

## ANÁLISE DE APTIDÃO AMBIENTAL PARA A INSTALAÇÃO DE TERMINAIS HIDROVIÁRIOS NA LAGOA MIRIM

*ENVIRONMENTAL SUITABILITY ANALYSIS FOR THE INSTALLATION OF WATERWAY  
TERMINALS IN MIRIM LAGOON*

**Marco Antonio de OLIVEIRA, Tatiana Silva da SILVA**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre –  
RS. E-mails: maoceano@gmail.com; tatiana.silva@ufrgs.br

Introdução  
Materiais e métodos  
  Area de estudo  
  Estrutura de dados e fonte de informação  
  Tomada de decisão e geração de cenários  
  Cenário 1 – Conservacionista  
  Cenário 2 – Desenvolventista  
  Cenário 3 – Gestão  
Resultados e Discussões  
  Cenário 1 – Conservacionista  
  Cenário 2 – Desenvolventista  
  Cenário 3 – Gestão  
Conclusões  
Referências

**RESUMO** - O estudo ofereceu uma análise de aptidão ambiental locacional para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim através da análise multicritério. A partir do método Analytic Hierarchy Process (AHP) através do software Terrset, foi possível a geração de três cenários nas margens da Lagoa Mirim, sendo descartadas as áreas protegidas por lei: Conservacionista – propôs uma visão de conservação ambiental; Desenvolventista – visando o desenvolvimento regional e a flexibilização dos aspectos naturais; e o de Gestão. Cada variável utilizada foi reclassificada, de acordo com a relevância nos cenários, e atribuído diferentes pesos, resultando em mapas com cinco classes de aptidão. O cenário Conservacionista apresentou cerca da metade das áreas com alto grau de aptidão ambiental e a outra metade com grau médio e baixo. O cenário Desenvolventista apresentou cerca de 90% das áreas classificadas como alto grau de aptidão ambiental para a instalação de terminais hidroviários. O cenário de gestão, que representa a visão intermediária entre o conservacionista e desenvolventista, apresentou mais da metade das áreas classificadas com alto grau de aptidão.

**Palavras-chave:** Transporte hidroviário. Lagoa Mirim. Análise multicritério. AHP.

**ABSTRACT** - The study offered an analysis of locational environmental suitability for the installation of waterway terminals in Mirim Lagoon through multicriteria analysis. Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method through the Terrset software, it was possible to generate three scenarios on the banks of Mirim Lagoon, with areas protected by law being discarded: Conservationist - proposed a vision of environmental conservation; Developmentalist - aiming at regional development and the flexibility of natural aspects; and Management. Each variable used was reclassified, according to the relevance in the scenarios, and assigned different weights, resulting in maps with five classes of aptitude. The Conservationist scenario presented about half of the areas with a high degree of environmental suitability and the other half with a medium and low degree. The Developmentalist scenario presented about 90% of the areas classified as having a high degree of environmental aptitude for the installation of waterway terminals. The management scenario, which represents the intermediate view between the conservationist and developmentalist, presented more than half of the classified areas with a high degree of aptitude.

**Keywords:** Waterway transport. Mirim Lagoon. Multicriteria analysis. AHP.

### INTRODUÇÃO

Em países de grandes dimensões, a problemática envolvendo transportes é de extrema importância, refletindo diretamente no desenvolvimento, tanto para a circulação de pessoas e mercadorias quanto para a integração e crescimento de regiões mais distantes. No início do século XXI, o Brasil começou a delinear um novo marco de atuação na economia mundial, com maior diversificação e ampliação de mercados e aumento da escala produtiva. Entretanto, de forma contraditória, esse momento

não chegou acompanhado de infraestrutura de transportes adequada e necessária para sustentá-lo, principalmente no que se refere à infraestrutura portuária, seja essa marítima ou interior. Dentro do conjunto econômico mundial da atualidade, globalizado e dinâmico, os portos ganham destaque estratégico, influenciando ações e políticas de governos estaduais. Com a função de ligar mercados, os terminais portuários são polos concentradores e disseminadores que permitem a concretização dos fluxos de merca-

dorias e pessoas (ANTAQ, 2013).

O Brasil, de acordo com Silva (2006), está no grupo de países de possuem o menor índice de aproveitamento de suas vias com potencial de navegação. Na matriz energética brasileira, o transporte hidroviário corresponde apenas a 5%, enquanto o rodoviário apresenta-se com 60% e, quando se refere ao Estado do Rio Grande do Sul, 85,3% do volume de cargas são transportados por rodovias (BRASIL, 2015). De acordo com o Plano Hidroviário Estratégico - PHE (PHE/MT, 2013) e sob o ponto de vista socioambiental, o transporte hidroviário é mais eficiente quanto ao consumo de energia, com menor consumo de combustível por tonelada transportada, menores níveis de emissão de CO<sub>2</sub> e menores os impactos ambientais. Mesmo com estas vantagens, o Brasil continua a favorecer o transporte por rodovia.

A rede fluvial do Rio Grande do Sul é composta por rios, lagoa, lagoas e lagunas que estão inseridos em duas bacias hidrográficas: a do Rio Uruguai e a do Atlântico Sul. Conforme Silva & Sellitto (2008), a Bacia do Atlântico Sul representa a principal área de desenvolvimento da navegação no interior do Estado, que corresponde aos rios Jacuí, Caí, Taquari, Sinos e Gravataí, formando o Lago Guaíba, a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim. Esta bacia abrange 54% da área do território do Estado do Rio Grande do Sul com uma área de 160.000 km<sup>2</sup> (Silva, 2006).

No intuito de estimular o transporte hidroviário, existe a ideia de implementação da Hidrovia Uruguai-Brasil, que possibilitará a ampliação do comércio entre os dois países e o fortalecimento da navegação interior do Rio Grande do Sul (Pinto et al., 2017). De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o Uruguai possui importantes centros de produção de arroz próximos à Lagoa Mirim e ao Rio Jaguarão e o Rio Grande do Sul é destaque na produção de arroz, sendo estimada uma produção de mais de 8 milhões de toneladas (IBGE, 2017). Com isso, poderá favorecer-se com o transporte de cargas através da Lagoa Mirim, Canal São Gonçalo e Lagoa dos Patos até Porto do Rio Grande

(BRASIL, 2009). Além disso, o Brasil poderia exportar açúcar, soja, combustíveis e carga em contêineres para o Uruguai.

Segundo Pinto et al. (2017), com a utilização da hidrovia, o fluxo na BR-471, que se estende até a fronteira com o Uruguai, diminuiria, sendo importante para a Reserva Ecológica do Taim, *habitat* de animais silvestres. Poderia evitar também quase 10 mil viagens de caminhões por ano se as cargas fossem transportadas por hidrovias, diminuindo o consumo de combustível, o impacto no meio ambiente e o desgaste da rodovia. Com isso, é perceptível a importância desse meio de transporte tanto para a economia quanto para o meio ambiente.

