

LUIZ FERNANDO DE NOVAES VIANNA

**O USO DE ANÁLISE ESPACIAL EM SIG NA GESTÃO DA
MARICULTURA: PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO
METODOLÓGICA**

Florianópolis
2011

**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-graduação em Geografia**

Luiz Fernando de Novaes Vianna

**O uso de análise espacial em SIG na gestão da maricultura:
proposta de sistematização metodológica**

Orientador: Jarbas Bonetti Filho

TESE DE DOUTORADO

Área de concentração: Utilização e Conservação de Recursos
Naturais

Florianópolis/SC, 25 de fevereiro de 2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

V617u Vianna, Luiz Fernando de Novaes

O uso de análise espacial em SIG na gestão da maricultura [tese] : proposta de sistematização metodológica / Luiz Fernando de Novaes Vianna ; orientador, Jarbas Bonetti Filho. - Florianópolis, SC, 2011.

313 p.: il., grafs., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui referências

1. Geografia. 2. Maricultura. 3. Geoprocessamento. 4. Análise espacial. I. Bonetti Filho, Jarbas. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.


CDU 91

O uso de análise espacial em SIG na gestão da maricultura: proposta de sistematização metodológica

Luiz Fernando de Novaes Vianna

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia, área de concentração Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Doutor em Geografia.


Banca Examinadora:




Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho,
Orientador e Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina – GCN/UFSC




Prof.ª Dr.ª Marinez Eymael Garcia Scherer,
Universidade Federal de Santa Catarina – GCN/UFSC



Prof. Dr. Marcus Polette,
Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI/SC



Prof. Dr. Paulo Roberto Armanini Tagliani,
Fundação Universidade do Rio Grande – FURG/RS



Prof. Dr. Philip Scott,
Universidade Santa Ursula – USU/RJ

Prof.ª Dr.ª Magaly Mendonça,
Coordenadora do PPGG/UFSC

Florianópolis, 25 de fevereiro de 2011.

Agradecimentos

Agradeço ao Ministério da Pesca e Aquicultura, pelo excelente trabalho junto ao PLDM.

À chefia do Centro de Informações Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina – Ciram e à diretoria da Empresa de Pesquisa Agropecuária e extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, muito obrigado pelo apoio técnico, logístico e laboratorial.

Muito obrigado ao pessoal do Centro de Aquicultura e Pesca – Cedap, pelo carinho, exemplo de profissionalismo, apoio e amizade.

Aos colegas do Geoprocessamento do Ciram pelo incentivo, apoio e compreensão, meu muito obrigado.

Aos colegas e amigos Adilson, Valci, Ronaldo, Kadu e Tedy, muito obrigado pelo ótimo ambiente de trabalho.

Aos colegas e amigos André, Fabiano, Robson, Chico, Guilherme, Sérgio e João, muito obrigado.

Agradeço ao colega Hugo José Braga pelo apoio e incentivo enquanto chefe do Ciram.

Agradeço da mesma forma ao colega Sérgio Zampieri.

Muito obrigado ao Prof. Jarbas Bonetti Filho pelo desafio de transformar um projeto de governo em projeto de pesquisa. Pelo apoio, críticas e sugestões.

Muito obrigado à Carla Bonetti pelas extensas discussões sobre análise de dados e estatística.

Muito obrigado ao amigo, mestre e grande incentivador do meu trabalho, Phillip C. Scott.

À comadre Juliana pelas inúmeras conversas sobre cartografia, valeu.

Ao compadre Thobias pela parceria nos momentos de trabalho e de lazer, valeu.

À Suely Carrião pelas calorosas discussões filosóficas, obrigado.

Carlinhos, Mônica, Marcelo, Camila, Gu, Henrique e Mathias...Linda família.

César...Meu eterno amigo.

Vó...Sempre comigo.

Pai, Mãe, João e Carola...Amo vocês.

Joana, João Pedro e Gabriel...Amo vocês.

Resumo

Em 2005 o Brasil, lançou o Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União através da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP-PR, hoje Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. O objetivo foi ordenar a atividade e promover sua expansão. Foi a primeira iniciativa no país de implementar uma política pública direcionada especificamente para esse setor. O primeiro estado a colocar esta política em prática foi Santa Catarina e para isto necessitou desenvolver uma metodologia própria para atender às diretrizes impostas pela legislação vigente. Um dos focos principais desta metodologia estava no uso de Sistemas de Informações Geográficas – SIG para auxiliar no processo de seleção das áreas para maricultura. Isto gerou uma demanda imediata por uma pesquisa que indicasse a melhor forma de implementar aquele programa, com base na realidade ambiental, social, econômica e política do Estado. Esta tese engloba parte desta pesquisa e traz contribuições sobre o uso de SIG na gestão da maricultura. É apresentada uma proposta metodológica numa perspectiva mais abrangente de gestão costeira, através da compatibilização dos Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM, como instrumento de gestão setorial, com o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC e o Plano de Gestão da Zona Costeira – PGZC, que são instrumentos multi-setoriais. É feita uma revisão detalhada das iniciativas de aplicação de SIG e são identificados três principais objetivos no seu uso para maricultura: avaliar ou caracterizar áreas, avaliar o potencial de áreas e selecionar áreas. Sugere-se a organização desses objetivos em etapas metodológicas que são aplicadas, através de um estudo de caso na Baía Sul em Santa Catarina, para fazer uma caracterização dessa baía, avaliar o seu potencial para maricultura, propor a setorização dos parques aquícolas definidos por lei e avaliar, através de monitoramento, o processo de seleção destas áreas. O resultado é uma proposta metodológica de SIG aplicado à maricultura numa perspectiva de gestão da atividade segundo políticas públicas, descrita de forma detalhada, aplicada a uma área e validada por um estudo de caso.

Abstract

In 2005 the Brazilian Fisheries and Aquaculture Ministry, then still a Special Secretariat, launched a national program for the development of mariculture in state waters known as the PLDM, with the main objectives being to order the activity and promote its expansion. It was the country's first initiative in implementing a public policy specifically targeted at this sector. The first state to put this policy into practice was the state of Santa Catarina, which needed to develop its own methodology in order to meet the guidelines imposed by legislation. The main focus the methodology developed was based on the use of Geographic Information Systems - GIS to assist in the selection of areas for mariculture. This created an immediate research demand in order to indicate the best application, based on the environmental, social, economic and political realities for Santa Catarina. This thesis covers some of this research development and brings contributions on the use of GIS towards the management of mariculture. It presents a methodology framed within the broader perspective of coastal management, through the compatibility of Local Plans for Development of Mariculture - PLDM, as a sector management instrument, with the Coastal Ecological and Economic Zoning - ZEEC and the Coastal Zone Management Plan - PGZC, that are multi-sectoral instruments. A detailed review of the implementation of GIS initiatives is presented and three main objectives in its use for mariculture are identified: To assess and characterize sites, evaluate the potential of sites and select sites. A suggestion for the framework of the main goals of this application as methodological steps are proposed. GIS is used to characterize South Bay, assess its potential for mariculture, propose the sectorization of aquaculture parks established by legislation, evaluate and monitor the selection process of these areas. The result is the proposed methodology described in detail, applied to an area and validated by a case study.

Lista de figuras

Figura 1: Setores da zona costeira de Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010).....	23
Figura 2: Síntese da atividade de maricultura no Brasil quanto à produção de camarão e moluscos. (Fonte: BRASIL, 2008).....	25
Figura 3: Produção de mexilhões e ostras por município em 2007 em Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010).....	26
Figura 4: Evolução dos cultivos de mexilhões e ostras em Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010).....	28
Figura 5: Delimitação de parques aquícolas em Santa Catarina: Exemplo da região do Ribeirão da Ilha, em Florianópolis (Fonte: NETO, 2005)	29
Figura 6: Estrutura da tese.	33
Figura 7: Estágios de um programa de gestão costeira – ciclo lógico (Adaptado de POLETTE & SILVA, 2003).....	35
Figura 8: Estágios e ações de um programa de gestão costeira. (Adaptado de OLSEN, et al., 1999).....	37
Figura 9: Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC do setor 3 de Santa Catarina. (Fonte: SANTA CATARINA, 2010).....	41
Figura 10: Unidades de Mapeamento Aquícola: Área Aquícola; parque aquícola e área ou faixa de preferência. (Fonte: BRASIL, 2005)	45
Figura 11: Níveis de participação. (Adaptado de TAIPA, et al., 2007).	49
Figura 12: Aplicação da metodologia de SIGPP no PLDM: (A) Projeção de mapas e propostas; (B) Audiência pública; (C) Exemplo de mapa impresso; (D) Uso do Google Earth nas audiências públicas. (Fonte: BRASIL, 2008).....	53
Figura 13: Ações desenvolvidas em Santa Catarina para aprovação dos PLDM (Fonte: NOVAES, et. al., 2010).....	54
Figura 14: Processo de tomada de decisão.....	56
Figura 15: Objetivos do uso de SIG na aquicultura como etapas de um processo	61
Figura 16: Visão esquemática da hierarquia de operações de transformação de dados em SIG (Adaptado de BURROUGH, 1986) ..	66
Figura 17: Malha amostral de pontos para obtenção de sedimento de fundo (A); Áreas discretizadas em polígonos adjacentes de acordo com o tipo de substrato (B). Fonte: Scott (2003).....	70
Figura 18: Discretização da concentração de oxigênio dissolvido (A) e temperatura da água (B) na Baía de Sepetiba. Fonte: Scott (2003).	71
Figura 19: Exemplo de análise exploratória de dados: Mapa com os parques aquícolas propostos em 2008 e as unidades de conservação. Fonte: Brasil (2008).	82

Figura 20: Exemplo de análise exploratória de dados: Mapa com a seleção dos pontos amostrais com temperatura da água superior a 28oC. Fonte dos dados: Silva (2002).....	83
Figura 21: Análise de distância através de “buffer” (Adaptado de: ESRI, 2009)	84
Figura 22: Análise matricial de distância euclidiana (Adaptado de ESRI, 2009)	85
Figura 23: Cruzamento matricial em SIG	87
Figura 24: Cruzamento vetorial utilizando operadores lógicos (Adaptado de ESRI, 2009).....	88
Figura 25: Seqüência de seleção das referências no GISFish	106
Figura 26: Formulário de pesquisa avançada de referências no GISFish. Fonte: http://www.fao.org/fishery/gisfish/index.jsp	107
Figura 27: Quantidade de publicações por ano no GISFish.....	114
Figura 28: Quantidade de publicações sobre caracterização de áreas, avaliação de potencial e seleção de áreas por ano no GISFish	114
Figura 29: Quantidade de publicações no GisFish por assunto, objetivo e termo empregado nos resultados.	115
Figura 30: Análise de componentes principais entre os objetivos e termos empregados nos resultados das publicações do GisFish.....	116
Figura 31: Quantidade de publicações por ambiente.	118
Figura 32: Quantidade de publicações por aplicação.	119
Figura 33: Porcentagem de uso dos critérios em trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas	123
Figura 34: Quantidade de trabalhos que utilizam os fatores em todos os ambientes.....	126
Figura 35: Quantidade de trabalhos que utilizam fatores exclusivos para maricultura	126
Figura 36: Quantidade de trabalhos que utilizam fatores exclusivos da aquicultura interior e costeira.....	127
Figura 37: Etapas metodológicas de uso do SIG na gestão da aquicultura.....	142
Figura 38: Domínio espacial – Baía Sul, Santa Catarina.	147
Figura 39: Velocidade média (A) e freqüência do vento (B) na estação de São José no período de 01/2000 a 12/2006 (Fonte: Epagri).....	159
Figura 40: Matrizes de pista de vento (Fetch). Em ordem N, NE, E, SE, S, SW, W e NW. Valores baixos = preto, valores altos = branco	162
Figura 41: Pista de ventos médios.....	163
Figura 42: Regime de ondas: Tensão de cisalhamento de fundo (N/m ²).	165

Figura 43: Correntes residuais astronômicas. Fonte dos dados: Prudêncio (2003).....	167
Figura 44: Correntes residuais meteorológicas. Fonte dos dados: Prudêncio (2003).....	168
Figura 45: Batimetria	170
Figura 46: Densidade demográfica urbana, densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto e localização da foz dos rios das bacias hidrográficas que drenam para a Baía Sul sob maior influência destas variáveis.	175
Figura 47: Densidade de estabelecimentos agropecuários que utilizam agrotóxicos e localização da foz do Rio Cubatão.	176
Figura 48: Matrizes de distância da foz dos rios sob maior influência da densidade populacional urbana e densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto.....	177
Figura 49: Matriz de distância fluvial: Distância média da foz dos rios sob maior influência da densidade populacional urbana e densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto.....	178
Figura 50: Influência fluvial: Índice dado pela distância da foz dos rios principais, correntes residuais meteorológicas e astronômicas.	180
Figura 51: Linhas de emissão a partir da foz do rio Cubatão ao final de um mês de simulação de correntes de maré. Partículas que constituem a linha de emissão foram lançadas de forma simulada na baía a cada 2,5 minutos. Fonte: Martins, et al. (1997).....	181
Figura 52: Imagem de satélite Quickbird com os pontos de descarga pluvial (A) e distribuição da drenagem pluvial e atividades potencialmente poluidoras no entorno da Baía Sul (B).....	182
Figura 53: Matrizes de distância dos emissários e/ou dutos (A) e canais de drenagem (B).....	183
Figura 54: Influência pluvial: Índice dado pela distância dos pontos de deságüe pluvial, correntes residuais meteorológicas e astronômicas..	185
Figura 55: Classificação de sub-ambientes da Baía Sul (Fonte: Bonetti, et al., 2007).	186
Figura 56: Distribuição das estações amostrais. Fonte dos dados: Silva (2002).....	188
Figura 57: Distribuição da temperatura superficial na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).....	192
Figura 58: Distribuição da salinidade superficial na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).....	193
Figura 59: Distribuição do oxigênio dissolvido superficial na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).....	194

Figura 60: Distribuição do pH superficial na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).	195
Figura 61: Distribuição da Turbidez de fundo na amostra de inverno. Fonte dos dados: Silva (2002).	197
Figura 62: Triângulo de classificação de textura. Fonte: Shepard (1954).	198
Figura 63: Distribuição do índice textural de fundo. Fonte dos dados: Silva (2002).	200
Figura 64: Distribuição da matéria orgânica total de fundo. Fonte dos dados: Silva (2002).	201
Figura 65: Distribuição da razão C/S de fundo. Fonte dos dados: Silva (2002).	202
Figura 66: Distribuição carbonato biodetrítico de fundo na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).	203
Figura 67: Análise de distância das atividades humanas conflitantes com a maricultura.	205
Figura 68: Pontos de acesso público (A) e privado (B) à malha viária no litoral.	208
Figura 69: Análise de distância dos pontos de acesso à malha viária no perímetro da Baía Sul.	209
Figura 70: Análise de distância das praias.	210
Figura 71: Densidade de áreas aquícolas existentes. Fonte: Brasil (2008).	211
Figura 72: Frequência de ocorrência (A) e velocidade média (B) dos ventos extremos na estação de São José no período de 01/2000 a 12/2006 (Fonte: Epagri)	212
Figura 73: Pista de ventos extremos.	213
Figura 74: Descritores legais: Unidades de conservação, IN IBAMA 105/2006.	215
Figura 75: Padronização e ajuste da matriz de influência fluvial (A) para matriz de potencial deste fator (B).	223
Figura 76: Padronização e ajuste da matriz de influência pluvial (A) para matriz de potencial deste fator (B).	223
Figura 77: Frequência acumulada dos valores de tensão de cisalhamento de fundo, curva e função de padronização.	224
Figura 78: Padronização da matriz de regime de ondas (A) para matriz de potencial deste fator (B).	225
Figura 79: Frequência acumulada dos valores de razão C/S, curva e função de padronização.	226
Figura 80: Padronização da matriz da razão C/S (A) para matriz de potencial deste fator (B).	226

