

## Estudo de adequabilidade de sítio: instalação de uma base naval no estado do Rio Grande do Sul

Paulo Pereira Oliveira Matos<sup>1,2</sup>  
Denilson Ribeiro Viana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Hidrografia da Marinha - CHM  
Rua Barão de Jaceguai, s/n - Ponta da Armação - 24040-000 - Niterói - RJ, Brasil  
paulopomatos@uol.com.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Av. dos Astronautas, 1758 - Jd. da Granja - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{oliveira, denilson}@dsr.inpe.br

**Abstract.** This paper describes a preliminary site suitability analysis for the implementation of a Naval Base and the construction of a dock for ships in the state of Rio Grande do Sul. The Brazilian Navy is present in the state since 1845, when the Maritime State Authority was created and headquartered in the city of Rio Grande. With the development of Rio Grande harbour, it became necessary to create a Naval Base in the city or near it, so as to guarantee the safety of navigation for the large ships entering Rio Grande harbour. A problem arose: where to place the large and heavy Navy ships needed for the Base? Although a small dock had been built, the problem stands until nowadays, due to the limited dimensions of that dock. This paper intends to indicate the most suitable places to install a Naval Base and a new dock for large military ships in the state of Rio Grande do Sul, through the utilization of geoprocessing tools. To reach its aim, this study used as site selection criteria the proximity to water masses, local bathymetry, navigability in the water channel access, local geomorphology, geological basis, proximity to asphalted roads, proximity to urban centers, distance to environmental conservation units and local climatology. Those criteria were overlaid using weights determined through the Analytical Hierarchical Process (AHP).

**Palavras-chave:** site suitability analysis, geoprocessing, maps algebra, análise de adequabilidade de sítio, geoprocessamento, álgebra de mapas.

### 1. Introdução

A presença da Marinha do Brasil no Rio Grande do Sul remonta à época da criação das Capitânicas dos Portos no Brasil, em 1845, quando o Imperador D. Pedro II, através do Decreto Imperial nº 358, de 14 de agosto daquele ano, autorizou o governo a estabelecer uma Capitania dos Portos em cada província marítima do Império. Neste mesmo ano foi instalada, na cidade do Rio Grande, a Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul. Esta Capitania era responsável pela segurança da navegação nas águas riograndenses e serviu de base para os navios da Esquadra Brasileira por diversas vezes ao longo das décadas (CPRS, 2008).

No início da Segunda Guerra Mundial, visando distribuir o Poder Naval Brasileiro pelo território e a fim de melhor proteger a costa brasileira, o presidente Getúlio Vargas, através do Decreto nº 10.359 de 31 de agosto de 1942, dividiu o território nacional em seis Distritos Navais, com jurisdição sobre todo o litoral, rios e vias navegáveis (COM5ºDN, 2008).

Pelo Aviso Ministerial nº 1.578 de 08 de agosto de 1946, o Ministro da Marinha mandou instalar o Comando do Quinto Distrito Naval (COM5ºDN), que seria responsável pelos três estados da região Sul, na cidade de São Francisco do Sul/SC. Posteriormente, o Distrito Naval foi transferido para a cidade de Florianópolis/SC, onde permaneceu até 08 de fevereiro de 1983, quando foi, então, transferido para a sua atual sede, na cidade do Rio Grande/RS. Esta transferência visou aumentar a segurança do tráfego aquaviário naquele que tornava-se, então, o maior porto da região sul do país, o porto do Rio Grande, situado em uma região de grande importância geopolítica para o país.

O porto do Rio Grande, situado na margem oeste do canal de acesso a laguna dos Patos, é o único porto de acesso marítimo do estado do Rio Grande do Sul, situado na única reentrância litorânea da costa brasileira, ao sul do cabo Santa Marta Grande. O porto existe desde 1847, mas teve um grande impulso na movimentação de mercadorias a partir do ano de 1991, com a criação do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL).