Contudo, para que essa ideia se concretize, serão necessários investimentos em infraestrutura como dragagens, adequação de terminais, balizamento, sinalização e melhorias na interconexão com outros meios de transportes (Pinto et al., 2017). Além disso, mudanças no uso ao longo de corpos d'água podem influenciar na qualidade das águas. O mau uso destes ambientes, como o desmatamento e a urbanização desenfreada, tendem a desestabilizar o solo, desencadeando processos erosivos, assoreamento e consequente diminuição da biodiversidade local (Gorayeb et al., 2005). Mudanças assim podem ser monitoradas e modeladas pelo uso conjunto de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica – SIG, facilitando a solução de problemas de gestão e servindo como suporte à decisão.

Um aspecto importante a ser considerado é a identificação de áreas adequadas para a instalação de terminais hidroviários ao longo da orla da Lagoa Mirim, tanto para a movimentação de carga quanto de pessoas. O estudo com base em indicadores ambientais, socioeconômicos e situação legal/institucional visa alcançar o mínimo impacto ambiental e otimização de logística para os serviços a serem utilizados. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é determinar e selecionar indicadores ambientais para mapear o grau de aptidão para a instalação de terminais hidroviários para carga e pessoas na Lagoa Mirim.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo do presente trabalho corresponde a parte pertencente ao Brasil da Lagoa Mirim, localizada na fronteira entre o estado do Rio Grande do Sul e o Uruguai entre as

latitudes 32°09' e 33°37'S e longitudes 52°35' e 53°59'W. Possui um comprimento aproximado de 185 km, sentido noroeste sudeste, com largura média de 20 km e um espelho d'água com uma área de aproximadamente 3750 km<sup>2</sup>, sendo que

2.750 km<sup>2</sup> estão no lado brasileiro e o restante no lago uruguaio (Piedras et al., 2012).

A Lagoa Mirim possui ligação com a Lagoa dos Patos através do Canal São Gonçalo de 76 km de extensão com profundidades em torno de 6 m, adequadas para a navegação. O canal também possui uma barragem com eclusa para transposição, destinada a evitar a penetração de água salgada e a salinização das águas da lagoa no período de estiagem, assegurando a qualidade

e um melhor aproveitamento dos recursos naturais como armazenamento de água, irrigação e navegação (Alba et al., 2010).

Para o estudo, foi selecionada uma região de largura de 5 km a partir da margem do corpo d'água para a análise de aptidão de instalação de terminais hidroviários, conforme a figura 1. A área de margem corresponde a porções dos municípios do Chuí, Santa Vitória do Palmar, Rio Grande, Arroio Grande e Jaguarão.

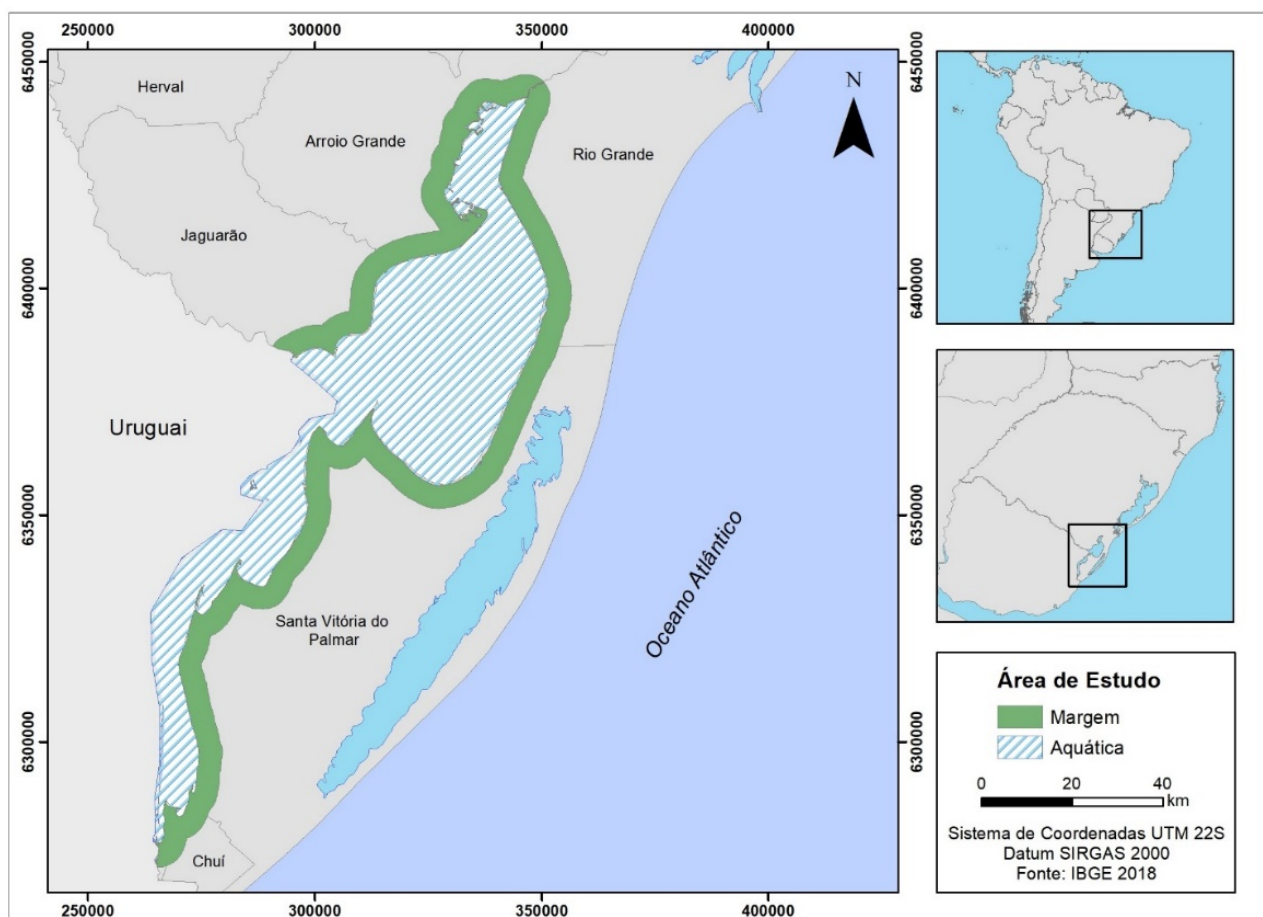


Figura 1 – Área de estudo: área de margem da Lagoa Mirim.

### Estrutura de dados e fonte de informação

Para a realização do estudo, foram utilizados uma série de informações provenientes do projeto de extensão “Análise Integrada e Capacitação na Aquisição e Estruturação de Dados Geográficos” (Instituto de Geociências - UFRGS) e de outras fontes. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA, indicadores ambientais são informações de fácil compreensão, utilizadas em processos de tomada de decisão. São úteis como ferramenta de avaliação de fenômenos ambientais, apresentando tendências e progressos que se alteram com o tempo. Estes refletem o estado do meio ambiente, relacionando as pressões sofridas pelas atividades econômicas sobre a qualidade do meio ambiente com as respostas formadas pela

sociedade para combater tais pressões (Alfaro & Oyague, 1997). Não há um conjunto de indicadores que seja aceito universalmente, pois se considera o comportamento dinâmico de cada ambiente e finalidade específica de estudo. Para Khure (1998), os indicadores ambientais selecionados devem ser adequados para revelarem aspectos importantes de uma organização, quantificar aspectos como efeitos e impactos.

