO N° 05144/2016-DL, Processo nº 6519-05.67/13.3.

FEPAM. Sistema on line de rastreamento de dragas. Disponível em: <http://ww3.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/mapa_dragas.asp>. Acessado em: 01/08/2019.

FONTOURA N.F., SCHULZ U.H., ALVES T.P., SILVEIRA T.C.L., PEREIRA J.J.; ANTONETTI D.A. (2019) How Far Upstream: A Review of Estuary-Fresh Water Fish Movements in a Large Neotropical Basin. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 6. 2019. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2019.00039/full#note2>>. Acesso em: 20/07/2019.

GARCEZ, D. S.; SANCHEZ-BOTERO, J. I. Comunidades de pescadores artesanais no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Atlântica*, 2005, 27: p.17-29.

GARCIA, J. R. Valoração, cobrança pelo uso da água e a gestão das bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira: uma abordagem econômico-ecológica. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286046>>. Acesso em: 28/03/2018.

GOMI, C. Subsídios para o zoneamento da mineração de areia na porção leste da Região Metropolitana de São Paulo. 2005. 77fls. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000351596>>. Acesso em: 06/04/2018.

ICMBio. Unidades de Conservação. Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros>>. Acesso em: 09 set. 2017.

IKEM, A., EGIEBOR, N.O. & NYAVOR, K. Trace Elements in Water, Fish and Sediment from Tuskegee Lake, Southeastern Usa. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2003. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1025694315763#citeas>>. Acesso em 27/10/2019.

InVEST 3.3.3 User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford. Disponível em:http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/overlap_analysis.html?highlight=overlap%20analysis. Acesso em: 24/08/2017.

IRGANG, G. V. et al. Elaboração de um modelo altimétrico digital para o município de Porto Alegre. *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Curitiba. 1997.

IRION, G.; ZÖLLMER, V. Pathways of Fine-Greined Clastic Sediments - Exemples from the Amazon, the Weser Estuary, and the North Sea. In: Heling, D.; Rothe, P. Förstner, U & Stoffers, P. (editores), *Sediments and Enviroment Geochemistry: Selected Aspects and Case Histories*. Berlin. Springer-Verlag, p. 351-366

LAYBAUER, L. Estudo de risco ambiental e da dinâmica sedimentológica e geoquímica da contaminação por metais pesados nos sedimentos do Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS. 2002.

LAYBAUER, L.; BIDONE, E.D. Caracterização Textural dos Sedimentos de Fundo do Lago Guaíba (sul do Brasil) e sua Importância em Diagnósticos Ambientais. *Pesquisas em Geociências*, 2001.

MALLE, K.G. The Pollution of the River Rhine with Heavy Metals. In: Heling, D.; Rothe, P.; Förstner, U. & Stoffers, P. (editores). *Sediments and Enviroment Geochemistry: Selected Aspects and Case Histories*. Berlin. Springer-Verlag, p. 279-290.

MCLEOD, K.; LESLIE, H. *Ecosystem-based Management for the Oceans*. Washington: Island Press, 2009.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment*. Washington: Island Press, 2003. 266 p.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>>. Acesso em 23/10/2019.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Situação do ZEE no Brasil. Site. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80253/Estados/Informacoes%20ZEE%202017.pdf>>. Acesso em: 18/03/2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Macrodiagnóstico da Zona Costeira: Biodiversidade Costeira e Marinha. Brasília, 2008a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80033/Macrodiagnostico-capitulos/xpre8.SPMacrodiagBiodiversidadeCosteiraMarinha_p197-204.pdf>, Acesso em: 21/12/2018.

MPE - Ministério Público Estadual. Recomendação à SEMA/FEPAM. Ofício nº 812 /2015 - MA. Ação Civil Pública nº 5010680-93.2013.4.04.7100. Porto Alegre, 2015.

MTPA. Secretaria dos Portos. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/transporte-aquaviario-relevancia.html>>. Acesso em: 05/06/2017.

MIYOSHI, C. Reconstrução ambiental de uma região sob influência antrópica: uma avaliação dos últimos 200 anos do Rio Guaíba (RS). Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, USP. 2017.

NICOLODI, J.L. O padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 195p. 2007.

NICOLODI, J.L.; TOLDO, E.E.; FARINA, L. Dinâmica e ressuspensão por ondas no Lago Guaíba (RS, Brasil) e implicações nos locais de captação de água para abastecimento humano. Pesquisa em Geociências. Instituto de Geociências, UFRGS, 2010, 37 (1): 28-39.

NYLAND, J.A.R. Aplicação de Modelos Ecosistêmicos em Sistemas de Lagoas Costeiras como Suporte à Gestão. 2018. 213f. Dissertação - Sensoriamento Remoto - UFRGS.