Sua localização geográfica privilegiada, nas proximidades do Uruguai e da Argentina, proporcionou um incremento significativo da movimentação de cargas no porto. Atualmente, o porto pode receber navios de até 40 pés (aproximadamente 12 metros) de profundidade, e movimentou, em 2006, cerca de 16.500.000 toneladas de cargas variadas, tornando-se o oitavo maior porto brasileiro em movimentação de cargas (ANTAQ, 2008).

A garantia da segurança da navegação, a manutenção da sinalização náutica imprescindível a orientação dos navios, a fiscalização quanto ao cumprimento das regras internacionais de navegação e quanto a crimes que possam ser cometidos na área do porto são tarefas críticas, e a presença da Marinha do Brasil, como depositária da segurança da navegação através do acompanhamento da movimentação portuária, é extremamente importante. A fiscalização de toda a área portuária do Rio Grande, bem como dos demais portos da região sul do Brasil, é de responsabilidade dos navios subordinados ao COM5ºDN.

O problema da construção de um píer para a atracação de navios no Rio Grande é uma discussão antiga, que teve início com a transferência do COM5ºDN para a cidade do Rio Grande, em 1983.

A solução encontrada foi a construção de um pequeno píer em uma área cedida à Marinha do Brasil na Quarta Seção da Barra, distrito situado a 14 km do centro da cidade do Rio Grande. Neste píer atracam todos os navios distritais sediados no Rio Grande.



Figura 1 – Localização atual da Estação Naval do Rio Grande  
FONTE: Rio Grande em Fotos (2007), IBGE (2008) e GOOGLE EARTH (2008)

Fatores como as dimensões do píer (133 metros de comprimento por 13 metros de largura), que impossibilitam a atracação de navios maiores ou mesmo de um número maior de pequenos navios; a distância da Quarta Seção da Barra à cidade do Rio Grande; o estreitamento do canal, que causa uma maior correnteza nas proximidades do píer e a

presença de comunidades de baixa renda nos arredores da Estação Naval, entre outras desvantagens locais, tornam conveniente a realização de um estudo que possibilite indicar uma área que reúna condições de prover operacionalidade aos meios navais e maior conforto aos militares que neles trabalham.

Este estudo tem por finalidade indicar as áreas mais adequadas, dentro da área de estudo (estado do Rio Grande do Sul), para a instalação de uma Base Naval e a construção de um píer para atracação de navios militares de grande porte, através da utilização de ferramentas de Geoprocessamento.

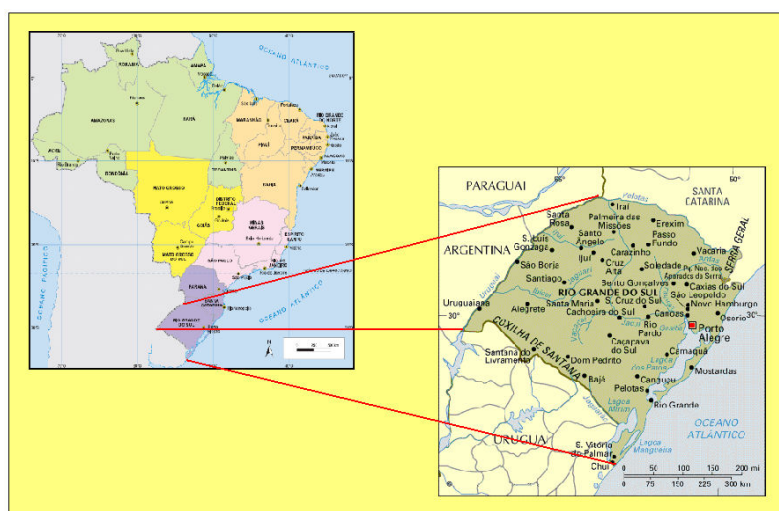


Figura 2. Área de Estudo  
FONTE: IBGE (2008)

É importante salientar que os dados utilizados neste trabalho são reais, de forma a aproximar ao máximo da realidade a solução ao problema proposto. Ressalta-se também que esta metodologia pode ser generalizada, podendo ser empregada em outras regiões do país.