A figura 2 apresenta os indicadores utilizados para o estudo, descrição e fontes.

### Tomada de decisão e geração de cenários

O método AHP foi desenvolvido na década de 1970, por Thomas L. Saaty. Segundo Schmoldt et al. (2001), é utilizado para diversos tipos de estudo pelo fato de possuir estrutura flexível e de ser um

<b>Sistemas Ambientais</b>	Os sistemas ambientais são definidos como unidades espaciais básicas que refletem homogeneidade em termos de estrutura e funcionamento, delimitados para o corpo hídrico da Lagoa Mirim. Na área de estudo, os sistemas ambientais presentes são: Áreas úmidas, Campos predominantemente associados à Pecuária, Lagunas e Lagoas Costeiras, Mata Ciliar, Praia e Duna Lagunar, Silvicultura, Florestal, Lântico, Lótico, Predominantemente Agrícola, Urbano e Viário	<b>SEMA (2019)</b>
<b>Facilidade de Acesso</b>	Presença de vias que permitem o acesso de pessoas e veículos automotores, realizando a integração da hidrovia com o sistema viário.	<b>SEMA (2016)</b>
<b>Distância de Comunidades Tradicionais</b>	Distância euclidiana de comunidades tradicionais presentes na área de estudo. Neste caso, compreende pescadores artesanais.	<b>Pieve (2009)</b>
<b>Distância da Orla Lagunar</b>	Distância de 5km da margem da Lagoa Mirim.	<b>SEMA (2016)</b>
<b>Distância de áreas de proteção legal</b>	Distância euclidiana de áreas de proteção amparados por lei	<b>Lei Federal nº 12.651/12</b>

**Figura 2** - Indicadores utilizados para o estudo, descrição e fontes.

modelo numérico facilmente aplicável. Este método é uma prática estruturada para tomada de decisão complexa afim de solução de problemas (Saaty, 1980). Através deste método, é possível transformar comparações, muitas vezes empíricas, em valores numéricos que podem ser comparados e analisados. Com isso, é atribuído um peso para cada fator, permitindo a avaliação de cada um dos elementos dentro de uma hierarquia definida (Weiss, 2014).

Para a utilização do método de análise multicritério de comparação pareada de variáveis, utiliza-se indicadores padronizados e normalizados, podendo ocorrer através das lógicas booleana e *fuzzy*, muito implementadas em *softwares* SIG.

A lógica booleana, de acordo com Meirelles (1997), é o fundamento da matemática computacional baseada em números binários. Corresponde apenas a uma matriz formada por zeros (0) e uns (1), trabalhando com dois tipos de respostas como, por exemplo, falso ou verdadeiro, sendo de fácil e simples aplicação (Moreira, 2005). Já a lógica *fuzzy*, que é uma extensão da lógica

booleana, admite valores intermediários entre 0 e 1 (ou 0 e 255). Conforme Katinsky (1994), é a parte lógica da matemática dedicada aos princípios formais do raciocínio incerto ou aproximado, variando em uma escala de valores contínuos e servindo para estudar regiões onde causam incertezas de uso.

Utilizou-se o *software Terrset* e a metodologia baseada em Eastman (1997), aplicando alguns dos módulos disponibilizados. O módulo *distance* realiza o cálculo da distância euclidiana de cada célula à sua mais próxima num conjunto de células alvo (Tagliani, 2002), transformando-os em superfícies de distância. O módulo *fuzzy* reescala através da combinação linear crescente ou decrescente ponderada resultando em células de valor entre 0 e 255.

O módulo *weight* foi utilizado para comparar cada variável com as demais por meio de uma matriz de comparação pareada, de acordo com a sua importância relativa e diferentes pesos para cada uma. Estas relações são estabelecidas através da escala de comparação de Saaty (1977), representada na figura 3.

<b>1/9</b>	<b>1/7</b>	<b>1/5</b>	<b>1/3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
<b>Extremo</b>	Muito forte	Forte	Moderado	Igual	Moderado	Forte	Muito forte	Extremo
<b>Menor importância</b>					<b>Maior importância</b>			

**Figura 3** - Escala de Comparação de Saaty. Fonte: Saaty (1977).

O módulo *MCE* foi utilizado para uma avaliação conjunta dos dados e a realização das modelagens finais e, além disso, foi possível a geração de diferentes cenários através da reclassificação de cada variável, alterando sua importância e, por consequência, seus pesos e a

exclusão das áreas amparadas por lei (Figura 4).

Todos os dados foram configurados para o Datum SIRGAS 2000 e o Sistema de Coordenadas UTM 22S, padronizados para uma escala espacial comum e rasterizados com base em um raster de 30 metros de resolução espacial. Por fim, os mapas

finais foram gerados através do *software* ArcGIS 10.6, com a licença institucional da UFRGS.

O desenvolvimento de cenários é utilizado em uma ampla variedade de contextos que variam desde a tomada de decisão política ao planejamento empresarial, e de avaliações ambientais globais à gestão da comunidade local (Regra et al., 2013). A modelagem foi gerada com a finalidade de localizar áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários no corpo d'água, sendo possível elaborar três diferentes cenários, propostos para refletir diferentes situações de flexibilidade.

Os cenários propostos foram: Conservacionista (enfoque maior na proteção ambiental); Desenvolvimentista (panorama flexível para o

desenvolvimento hidroviário regional); e o de Gestão (visão intermediária entre os cenários conservacionista e desenvolvimentista).

### Cenário 1 – Conservacionista

O cenário conservacionista foi proposto para refletir um enfoque maior na proteção dos sistemas ambientais mais sensíveis na intenção de reduzir os impactos negativos que possam ser desenvolvidos com a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim. Neste cenário, foi atribuído maior peso nas variáveis: Sistemas Ambientais, Unidades de Conservação e Comunidades Tradicionais. A figura 5 apresenta o fluxograma com o processamento das variáveis para a geração do mapa do cenário conservacionista.