Figura 81: Frequência acumulada dos valores do Índice Textural, curva e função de padronização.....	227
Figura 82: Padronização da matriz do índice textural (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	228
Figura 83: Frequência acumulada dos valores de matéria orgânica total, curva e função de padronização.....	230
Figura 84: Padronização da matriz de matéria orgânica total (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	230
Figura 85: Padronização da matriz de distância das atividades conflitantes (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	231
Figura 86: Padronização da matriz de distância do sistema viário (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	232
Figura 87: Padronização da matriz de distância das praias (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	233
Figura 88: Frequência acumulada dos valores de densidade de cultivos, curva e função de padronização.....	234
Figura 89: Padronização da matriz de densidade de cultivos (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	235
Figura 90: Padronização da matriz de ventos extremos (A) para matriz de potencial deste fator (B).....	236
Figura 91: Estrutura hierárquica dos critérios e fatores do modelo de avaliação de potencial para maricultura no sistema Expert Choice 9.5.....	237
Figura 92: Comparação pareada de fatores ambientais através do módulo de questionário no Expert Choice 9.5.....	239
Figura 93: Ponderação e razão de consistência calculada pelo Expert Choice 9.5.....	240
Figura 94: Modelo de distribuição de pesos do critério ambiental.	240
Figura 95: Modelo de distribuição de pesos do critério sócio-econômico.....	240
Figura 96: Comparação pareada de fatores logísticos, ponderação e razão de consistência calculada pelo Expert Choice 9.5.....	241
Figura 97: Modelo de distribuição de pesos do critério logístico.	242
Figura 98: Comparação pareada dos critérios, ponderação e razão de consistência calculada pelo Expert Choice 9.5.....	242
Figura 99: Ponderação dos critérios para geração do cenário de avaliação de potencial.....	243
Figura 100: Modelo de distribuição de pesos de avaliação de potencial para maricultura.....	243
Figura 101: Soma ponderada dos fatores para gerar a matriz do critério ambiental.....	245

Figura 102: Matriz do critério sócio-econômico.	247
Figura 103: Soma ponderada dos fatores para gerar a matriz do critério logístico.	248
Figura 104: Diferentes formas de representação e interpretação de resultados de acordo com o contraste aplicado.	249
Figura 105: Histograma da matriz de potencial para maricultura classificado pelo desvio padrão.	250
Figura 106: Matrizes classificadas por intervalos naturais (A) e intervalos iguais (B).	251
Figura 107: Avaliação do potencial para maricultura.	252
Figura 108: Mapa síntese para seleção de áreas.	254
Figura 109: Pré-análise visual das estruturas aquícolas de 2005 e parques aquícolas de 2008 sobre o mapa síntese para seleção de áreas.	255
Figura 110: Enquadramento das estruturas existentes em 2005 no modelo de potencial.	257
Figura 111: Avaliação da influência dos critérios no processo de seleção das áreas 1 a 15 existentes até 2005.	258
Figura 112: Avaliação da influência dos critérios no processo de seleção de áreas 36 a 44 existentes até 2005.	259
Figura 113: Análise de distância das estruturas instaladas até 2005 para a linha de costa (A), praias (B) e costões (C).....	260
Figura 114: Conflito entre as estruturas instaladas até 2005 e a IN 105/2006.....	261
Figura 115: Exemplo de conflito entre as estruturas instaladas até 2005 e o ZEEC.....	262
Figura 116: Enquadramento dos parques aquícolas propostos em 2008 no modelo de potencial.	264
Figura 117: Avaliação da influência dos critérios no processo de seleção dos parques aquícolas de 2008.	265
Figura 118: Exemplo de conflito entre os parques aquícolas propostos em 2008 e o ZEEC.	267
Figura 119: Localização dos pontos de monitoramento dos parques aquícolas do PLDM. Fonte: Santa Catarina (2010).....	269
Figura 120: Comparação entre o modelo de potencial ambiental e o enquadramento legal dos pontos monitorados.	273
Figura 121: Modelo de dados em SIG para sistema de gestão aquícola (Fonte: VIANNA & NOVAES, 2011).	275
Figura 122: Sistema de gestão aquícola (Fonte: VIANNA & NOVAES, 2011).	275

Lista de quadros

Quadro 1: Síntese do diagnóstico ambiental do litoral de Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010).....	24
Quadro 2: Proposta para compatibilização do PNGC com os métodos GESAMP e ICAM. Fonte: Polette & Silva (2003).	38
Quadro 3: Quadro-resumo do enquadramento dos pontos de monitoramento na legislação atual. Fonte: Santa Catarina (2010).....	270
Quadro 4: Quadro-resumo da variação temporal da qualidade dos pontos de monitoramento segundo a legislação atual. Fonte: Santa Catarina (2010).....	271

Lista de tabelas

Tabela 1: Quem envolver no processo participativo e por que? (Adaptado de TAIPA, et. al, 2007)	50
Tabela 2: Principais conceitos associados aos objetivos do uso de SIG na aquicultura	60
Tabela 3: Exemplos de análise espacial em SIG aplicado à aquicultura (Adaptado de CÂMARA, 1995)	63
Tabela 4: Tipologias brutas de perspectivas sobre limites (Traduzido de COUCLELIS, 1996).....	79
Tabela 5: Principais conceitos associados aos objetivos do uso de SIG na aquicultura, suas estruturas de dados e formas de representação.	93
Tabela 6: Critérios de classificação temática dos trabalhos	108
Tabela 7: Critérios de classificação metodológica dos trabalhos	111
Tabela 8: Exemplo de matriz booleana de classificação e indicação de uso dos fatores e critérios das referências.	112
Tabela 9: Quantidade de documentos sobre aquicultura disponíveis no GisFish em 24/07/2009	113
Tabela 10: Quantidade de artigos por objetivo, assunto e termo empregado.	117
Tabela 11: Quantidade de artigos por técnica de análise.....	120
Tabela 12: Quantidade de trabalhos que utilizam os critérios e fatores para avaliação de potencial e seleção de áreas	124
Tabela 13: Descrição dos recursos computacionais utilizados.....	141
Tabela 14: Descritores selecionados para o PLDM de Santa Catarina Fonte: Brasil (2008)	148
Tabela 15: Descritores selecionados por Silva (2002)	150
Tabela 16: Descritores selecionados para avaliar a Baía Sul para fins de maricultura.	150
Tabela 17: Base de dados	153
Tabela 18: Descritores e técnicas de geração de matriz.	155
Tabela 19: Valores extremos e ótimos dos descritores físico-químicos por espécie, segundo quatro autores, em comparação aos valores medidos por Silva (2002).	190
Tabela 20: Estatísticas descritivas dos dados físico-químicos. Fonte dos dados: Silva (2002).....	191
Tabela 21: Unidades de conservação existentes no entorno da Baía Sul	214
Tabela 22: Fatores de escala selecionados para avaliar o potencial da Baía Sul para fins de maricultura.	219

Tabela 23: Cenários teóricos possíveis através da combinação dos critérios ambiental, sócio-econômico e logístico por nível de importância	238
Tabela 24: Conflito entre as estruturas aquícolas existentes até 2005 e o ZEEC	262
Tabela 25: Conflito entre as estruturas aquícolas existentes até 2005 e o ZEEC	266
Tabela 26: Enquadramento sanitário dos pontos de monitoramento das áreas de cultivo na Baía Sul, de acordo com a legislação vigente. Fonte: Santa Catarina (2010).	272

Lista de abreviaturas e siglas

AHP - Processo Analítico Hierárquico

AMC - Análise Multi- Critério

ACP - Análise de Componentes Principais

ASFA - Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts

Ciram - Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia

CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Epagri - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ESRI - Environmental Systems Research Institute

FAO - Food and Agricultural Organization of United Nations

FMAS - Fazenda Marinha Atlântico Sul

GERCO - Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro

GERCO-SC-Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina

GESAMP - Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection

GIMDA - International Research Group on Geographic Information and Multicriteria Decision Analysis

GIS - Geographic Information System

GISFish - Global Gateway to Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing and Mapping for Aquaculture and Inland Fisheries

GIS-MCDA-GIS based multicriteria decision analysis

ICAM - Integrated Coastal Area Management

IL - Índice de Limites

INFRAERO.- Empresa Brasileira de Infra- Estrutura Aeroportuária

INI - Instrução Normativa Interministerial

LOC - Laboratório de Oceanografia Costeira

MOLA - Alocação Ideal

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura

NCGIA - The National Center for Geographic Information and Analysis

PGZC - Plano de Gestão da Zona Costeira

PLDM - Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura

PNGC - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

SIGPP - Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina

SEAP-PR- Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca da Presidência da República

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SIGERCO - Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro

SINAU - Sistema de Informação das Autorizações de Uso das Águas de Domínio da União

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UMA – Unidade de Mapeamento Aquícola

UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina

UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí

UNIVILLE - Universidade da Região de Joinville

WLC - Combinação Linear Ponderada

ZEEC - Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro

Sumário

Apresentação	22
Capítulo 1 Conceituação e referencial teórico	34
1.1 Introdução.....	34
1.2 Bases instrumentais	35
1.2.1 Gestão costeira e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC.....	35
1.2.2 Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União e os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura.....	43
1.2.3 Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública (SIGPP).....	48
1.3 Principais conceitos associados aos objetivos do uso SIG na aquicultura:	55
1.3.1 Tomada de decisão:.....	55
1.3.2 Principais objetivos no uso de SIG para aquicultura: selecionar áreas, avaliar potencial e avaliar áreas.....	56
1.4 Principais conceitos e suas relações com os métodos de análise espacial e representação.....	62
1.4.1 Análise espacial.....	62
1.4.2 SIG e análise espacial.....	65
1.4.3 Modelos e modelagem.....	67
1.4.4 Vetores e objetos; matrizes e campos.....	67
1.4.5 Discretos e contínuos.....	69
1.4.6 Métodos de análise espacial	80
1.4.7 Análise multi-critério em SIG	88
1.5 Síntese instrumental e conceitual	90
1.6 Glossário.....	94
1.7 Referências Bibliográficas	97
Capítulo 2 SIG e aquicultura, uma sistematização das publicações do GISFish sobre as técnicas utilizadas na seleção de áreas, avaliação de potencial e avaliação de áreas	104
2.1 Introdução:	104
2.2 Materiais e métodos	105
2.3 Resultados e discussão	112
2.3.1 Classificação temática dos artigos do GisFish segundo o assunto, objetivo e termo empregado nos resultados	115
2.3.2 Classificação temática dos artigos do GisFish segundo a forma de aquicultura e aplicação.....	118
2.3.3 Classificação metodológica dos artigos do GisFish segundo o modelo de dados e as técnicas de análise.....	119

2.3.4	Classificação metodológica dos artigos do GisFish segundo o processo de tomada de decisão e a condição de incerteza.....	120
2.3.5	Análise dos critérios e fatores utilizados nos trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas.....	122
2.4	Conclusão.....	127
2.5	Referências Bibliográficas	130
Capítulo 3	Proposta metodológica para uso de SIG na gestão da aquicultura: Estudo aplicado à maricultura na Baía Sul - Santa Catarina.	139
3.1	Introdução	139
3.2	Materiais e métodos	140
3.2.1	Infra-estrutura.....	140
3.2.2	Visão geral do método	142
3.2.3	Estudo de caso: Aplicação do método na Baía Sul.	144
3.3	Etapas 1 e 2: Definição do domínio espacial e caracterização da área.	145
3.3.1	Critérios de escolha do domínio espacial.....	145
3.3.2	Definição do domínio espacial.....	145
3.3.3	Avaliação da área	147
3.3.4	Descritores ambientais	158
3.3.5	Avaliação da Baía Sul.	215
3.4	Etapa 3: Avaliação de potencial para maricultura.....	217
3.4.1	Escolha dos fatores e modelagem no SIG.....	217
3.4.2	Modelo para avaliação de potencial.....	220
3.4.3	Modelagem dos fatores, critérios e construção de cenários.....	236
3.4.4	Implementação do modelo no SIG.....	244
3.4.5	Modelo de potencial da Baía Sul para maricultura.	248
3.5	Etapa 4: Seleção de áreas para maricultura e mapeamento das unidades aquícolas.....	253
3.5.1	O processo de seleção de áreas até 2005.....	256
3.5.2	O processo de seleção dos Parques Aquícolas de 2008.	263
3.6	Etapa 4: Implementação dos parques aquícolas.....	267
3.7	Etapa 5: Monitoramento e avaliação.....	268
3.8	Referências bibliográficas.....	276
Capítulo 4	Proposta de sistematização metodológica para o uso de Sistemas de Informações Geográficas na gestão da maricultura – Síntese conclusiva.	281

4.1	Compatibilização entre políticas públicas de gestão aquícola e costeira.....	281
4.2	O uso do SIG na gestão da maricultura.....	283
4.3	Etapas, objetivos e termos utilizados na aplicação do SIG para gestão da maricultura.....	286
4.4	Considerações finais.....	291
4.5	Sugestão para estudos futuros.....	292
4.6	Referências bibliográficas.....	295
4.7	Anexos.....	298
4.7.1	Anexo 1: Quadro orientado para obtenção do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC. (Fonte: BRASIL, 2004).....	298
4.8	Apêndices.....	301
4.8.1	Apêndice 1: Classificação das referências pesquisadas no GisFish.....	301
4.8.2	Apêndice 2: Índice de limites dos descritores.....	308

Apresentação

O ano de 1988 pode ser considerado como um marco da gestão costeira no Brasil. A Constituição Federal definiu, em seu artigo 225, a zona costeira como patrimônio nacional, enquanto a lei 7.661 instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Esse plano define a zona costeira como:

“o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo uma faixa marítima, que se estende mar afora, até 12 milhas marítimas (22,2 km) das Linhas de Base estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, compreendendo a totalidade do Mar Territorial e uma faixa terrestre, formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na Costa”

Sua área é de aproximadamente 514 mil km², dos quais 324 mil km² correspondem à faixa terrestre de 395 municípios dos 17 estados costeiros, incluindo águas interiores. Os 119 mil km² restantes abrangem o Mar Territorial, que junto com a Zona Econômica Exclusiva, que se estende desde 12 até 200 milhas náuticas (370,4 km) da costa, cobrem uma área de 3,5 milhões de km² (BRASIL, 2008).

A zona costeira brasileira é composta por um complexo mosaico ecossistêmico, do qual fazem parte manguezais, praias, dunas, cordões litorâneos, costões rochosos, restingas, marismas, mata atlântica, lagunas costeiras, estuários, entre outros. Esses ecossistemas sofrem constantes pressões antrópicas associadas aos vetores de desenvolvimento como a atividade portuária, petrolífera, química, pecuária, pesqueira, agricultura, turismo, urbanização e também uicultura. Cerca de 18% da população do país reside na zona costeira onde concentram-se 16 das 28 regiões metropolitanas, das quais 3 estão em Santa Catarina: Norte/Nordeste Catarinense, Foz do Rio Itajaí e Florianópolis (BRASIL, 2008).

O estado possui aproximadamente 1.874 km de linha de costa e em determinadas localidades as atividades sociais culturais e econômicas pressionam os ecossistemas costeiros e geram conflitos de interesses pelo seu uso e ocupação. A zona costeira catarinense está dividida em 5 setores, que abrangem 36 municípios (**Figura 1**). Destacam-se os setores Norte (1), Centro-Norte (2) e Central (3). O primeiro caracteriza-se por concentrar atividades secundárias e terciárias (indústrias, comércio e serviços). O setor Centro-Norte se destaca pelo potencial turístico e portuário e o Central possui uma economia voltada

para o comércio, serviços e atividades vinculadas ao turismo, que juntas somam 60% do seu PIB. É neste último ainda que se concentra a maior parte da população da zona costeira catarinense, com pouco mais de 900 mil pessoas em apenas 6 municípios: Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, São José, Palhoça e Tijucas (SANTA CATARINA, 2010).

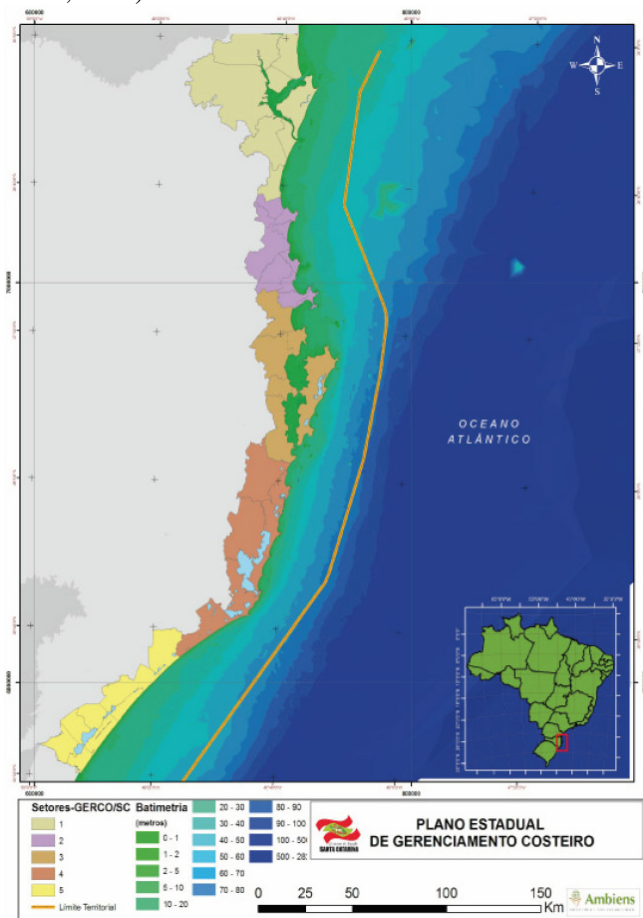


Figura 1: Setores da zona costeira de Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010)

Esses municípios circundam a maior baía estuarina do estado (Baía de Florianópolis), que apesar de ser um corpo d'água único e contínuo, é também conhecida, separadamente, por Baía Norte e Baía Sul. A pressão demográfica no seu entorno indica cenários de conflitos

tanto na faixa terrestre (especulação imobiliária/planejamento urbano/conservação ambiental) quanto na faixa marinha (maricultura/turismo/saneamento) (**Quadro 1**).