## 2. Materiais e Métodos

Foram utilizados os softwares SPRING versão 4.3.2 para Windows, e o software SURFER 7.

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no formato *shapefile*.

Foram utilizados os seguintes dados, no formato *shapefile*, do estado do Rio Grande do Sul: malha municipal – ano 2000, área de reservas ambientais, hidrovias ativas, rodovias pavimentadas, hidrografia, manchas urbanas, cidades, mapa de vegetação, contorno do estado, curvas de nível (0, 100, 200 e 500 metros) e sistema viário. A fonte destes dados foi o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foram utilizadas cartas topográficas geo-referenciadas contendo a modelagem numérica de terreno do estado do Rio Grande do Sul. Estes dados (provenientes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa) têm como base os dados numéricos de relevo e da topografia do Brasil, obtidos pela missão espacial norte-americana Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 90 por 90 metros.

Foram utilizadas, ainda, cartas náuticas da região da Barra do Rio Grande, a fim de extrair informações sobre a batimetria local. São as cartas número 2101 – Porto do Rio Grande (escala 1:25.000, datada de 1990 e corrigida até 31 de dezembro de 2007), 2102 – De São José do Norte ao canal da Setia (escala 1:25.052, datada de 1964 e corrigida até 31 de dezembro de 2006) e 2104 – Canal São Gonçalo - da Barra a Pelotas (escala 1:15.000, datada

de 1963 e corrigida até 31 de dezembro de 2006), disponibilizadas em formato digital pela Marinha do Brasil, através da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

A fim de proporcionar uma melhor visão do trabalho, foi utilizada uma modelagem de dados orientada a objeto, modelo este proposto por Borges et al. (2001): o *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G). Esta técnica permite uma visualização mais simples e compacta de trabalhos e aplicações geográficas.

No início do estudo, foram determinados os critérios que influiriam na tomada de decisão em relação a construção de uma Base Naval em uma região: distância às massas d'água, batimetria local (distância à linha isobatimétrica de 10 metros), navegabilidade do canal de acesso, geomorfologia local, bases geológicas, declividade, proximidade de estradas, proximidades de centros urbanos, distanciamento de unidades de conservação ambiental e climatologia local.

Foi realizada uma análise preliminar de todos os critérios supracitados, de forma a determinar a importância relativa de cada critério no contexto do estudo. Após uma primeira análise, verificou-se que uma área reunia condições mais propícias para a instalação de uma Base Naval e conseqüente construção de um píer de atracação de navios. Esta área está localizada na região sul do estado, entre as cidades de Pelotas e Rio Grande.