Restrições	Área Limite de Restrição	Lei
<b>I – Unidades de Conservação</b>	-	Lei Federal nº 12.651/12
<b>II – Dunas</b>	-	Lei Federal nº 12.651/12
<b>III – Matas Nativas</b>	-	Lei Federal nº 12.651/12
<b>IV – Áreas úmidas</b>	-	Lei Federal nº 12.651/12
<b>V – Florestas</b>	-	Lei Federal nº 12.651/12
<b>VI – Corpos d'água com largura entre 200 e 600 de largura)</b>	200 metros	Lei Federal nº 12.651/12
<b>VII – Lagos e Lagoas (maiores que 20 hectares)</b>	100 metros	Lei Federal nº 12.651/12
<b>VIII – Lagos e Lagoas (menores que 20 hectares)</b>	50 metros	Lei Federal nº 12.651/12
<b>IX – Orla Lagunar – Área Urbana</b>	50 metros	Lei Federal nº 12.651/12
<b>X – Orla Lagunar – Área Rural</b>	200 metros	Lei Federal nº 12.651/12

Figura 4 - Áreas de restrição e limites de proteção amparadas por sua respectiva lei.

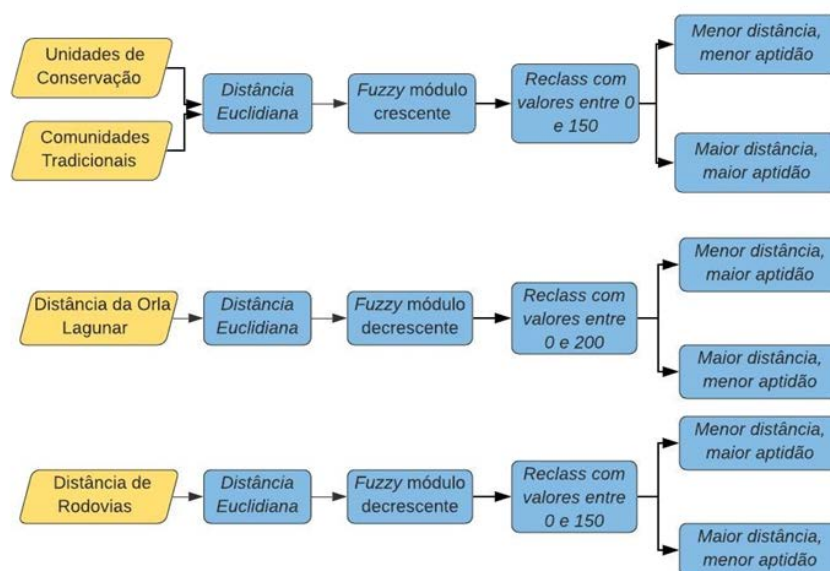


Figura 5 - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário Conservacionista.

Os Sistemas Ambientais (SA) foi a variável que recebeu maior relevância neste cenário. Cada um deles recebeu um valor de classe atendendo a ideia de conservação ambiental. A tabela 1 apresenta as classes de cada sistema ambiental, organizadas

pele seu grau de aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Para a geração do mapa do cenário 1 –

Conservacionista, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável através de uma matriz de

comparação pareada (Tabela 2) de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977) e assim, gerado os pesos para cada (Tabela 3).

**Tabela 1** - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário Conservacionista.

Sistema Ambiental	Classes
	Cenário Conservacionista
Áreas úmidas	0
Lagunas e Lagoas Costeiras	0
Mata Ciliar	0
Praia e Duna Lagunar	0
Lêntico	0
Lótico	0
Florestal	0
Viário	130
Campos Predominantemente Associado à Pecuária	150
Predominantemente Agrícola	150
Urbano	150
Silvicultura	255

**Tabela 2** - Matriz de comparação pareada das variáveis - Cenário Conservacionista.

	SA	UC	CT	Orla	Rodovias
SA	1				
UC	1/3	1			
CT	1/3	1	1		
Orla	1/5	1/3	1/3	1	
Rodovias	1/7	1/5	1/5	1/3	1

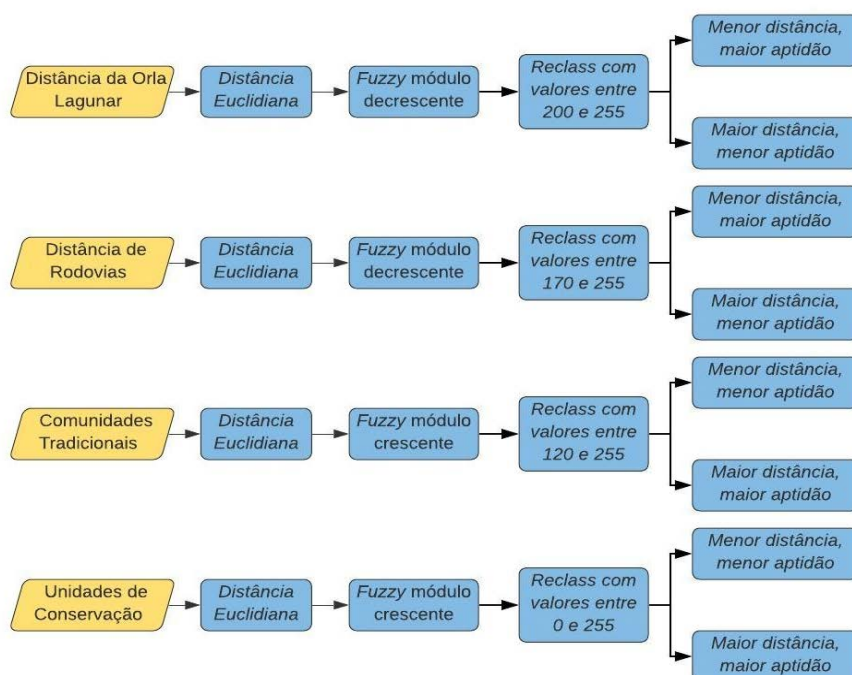
**Tabela 3** - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem - Cenário Conservacionista.

Variáveis	Peso
Sistemas Ambientais	0.4691
Unidades de Conservação	0.2010
Comunidades tradicionais	0.2010
Distância da Orla	0.0862
Distância de Rodovias	0.0427
<b>Razão de Consistência: 0.03 - Aceitável</b>	

### Cenário 2 – Desenvolvimentista

O cenário desenvolvimentista foi proposto com a visão de desenvolvimento regional, flexibilizando os aspectos ambientais e culturais, sem deixar de considerar as restrições ambientais e legais. Neste cenário foi

atribuído maior peso nas variáveis: Distância de rodovias, Distância da orla lagunar e os sistemas ambientais. A figura 6 apresenta o fluxograma com o processamento das variáveis para a geração do mapa do cenário desenvolvimentista.



**Figura 6** - Fluxograma que apresenta o processamento das variáveis – Cenário Desenvolvimentista.

As variáveis de distância de rodovias e da orla lagunar receberam relevância maior para este cenário.

Após a aplicação dos módulos *distance*, *fuzzy* e *reclass*, foi atribuído valores entre 170 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) para a distância de rodovias, valores entre 200 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) para a distância da orla lagunar.

A variável Sistemas Ambientais (SA) recebeu relevância intermediária. Cada um deles recebeu um valor de classe atendendo a ideia de

desenvolvimento regional. A tabela 4 apresenta as classes de cada sistema ambiental, organizadas pelo seu grau de aptidão para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição).