Impactos e Conflitos dos municípios do Setor 3 – 1998						
Impactos /Conflitos	Palhoça	Florianópolis	São José	Biguaçu	Gov. Celso Ramos	Tijucas
Elevação dos níveis da poluição do solo, nos cursos e corpos d'água e no mar	X	X	X	X	X	X
Falta tratamento eficaz de esgotos	X	X	X	X	X	X
Falta de sistema de drenagem de águas pluviais	X	X	X	X	X	X
Destino inadequado de resíduos sólidos	X	X	X	X		
Falta de fornecimento de energia elétrica em quantidade satisfatória						
Uso desordenado e inadequado do solo	X	X	X	X	X	X
Gestão Ambiental inadequada (uso dos recursos naturais)				X		X
Uso indiscriminado de agrotóxicos	X			X		
Pesca predatória	X	X		X	X	
Fiscalização inadequada do uso do espaço marítimo		X				
Fiscalização inadequada da preservação/conservação dos Patrimônios Natural e Histórico/Cultural.		X				
Falta de vias de acesso com qualidade	X	X				

Quadro 1: Síntese do diagnóstico ambiental do litoral de Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010)

Esses conflitos estão associados à ocupação urbana que faz com que a atual taxa de urbanização seja de 96%, ou seja, cerca de 864 mil pessoas que vivem nesse setor estão nas cidades. O reflexo pode ser percebido nos problemas sanitários, visto que apenas 34,4% dos domicílios estão ligados à rede pública de coleta de esgoto e não há políticas de saneamento que atuem para melhorar esse quadro e garantir condições de crescimento. Há ainda uma grande parte de domicílios com tratamento individual (55,1%), mas não se tem conhecimento suficiente sobre a eficiência desses sistemas uma vez que a ocupação desordenada dificulta a fiscalização dos órgãos competentes. A contaminação dos recursos hídricos também é um problema. Defensivos agrícolas utilizados à montante das áreas de captação dos mananciais, como o rio Cubatão, dejetos urbanos lançados nos rios e galerias pluviais e extrativismo vegetal comprometem a qualidade da água e contribuem para o aumento do déficit hídrico, além de influenciarem a qualidade da água do mar (SANTA CATARINA, 2010). Dados de balneabilidade da Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina – Fatma, indicaram, nesse setor, 16 praias com histórico de contaminação por coliformes fecais superior a 50% do tempo entre os anos de 2009 e 2010.

O reflexo desse processo de ocupação e apropriação dos recursos na zona costeira também é percebido no mar. A pressão demográfica também é responsável pelos conflitos entre atividades que necessitam do espaço marinho, seja ele abrigado ou de mar aberto. Em Santa Catarina a maricultura é uma das atividades de destaque já que 95 % dos moluscos (ostras, mexilhões e vieiras) produzidos no Brasil são cultivados em fazendas marinhas localizadas em suas baías, enseadas e estuários (**Figura 2**). Por causa disso é também uma das que concorre com as demais atividades que se utilizam do espaço marinho. Esta concorrência apresenta-se tanto pela necessidade de um ambiente limpo e com qualidade ambiental e sanitária compatível com a produção de alimentos, quanto pela poluição visual e disputa por espaço com outras atividades como a navegação, o lazer e a pesca.

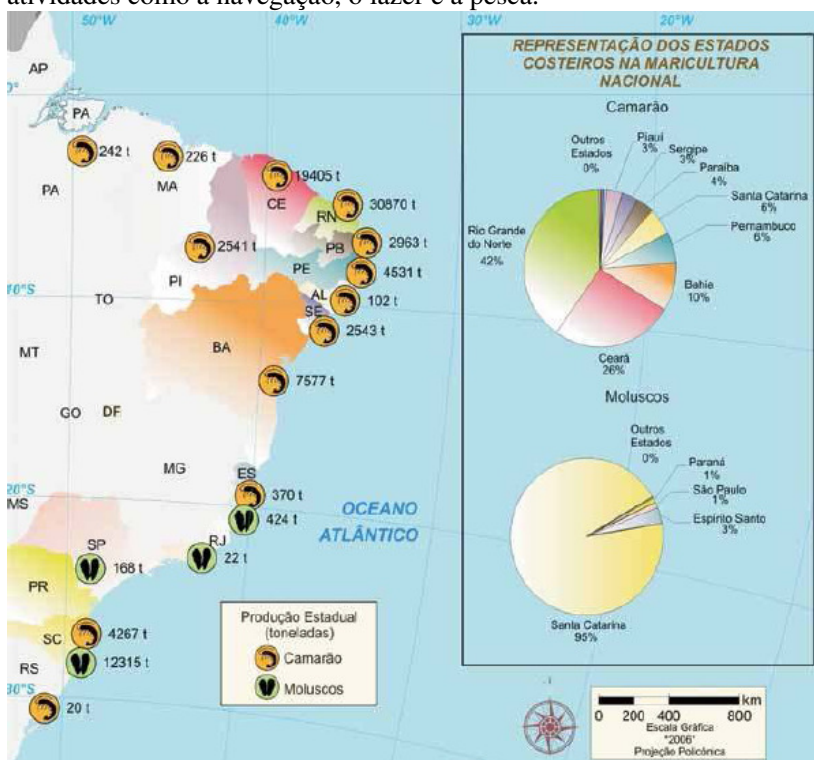
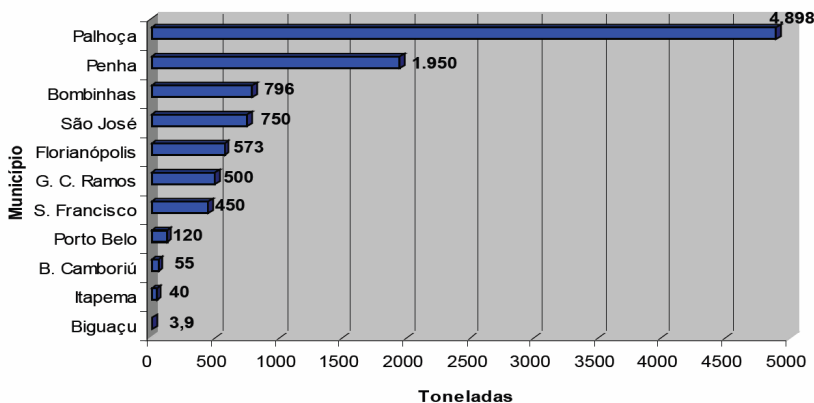


Figura 2: Síntese da atividade de maricultura no Brasil quanto à produção de camarão e moluscos. (Fonte: BRASIL, 2008)

No entorno da Baía de Florianópolis estão os municípios de maior expressão em relação aos produtos oriundos da maricultura

catarinense. Palhoça, São José e Florianópolis são responsáveis por quase 62% do mexilhão cultivado e 90% das ostras (Figura 3).

Produção de mexilhões comercializados em Santa Catarina em 2007, por município



Produção de ostras comercializadas em Santa Catarina em 2007, por município

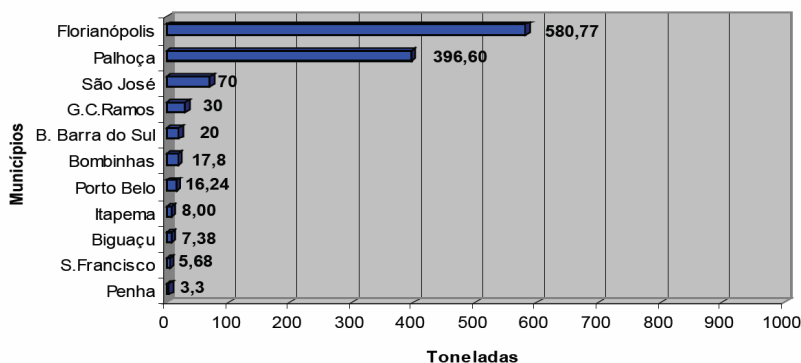


Figura 3: Produção de mexilhões e ostras por município em 2007 em Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 2010)

No município de Palhoça estão 183 maricultores que utilizam duas técnicas de cultivo: Linhas (*long line*) e estruturas fixas. A maioria utiliza a primeira técnica (90% dos produtores). Nesse município também estão duas empresas de processamento desses produtos (SANTA CATARINA, 2010).

Em Florianópolis 90% dos cultivos estão estruturados em linhas, mas esta realidade é recente, visto que as primeiras iniciativas foram

implementadas sob cultivos suspensos. Segundo Neto (2005) em 2005 haviam 164 produtores e hoje, de acordo com o Diagnóstico Sócio Ambiental do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, são sete associações cadastradas e quatro empresas de processamento de pescado.

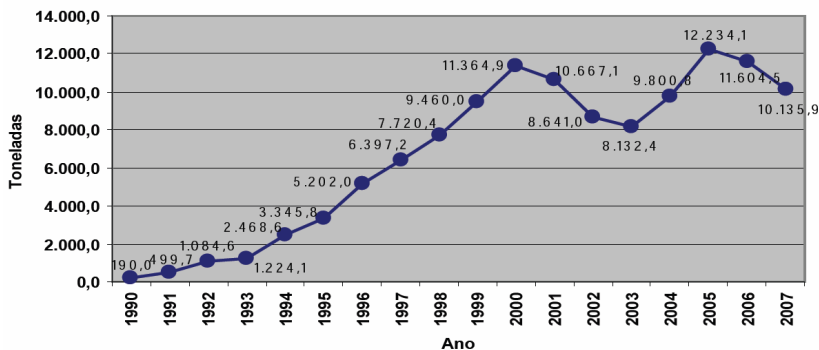
São José tem maior destaque na produção de mexilhões, mas a ostra também é cultivada em menor escala. Em 2005 eram 52 maricultores produzindo moluscos na Baía Norte (NETO, 2005), em linhas dispostas equidistantes e sinalizadas com bóias padronizadas.

Historicamente a maricultura catarinense teve início no final dos anos 80, quando ações do estado incentivaram o crescimento da atividade, através da pesquisa e extensão, como alternativa de renda para os pequenos pescadores tradicionais. Estas iniciativas constituíram um cenário no qual Santa Catarina se destacou na produção de moluscos bivalves, principalmente mexilhões (*Perna perna*) e ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*), e em menor escala vieira (*Nodipecten nodosus*) e ostra do mangue (*C. rizophorae*) (NETO, 2005). Iniciativas de carcinicultura (cultivo de camarões) também surgiram, mas não tiveram sucesso por problemas de sanidade animal.

Até o ano 2000 a produção de mexilhões foi crescente, enquanto as condições ambientais e de mercado eram mais favoráveis. A partir daquele ano ocorreu a primeira queda, recuperada depois de 2003. Desde então vem oscilando entre momentos ascendentes e descendentes (**Figura 4**), relacionados aos problemas oriundos do crescimento desordenado. O mesmo ocorreu com a produção de ostras, porém seu período de oscilação foi mais tardio. Após forte crescimento durante o ano 2000 (de 762 para 1.592 toneladas) o ano de 2001 foi de estagnação, com retomada ascendente em 2002. A partir de 2004 as oscilações começaram e entre 2006 e 2007 houve uma forte queda na produção, que foi reduzida em 63% (SANTA CATARINA, 2010).

Esta instabilidade é um indicador de que o processo produtivo necessita ser revisto e isto passa por uma adequação na forma de gerir a atividade no governo. Em Santa Catarina a produção é predominantemente familiar e as fazendas são administradas por pequenos produtores, associações ou pequenas empresas. Nesse processo o papel social do estado é fundamental, visto que muitos dos custos de gestão (ordenamento, licenciamento, monitoramento, controle sanitário, etc.) não podem ser assumidos pelos maricultores.

Evolução da produção de mexilhões comercializados em Santa Catarina



Evolução da produção de ostras comercializadas em Santa Catarina

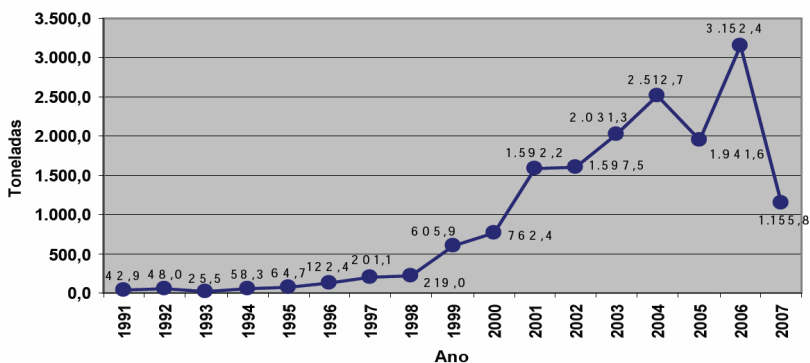


Figura 4: Evolução dos cultivos de mexilhões e ostras em Santa Catarina
(Fonte: SANTA CATARINA, 2010)

A primeira tentativa de ordenar a maricultura em Santa Catarina teve início em 1992, através de uma parceria entre a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural – Epagri e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais – IBAMA. Os resultados estão publicados no Diagnóstico do Cultivo de Moluscos em Santa Catarina (NETO, 2005). Com base em critérios técnicos como abrigo de ventos e correntes, profundidades superiores a 1,5 metros, afastamento de rotas tradicionais de embarcações, fundeadouros, áreas de pesca tradicional, locais utilizados para atividades de turismo e lazer e desembocaduras de rios, foram utilizadas cartas náuticas para delimitar 155 parques aquícolas (1.213,35ha) e 719 áreas aquícolas (563,96 ha) (Figura 5). Esse modelo de delimitação de áreas para maricultura foi

então institucionalizado no Decreto Federal 4.895 de 2003, que dispõe sobre o uso dos espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura e define as unidades de mapeamento aquícola "área de preferência", "parque aquícola" e "área aquícola".

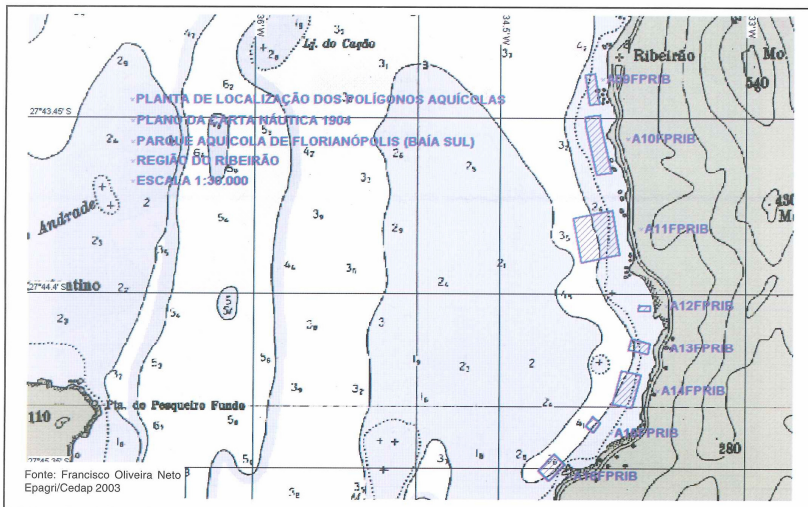


Figura 5: Delimitação de parques aquícolas em Santa Catarina: Exemplo da região do Ribeirão da Ilha, em Florianópolis (Fonte: NETO, 2005)

No Brasil, esta foi uma das primeiras aplicações de análise espacial adotada no processo de seleção de áreas para maricultura com foco na gestão da atividade. Apesar de não ter sido implementado nenhum modelo em Sistema de Informações Geográficas – SIG, os critérios de avaliação foram analisados em campo e visualmente sobre cartas náuticas, favorecendo a delimitação dos parques aquícolas com objetivo de ordenar a atividade. Esse processo foi fundamental para consolidar os parques aquícolas e áreas aquícolas como unidades de mapeamento essenciais ao ordenamento do espaço aquítico.