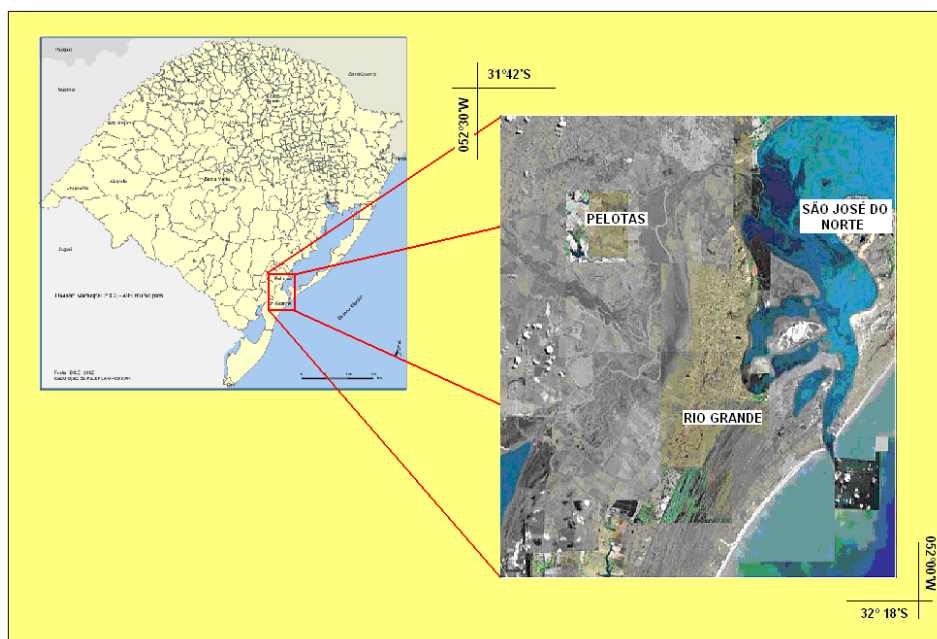


Figura 3 – Região do estado mais propícia a instalação de uma Base Naval  
FONTE: IBGE (2008) e GOOGLE EARTH (2008)

Dentro desta região, procedeu-se, então, a uma pesquisa detalhada das condições locais em relação aos critérios supracitados. Cada critério foi analisado e foram criados, com a utilização do Software SPRING, mapas temáticos de distância (*buffers*).

Como a área definida como mais propícia resumia-se a uma pequena porção do estado, alguns critérios tornaram-se irrelevantes, por não variarem sensivelmente em toda a área de trabalho e não agregarem informação relevante ao prosseguimento do estudo. Desta forma, reduziu-se a quatro o número de mapas temáticos a serem cruzados no estudo: distância às massas d'água, batimetria local, proximidade de estradas, proximidade de centros urbanos.