Para a geração do mapa do cenário 2 – Desenvolventista, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável através de uma matriz de comparação pareada (Tabela 5) de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977) e assim, gerado os pesos para cada (Tabela 6).

**Tabela 41** - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário Desenvolventista.

Sistema Ambiental	Classes
	Cenário Desenvolventista
Lagunas e Lagoas Costeiras	0
Lêntico	0
Lótico	0
Florestal	0
Áreas úmidas	0
Praia e Duna Lagunar	50
Mata Ciliar	100
Urbano	200
Viário	200
Predominantemente Agrícola	230
Campos Predominantemente Associado à Pecuária	235
Silvicultura	255

**Tabela 5** - Matriz de comparação pareada das variáveis – Cenário Desenvolventista.

	Rodovias	Orla	SA	CT	UC
Rodovias	1				
Orla	1/3	1			
SA	1/3	1/3	1		
CT	1/5	1/3	1	1	
UC	1/3	1/3	3	3	1

**Tabela 6** - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem – Cenário Desenvolventista.

Variáveis	Peso
Distância de Rodovias	0.4312
Distância da Orla	0.2538
Comunidades tradicionais	0.1610
Sistemas Ambientais	0.0824
Unidades de Conservação	0.0716
<b>Razão de Consistência: 0.06 - Aceitável</b>	

### Cenário 3 – Gestão

Este cenário foi proposto para mostrar a visão intermediária entre o cenário conservacionista e o desenvolvimentista. Foram realizadas classificações diferentes dos outros cenários e, por consequência, novos pesos atribuídos a elas. A figura 7 apresenta o fluxograma com o processamento das variáveis para a geração do mapa do cenário de gestão.

Os Sistemas Ambientais (SA) foi a que recebeu a maior relevância neste cenário.

A tabela 7 apresenta as classes de cada sistema ambiental, organizadas pelo seu grau de aptidão

com valores entre 0 (menor aptidão, maior restrição) e 255 (maior aptidão, menor restrição) para a instalação de terminais hidroviários na Lagoa Mirim.

Para a geração do mapa do cenário 3 – de Gestão, através do *software* Terrset, foi aplicado o módulo *Weight* para a geração dos pesos de cada variável, através de uma matriz de comparação pareada (Tabela 8), de acordo com a escala de comparação de Saaty (1977).

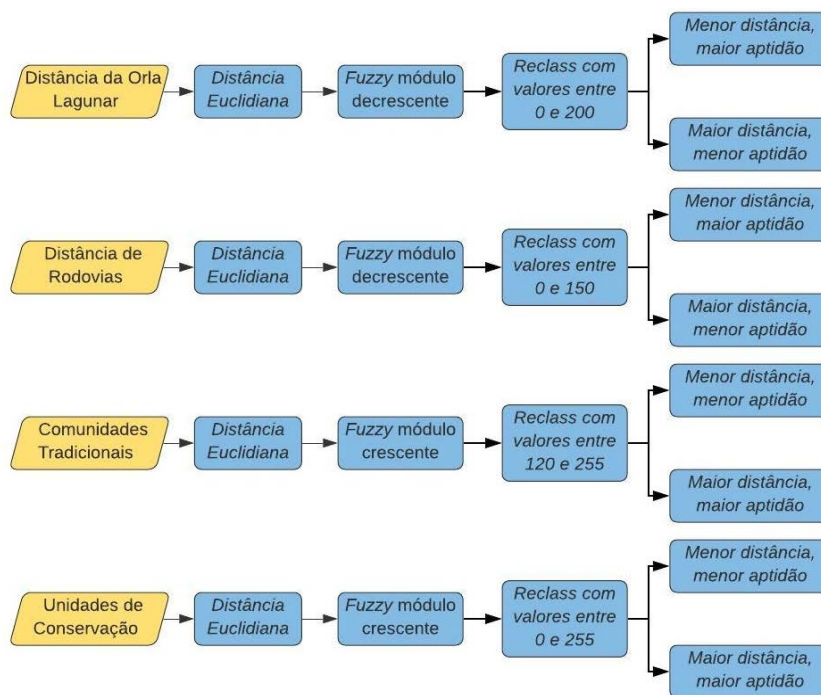
A escala de comparação Saaty (1977) permitiu a geração os pesos para cada variável, segundo consta na tabela 9.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Cenário 1 – Conservacionista

A partir dos pesos para cada variável e através

do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão para a instalação



**Tabela 7** - Classificação por aptidão da variável Sistemas Ambientais de Margem – Cenário de Gestão.

Sistema Ambiental	Classes
	Cenário de Gestão
<b>Lagunas e Lagoas Costeiras</b>	0
Lêntico	0
Lótico	0
Florestal	0
Áreas úmidas	0
<b>Praia e Duna Lagunar</b>	25
Mata Ciliar	50
Viário	170
Urbano	175
<b>Predominantemente Agrícola</b>	190
<b>Campos Predominantemente Associado à Pecuária</b>	200
Silvicultura	255

**Tabela 8** - Matriz de comparação pareada das variáveis – Cenário de Gestão.

	SA	Rodovias	Orla	CT	UC
SA	1				
Rodovias	1/3	1			
Orla	1/5	1/3	1		
CT	1/5	1/5	1/3	1	
UC	1/5	1/5	1/3	1	1

**Tabela 9** - Pesos calculados para cada variável da modelagem de margem – Cenário de Gestão.

Variáveis	Peso
<b>Sistemas Ambientais</b>	0.4828
<b>Distância de Rodovias</b>	0.2695
<b>Distância da Orla</b>	0.1284
<b>Comunidades tradicionais</b>	0.0597
<b>Unidades de Conservação</b>	0.0597
<b>Razão de Consistência: 0.05 - Aceitável</b>	

de terminais hidroviários. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 8.

O mapa resultante da modelagem de margem para o cenário conservacionista, baseado nas variáveis de Sistemas Ambientais de Margem, Comunidades Tradicionais, Unidades de Conservação, distância de Rodovias e Distância

da Orla, apresentou a maior quantidade de áreas com aptidão entre “Baixo”, “Alto” e “Muito Alto”.