Após o término desse trabalho o Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA, ainda como Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP-PR, lançou, em 2005, o Programa Nacional de Aquicultura e Pesca, cujo principal instrumento de ação foram os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM (BRASIL, 2005). A primeira experiência de implementação desse instrumento ocorreu no estado de Santa Catarina, sob coordenação e execução técnica da Epagri, dando continuidade ao trabalho iniciado em 1992. Para implementá-lo, os pesquisadores e técnicos precisaram desenvolver uma metodologia que atendesse às diretrizes do Decreto 4.895 de 2003 (BRASIL, 2003) e

das instruções normativas 6 de 2004 (BRASIL, 2004) e 17 de 2005 (BRASIL, 2005), de acordo com a realidade do país no que se refere ao volume e qualidade dos dados existentes sobre a zona costeira.

Estas diretrizes envolviam estudos aprofundados sobre as características ambientais, realidade sócio-econômica, facilidade logística, potencial para maricultura, impactos da atividade e medidas mitigatórias. Todo esse processo deveria estar compatibilizado com as políticas de gestão costeira, conforme o inciso XI do artigo 3º da Instrução Normativa 17/2005. Ainda segundo estas normas, a caracterização da área de abrangência dos planos, avaliação do seu potencial para maricultura e seleção dos parques aquícolas e áreas de preferência (BRASIL, 2003) deveriam ser feitos utilizando SIG.

O SIG vem sendo empregado há mais de duas décadas na aquicultura (KAPETSKY e AGUILAR-MANJARREZ, 2004) mas de forma experimental, através de projetos de pesquisa e com base em levantamentos de dados insuficientes para tomar decisões dentro das políticas públicas. Somente nos últimos anos têm se consolidado como instrumento operacional de gestão e uma destas iniciativas é o PLDM, para o qual Vianna (2007) apresentou um método de avaliação de potencial e Vianna, et al. (2007) avaliaram esse método, concluindo que seria o mais adequado, diante da carência de dados no Brasil. Além disso destacaram a necessidade de um programa de monitoramento dos parques aquícolas.

Nesse cenário esta tese tem como foco principal o uso do SIG na gestão da maricultura dentro das premissas instituídas pelas políticas públicas no Brasil. Para tal, algumas questões são abordadas:

1. Como compatibilizar a gestão da maricultura com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro?
2. Em que instrumentos de gestão costeira e da maricultura o SIG pode auxiliar?
3. Como a análise espacial em SIG vem sendo utilizada na maricultura?
4. A terminologia empregada na literatura especializada para caracterizar o uso de SIG na gestão da maricultura é coerente?
5. De que forma o SIG deve ser utilizado na gestão da maricultura?

Tanto o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro quanto o Programa Nacional de Aquicultura e Pesca possuem instrumentos cujas ações são convergentes e podem perfeitamente estar integradas. O Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC, por exemplo,

pode conter as unidades de mapeamento aquícola propostas no PLDM e gerenciadas pelo MPA. Os Planos de Gestão da Zona Costeira – PGZC podem prever ações de curto, médio e longo prazo para melhoria contínua dos conflitos entre a maricultura e outras atividades, como o turismo e o próprio processo de urbanização. O Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO pode ser abastecido com dados e informações dos parques aquícolas oriundos de programas de monitoramento sanitário/ambiental integrados ao Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA-ZC, bem como dados de produtividade para um acompanhamento sócio-econômico. Todo o processo de gestão pode ser avaliado através de relatórios setoriais que subsidiem o Relatório da Qualidade Ambiental da Zona Costeira – RQA-ZC.

Esses instrumentos podem ser implementados através de informações geradas a partir de análises espaciais em SIG. Métodos de Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública – SIGPP podem ser empregados em reuniões técnicas, grupos de trabalho, oficinas e audiências públicas no estágio de planejamento. Esses métodos baseiam-se no uso de mapas impressos e tecnologias digitais de visualização e análise espacial para auxiliar o processo decisório relativo ao diagnóstico, planejamento e geração de cenários futuros. Já as tecnologias de sistemas de rastreabilidade e visualização de mapas via internet podem facilitar o acompanhamento das atividades de maricultura, após sua implementação, através de programas de monitoramento e serviços de mapas específicos.

Historicamente o uso de análise espacial em SIG na maricultura vem sendo empregado a mais de vinte anos, porém com foco direcionado à pesquisa aplicada. Seu emprego em processos decisórios e políticas públicas é recente e por isso necessita de uma sistematização metodológica e operacional.

Esta sistematização está relacionada a questões conceituais e operacionais. Devido à natureza experimental existem termos e objetivos que são empregados como sinônimos no processo de geração de informação. Isto faz com que não haja uma sistemática na terminologia, necessária para o uso do SIG de forma gerencial. É comum, por exemplo, confundir caracterização de áreas e avaliação do potencial de áreas para maricultura.

Assim, para que o SIG seja empregado na gestão da maricultura é importante que haja uma sistematização metodológica. Sua aplicação deve focar a geração de informações necessárias ao processo decisório a partir da definição de um domínio espacial de análise, caracterização do

meio marinho e seu entorno, avaliação do potencial desse meio para maricultura, seleção de áreas através da delimitação de parques aquícolas e avaliação destas por programas de monitoramento. Tudo isto compatibilizando as políticas de gestão setorial e gestão costeira integrada.

Com base na experiência adquirida com o PLDM de Santa Catarina, este trabalho tem como objetivo sistematizar uma metodologia que auxilie pesquisadores, especialistas e técnicos no uso do SIG para gestão da maricultura. Trata-se de uma iniciativa de aproximar os resultados de pesquisas aplicadas, obtidos nas últimas duas décadas, à necessidade de criar políticas públicas de ordenamento marinho, com foco na produção aquícola.

Para isso, especificamente buscou-se avaliar as publicações existentes sobre SIG aplicado à maricultura para padronizar objetivos e termos e compatibilizá-los com os instrumentos de gestão costeira definidos no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Complementarmente implementou-se algumas ações desses instrumentos em um sistema costeiro abrigado, através de um estudo de caso e foram avaliadas as potencialidades e limitações deste método.

A tese está estruturada em quatro capítulos (**Figura 6**). No primeiro estão apresentados os conceitos e o referencial teórico, com destaque para: (i) instrumentos de gestão costeira; (ii) políticas públicas e legislação aquícola; (iii) aplicações de SIG que visam caracterizar áreas de ou para fins de aquicultura, avaliar o potencial e selecionar áreas para aquicultura. Neste capítulo busca-se responder às perguntas:

1. Como compatibilizar a gestão da maricultura com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro?
2. Em que instrumentos de gestão costeira e da maricultura o SIG pode auxiliar?

No capítulo 2 é feita uma análise das publicações disponíveis na base GISFish (KAPETSKY & AGUILAR-MAJARREZ, 2004), entre 1985 e 2009, para avaliar os objetivos e definir o emprego dos conceitos apresentados no capítulo 1. As referências estão organizadas conforme o assunto abordado, objetivo de aplicação do SIG, termo empregado nos resultados, forma de aquicultura, aplicação, modelo de dados, técnica de análise, processo de tomada de decisão e condição de incerteza. As perguntas abordadas neste capítulo são:

3. Como a análise espacial em SIG vem sendo utilizada na maricultura?

4. A terminologia empregada na literatura especializada para caracterizar o uso de SIG na gestão da maricultura é coerente?

O terceiro capítulo traz o estudo de caso da Baía Sul, na região da Grande Florianópolis, SC, implementado com base na metodologia desenvolvida por Vianna (2007) para os PLDM (BRASIL, 2008). Todas as ações relacionadas aos principais objetivos do uso de SIG para maricultura estão compatibilizadas com alguns instrumentos e detalhadas metodologicamente, buscando responder à pergunta 5: De que forma o SIG deve ser utilizado na gestão da maricultura?

No quarto e último capítulo é feita uma síntese conclusiva sobre a sistematização proposta com destaque para a necessidade de padronizar conceitos, adotar modelos probabilísticos de avaliação de potencial, enquadrar os objetivos numa perspectiva mais ampla de gestão costeira e investir em programas contínuos de monitoramento.

Capítulo 1: Conceituação e referencial teórico

- Instrumentos de gestão costeira e aquícola
- Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública
- Objetivos do uso de SIG na aquíicultura
- Análise espacial

Capítulo 2: Estado da arte do uso de SIG na aquíicultura

- Principais objetivos do uso de SIG na aquíicultura
- Terminologia utilizada
- Processo decisório
- Emprego das técnicas de análise espacial

Capítulo 3: Estudo de caso: Proposta metodológica aplicada na Baía Sul - SC, Brasil.

- Definição de domínio espacial
- Caracterização da área
- Avaliação do potencial aquícola
- Seleção da área
- Monitoramento

Capítulo 4: Síntese conclusiva

- Compatibilização das políticas de gestão
- Adequação conceitual
- Uso do SIG na gestão da maricultura
- Importância do Monitoramento

Figura 6: Estrutura da tese.

Capítulo 1 Conceituação e referencial teórico

1.1 Introdução

Neste capítulo são apresentadas as bases instrumentais e conceituais relacionadas ao uso de Sistema de Informações Geográficas - SIG como instrumento de análise e geração de informações sobre aquicultura para gestão da atividade. As bases instrumentais são políticas públicas de gestão costeira e gestão da aquicultura. Já os conceitos abrangem os principais temas associados aos diferentes objetivos do uso de SIG para aquicultura, técnicas de análise espacial e formas de representação.

Inicialmente são apresentados os instrumentos de gestão costeira e gestão da aquicultura, dentre os quais o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, o Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina – GERCO-SC, o Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União (BRASIL, 2005) e os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM (BRASIL, 2008). Discute-se de que maneira os conceitos de Adequação (*Suitability*), Potencial (*Potential*) e Avaliação/Caracterização (*Assessment*), estão associados aos objetivos mais comuns no uso de SIG na aquicultura. Relacionados a esses conceitos, a fim de melhor descrevê-los, são fornecidos exemplos de trabalhos previamente realizados.

Em seguida os métodos de análise espacial e conceitos correlatos são abordados a partir da caracterização feita por Burrough (1986) Couclelis (1992), Burrough e McDonnel (1998), De Smith et al. (2007) e Goodchild et al. (2007). As formas de representação de resultados são discutidas com base nos trabalhos de Couclelis (1996) e Loch (2006) e ao final é apresentada uma síntese conceitual.

O objetivo deste capítulo não se reduz apenas à apresentação dos instrumentos e conceitos para contextualizar a tese, mas principalmente para compatibilizar a aplicação de SIG para gestão da aquicultura dentro das políticas públicas de gestão costeira e balizar a discussão a respeito desta aplicação, de acordo com algumas experiências realizadas nos últimos 20 anos.

Devido à complexidade existente nas relações entre os conceitos e como alguns deles são citados em diferentes momentos no texto, eventualmente podem surgir antes mesmo de terem sido apresentados, desta forma estarão referenciados em notas de rodapé.

1.2 Bases instrumentais

1.2.1 Gestão costeira e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC.

Gestão costeira é um processo dinâmico e complexo que compatibiliza o uso e ocupação da zona costeira de maneira organizada considerando os mais diversos interesses econômicos, sociais, políticos e conservacionistas (POLETTE e SILVA, 2003).

Sua dinâmica pode ser compreendida, sob um aspecto didático, quando representada por um ciclo lógico de etapas que apresenta início, meio e fim (Figura 7). Já a complexidade pode estar associada à escala de abrangência de cada programa, podendo levar entre 8 e 15 anos para completar um ciclo em escala nacional ou a metade deste tempo, se implementado em uma área costeira específica, como uma baía, ou uma cidade (OLSEN, et al., 1999). Os autores destacam ainda que os estágios, apesar de indicarem uma ordem, não precisam, obrigatoriamente, respeitá-la de forma linear ou hierárquica, funcionando mais sob aspecto de rede, onde se intercalam de acordo com as condições de cada programa.

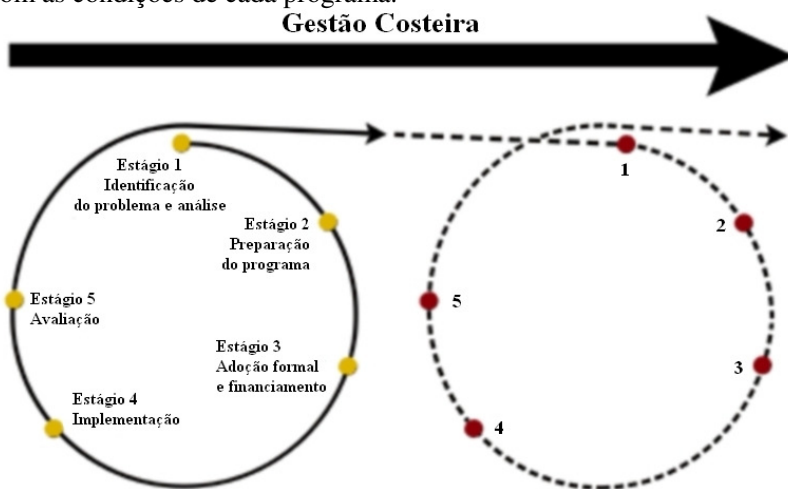


Figura 7: Estágios de um programa de gestão costeira – ciclo lógico (Adaptado de POLETTE & SILVA, 2003)

Esse ciclo foi avaliado por Polette e Silva (2003) com objetivo de enquadrar o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (BRASIL, 1988; BRASIL, 1997) numa perspectiva metodológica internacional. O PNGC é a principal política pública de gestão costeira no Brasil, onde estão definidas diretrizes e instrumentos para sua

implementação. Os autores compararam o plano com dois métodos: i) *Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection* – GESAMP (GESAMP, 1996); ii) *Integrated Coastal Area Management* - ICAM (BARUSSEAU, et al., 1997); e concluíram que o PNGC carece de entendimento no seu processo de desenvolvimento, ou seja, não apresenta de forma clara as etapas ou estágios desse desenvolvimento.

Em cada estágio são realizadas ações essenciais ao processo de gestão (**Figura 8**). No estágio inicial é feita a identificação e análise do problema. Trata-se de uma etapa inventarial na qual são levantadas as principais questões ambientais, sociais e institucionais através da identificação de problemas e conflitos, bem como aptidões e interesses comuns. São identificados os atores sociais e políticos que devem estar envolvidos na seleção de prioridades e definição dos objetivos da iniciativa de gestão.

No segundo estágio esse grupo de atores deve apoiar, identificar e envolver outros atores com condições técnicas de conduzir pesquisas científicas e gerar informações focadas nas questões de gestão selecionadas. As pesquisas devem estar associadas à definição de um “marco zero” do processo de gestão bem como à elaboração de um diagnóstico da situação. Esse processo deve ser conduzido juntamente com ações educacionais e políticas de envolvimento e empoderamento dos atores interessados nas questões de gestão, que devem ter suas soluções buscadas através de um plano de gestão, com objetivos, metas e estratégias de ação claras e factíveis de serem implementadas por intermédio de arranjos institucionais e políticos. Ainda nesse estágio é importante investir na capacitação das pessoas e instituições que estarão à frente do plano e suas ações devem ser implementadas, inicialmente, em uma escala experimental.

No estágio de adoção formal e financiamento devem ser elaboradas estratégias para captar os recursos previstos e estruturar politicamente atores e governo de forma que se torne mais fácil aprovar as políticas, planos e autorizações necessárias para sua execução.

A implementação deve ser feita com base nos resultados da experiência piloto, recursos captados e a realidade política alcançada. A estratégia deve promover o cumprimento das políticas do programa, fortalecer as relações institucionais e autoridades legais e organizar uma estrutura gerencial capaz de desempenhar um papel interinstitucional. Para isso é preciso ter uma equipe técnica e administrativamente capacitada bem como infra-estrutura compatível com as necessidades de ação. Os conflitos existentes devem ser mediados através da sustentação

e manutenção dos atores no processo de discussão, no qual as prioridades necessitam estar socializadas através de agendas públicas e os resultados alcançados devem ser monitorados através de indicadores publicados sistematicamente em relatórios de desempenho do programa.



Figura 8: Estágios e ações de um programa de gestão costeira. (Adaptado de OLSEN, et al., 1999).