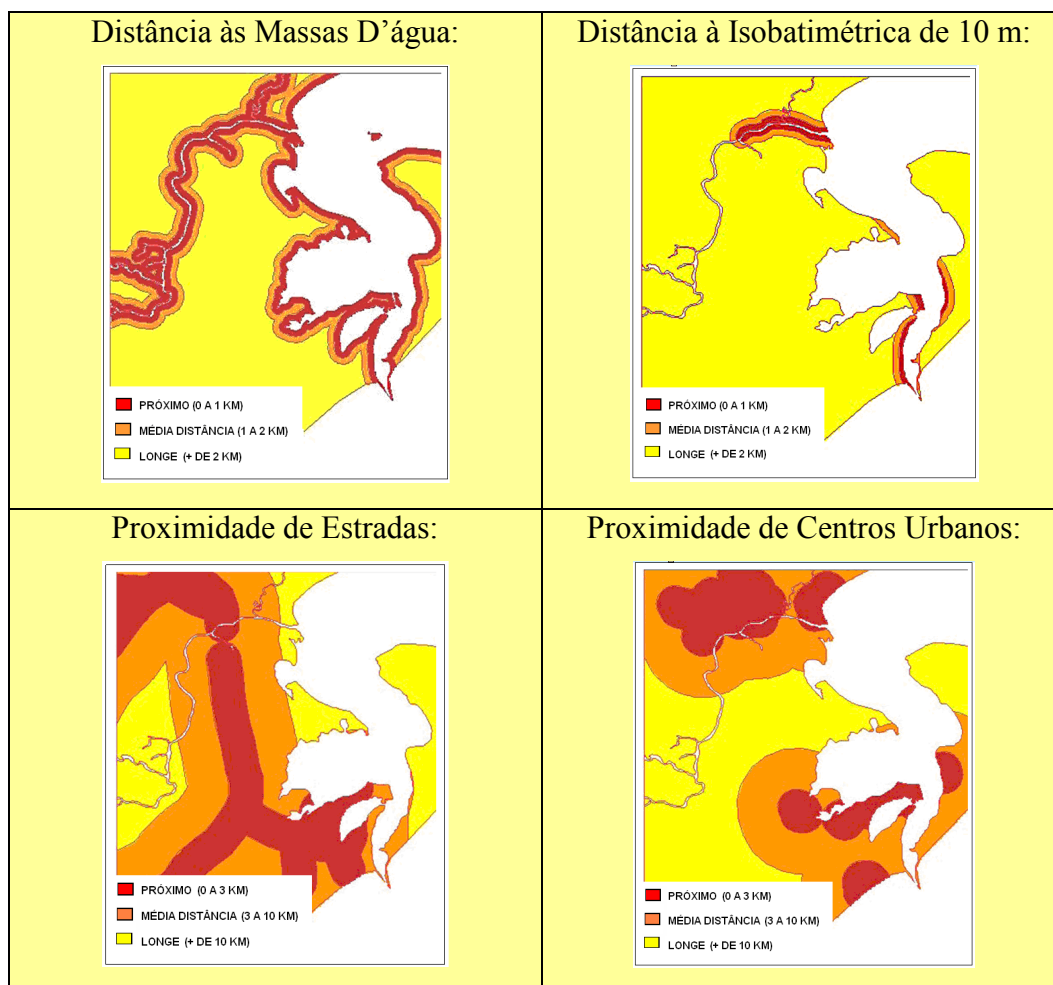


Figura 4 – Mapas temáticos gerados para a região sul do estado do Rio Grande do Sul

Neste ponto do estudo, utilizando-se o software SPRING, foi realizada uma Álgebra de Mapas, de forma a propiciar uma somatória ponderada de cada um dos critérios considerados para mensurar a adequabilidade local. Segundo Barbosa (1997), o termo "Álgebra de Mapas" é utilizado na literatura de Geoprocessamento para denotar o conjunto de operadores que manipulam campos geográficos (imagens, mapas temáticos e MNT).

Para a obtenção do mapa final de adequabilidade de sítio, procedeu-se a um cruzamento de grades normalizadas nos valores de 1 a 3, para cada um dos quatro mapas de entrada, sendo estes valores atribuídos segundo a tabela 1:

Tabela 1. Atribuição de valores de grades normalizadas aos mapas de entrada

<b>Mapa de entrada</b>	<b>Valor 1 Adequado</b>	<b>Valor 2 Moderado</b>	<b>Valor 3 Inadequado</b>
Mapa de Proximidade às Estradas	Próximo	Média Distância	Longe
Mapa de Proximidade aos Centros Urbanos	Próximo	Média Distância	Longe
Mapa de Distância às Massas D'água	Próximo	Média Distância	Longe
Mapa de Distância a Linha Isobatimétrica	Próximo	Média Distância	Longe



Para a realização da Álgebra de Mapas, foi realizada uma operação de média ponderada através da linguagem de programação LEGAL, dentro do software SPRING, onde foram atribuídos os valores de importância (pesos) estimados através da técnica AHP (Processo Analítico-Hierárquico – *Analytical Hierarchical Process*). Este procedimento é uma opção ao processo empírico usado em outros estudos e foi utilizado com sucesso por Almeida et al. (2001), que define esta como uma técnica de escolha baseada na lógica da comparação pareada, onde os diferentes fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois-a-dois, e um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida.

### 3. Resultados e Discussão

Como resultado, foi gerado o seguinte mapa temático de adequabilidade de sítio:

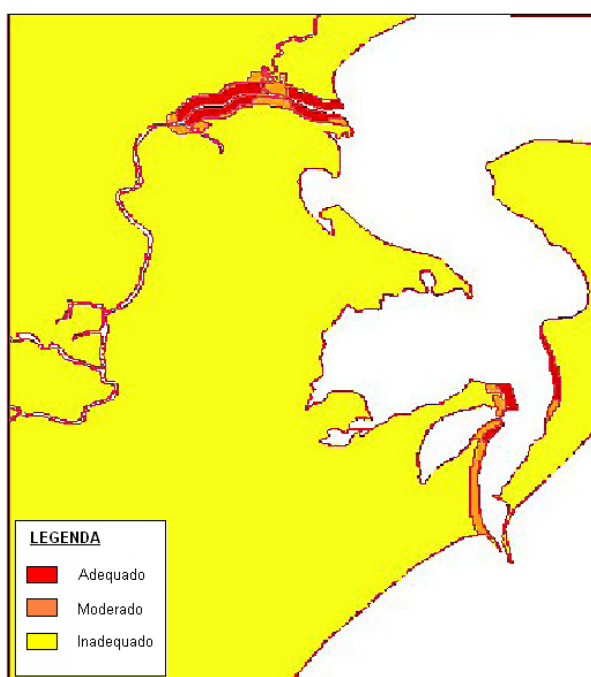


Figura 5 – Mapa temático final de adequabilidade de sítio

Foram consideradas adequadas as seguintes áreas:

	<p><u>Área 1 – Área do Porto Novo, na cidade do Rio Grande</u> Nesta área encontra-se o Porto Novo da cidade do Rio Grande e uma unidade militar da Marinha. A profundidade é de 9 m junto ao píer.</p> <p><u>Área 2 – Cais de atracação de São José do Norte</u> Nesta área encontra-se um atracadouro para balsas que fazem a travessia Rio Grande – São José do Norte e um píer de alvenaria para atracação de pesqueiros maiores, com 9 m de calado.</p> <p><u>Área 3 – Superporto, na cidade do Rio Grande</u> A área foi considerada adequada em sua parte norte e moderadamente adequada no restante da área. Nesta área encontram-se instalados diversos terminais, que compõem o chamado Superporto do Rio Grande. O calado mínimo é de 9 m. Nesta área</p>
--	--

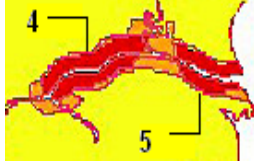
	<p>encontra-se atualmente instalado o píer da Estação Naval do Rio Grande, que serve de atracadouro para os navios do COM5°DN.</p> <p><u>Área 4 – Porto de Pelotas</u> Nesta área encontra-se instalado o porto de Pelotas e os armazéns gerais do porto. Há áreas vazias, sem utilização, em virtude da decadência do porto. A profundidade local é de 8 metros.</p> <p><u>Área 5 – Barra do canal São Gonçalo</u> Não há instalações portuárias ou militares nesta área.</p>
---	--

Figura 6 – Zoom das áreas adequadas à instalação de uma Base Naval

Analisando as áreas consideradas adequadas, nota-se que as mesmas já possuem, atualmente, instalações portuárias operacionais, à exceção da área 5, que apesar da proximidade de estradas, é uma área descampada, cercada por terrenos baldios e comunidades de baixa renda, sendo considerada a menos propícia para a implantação de uma Base Naval. Isto mostra a coerência da metodologia proposta com a realidade do planejamento naval.

A área 1, localizada no centro da cidade do Rio Grande, é uma área promissora, próxima do centro da cidade do Rio Grande e já possuindo uma Organização Militar instalada. Ampliando as instalações desta Organização, ela pode servir como um excelente ponto de apoio a navios militares.

A área 4 também mostra evidentes vantagens: localiza-se nas proximidades do centro da cidade de Pelotas, há várias instalações sem uso no porto, que poderiam servir de bases para a instalação das divisões e seções de uma base Naval e o canal São Gonçalo tem pouco tráfego de embarcações maiores, uma vez que o porto de Pelotas opera com elevado nível de ociosidade.

A área 2 possui algumas desvantagens, como o fato de não possuir ligação por terra com outras cidades, o que complicaria o tráfego de pessoas (militares, prestadores de serviço e demais visitantes), mercadorias e sobressalentes. A logística ficaria prejudicada, podendo tornar a manutenção de navios inviável.