A classe de aptidão “Muito Baixo” apresentou área aproximada de 8593 ha, está associada predominantemente ao Sistema Ambiental de Campos Predominantemente Associado à Pecuária, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 15 km de comunidades

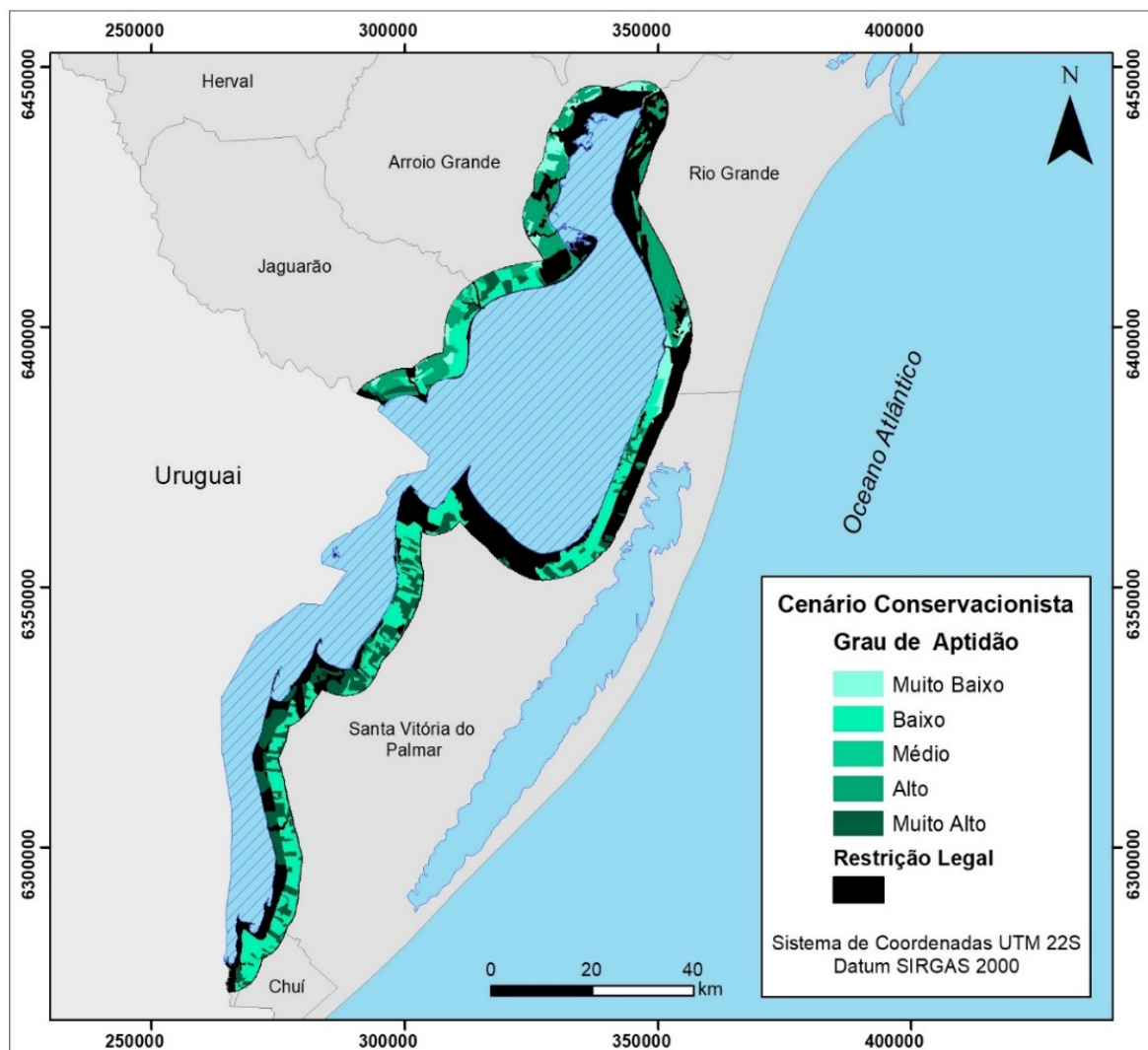


tradicionais e distância máxima de 25 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 3 km e a maioria delas fica a uma distância de no mínimo 3 km da orla lagunar, com algumas exceções que estão a 300 m da mesma.

As classes de aptidão “Baixo” e “Médio” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 43206 e 1190 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado a Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 18 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 22 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém

rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 6 km e há um número maior de áreas próximas da orla lagunar e outras áreas estão há 2 km de distância da mesma.

A classe de aptidão “Alto” apresentou área aproximada de 27204 ha, está associada predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 17 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 25 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 5 km e a maioria destas áreas estão há uma distância de no mínimo 2 km da orla lagunar.



**Figura 8** - Resultado da modelagem de margem para o Cenário Conservacionista.

A classe de aptidão “Muito Alto” apresentou área aproximada de 26273 ha, está associada predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado a Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com

grande parte das áreas a uma distância mínima de 15 km de comunidades tradicionais e distância mínima de 30 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 6 km

e estão bem distribuídas entre os 5 km de distância da orla lagunar proposta neste estudo.

### Cenário 2 – Desenvolvimentista

A partir dos pesos para cada variável e através do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 9.

O mapa resultante da modelagem de margem para o cenário desenvolvimentista, baseado nas variáveis de Sistemas Ambientais de Margem, Comunidades Tradicionais, Unidades de Conservação, distância de Rodovias e Distância da Orla,

apresentou a maior quantidade de áreas com aptidão “Muito Alto”.

As classes de aptidão “Muito Baixo” e “Baixo” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 448 e 8074 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado a Pecuária e Sistema Predominantemente Agrícola, com grande parte das áreas a uma distância máxima de 20 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 25 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 3 km e a maioria delas fica a uma distância mínima de 4 km da orla lagunar.