O quinto e último estágio possui uma natureza integradora e está muito associado ao padrão cíclico do processo de gestão. Ao mesmo tempo em que finaliza um ciclo, é o ponto de partida para outro. Além disso, algumas ações perpassam por todos os estágios, visto que um processo desta magnitude deve ser avaliado constantemente. De forma mais objetiva, o principal foco desse estágio é verificar se as questões de gestão levantadas na identificação e análise do problema foram atendidas. Se foram, novas questões devem ser levantadas ou priorizadas, senão o programa deve sofrer adaptações à sua própria experiência e à evolução das condições sociais e ambientais. Mas para que haja maior credibilidade no processo avaliativo e maior garantia de sucesso, avaliações externas podem apontar falhas não detectáveis internamente pelos atores envolvidos.

A gestão costeira no Brasil não segue esta lógica estrutural e sua concepção está baseada em instrumentos de gestão. Neste sentido Polette e Silva (2003) fizeram uma tentativa de compatibilizar os instrumentos previstos na resolução nº 5 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - CIRM (BRASIL, 1997) com os estágios do ciclo de gestão, conforme apresentado no **Quadro 2**.

GESAMP	ICAM	PNGC
FASE 1 Identificação do problema e análise	FASE I: Identificação preliminar; ETAPA 0: Condições iniciais para o processo de GCI; e ETAPA 1: Praticidade na implementação para os processos de GCI.	ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro; e PGZC – Planos de Gestão da Zona Costeira SIGERCO – Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro; e SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira.
FASE 2 Preparação do programa (planejamento)	FASE II: Preparação; ETAPA 2: Avaliação sócio-ambiental; ETAPA 3: Cenários possíveis e desejados; ETAPA 4: Elaboração de um esquema de gerenciamento (planejamento)	ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro; PGZC – Plano de Gestão da Zona Costeira; SIGERCO – Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro; e SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira.
FASE 3 Adoção formal	FASE II – Preparação; ETAPA 4: Elaboração de um esquema de gerenciamento (planejamento).	ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro; PGZC – Plano de Gestão da Zona Costeira; PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro; PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro; SIGERCO – Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro; SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira; e RQA-ZC – Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira;
FASE 4 Implementação	FASE III: Implementação; ETAPA 5: Institucionalização; e ETAPA 6: Aplicação do esquema de gerenciamento (planejamento).	ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro. PGZC – Plano de Gestão da Zona Costeira; PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro; PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro; SIGERCO – Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro; SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira; e RQA-ZC – Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira;
FASE 5 Avaliação	FASE III: Implementação; ETAPA 7: Avaliação e ajustes.	ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro; PGZC – Plano de Gestão da Zona Costeira; PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro; PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro; SIGERCO – Sistema de Informação do Gerenciamento Costeiro; SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira; e RQA-ZC – Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira.

Quadro 2: Proposta para compatibilização do PNGC com os métodos GESAMP e ICAM. Fonte: Polette & Silva (2003).

Foram avaliados os instrumentos:

- Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC: Instrumento de ordenamento territorial, monitoramento, licenciamento, fiscalização e gestão em consonância com as diretrizes do Zoneamento Ecológico Econômico nacional. Deve ser elaborado de forma participativa e estabelecer diretrizes quanto aos usos proibidos, permitidos ou estimulados considerando as 5 zonas-tipo e seus respectivos critérios de enquadramento e metas ambientais (Anexo 1).
- Plano de Gestão da Zona Costeira – PGZC: Instrumento de formulação de ações estratégicas e programáticas para orientar a execução da gestão costeira. Deve ser elaborado de forma participativa em consonância com o ZEEC.
- Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO: Instrumento de apoio à decisão baseado em dados georreferenciados da zona costeira. Compõe o Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente – SINIMA;
- Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA: Instrumento operacional de coleta contínua de dados e informações da zona costeira para acompanhamento da dinâmica de uso e ocupação e avaliação de metas de qualidade socioambiental;
- Relatório da Qualidade Ambiental da Zona Costeira – RQA-ZC: Instrumento de consolidação e divulgação periódica dos resultados produzidos pelo monitoramento para avaliar a eficiência e eficácia das ações de gestão;
- Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC: Instrumento de implementação, definição de responsabilidades e procedimentos institucionais das políticas estaduais de gestão costeira de acordo com o PNGC;
- Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro – PMGC: Instrumento de implementação, definição de responsabilidades e procedimentos institucionais das políticas municipais de gestão costeira de acordo com os PNGC, PEGC e demais instrumentos de planejamento municipal e ocupação territorial;

Segundo Polette e Silva (2003) a gestão costeira no Brasil “*carece de um processo lógico e seqüencial para que possa ser entendido por meio de seus diversos estágios e etapas*”, mas apesar disso afirmam que seus instrumentos abrangem boa parte do processo de gestão e com a incorporação de outros instrumentos, alguns ajustes nos atuais e uma forma de avaliá-los é possível chegar a um processo de gestão coerente com a realidade.

O uso do SIG nesse processo deve estar associado aos instrumentos e pode ser compatibilizado com o ZEEC, PGZC, SIGERCO e SMA, nacionalmente como através dos programas estaduais e municipais.

Em Santa Catarina, o Programa de Gerenciamento Costeiro – GERCO-SC (ESTADO DE SANTA CATARINA, 2005 e 2006) teve início em 1987 e até hoje foram realizadas as seguintes ações (ESTADO DE SANTA CATARINA, 2009):

- Diagnóstico Ambiental do Litoral de Santa Catarina (1995);
- Aplicação dos Instrumentos de Gerenciamento Costeiro nos Municípios da Península de Porto Belo e Entorno e da Foz dos Rios Camboriú e Itajaí (1998);
- Promulgação da Lei Estadual nº. 13.553/2005 e do Decreto nº 5.010/2006;
- Audiências públicas para avaliação e aprovação dos ZEEC-SC e Plano de Gestão da Zona Costeira - PGZC-SC (ESTADO DE SANTA CATARINA, 2010).

O ZEEC e o PGZC estão em fase final de elaboração e são, atualmente, os instrumentos de gestão costeira que estão disponíveis para serem utilizados no processo de gestão da maricultura em Santa Catarina. O ZEEC (**Figura 9**) define zonas-tipo para usos específicos tanto na área terrestre quanto marinha. Em relação à maricultura, o ZEEC prevê uma zona de manejo marinho (ZMM) específica para a atividade. As zonas-tipo estão definidas no Decreto estadual nº 5010 de 2006 (SANTA CATARINA, 2006) conforme:

“I - Faixa Terrestre:

a) Zona de Preservação Permanente (ZPP): Zona que não apresenta alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, estando capacitada ou com potencial para manter em equilíbrio uma comunidade de organismos em graus variados de diversidade.

b) *Zona de Uso Restrito (ZUR): Zona que apresenta alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, porém capacitada ou com potencial para conservar o equilíbrio de uma comunidade de organismos em graus variados de diversidade, quando da ocorrência de ocupação humana de baixo impacto.*

c) *Zona de Uso Rural (ZR): Zona que apresenta os ecossistemas primitivos parcialmente modificados, com dificuldades de regeneração natural pela exploração, supressão, ou substituição de alguns de seus componentes pela ocorrência de culturas com fins produtivos.*

d) *Zona de Uso Urbano (ZURB): Zona que apresenta a maior parte dos componentes dos ecossistemas primitivos, degradados ou suprimidos e organização funcional eliminada devido ao desenvolvimento de áreas urbanas e de expansão urbana contínua, bem como atividades industriais, de apoio, terminais de pequeno à grande porte, consolidados e articulados.*

e) *Zona de Uso Especial (ZUE): Zona que apresenta os ecossistemas primitivos em diversos estágios de conservação ou completamente degradados e que deverão estar submetida a normas específicas de manejo, uso e ocupação.*

II - Faixa Marítima:

a) *Zona de Proteção Marinha (ZPM): Zona que não apresenta alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, estando capacitada ou com potencial para manter em equilíbrio uma comunidade de organismos em graus variados de diversidade.*

b) *Zona de Recreação (ZR): Zona adjacente às praias com balneabilidade, onde devem predominar atividades de recreação de baixo impacto.*

c) *Zona de Recreação Náutica (ZRN): Zona adjacente a ZR. Predominância de atividades recreativas náuticas de baixo impacto ambiental.*

d) *Zona de Uso Compartilhado (ZUC): Zona adjacente a ZRN. Predominância de atividades recreativas náuticas de navegação turística e de pesca artesanal.*

e) *Zona de Manejo Marinho - Aqüicultura (ZMMa): Zona que apresenta estágios variados de qualidade ambiental, com potencial para implantação ou com parques aquícolas estabelecidos.*

f) *Zona de Manejo Marinho - Pesqueiro (ZMMp): Zona com potencial pesqueiro, onde predomina a exploração dos recursos bióticos, sendo requerido o manejo sustentável dos mesmos.*

g) *Zona de Uso Múltiplo (ZUM): Zona com profundidades acima de 30 metros com diversos estágios de qualidade ambiental.*

h) *Zona de Uso Aquaviário e Portuário (ZUAP): Zona onde se desenvolvem atividades portuárias de tráfego, fundeio e atraque de embarcações além de todas as operações necessárias ao funcionamento do porto.*

i) *Zona de Uso Especial Marítimo (ZUEM): Zona Marítima situada a distancia e profundidades variáveis, que apresentam diversos estágios de qualidade ambiental e que estão submetidas a normas específicas de manejo, uso e ocupação.”*

Já o PGZC apresenta propostas de ação com metas bem definidas, atores responsáveis e envolvidos na execução, área de atuação, prazos, custo aproximado e fontes potenciais de recursos. O PGZC está dividido por município e para todos os municípios que circundam a Baía de Florianópolis, há ações relacionadas à maricultura (SANTA CATARINA, 2010).

As políticas públicas de gestão costeira no Brasil possuem um caráter multi-setorial, no qual tanto a aquicultura costeira quanto a maricultura estão inseridos. Assim sendo, devem ser o ponto de partida para as políticas setoriais, dentre as quais o Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União e os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura.

1.2.2 Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União e os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura.

Da mesma forma que o PNGC e o GERCO-SC, o Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União (BRASIL, 2005) é uma política pública de gestão da zona costeira, porém com foco setorial na maricultura. Foi concebida pela Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República – SEAP/PR, que definiu como instrumento de ação desta política os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM (BRASIL, 2005 p. 13 e 14) e em junho de 2009 recebeu status de ministério, passando a se chamar Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA. A base legal das políticas aquícolas no Brasil é dada pelos seguintes instrumentos:

Decreto Federal 4.895 de 25/11/2003 – “Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d’água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências”;

Instrução Normativa Interministerial – INI nº 06 de 28/05/2004 – “Estabelece as normas complementares para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d’água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências”;

Instrução Normativa – IN SEAP/PR nº 17 de 22/09/2005 – “Dispõe sobre critérios e procedimentos para formulação e aprovação de Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura - PLDM, visando a delimitação dos parques aquícolas e faixas ou áreas de preferência de que trata o art.3º da Instrução Normativa Interministerial nº 06, de 28 de maio de 2004”, e;

Instrução Normativa – IN SEAP/PR nº 11 de 4/03/2008 – “Altera o Anexo II da Instrução Normativa SEAP/PR nº 17/2005, intitulado “*Roteiro para Elaboração do PLDM*”, para “*Termo de Referência para Elaboração do PLDM*”, conforme seu Anexo I.

Instrução Normativa – IN MPA nº 8 de 25 de maio de 2010 - Revoga as Instruções Normativas SEAP/PR Nº 17, de 22 de setembro de 2005 e SEAP/PR Nº 011, de 04 de março de 2008.

O decreto 4.895/2003 e a INI 06/2004 tratam da autorização de uso dos espaços físicos de corpos d’água de domínio da União para fins de aquicultura e não estão relacionados diretamente à aplicação do SIG. Apresentam a base conceitual, diretrizes, necessidade de envolvimento de outras instituições federais no processo de autorização, responsabilidades institucionais, trâmite processual de solicitação da autorização e o sistema de informação para gerenciar os processos.

Já as instruções normativas da SEAP/PR estão centradas na elaboração do PLDM. A IN 17/2005 traz o “Roteiro para Elaboração do PLDM”, que foi atualizado pela IN 11/2008 através da publicação do “Termo de Referência para Elaboração do PLDM”. São estas instruções que trazem o referencial de aplicação do SIG para elaboração dos planos. A seguir estão detalhados os principais aspectos de cada instrumento legal em relação ao uso do SIG.

1.2.2.1 Decreto Federal nº 4.895 de 25/11/2003

No decreto 4.895/2003 (BRASIL, 2003) estão definidos os conceitos do que aqui serão chamadas de **unidades de mapeamento aquícola** - UMA (**Figura 10**), que são as divisões do espaço aquático para fins de setorização, apropriação e facilidade de gestão, segundo a concepção de delimitação do espaço geográfico apresentada por

Coucellis (1992, p.67). As unidades de mapeamento aquícola estão conceituadas no artigo 2º conforme:

Área aquícola: “*espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, destinado a projetos de aquíicultura, individuais ou coletivos*”; São as menores unidades de mapeamento aquícola. Funcionam como lotes nos quais um aquícultor ou um grupo de aquícultores implementam seus cultivos em estruturas contínuas.

Parque aquícola: São as unidades de mapeamento legalizadas pelo MPA. Funcionam como loteamentos de áreas aquícolas sobre os quais o MPA assume a responsabilidade de gestão. Conceitualmente são considerados:

“Espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, que compreende um conjunto de áreas aquícolas afins, em cujos espaços físicos intermediários podem ser desenvolvidas outras atividades compatíveis com a prática da aquíicultura.”

Faixa ou área de preferência: “*aquela cujo uso será conferido prioritariamente a determinadas populações, na forma estabelecida neste Decreto*”; São áreas destinadas preferencialmente às populações tradicionais de pescadores / aquícultores. Estas populações devem ser definidas em instrumento legal próprio, de acordo com critérios pré-estabelecidos pelo MPA.

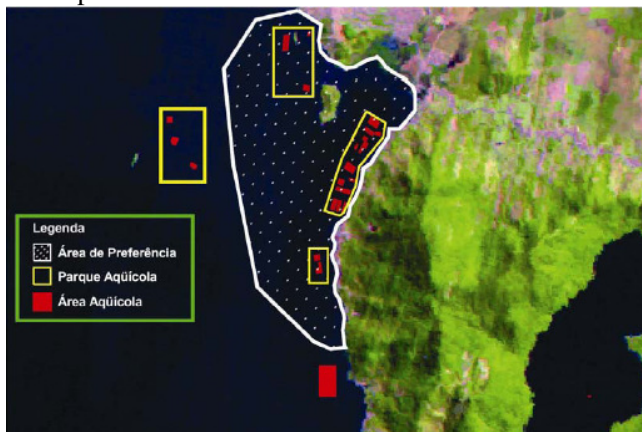


Figura 10: Unidades de Mapeamento Aquícola: Área Aquícola; parque aquícola e área ou faixa de preferência. (Fonte: BRASIL, 2005)

Esses conceitos surgiram das primeiras iniciativas de ordenamento do espaço marinho em Santa Catarina (NETO, 2005) e são de suma importância na construção do PLDM, visto que a partir deles se

dá o processo de seleção de áreas para maricultura através da setorização do espaço aquático para fins produtivos.

1.2.2.2 Instrução Normativa Interministerial nº 6 de 28/05/2004

A Instrução Normativa 6/2004 – INI 6/2004 - apresenta os procedimentos necessários para solicitar autorização do uso dos espaços aquáticos e no capítulo XII, dispõe sobre o Sistema de Informação das Autorizações de Uso das Águas de Domínio da União – SINAU que tem a finalidade de:

- I - cadastrar e controlar os projetos aquícolas;
- II - referenciar geograficamente as faixas ou áreas de preferência, os parques e áreas aquícolas e as unidades demonstrativas e de pesquisa;
- III - criar e manter o banco de dados das autorizações de uso; e
- IV - subsidiar o ordenamento das atividades aquícolas em águas de domínio da União.

Segundo o site do SINAU¹, o objetivo deste sistema é

“Dotar a SEAP-PR (MPA) de um Sistema de Informação Geográfica - SIG para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d’água de domínio da União, visando a prática sustentável da aquíicultura e o ordenamento da ocupação desses corpos d’água em todo Brasil.”

Trata-se de um SIG cadastral no qual as UMA estão associadas aos processos previstos nesta instrução normativa, portanto deve armazenar os geo-objetos² que representam estas unidades e permitir seu relacionamento com tabelas que armazenam dados dos processos.

1.2.2.3 Instruções Normativas SEAP/PR nº 17 de 22/09/2005, SEAP/PR nº 11 de 4/3/2008 e MPA nº 8 de 25/05/2010.

As instruções normativas 17/2005 e 11/2008 foram publicadas pela SEAP/PR com objetivo de orientar a formulação e aprovação do PLDM. Possuem caráter metodológico e apresentam critérios e procedimentos para elaboração dos planos.