A área 3 apresenta índice máximo em sua porção norte. Esta área, porém, é totalmente utilizada pelas empresas PETROBRÁS e TREVO, que realizam embarque e desembarque de GLP (gás liquefeito de petróleo), óleo combustível e adubo, o que torna inviável a construção de um píer de grandes dimensões. No restante da área o índice foi considerado apenas moderado.

Desta forma, de acordo com os resultados apresentados, as áreas 1 (área do porto Novo, na cidade do Rio Grande) e 4 (área do porto de Pelotas) seriam as mais propícias à instalação de uma Base Naval e a construção de um píer para navios.

#### 4. Conclusões

A modelagem Geo-OMT propicia uma visão panorâmica, integrada e funcional de um Banco de Dados Geográficos.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) mostra-se uma ferramenta poderosa para análise de uma determinada situação e como subsídio à tomada de decisões. A possibilidade de se levar em conta as diversas variáveis constituintes da situação, expressas graficamente, combiná-las através da Álgebra de Mapas e determinar a melhor solução para o problema é uma grande vantagem da utilização de um SIG.

A Álgebra de Mapas é um importante diferencial de um SIG. A sua utilização é relativamente simples e proporciona, ao usuário, a ferramenta ideal para o desenvolvimento e

cruzamento de variáveis diversas (expressas por Planos de Informação diferentes) visando a caracterização de graus de adequabilidade, por exemplo. No presente estudo, os resultados apresentados pelo mapa final de adequabilidade de sítio demonstram coerência com os critérios levados em conta no início do estudo.

O entendimento e manuseio correto de um sistema de Banco de Dados Geográficos agiliza as funções e amplia o leque de funcionalidades de um Sistema de Informações Geográficas.

Ressalta-se que este estudo pode ser ampliado, com a inclusão de novos critérios para avaliação da localização da Base Naval, bem como pode ser aplicado à outros estados e regiões do país.

## Referências

Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Anuário Estatístico Portuário – 2007**. Desenvolvida pela ANTAQ. Brasília, DF. 2007. Disponível em <http://www.antaq.gov.br/NovositeAntaq/estatisticasanuario.asp>. Acesso em: 30 set. 2008.

Almeida, C. M. et al. Técnicas Inferenciais Aplicadas ao Estudo de Adequabilidade de Sítio: o Caso da Implantação de Terminais Intermodais ao longo do Piracicaba Navegável. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais...** São José dos Campos, SP : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2001. p. 887-894.

Barbosa, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1997. 157p. (INPE-7115-TDI/667). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1997.

Borges, K.A.V. et al. OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. **GeoInformatica**, v. 5, n. 3, p. 221-260, 2001.

Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul (CPRS). **Histórico e Heráldica**. Desenvolvida pela Marinha do Brasil. Rio Grande, RS. 2007. Disponível em <https://www.mar.mil.br/cprs/cprsi/adm/historico.htm>. Acesso em: 30 set. 2008.

Comando do Quinto Distrito Naval (COM5ºDN). **Histórico**. Desenvolvida pela Marinha do Brasil. Rio Grande, RS. 2007. Disponível em <https://www.mar.mil.br/5dn/informacoes/historico/historico.htm>. Acesso em: 30 set. 2008.

Google Earth. **Imagem do canal de acesso a laguna dos Patos de 03 de junho de 2005**. Disponível em <http://archive.digitalglobe.com/archive/showBrowse.php?catID=1010010004489802>. Acesso em 21 out. 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências – Mapas Interativos**. Desenvolvida pelo IBGE. Brasília, DF. 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home>. Acesso em: 30 set. 2008.

Rio Grande em Fotos. **Fotos**. Desenvolvida por Vetorial.net Sistemas de Informação. Rio Grande, RS. 2007. Disponível em <http://www.riograndeemfotos.fot.br/fotos.html>. Acesso em: 30 set. 2008.