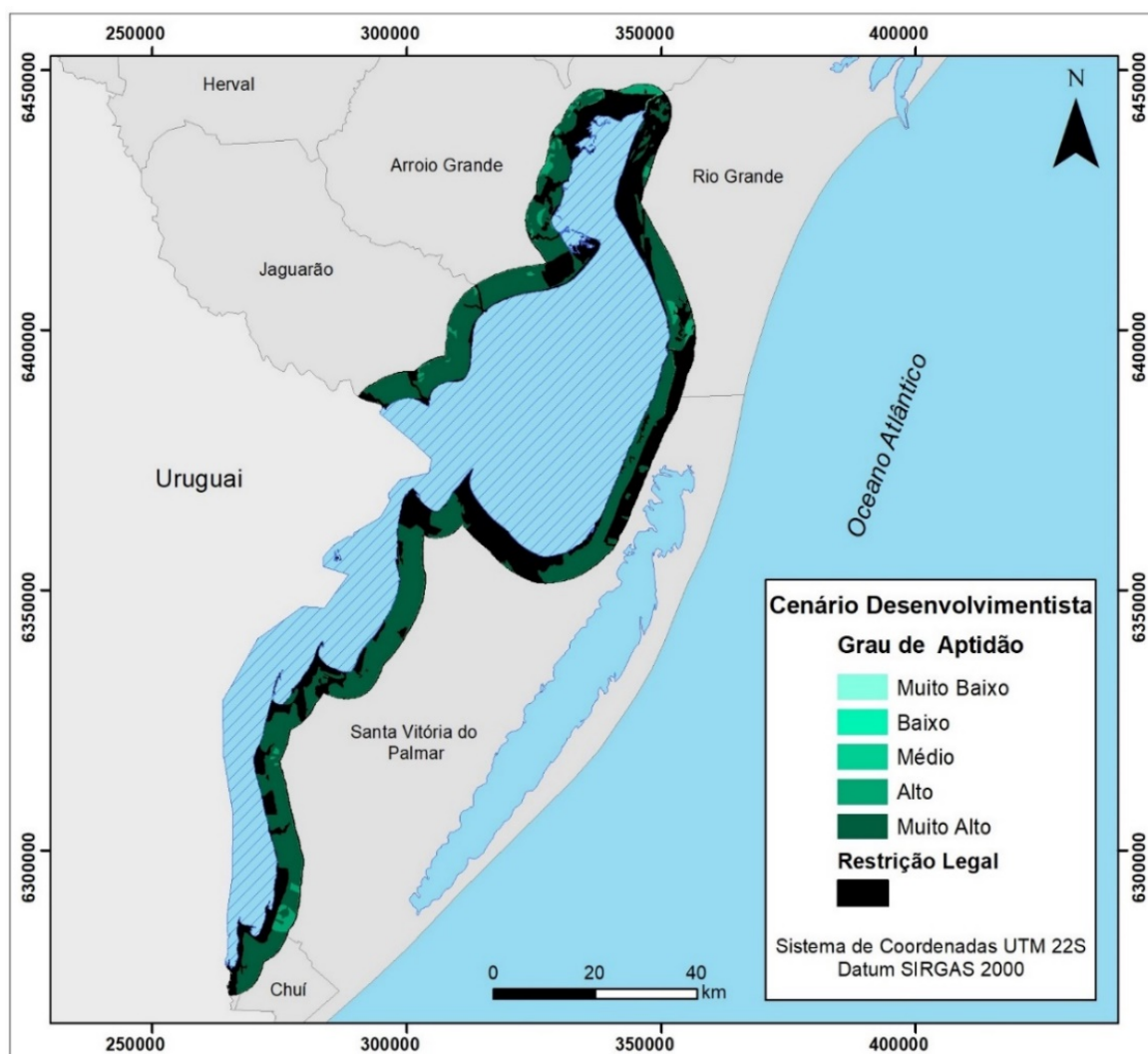


Figura 9 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário Desenvolvimentista.

As classes de aptidão “Alto” e “Muito Alto” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 124 e 97823 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado à Pecuária, Sistema Predominantemente Agrícola e Lântico Interior, com grande parte das áreas a uma

distância mínima de 15 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 20 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 2 km e há um número maior de áreas que compreende a largura total de 5 km de proximidade com a orla lagunar.

### Cenário 3 – Gestão

A partir dos pesos para cada variável e através do módulo *MCE*, foi possível a geração do mapa que apresenta as áreas de aptidão para a instalação de terminais hidroviários. Para uma melhor visualização e entendimento, os dados foram escalonados em cinco classes a partir da escala *Likert*, como apresentado na figura 10.

O mapa resultante da modelagem de margem para o cenário de gestão, baseado nas variáveis de Sistemas Ambientais de Margem, Comunidades Tradicionais, Unidades de Conservação, distância de Rodovias e Distância da Orla, apresentou uma quantidade semelhante de áreas para todas as classes de aptidão, com exceção da classe “Muito Baixo”.

As classes de aptidão “Muito Baixo”, “Baixo” e “Médio” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 120, 23353 e 28724 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado a Pecuária, Sistema Predominante-

mente Agrícola e ao Sistema Viário Terrestre: Rodovias e Ferrovias, com grande parte das áreas a uma distância mínima de 10 km de comunidades tradicionais e distância mínima de 15 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas e a maioria delas fica a uma distância mínima de 2 km da orla lagunar.

As classes de aptidão “Alto” e “Muito Alto” apresentaram área aproximada, respectivamente, de 14489 e 39778 ha, estão associadas predominantemente aos Sistemas Ambientais de Campos Predominantemente Associado a Pecuária, Sistema Predominantemente Agrícola e Lântico Interior, com grande parte das áreas a uma distância mínima de 10 km de comunidades tradicionais e distância máxima de 15 km de unidades de conservação. A maioria destas áreas contém rodovias ou estão muito próximas, com distância máxima de 2 km e há um número maior de áreas que compreende a largura total de 5 km de proximidade com a orla lagunar.

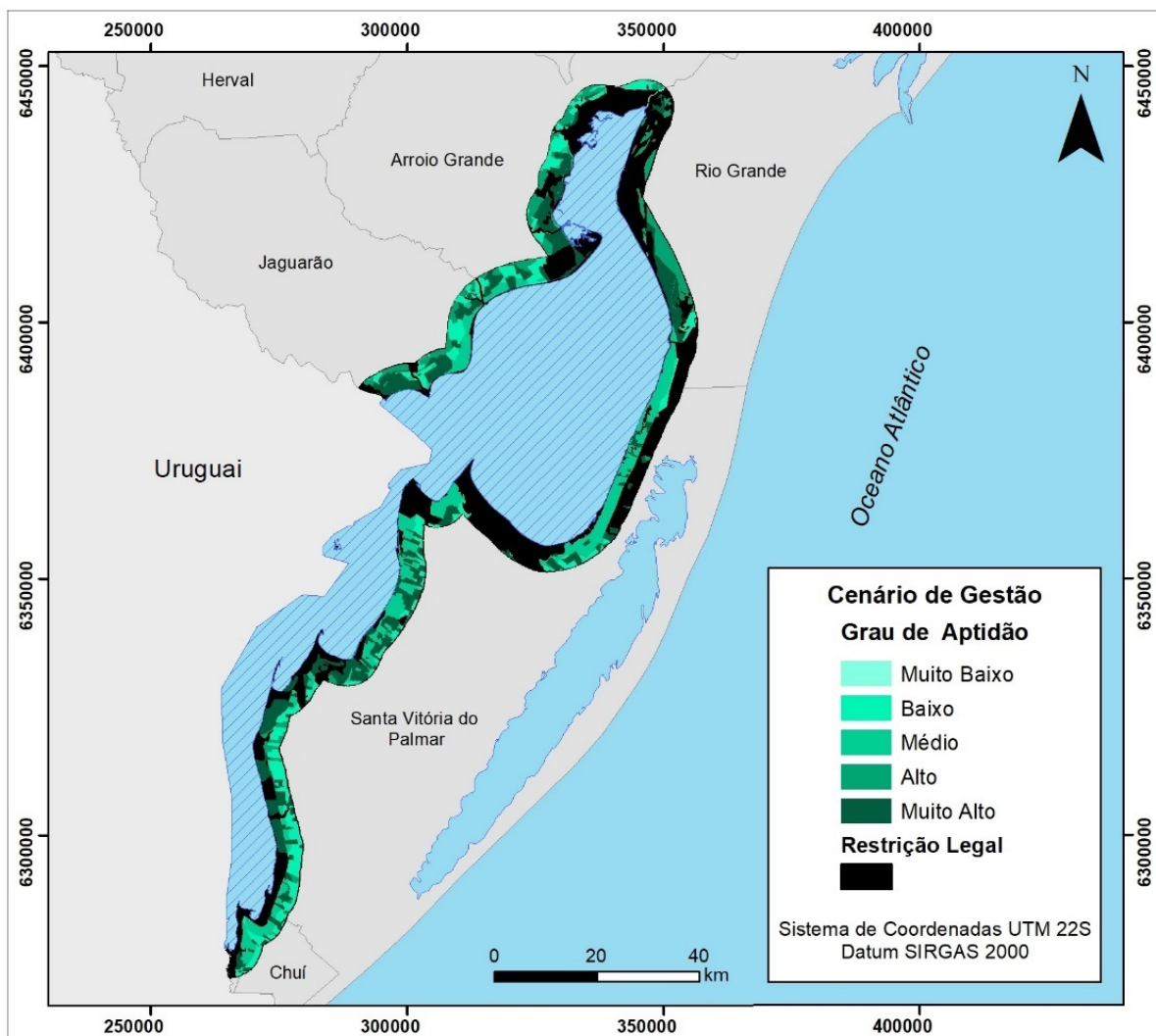


Figura 10 - Resultado da modelagem de margem para o Cenário de Gestão.