Segundo o parágrafo único do artigo 1º da IN 17 /2005,

“Os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura - PLDM são instrumentos de planejamento participativo para a identificação de áreas propícias à delimitação dos parques aquícolas

¹ http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/sinau_web/html2/objetivo.html, acessado em 11/06/2010

² Representação das entidades discretas em SIG. Agregados de pontos no espaço e no tempo que apresentam valores específicos para determinadas propriedades (Goodchild, et al., 2007). Ver p. 69

marinhos e estuarinos bem como das faixas ou áreas de preferência para comunidades tradicionais, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável da maricultura em águas de domínio da União.”

Esta definição indica que a elaboração do PLDM deve ocorrer de forma participativa com objetivo de avaliar o potencial da zona costeira para maricultura para subsidiar o processo de setorização das unidades de mapeamento aquícola. Trata-se de um instrumento de apoio ao MPA, que é a instituição responsável por esta setorização (BRASIL, 2003, artigo 4º).

O artigo 2º da IN 17/2005 apresenta os aspectos prioritários no processo de elaboração, com destaque para a caracterização ambiental dos domínios espaciais escolhidos para os planos, identificação de conflitos com outras atividades, prevenção de impactos decorrentes de atividades localizadas em terra e participação comunitária e institucional.

No artigo 3º são apresentados os critérios que devem ser observados, dentre os quais estão a compatibilização com outras políticas públicas, com destaque para os planos de gerenciamento costeiro e seus instrumentos.

§ 1º No caso da existência de Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro, este deverá servir como instrumento básico para a elaboração do PLDM.

§ 2º No caso de municípios onde exista Plano de Intervenção da Orla, instituído pelo Decreto 5.300/2004, as diretrizes contidas no mesmo devem ser incorporadas na elaboração do PLDM;

§ 3º No caso de Unidades de Conservação que possuem Planos de Manejo, a elaboração do PLDM deverá observar o disposto no respectivo Plano;

§ 4º Em Unidades de Conservação que, ainda, não dispuserem de Plano de Manejo, o PLDM poderá subsidiar a elaboração do mesmo nos aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável da maricultura;

No que se refere às etapas do processo, o artigo 7º define que os planos devem seguir:

I - autorização, expedida pela SEAP/PR, para a formulação do PLDM;

II - elaboração do PLDM;

III - aprovação, pela SEAP/PR, para divulgação pública;

IV - divulgação pública;

- V - consulta pública e adequação do PLDM;
- VI - representações públicas; e
- VII - aprovação final, pela SEAP/PR, do PLDM

Os artigos seguintes, do 8º ao 17º, detalham estas etapas em caráter processual. Descrevem o processo de solicitação de autorização à SEAP/PR para elaboração dos planos e também de divulgação, avaliação, proposição e aprovação dos mesmos, através de consultas públicas. Sob uma ótica técnica, com foco no uso de SIG para aquicultura, apenas o artigo 9º cita o anexo II, que apresenta o “Roteiro para Elaboração do PLDM”.

Em seu texto original, o anexo II exige que o PLDM tenham uma configuração parecida com a de um Relatório de Impacto Ambiental – RIMA (BRASIL, 1986). O item 7 trata da identificação de áreas propícias para a delimitação de parques aquícolas e faixas ou áreas de preferência, mas não apresenta um roteiro ou um método para identificar tais áreas.

O Anexo I da IN 11/2008 apresenta a tentativa de sistematizar esse roteiro, mas, da mesma forma, não dispõe nem de um texto genérico que possa servir de diretriz para guiar os técnicos que trabalham no PLDM entre as diferentes realidades do Brasil, nem de um texto detalhado que possa ser implementado como metodologia padrão.

1.2.3 Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública (SIGPP)

As políticas públicas previamente apresentadas possuem em comum a exigência da participação na implementação de seus instrumentos e nos processos de tomada de decisão. Numa perspectiva mais ampla a participação deve facilitar o exercício do poder de decisão das pessoas e promover a elevação dos níveis de auto-suficiência (TAIPA, et al., 2007).

Trata-se de um tema complexo, foco de discussões epistemológicas, conceituais e aplicadas dentro das ciências humanas que, apesar da relevância neste campo de conhecimento, será abordado aqui sob uma ótica prática e metodológica. Sendo assim, dois aspectos merecem destaque no uso desta palavra para descrever ações práticas de participação dentro dos instrumentos das políticas de gestão costeira e gestão da aquicultura: os níveis de participação; e o envolvimento dos interessados e/ou afetados.

Diferentes níveis de participação são descritos e discutidos por autores como Bordenave (1994) e Demo (2001), enquanto Dias (2007) faz uma síntese conceitual abordando marcos teóricos, paradigmas e sentidos da participação. Os diferentes níveis de participação devem ser

observados como parte de um processo contínuo e crescente para níveis mais elevados de participação e auto-suficiência (**Figura 11**). Pessoas que participam de reuniões inicialmente apenas como ouvintes, podem tornar-se mais ativamente envolvidas em outros aspectos do programa ou em estágios posteriores (TAIPA, et al., op. cit.).

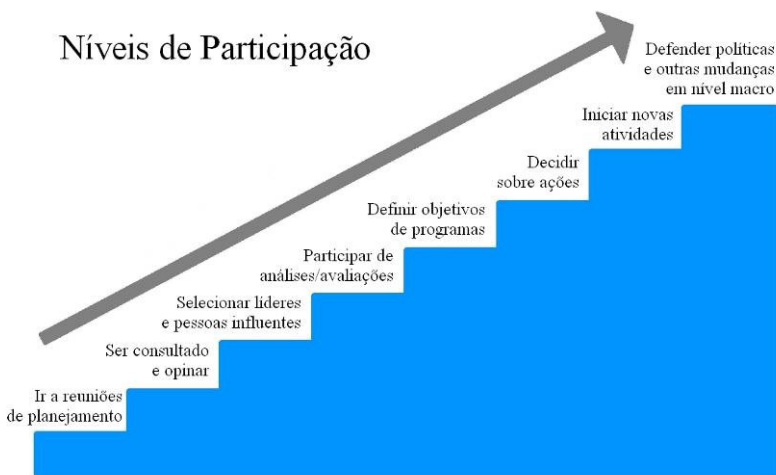


Figura 11: Níveis de participação. (Adaptado de TAIPA, et al., 2007).

Segundo esta proposta, há oito níveis de participação. O primeiro e menor, refere-se apenas à presença em reuniões de planejamento, enquanto o último refere-se às decisões inseridas nas políticas públicas. O enquadramento entre os diferentes níveis de participação varia em cada situação. Há casos, como no da aplicação dos instrumentos das políticas públicas aqui consideradas, que não é possível promover o envolvimento de todos os afetados no início do projeto. Este processo deve ser gradual e estratégico para incluir indivíduos e grupos marginalizados, muitas vezes, pela própria crença na incapacidade de participação. Mas é fundamental que aqueles diretamente afetados participem com outros atores e tomadores de decisão. A participação deve ocorrer, em diferentes níveis, na aplicação dos instrumentos em cada um dos cinco estágios do ciclo lógico de gestão. A justificativa para esta participação está sistematizada na **Tabela 1**.

Tabela 1: Quem envolver no processo participativo e por que?
(Adaptado de TAIPA, et. al, 2007)

Atores sociais	Atores técnicos
Aqueles diretamente afetados e/ou grupos que reúnem indivíduos diretamente afetados pela questão ou problema.	Outros tomadores de decisão. Representantes de organizações governamentais e não-governamentais, pesquisadores, técnicos e trabalhadores envolvidos com o problema.
<ul style="list-style-type: none"> • Para reconhecer e desenvolver as suas capacidades e conhecimentos; • Para reforçar suas competências e desenvolver a capacidade global para implementar e avaliar atividades; • Para assegurar a sustentabilidade a longo prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para ajudar a identificar e selecionar os participantes em cada estágio; • Para facilitar a coordenação das atividades com os afetados; • Para coordenar o processo.
Estágio 1: Identificação do problema e análise	
<ul style="list-style-type: none"> • Para compreender melhor o ponto de vista das pessoas afetadas e habilitá-los a rever as suas próprias suposições. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para levantar informação, tais como relatórios e documentos que contenham informações recentes e ajudar a identificar aqueles diretamente afetados pelo problema.
Estágio 2: Preparação do programa	
<ul style="list-style-type: none"> • Para fornecer informações sobre as estratégias e assegurar que as mesmas estão adequadas aos seus contextos e serão eficazes no atendimento às suas necessidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para saber que estratégias já foram adotadas anteriormente e identificar sucessos e fracassos.
Estágio 3: Implementação	
<ul style="list-style-type: none"> • Para garantir a adequação cultural das idéias, materiais e ferramentas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para identificar as idéias e procedimentos que complementam ou contradizem os programas existentes.

Estágio 4: Adoção formal	
<ul style="list-style-type: none"> • Para efetivamente incorporar as atividades do programa nas redes sociais existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para facilitar a execução e acompanhamento das atividades com as pessoas diretamente afetadas.
Estágio 5: Avaliação	
<ul style="list-style-type: none"> • Para identificar o que tem e o que não tem funcionado e por que. E para planejar ações futuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para contribuir com a avaliação dos programas juntamente com as pessoas afetadas, através de equipes de base, comitês e outros mecanismos de participação.

Em outros campos de conhecimento a palavra “participação” vem sendo acompanhada por adjetivos ou outros termos que complementam seu significado ou direcionam sua aplicação para um objetivo específico. O uso de Sistemas de Informações Geográficas como instrumento de apoio à decisão de forma participativa foi apresentado já em 1987 no relatório “*Chorley Report*”³ através do reconhecimento de questões não técnicas, gerenciais e institucionais para a aplicação efetiva de um SIG (WEINER, et al. 2001).

Mello (2003) justifica o uso de SIG como ferramenta de apoio à decisão através de participação pública pelo uso de gráficos e imagens serem didaticamente mais adequados que tabelas e dados numéricos. Segundo o autor “*Imagens ou mapas transmitem a informação de forma muito mais sucinta, senão melhor, que tabelas, documentos ou equações matemáticas*”. Assim apresenta uma revisão sobre Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública - SIGPP onde aborda aspectos históricos, institucionais e conceituais, concluindo que a participação pública na formulação, implementação e avaliação de políticas públicas é fundamental. Para isso o grande desafio na utilização de SIGPP está no desenvolvimento metodológico para encontrar formas de estimular e favorecer a participação dos cidadãos no processo de tomada de decisão.

Os SIGPP vêm sendo construídos e difundidos por consórcios e instituições de pesquisa independentes com destaque para o *The National Center for Geographic Information and Analysis* – NCGIA⁴ e

³ Nome dado ao documento *Handling Geographic Information* publicado pelo *Department of Environment* da Inglaterra em 1987.

⁴ <http://www.ncgia.ucsb.edu/>

o *International Research Group on Geographic Information and Multicriteria Decision Analysis – GIMDA*⁵. Ambos se dedicam à pesquisa básica e aplicada em educação, tecnologias, análise multicritério e processos de tomada de decisão participativos com base na informação espacial e geotecnologias.

No Brasil uma iniciativa de desenvolvimento metodológico para implementação de políticas públicas através de SIGPP é o Projeto Maplan⁶ no estado do Ceará. O objeto do projeto é “*promover a inclusão e a participação de pessoas e comunidades na definição da sua própria trajetória de desenvolvimento local*”. Os mapas utilizados nas reuniões de planejamento são construídos com informações geradas pelos próprios residentes e servem de base para “*auxiliar na identificação de condicionantes e potencialidades nas comunidades do interior e para discutir sobre as metas de desenvolvimento das populações*”. (NELSON, et al., 2005).

Em relação à aqüicultura, Vianna (2007) apresentou a metodologia de SIGPP aplicada na etapa de preparação do PLDM de Santa Catarina, quando foram utilizadas cartas-imagem temáticas com imagens de alta resolução contendo informações sobre limites políticos, áreas aquícolas implementadas, batimetria, legislação ambiental, unidades de conservação e uso da zona costeira e marinha, além do *Google Earth*. Este material foi utilizado por extensionistas e técnicos em aqüicultura em reuniões de planejamento com associações e cooperativas de maricultores para que estas apresentassem suas propostas de parques aquícolas (**Figura 12**).

Foram reuniões setoriais das quais participaram apenas técnicos, instituições e pessoas diretamente ligadas à atividade. O objetivo foi identificar os anseios e necessidades do setor e elaborar uma proposta para ser discutida, posteriormente, com os demais setores atuantes na zona costeira.

O material gerado nestas reuniões foi utilizado em vinte e oito audiências públicas onde foram apresentadas e discutidas as propostas do PLDM de Santa Catarina. Estas audiências foram coordenadas pelo SEAP/PR e serviram para debater com os demais setores atuantes na zona costeira, as necessidades e anseios do setor produtivo aquícola. Em teoria estas audiências deveriam contar com a participação de todos os segmentos da sociedade para que, ao final, os PLDM aprovados pudessem ser implementados.

⁵ <http://publish.uwo.ca/~jmalczew/gimda/>

⁶ <http://www.projetoaplan.com/>

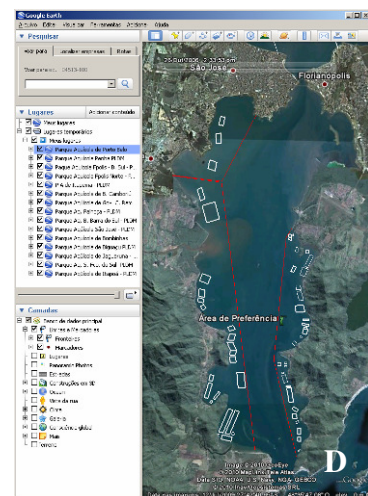
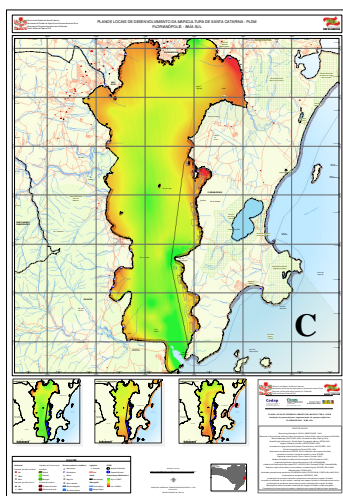


Figura 12: Aplicação da metodologia de SIGPP no PLDM: (A) Projeção de mapas e propostas; (B) Audiência pública; (C) Exemplo de mapa impresso; (D) Uso do Google Earth nas audiências públicas. (Fonte: BRASIL, 2008)

Novaes, et al. (2010) apresentaram todo o processo de construção dos planos. As audiências ocorreram em 2007 e os planos foram aprovados pela SEAP/PR no fim daquele ano (Figura 13). Porém, mesmo com a aprovação houve a necessidade de se fazer alterações posteriores.

O processo de aprovação dos PLDM em Santa Catarina foi anterior ao ZEEC. As reuniões técnicas, oficinas de trabalho e reuniões de capacitação promovidas pelo GERCO-SC referentes ao ZEEC da faixa marinha, ocorreram nos dias 26/02/2010, 11/03/2010, 22/03/2010, 30/03/2010, 09/04/2010, 04/05/2010 (SANTA CATARINA, 2010) e com isso os PLDM, que já haviam passado por audiências públicas e sido aprovados pelas esferas estadual e federal, tiveram que ser revistos

e adequados ao ZEEC, o que demonstra uma fragilidade relacionada à articulação governamental na aplicação das políticas de gestão costeira.



Figura 13: Ações desenvolvidas em Santa Catarina para aprovação dos PLDM (Fonte: NOVAES, et. al., 2010)

O ganho com a implementação destes planos será significativo tanto para a aquicultura quanto para outras atividades que ocorrem na zona costeira, visto que ele é resultado não só da ampliação das áreas destinadas ao cultivo em 40%, mas também da adequação daquelas que já existem de acordo com critérios técnicos, legais e minimizando os conflitos com outras atividades (NOVAES, et. al., 2010).

A aprovação de propostas construídas utilizando técnicas de SIGPP demonstra uma legitimação do resultado de um processo participativo de tomada de decisão e indica que o SIG pode ser um instrumento de trabalho poderoso. O uso do SIG na aquicultura como instrumento de gestão é dotado de alguns conceitos básicos que devem estar consolidados e sistematizados para poderem se enquadrar nos instrumentos, ações e nos estágios propostos.