OUTEIRO, L.; HÄUSSERMANN, V.; VIDDI, F.; HUCKE-GAETE, R., FÖRSTERRA, G.; OYARZO, H.; KOSIEL, K.; VILLASANTE, S. Using ecosystem

services mapping for marine spatial planning in southern Chile under scenario assessment. *Ecosystem Services*. V. 16, p. 341-353. 2015.

PASQUOTTO, V.F. Pesca artesanal no Rio Grande do Sul: os pescadores de São Lourenço do Sul e suas estratégias de reprodução social. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 164 f.

PAULA, C. Q., Gestão Compartilhada dos Territórios da Pesca Artesanal: Fórum Delta do Jacuí (RS). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2013.

RAMOS, G.G.; SILVA, T.S.; ASMUZ, M. L. Subsídios técnicos para a gestão de usos em ambientes aquáticos: o caso da mineração no Lago Guaíba. Resumo. Anais. X ENCOGERCO, 2017.

RECH DA SILVA, T. Geograficidade, percepção e saberes ambientais dos pescadores do lago Guaíba, Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/11.520.pdf>>. Acesso em 02/09/2017.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 38.989/1998. Cria o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/m010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=5802&hTexto=&Hid_IDNorma=5802>. Acesso em 24/09/2016.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Nº 14.983, de 16 de janeiro de 2017. Dispõe sobre a extinção da Superintendência de Portos e Hidrovias - SPH. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/LEI%2014.983.pdf>>. Acesso em: 03/10/2017.

RIO GRANDE DO SUL. Plano Estadual de Logística e Transportes do Rio Grande do Sul (PLT-RS). SEINFRA, 2016

RIO GRANDE DO SUL. Regulamento de Exploração do Porto Organizado de Porto Alegre. Superintendência de Portos e Hidrovias. Disponível em:

<http://www.sph.rs.gov.br/sph_2006/content/pdf/Reg.%20Exp.%20Porto%20POA%20Final%202015.pdf>. Acesso em: 02/07/2017.

RIO GRANDE DO SUL. Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul - Ano 2009/2010. Secretaria do Meio Ambiente - Departamento de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2012.

SANTOS, D. N. Extração de areia e dinâmica sedimentar no alto curso do rio Paraná na região de Porto Rico, PR. Dissertação de mestrado, Universidade Guarulhos. Guarulhos, 2008.

SCOTTÁ, F.C. A hidrodinâmica e sedimentologia do rio Guaíba analisados por sensores geoacústicos e orbitais. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018.

SEMA. Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-do-lago-guaiba>>. Acesso em: 28/09/2017.

SEMA. Unidades de Conservação. Serviços e informações, 2017. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao-2016-10>>. Acesso em: 09/09/2017.

SEMA. Elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE-RS). Produto 25 – Diagnóstico do Lago Guaíba e margens adjacentes, com ênfase em aspectos hidrodinâmicos e suas implicações. Não publicado, 2018.

SEMA. Zoneamento Ambiental para Atividade de Mineração no Lago Guaíba, 2016. Disponível em: <<http://amaguaiba.org/wp-content/uploads/2016/07/ZONEAMENTO-LAGO-GUAIBA-SEMA.pdf>>. Acesso em: 01/08/2017.

SOARES NETO, P.B.; FREITAS, M.; AGRA, S.G. Processo de Gestão das Águas na Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, I. Indaiatuba (SP), 2002. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/recursos_hidricos/Soares%20Neto%20-%20Freitas%20-%20Agra.pdf>. Acesso em 24/09/2016.

SOMAR - Sociedade Mineradora LTDA, Relatório de Atividades 2017. 2017. Disponível em: <<http://somarmineradora.com.br/viewpdf/view.php?path=2016/11/Relat%C3%B3rio-Operacional-FEPAM-SOMAR-2017.pdf>>. Acesso em: 01/04/2018.

TOBIAS; A. et. al. Avaliação dos Impactos Ambientais Oriundos da Extração de Areia no Rio Piracanjuba – Município de Silvana – GO. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 2010.

TRINDADE, B.O. Análise de Sobreposição de Usos no Lago Guaíba como Suporte ao Zoneamento Ecológico-Econômico. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS, Curso de Engenharia Ambiental, Porto Alegre, 2018.

VAZ, A.C.; MÖLLER Jr., O.O.; ALMEIDA, T.L. Análise Quantitativa da Descarga dos Rios Afluentes da Lagoa dos Patos. Revista Atlântica, 2006, 28(1): p 13-23.

VILLAMIL, C.M.B.; LUCENA, C.A.S.; CALONE, R.G.; SANTOS, G.O. 1996. Peixes de importância comercial capturados no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. FEPAGRO, 10:5-19.