## CONCLUSÕES

O planejamento ambiental é uma das principais etapas de instalação de empreendimentos, principalmente ao envolver corpos d'água. Nesta fase está contida informações sobre restrições, exclusões e mitigações ambientais, e, no caso de instalações de terminais hidroviários, compreende uma série de alterações na paisagem envolvendo terminais de carga e pessoas.

Por meio da modelagem é possível a geração de cenários que explorem o potencial de aptidão para a instalação de terminais hidroviários, podendo servir de subsídios para estudos futuros sobre o tema e, além disso, este modelo pode ser aplicado em outras áreas do território brasileiro, necessitando ajustar as variáveis julgadas importantes da região. Neste estudo foram gerados cenários sob o ponto de vista de conservação ambiental e de desenvolvimento regional.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento mostrou-se de grande importância para o estudo, principalmente por abordar propostas de problemas complexos e sintetizar resultados para uma avaliação geral de todo o cenário, além da flexibilidade a tomada de decisão levando em conta a lógica e opiniões de especialistas.

O uso de *softwares* é uma grande vantagem para a organização, processamento e padronização de informações. Através do *Terrset*, além de fácil utilização, foi de grande importância para o estudo na criação de cenários, de tomada de decisão e por apresentar produtos de fácil visualização e análise.

Espera-se que os resultados obtidos neste estudo possam disponibilizar uma estimativa prévia para a alocação de terminais hidroviários na região da Lagoa Mirim e que possam ser utilizados por autoridades governamentais na tomada de decisão, visando o mínimo impacto ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que financiou a dissertação de mestrado, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR / UFRGS), que deu origem a este trabalho, bem como ao Laboratório de Modelagem Ricardo Ayup-Zouain (LabModel-RAZ / IGEO / UFRGS) e Consórcio Codex Remote - Acquaplan - GITEC Brasil - GITEC GmbH pelo auxílio na obtenção dos dados.

## REFERÊNCIAS

- ALBA, J.M.F.; GOUVÊA, T.; ZARNOT, D. Caracterização geoambiental e histórico do processo de desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim. In: ALBA, J. M. F. (Org.). **Sustentabilidade Socioambiental da Bacia da Lagoa Mirim**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, p. 17-28, 2010.
- ALFARO, F.M. & OYAGUE, P. R. **Sistema Nacional de Información Ambiental**. Lima, 1997.
- ANTAQ. Estudos de macrolocalização de terminais hidroviários no Brasil. In: **Agência Nacional de Transportes Aquaviários**. Relatório de Metodologia: Plano Nacional de Integração Hidroviária: Desenvolvimento de Estudos e Análises das Hidrovias Brasileiras e suas Instalações Portuárias com Implantação de Base de Dados Georreferenciadas e Sistema de Informações Geográficas. Universidade Federal de Santa Catarina. 172 p, 2013.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2015.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Nº 11.959. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, regula as atividades pesqueiras. **Portal da Legislação**, Brasília, 2009.
- EASTMAN, J.R. **IDRISI for Windows version 2 tutorial exercises**. Worcester, Clark University. 1997.
- GORAYEB, A., DA SILVA, E.V., DE ANDRADE MEIRELES, A.J. Impactos ambientais e propostas de manejo sustentável para a planície flúvio-marinha do Rio Pacoti-Fortaleza/Ceará. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33. 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estatística da Produção Agrícola 2017**. Acesso em, 21 dez de 2018. 2017.
- KATINSKY, M. **Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems**. Madsin, USA, 1994. Dissertação (Mestrado), University of Wisconsin. Madsin, USA.
- KHURE, W.L. **Environmental performance evaluation EPE**. New Jersey, Prentice Hall PTR. 1998.
- MEIRELLES, M.S.P. **Análise integrada do ambiente através de Geoprocessamento – uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos**. Rio de Janeiro. 191 p, 1997. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro,
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª edição. Editora UFV. 320 p., 2005.
- PIEDRAS, S.R.N.; SANTOS, J.D.; FERNANDES, J.M.; TAVARES, R.A.; SOUZA, D.M.; POUHEY, J.L.O.F. Caracterização da atividade pesqueira na Lagoa Mirim, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 2-4, p. 107-116, 2012.
- PINTO, A.S.; DE LIMA, M.L.P.; BASTOS, V.E. Análise Locacional de Terminais Hidroviários utilizando o método o SMARTER: O Caso da Hidrovia Brasil-Uruguai. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 10, p. 156-185, 2017.
- PLANO HIDROGRÁFICO ESTRATÉGICO - PHE/MT. **Relatório de Diagnóstico e Avaliação. Ministério dos Transportes**. Disp. em: <<http://www.transportes.gov.br/plano-hidroviario-estrategico.html>>. Acesso em: outubro de 2019. 2013.

- REGRA, A.P.M.; DUARTE, C.G.; MALHEIROS, T.F. Uma análise do Projeto “Cenários Ambientais 2020” proposto pela Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 30, p. 89-98, 2013.
- SAATY, T.L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, Inc. 1980.
- SCHMOLDT, D.L.; KANGAS, J.; MENDOZA, G.; PESONEN, M. **The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making**, 2001. DOI: 10.1007/978-94-015-9799-9
- SECRETARIA DO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - SEMA. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA. Base de dados. Escala 1:25.000. 2016.
- SECRETARIA DO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – SEMA. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE-RS)**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 679p. 2019.
- SILVA, E.O. **Aplicação do Geoprocessamento na Implantação e na Operação de Hidrovias**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes), Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 206 p, 2006.
- SILVA, F.S. & SELLITTO M.A. Sistema hidroviário e portuário do Rio Grande do Sul: visão geral e contextual da infraestrutura - **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 9 n. 12: p. 55-65, 2008.
- TAGLIANI, C.R.A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 252 p., 2002.
- WEISS, C.V.C. **Análise locacional e estimativa da capacidade de suporte para a expansão sustentável da energia eólica na zona costeira do extremo sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, RS. 2014.

*Submetido em 16 de outubro de 2020  
Aceito para publicação em 7 de janeiro de 2021*