1.3 Principais conceitos associados aos objetivos do uso SIG na aquicultura:

1.3.1 Tomada de decisão:

Utilizar SIG em aquicultura significa dispor de instrumentos de análise espacial⁷ para processar dados georreferenciados com objetivo de gerar informações que possam auxiliar processos de tomada de decisão. Uma decisão é uma escolha entre diferentes alternativas (EASTMAN, et al., 1995). Estas alternativas, quando avaliadas através das técnicas de análise espacial, podem ser visualizadas em mapas nos quais cores, formas, texturas, relações topológicas e atributos, textuais ou numéricos, representam diferentes possibilidades de ação ou diferentes hipóteses sobre as características de padrões que ocorrem no espaço, podendo ser descritos na forma de geo-objetos⁸, grupos de geo-objetos ou geo-campos⁹.

A construção das alternativas para uma decisão tem por base os critérios, que são as evidências ou suposições sobre as quais os tomadores de decisão aplicam técnicas de análise que geram as informações necessárias para a escolha. E os critérios, por sua vez, constituem-se de um ou mais fatores que possuem duas propriedades que influenciam suas interpretações no processo de tomada de decisão: variabilidade e dicotomia (EASTMAN, et al., 1995).

A variabilidade se caracteriza uma vez que cada fator pode apresentar diferentes níveis de intensidade. Esta, sozinha ou combinada com a variação de outros fatores, afeta o critério e agrega a ele informação e complexidade quanto maior for a variabilidade ou o número de fatores (**Figura 14**). Esta propriedade é característica dos fatores de escala (*factors*), que segundo Eastman et al. (1995) são fatores que aumentam ou diminuem a influência de uma alternativa na decisão em consideração.

Outra característica é a dicotomia, pela qual o fator apresenta apenas duas alternativas “sim” ou “não”, permissão ou proibição, pertinência ou não. Nesse caso temos os fatores de conformidade (*constrains*) que servem para limitar as alternativas em consideração. Assim, para gerarmos informações através de ferramentas de análise espacial necessitamos de critérios que podem ser formados por fatores de escala e/ou conformidade.

⁷ Ver p. 62

⁸ Ver p. 69

⁹ Ver p. 69

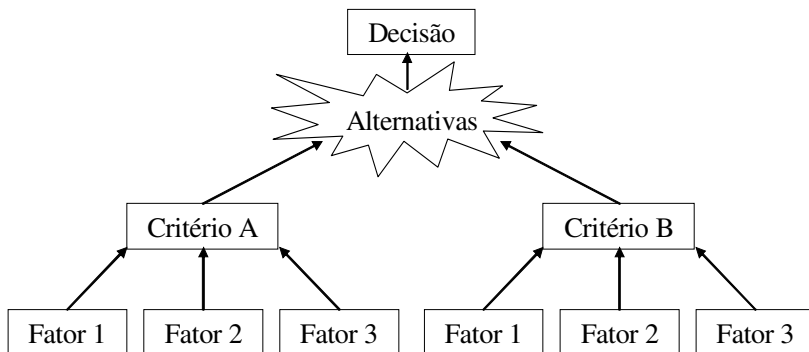


Figura 14: Processo de tomada de decisão

1.3.2 Principais objetivos no uso de SIG para aquicultura: selecionar áreas, avaliar potencial e avaliar áreas.

Para chegar a esses três objetivos foi feita uma sistematização de 73 referências publicadas entre 1989 e 2009. Os resultados desta sistematização estão apresentados no Capítulo 2. São objetivos que se misturam na literatura e em muitos casos são utilizados como sinônimos. Aqui são apresentados para facilitar a compreensão das diferenças existentes entre eles.

As informações a serem geradas através do uso de SIG podem ser de natureza variada, conforme os objetivos desejados pelo tomador de decisão. Entre os objetivos mais observados na literatura estão: “selecionar áreas para aquicultura” (*aquaculture site selection*); “avaliar o potencial de áreas para aquicultura” (*aquaculture potential assessment*); e “avaliar áreas de aquicultura ou para fins de aquicultura” (*aquaculture site assessment*). Associados aos objetivos estão os termos “*Suitability*”, “*Potential*” e “*Assessment*”.

O termo “*Suitability*”, segundo Groove (1976) é “*the quality or state of being suitable*” e “*Suitable*” é “*adapted to use or propose*” que significa ter as qualificações necessárias para um determinado uso. Assim, pode ser traduzido como adequação, que segundo Houaiss, et al. (2001) é “o ato ou efeito de adequar-se”. Caracteriza uma correspondência determinista e deve ser interpretado como algo “em perfeita conformidade” ou adequado (HOUAISS et al., 2001). Em relação ao seu uso no SIG aplicado à maricultura, deve ser adotado para na delimitação de áreas adequadas à atividade.

Ross, et al. (1993), por exemplo, determinaram a adequação de áreas para cultivo de salmão em tanques rede na Baía de Camas Bruaich, Escócia. Basearam-se nas recomendações de três especialistas neste tipo de cultivo para definir os principais critérios a serem

avaliados bem como as faixas ideais de valores de cada fator de conformidade. Desta forma elaboraram um modelo¹⁰ de acordo com o tipo de cultivo empregado, as exigências da espécie a ser cultivada e aplicaram este modelo através de análise espacial em SIG. Como resultado, selecionaram uma área de 1,26 hectares na região centro-sul da baía.

Como o processo de seleção de áreas é determinístico e dicotômico, ou seja, para selecionar algo obrigatoriamente é necessário descartar o que não é selecionado, é importante que os critérios de seleção ou exclusão sejam claros, objetivos e a escolha dos fatores tenha bons subsídios técnico-científicos e legais. No caso da aquicultura é comum apropriar-se dos resultados de pesquisas com espécies cultiváveis que indiquem as melhores técnicas de cultivo, os fatores de maior influência na biologia e ecologia de cada espécie e suas faixas ótimas de produção. Esta técnica se baseia no uso de curvas funcionais de desenvolvimento.

Assim Ross et al. (1993), utilizaram critérios fisiográficos e fisiológicos e selecionaram áreas com mais de 6m de profundidade, para poder instalar os tanques-rede, combinadas com áreas onde as condições ambientais eram ideais ao desenvolvimento do salmão, como por exemplo, aquelas com salinidade superior a 8 ppm, oxigênio dissolvido acima de 6mg/l^{-1} e temperatura entre 10 e 15°C . O resultado determinístico define onde o cultivo pode ser implementado e exclui as demais áreas.

Apesar do caráter dicotômico, há autores que classificam a adequação em diversos níveis (mais adequado, adequado, menos adequado e inadequado) e utilizam o termo como indicativo de variação. Salam e Ross (2000) aplicaram técnicas de sensoriamento remoto e SIG para avaliar a adequação de áreas para cultivo do caranguejo (*Scylla serrata*) e do camarão (*Penaeus monodon*) na região de Kulana em Bangladesh. Para avaliar o potencial das áreas para cultivo dos crustáceos, trinta e cinco fatores físicos, ambientais e econômicos foram selecionados e integrados através de análise multi-critério. E para selecionar as áreas foi criada uma camada¹¹ de restrição, composta pela combinação dos fatores de conformidade, que foi aplicada sobre a saída do modelo de avaliação de potencial. Como resultado obtiveram dois mapas, um para cada espécie, que foram classificados em 4 níveis de

¹⁰ Ver p. 67

¹¹ Tradução de "layer" (Burrough, 1986 – p.32; Laurin e Thompson, 1992 - p.7). O mesmo que plano de informação (Câmara, 1995 – p. 65).

adequação 1. Muito adequado; 2. Moderadamente adequado; 3. Marginalmente adequado e 4. Inadequado. Ao final os mapas foram agrupados, gerando um mapa onde duas áreas distintas representam aquelas que são adequadas para camarão ou para caranguejo. Apesar do objetivo de selecionar áreas adequadas ao cultivo das duas espécies, os autores tiveram que compará-las em termos potenciais.

Potencial (*potential*) está relacionado com diferentes níveis de possibilidades e é indicativo de variação. É representado por gradientes onde a intensidade de cada ponto pode ser calculada de acordo com uma dada função (GROOVE, 1976) e é empregado para diferenciar níveis de possibilidades e permitir comparações entre pontos distantes espacial ou temporalmente no mesmo universo amostral. Além disso, o potencial indica algo que existe em estado latente, apenas como possibilidade, não como realidade, um conjunto de qualidades inatas ou potencialidades (HOUAISS, et al., 2001), que diferenciam-se espacial e temporalmente, podendo ser comparadas.

Nesta linha, Buitrago, et al. (2005) fizeram um trabalho de avaliação de potencial para cultivo da ostra do mangue (*Crassostrea rhizophorae*) na Ilha Margarida, Venezuela. Vinte fatores foram utilizados para compor um modelo construído através de análise multi-critério e como resultado encontraram 13 áreas ótimas para o cultivo.

Para selecionar as áreas que foram avaliadas eles utilizaram 7 fatores de conformidade. Destas, após a avaliação de potencial, selecionaram aquelas que atenderam em 80% ou mais aos fatores de escala. Da mesma forma selecionaram 37,5 km² de áreas que atenderam entre 70 e 75% dos fatores de escala e geraram um mapa com diferentes possibilidades de escolha conforme o grau de atendimento aos fatores de escala, nas áreas pré-selecionadas através dos fatores de conformidade.

Assim, apesar dos autores considerarem o trabalho como sendo de seleção de áreas, os resultados por eles apresentados indicaram que foi feita uma avaliação de potencial da região para cultivo da *C. rizophora*, uma vez que obtiveram como resultado variações de valores de atendimento aos fatores de escala. As áreas delimitadas através de agrupamento por faixas de valores de atendimento aos fatores de escala não indicam permissão ou proibição, mas níveis diferentes de potencial para a atividade.

Barroso (2004) fez uma avaliação do potencial para cultivo desta mesma espécie no estuário dos rios Piraquê-Açu/Piraquê-Mirim no Espírito Santo, Brasil. Utilizou 2 fatores ambientais e um sócio econômico de conformidade para eliminar as áreas de terra e marinha e aquelas com coliformes fecais acima de 43MPN/100ml, além do canal

de navegação. Utilizou também oito fatores ambientais de escala para avaliar o potencial. Aplicou análise multi-critério para modelar os dados e gerou os resultados em uma escala de 0 a 255 onde 0 representou o potencial mais baixo e 255 o mais alto.

Para apresentar os resultados fez um agrupamento em 5 classes (0 – excluído; 1 a 65 – inadequado; 65 a 130 – moderadamente adequado; 130 a 195 – adequado e 195 a 255 muito adequado). Com isso identificou 510,97 hectares de área de estuário da qual 74,81 hectares foram excluídos pelos fatores de restrição. Do restante, 71,2 % foi classificado como adequado e 28,8% muito adequado. Neste caso o autor fez uma avaliação de potencial, mas apresentou os resultados utilizando o termo adequação, que é, de acordo com os conceitos adotados nesta pesquisa, mais apropriado à seleção de áreas.

Outra aplicação comum de SIG em aquicultura é a avaliação de áreas (*site assessment*). Este termo, segundo Groove (1976) está relacionado com a determinação da importância, o tamanho ou o valor de algo. Trata da apreciação ou conjectura sobre condições, extensão, intensidade ou qualidade de algo (HOUAISS, et al., 2001). Quando utilizado sozinho, apresenta uma natureza descritiva ou inventarial e é aplicado na caracterização ambiental, mapeamento ou inventário de áreas com aquicultura ou para fins de aquicultura. Porém é comum estar associado aos termos adequação e potencial, nestes casos indicam a intenção de avaliar a adequação ou o potencial de áreas para aquicultura.

Os fatores levantados são utilizados como descritores e não apresentam função de formadores de critérios para tomada de decisão, mas de elementos que descrevem as características de uma dada área. Assim, para avaliar áreas são utilizados descritores ao invés de fatores de conformidade ou escala.

Hassen (2001) avaliou uma área produtora de espécies costeiras na costa central Atlântica da França para verificar a dinâmica de nutrientes. Através de análise espacial percebeu que as áreas onde os modelos de previsão indicaram maior concentração de Nitrogênio e Fósforo foram aquelas onde havia mais atividades aquícolas. Desta forma caracterizou a área estudada segundo aqueles descritores.

Simms (2002) utilizou SIG para examinar questões relativas ao desenvolvimento e gestão das áreas naturais de um molusco (*soft-shell*) no Canadá e identificar possíveis conflitos diante da intenção de implementar cultivos desta espécie. Utilizou como descritores as atividades pré-existentes e a ocorrência do molusco para caracterizar a área estudada.

Em suma: Selecionar áreas para aquicultura é verificar, dentro de um domínio espaço-temporal, onde os critérios adequam-se às exigências definidas para cada projeto de acordo com o potencial expresso pelos fatores de escala e as restrições impostas pelos fatores de conformidade. Os resultados são determinísticos e dicotômicos, indicativos de adequação ou não, apesar de alguns autores a representarem em níveis hierarquizados.

Avaliar o potencial de áreas para aquicultura é identificar e comparar as diferenças e similaridades impostas pelos critérios de acordo com a variabilidade dos fatores de escala. Os resultados são estatísticos, comparativos e indicam variações de potencial dentro de um universo amostral definido pelo domínio espaço-temporal.

Avaliar áreas com aquicultura ou para fins de aquicultura é fazer o levantamento ou inventário de uma área para caracterizá-la através de descritores. Os resultados são descritivos, quantitativos ou qualitativos e apresentam as características do domínio espaço-temporal.

A separação dos três objetivos e o relacionamento de cada um com os termos empregados e tipos de fatores utilizados (**Tabela 2**) serve para facilitar a compreensão das diferenças conceituais e técnicas na hora de definir o objetivo da aplicação do SIG na aquicultura. Serve também para guiar a forma de avaliação e interpretação dos resultados, que deve estar de acordo com cada objetivo.

Tabela 2: Principais conceitos associados aos objetivos do uso de SIG na aquicultura		
Objetivo	Termo empregado	Tipos de fatores utilizados
Selecionar de áreas para aquicultura	Adequação	Escala e Conformidade
Avaliar o potencial de áreas para aquicultura	Potencial	Escala
Avaliar áreas com ou para fins de aquicultura	Caracterização	Descritores

Entretanto, apesar da rigidez da divisão proposta, existem relações diretas entre os objetivos e, na prática, passamos por cada um deles em diferentes momentos do processo de uso do SIG. Ao mesmo tempo em que são objetivos são também etapas de um processo e cada um pode preceder ou ser precedido pelo outro enquanto as técnicas de análise espacial são implementadas (**Figura 15**).

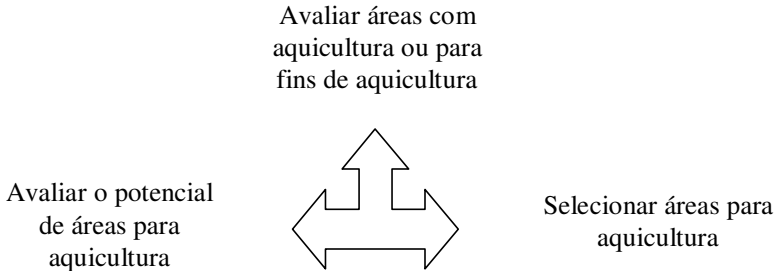


Figura 15: Objetivos do uso de SIG na aquicultura como etapas de um processo

O trabalho de Simms (2002), onde foi feita uma avaliação de área de aquicultura, é um exemplo. A avaliação de área é um processo inventarial que visa fazer uma caracterização e apresenta como resultado a descrição daquela área com base num conjunto de dados levantados e/ou estimados. Porém foi necessário definir, no primeiro momento, um domínio espaço-temporal e esta definição foi feita através de um processo de seleção. Neste caso a seleção não foi em SIG, mas também utilizou critérios e fatores que foram definidos pelo autor. Assim, mesmo se tratando de um trabalho de avaliação de área, a primeira etapa foi escolher a área a ser avaliada e o intervalo de tempo desta avaliação.

A pré-seleção do domínio espaço-temporal é obrigatória em qualquer caso, seja de seleção de áreas, análise de potencial ou avaliação e deve ocorrer sempre no momento da definição da área de estudo. É o primeiro exercício de aplicação de critérios e fatores.

Sobre isso Beltrame e Bonetti (2000) apresentam uma proposta de atuação em três escalas, de acordo com a disponibilidade de dados e informações: escala regional (1:250.000), escala local (1:50.000) e escala de implantação (1:10.000), o que, segundo eles, reduz a necessidade de realizar detalhamentos desnecessários para grandes áreas. E concluem que *“um bom planejamento depende da disponibilidade de dados e do conhecimento prévio das áreas selecionadas”*.

Apesar disso, mesmo em escala regional (1:250.000 ou menor) existe a necessidade de se fazer uma primeira pré-seleção da área de estudo, seja ela política (um continente, um país, um estado, um município etc.), ambiental ou multi-critério (uma baía, uma cota batimétrica, uma distância a partir da linha de costa, uma bacia hidrográfica, uma represa, uma laguna, etc.). Nesta pré-seleção apenas informa-se o domínio espaço-temporal onde serão levantados os

descritores, definidos os fatores e critérios e aplicadas as técnicas para o objetivo proposto.

Definida a área de estudo, o que ocorre normalmente é a sua caracterização, como fez Scott (2003). Ele definiu como área de estudo a Baía de Sepetiba, no Rio de Janeiro e dedicou parte da pesquisa à descrição, com detalhes, dos critérios ambientais e sócio-econômicos da baía e do seu entorno, mas sem se ater ao fato de usar estes critérios para selecionar esta baía como sua área de estudo, bem como de caracterizar temporalmente estes critérios.

Logo, há duas perguntas iniciais que devem ser respondidas pelos autores de trabalhos desta natureza: 1. Por que foi escolhido este domínio espacial? e 2. Como foi determinado o recorte espacial? As respostas mostrarão que, independente do objetivo do trabalho, não há como fugir do objetivo/etapa “selecionar áreas para aquicultura” quando se pretende utilizar SIG em aquicultura. Também mostra que esta seleção tem forte influência da escala de trabalho a ser adotada e dos critérios, que podem ser objetivos ou subjetivos, conforme conhecimento prévio da área ou o próprio desconhecimento a respeito da mesma.

Esta inter-relação entre os objetivos/etapas fica também evidente quando, uma vez definida a área de estudo, opta-se por fazer uma avaliação de potencial ou seleção de áreas para aquicultura. Em ambos os casos é necessário escolher os critérios e fatores para comporem o modelo a ser implementado. A obtenção dos fatores escolhidos é feita por meio da avaliação da área de estudo ou levantamento dos descritores. A variabilidade destes fatores estará restringida aos limites físicos e/ou amostrais também definidos pela área de estudo.

Mesmo estando intrinsecamente relacionados, os objetivos devem ser claramente direcionados em função das técnicas de análise espacial que serão empregadas e principalmente, pelas formas de representação dos resultados. Para cada objetivo há uma ou mais técnicas indicadas, assim como as formas de representação dos resultados.

1.4 Principais conceitos e suas relações com os métodos de análise espacial e representação

1.4.1 Análise espacial

Análise espacial em SIG tem como foco de atuação o atendimento às questões que devem responder prioritariamente à pergunta “onde?”. O resultado de toda e qualquer análise espacial desta natureza deve ser gráfico e representativo de uma área geográfica. Porém esta é uma visão simplificada uma vez que, associadas à localização, estão outras perguntas de análise (**Tabela 3**).

Tabela 3: Exemplos de análise espacial em SIG aplicado à aqüicultura (Adaptado de CÂMARA, 1995)		
Análise	Questão	Exemplo
Condição / Caracterização	“Como está?”	“Qual é a produção aquícola deste município?”
Localização	“Onde está?”	“Onde estão as áreas com salinidade média superior a 25ppm?”
Tendência	“O que mudou?”	“Quantas estruturas de cultivo havia nesta baía há 4 anos atrás?”
Roteamento	“Por onde ir?”	“Qual é o melhor acesso às indústrias de beneficiamento?”
Padrões	“Qual o padrão?”	“Como se distribui a produção de ostras no Estado?”
Comparação	“Quais as diferenças e similaridades?”	“Quais os locais com melhores condições para implementar fazendas de ostras?”
Modelos	“O que acontece?”	“Qual o impacto na baía se dobrarmos o número de fazendas marinhas?”

Gatrell (1983) indica dois caminhos no uso do SIG, um para questões descritivas e outro para questões analíticas. No primeiro caso estão consultas simples do tipo “localize e apresente os países com produção aquícola superior a dez mil toneladas por ano”. Normalmente são consultas uni ou multivariadas que envolvem operações lógicas utilizando uma única camada. Já as questões analíticas necessitam avaliar concomitantemente os atributos e/ou valores dos objetos e suas relações espaciais. Neste caso são análises uni ou multivariadas que envolvem operações lógicas ou matemáticas entre mais de uma camada.

Um conceito chave em análise espacial em SIG, segundo Druck et al. (2004) é o de dependência espacial, que parte do princípio da primeira lei da geografia – *Tobler’s First Law – TFL* (Tobler, 1970). Esta lei foi elaborada a partir de cálculos estatísticos em uma simulação de crescimento urbano e diz que “*Todas as coisas estão relacionadas, mas aquelas mais próximas entre si possuem maior relação*”.

Esta lei deve ser interpretada à luz do momento em que foi elaborada, no início da década de 70, quando a informática começava a

favorecer a construção de modelos matriciais¹². Aquela tecnologia permitiu ao autor da lei realizar uma análise espacial univariada e constatar que, no espaço geográfico¹³, a variável crescimento urbano apresenta um comportamento de vizinhança em que objetos mais próximos apresentaram maior autocorrelação estatística. Uma grande influência desta lei nas técnicas de análise espacial está nos algoritmos de interpolação espacial que calculam valores de variáveis ocultas ou não medidas no espaço geográfico.

Atualmente a TFL continua tendo grande aplicação nos SIG, mas a evolução tecnológica tem favorecido a evolução do conceito. Neste sentido Miller (2004) discute o fato de se considerar a TFL uma “lei”, e apresenta argumentos conceituais e tecnológicos a respeito de relações espaciais e proximidade com base na evolução tecnológica. Conclui que a TFL é o núcleo das técnicas de análise espacial bem como das concepções analíticas do espaço geográfico, porém o progresso da análise espacial, das bases de dados espaciais e das tecnologias de informação espacial tem subsidiado a evolução da TFL. Esta evolução é marcada, entre outras coisas, pela análise espacial multi-critério, que permite avaliar a heterogeneidade espacial que representa diferenças de padrões espaciais e características próprias de cada localização. Outra questão que deve evoluir na TFL, segundo o autor, é a dinâmica temporal, que está diretamente ligada à interação espacial ou movimentação de indivíduos, materiais e informação entre diferentes localidades geográficas. Esta dinâmica caracteriza o que Gatrell (1983) denomina espaços não-métricos, ou seja, aqueles definidos não pela distância euclidiana¹⁴, mas pela relação temporal de proximidade (caminho mais rápido).

Assim o termo análise espacial empregado neste trabalho refere-se às técnicas e ferramentas hoje disponíveis nos SIG para processar, estimar e integrar dados espaciais de naturezas distintas com objetivo de facilitar algumas interpretações analíticas a respeito da heterogeneidade espacial e dos diferentes tipos de relação de proximidade.

Este termo é aplicado ao domínio geográfico, que compreende a superfície da Terra e suas camadas próximas, objetos de estudo da hidrologia subterrânea, geologia, oceanografia e ciências da atmosfera,

¹² Ver p. 69.

¹³ Espaço no qual os objetos correspondem a localizações na superfície da Terra com relações de proximidade entre todos os pares (Thisee, 1979).

¹⁴ Ver Laurini e Thompson, 1992 p. 135 e De Smith et. el., 2007 em <http://www.spatialanalysisonline.com/output/html/ExtendedEuclideanandLp-metricdistances.html>

que juntas abrangem um domínio que vai de 10 km abaixo da superfície até 30 km acima. Numa concepção temporal, este domínio varia de acordo com o objeto de análise, podendo ser de poucas horas até milhões de anos. Tanto a resolução espacial quanto a temporal são de suma importância para a análise espacial, e cada aplicação exigirá suas próprias definições (Goodchild et al., 2007).

1.4.2 SIG e análise espacial

Os SIG atuais dispõem de uma enorme gama de ferramentas de análise espacial, que Burrough (1986) chamou de “métodos de análise de dados e modelagem espacial” e esquematizou, de forma hierárquica, para representar as muitas possibilidades de análise e utilização de dados espaciais em SIG (**Figura 16**).

Segundo este esquema há duas linhas principais que estão diretamente relacionadas à base de dados ou banco de dados espaciais. A primeira trata da criação e manutenção deste banco e deve ser bem executada para que se possa garantir a melhor qualidade possível não só do dado espacial em si, mas também dos metadados e principalmente da forma como ambos são organizados e armazenados no banco (modelagem do banco).

Nesta linha também estão inseridos os aspectos de cartografia digital (sistema de referência, domínios geográficos, fusos, etc.), regras topológicas e regras de manutenção e atualização de geometrias, tabelas e matrizes.

Burrough (1986), Laurini e Thompson (1992) e Burrough e McDonnel (1998) dedicam os capítulos iniciais de seus livros à introdução e conceituação básica de SIG, onde comparam sistemas computacionais de desenho - CAD e SIG; apresentam o padrão de modelagem de dados (ponto, linha, polígono, matriz, tabela) e conceitos utilizados (geo-objetos e geo-campos) em bancos de dados espaciais; discutem métodos de entrada, armazenamento, interfaces e saída; e apresentam estruturas de mapas digitais.

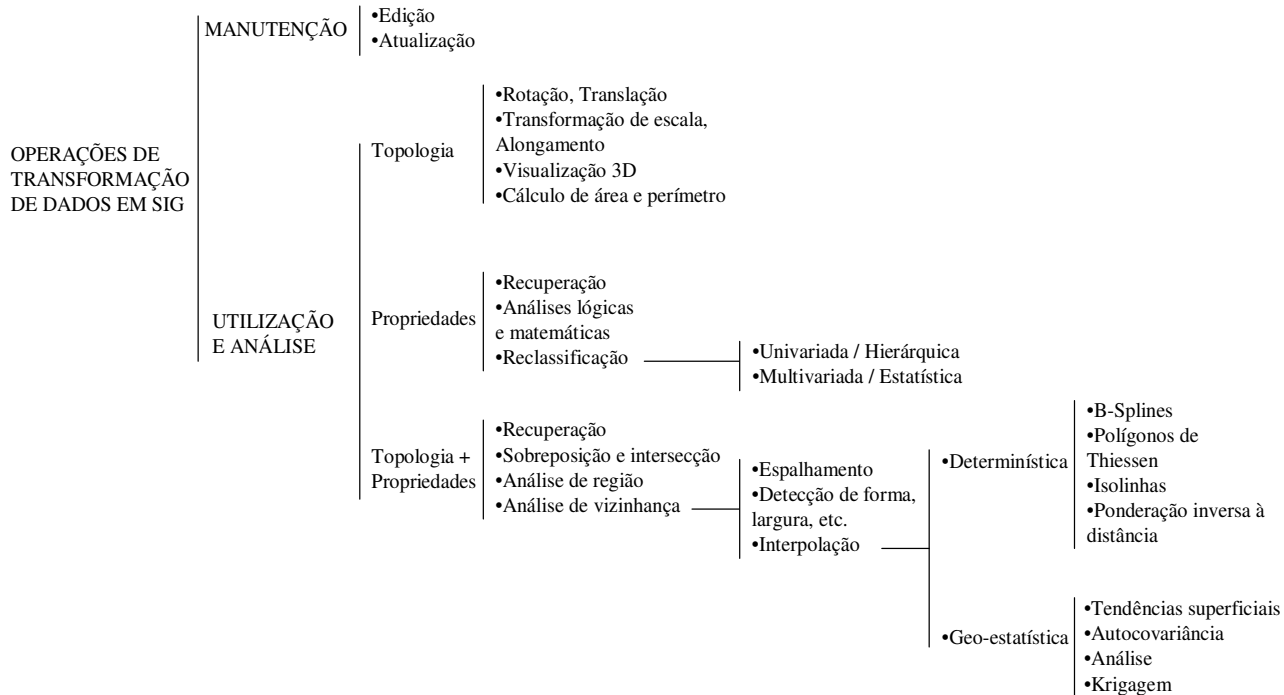


Figura 16: Visão esquemática da hierarquia de operações de transformação de dados em SIG (Adaptado de BURROUGH, 1986)

A outra linha discorre sobre a utilização e análise dos dados são temas considerados mais avançados em SIG e os capítulos subsequentes destes livros abordam, também, técnicas de análise espacial e modelagem, como análise de distância, interpolação e cruzamento (*overlay*).

1.4.3 Modelos e modelagem

Modelo é um

“Esquema que possibilita a representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos físicos e eventualmente a previsão de novos fenômenos ou propriedades, tomando como base um certo número de leis físicas, em geral obtidas ou testadas experimentalmente” (Houais, 2001).

Modelagem é o ato de modelar. Em SIG há diversos níveis de modelagem que variam desde a modelagem de um banco de dados espaciais para representar entidades geográficas (BURROUGH & MCDONNEL, 1998 p.20), passando por modelagem para predição ou estimativa de valores em superfícies contínuas (BURROUGH & MCDONNEL, op. cit. p.135), até modelagem para análise espacial (BURROUGH & MCDONNEL, op. cit. p.163). Em qualquer dos casos os termos empregados são os mesmos (modelo ou modelagem) e o que os distingue é o contexto em que são empregados.

Nesta pesquisa os termos modelo e modelagem referem-se, especialmente, à modelagem para análise espacial, que consiste na avaliação e integração dos critérios e fatores para os objetivos do uso do SIG para maricultura. Porém são empregados, quando necessário, para referenciar modelos de dados e interpoladores.

1.4.4 Vetores e objetos; matrizes e campos

Utilização e análise de dados em SIG compreendem, segundo Burrough (1986), inúmeras possibilidades de consulta e combinação de dados que podem ir desde simples consultas para recuperar subconjuntos de informação a partir de uma base de dados, até métodos de análise espacial utilizando funções de distância, interpolação e análise estatística univariada ou multivariada para comparação e modelagem. Estas operações, concordando com Câmara (1995), constituem a essência de um SIG.

Qualquer técnica de análise espacial envolve operações lógicas e matemáticas que são aplicadas em uma base de dados espaciais estruturados através de vetores (pontos, linhas e polígonos), tabelas e matrizes. Esta estrutura é composta por elementos que representam

entidades e características do espaço geográfico através de objetos e campos.

Laurini e Thompson (1992) conceituam as entidades como os elementos do espaço que são únicos e não podem ser divididos em unidades, mas podem apresentar características próprias. Os autores indicam que o termo pode ser sinônimo de objeto, feição ou geo-objeto, mas que estes últimos são melhores aplicados na caracterização das entidades dentro do SIG do que como sinônimos. Assim as entidades são os elementos reconhecidos individualmente, que podem ser caracterizados no espaço geográfico, através de SIG, por um objeto, feição ou geo-objeto e representados por pontos, linhas ou polígonos.

Como exemplo de entidade temos uma casa (LAURINI & THOMPSON, 1992), que não pode ser dividida em “casas”, mas pode possuir quartos. Um município numa divisão política, um lote num cadastro, uma linha de transmissão ou um poste numa rede elétrica (CÂMARA, 1995), que são únicos e podem ser representados por diferentes geometrias (ponto, linha ou polígono) dependendo da escala.

Caracterizar um fenômeno no espaço como uma entidade não é a única forma de modelá-lo conceitualmente em um SIG (LAURINI & THOMPSON, 1992). Além de entidades individualizáveis, há fenômenos que se distribuem espacialmente sobre a superfície terrestre, na atmosfera ou na hidrosfera. Neste caso existe uma continuidade variável do fenômeno no espaço que se altera de acordo com a sua localização. O reconhecimento da continuidade como elemento principal caracteriza a visão espacial de campo (GOODCHILD, 1987) ou geo-campo (CÂMARA, 1995; GOODCHILD et al., 2007).

Até o final dos anos noventa, esta foi considerada a estrutura padrão dos SIG para localização geográfica (BURROUGH, 1986; LAURINI & THOMPSON, 1992; BONHAM-CARTER, 1994; CÂMARA, 1995; BURROUGH & MCDONNEL, 1998). Porém, ao final da década de 90 Goodchild et al. (1999) introduziram o conceito de geo-átomo como “a forma atômica da informação espacial” à qual toda informação espacial poderia ser reduzida. Notadamente este conceito é uma abstração, e refere-se às infinitas probabilidades de ocorrência de uma propriedade qualquer em um ponto no espaço e no tempo, sendo a dimensão deste ponto relativa à escala de observação. Assim, Goodchild et al. (2007) descrevem geo-átomo como sendo “*uma associação entre uma localização pontual no tempo e no espaço (x) e uma propriedade (Z)*”. A função $z(x)$ é dada pelo valor da propriedade Z no local e no tempo x . Como exemplo podemos ter uma medida de salinidade do mar (Z) de 35ppm ($z(x)$) nas coordenadas W 48o 35’ 40’’ S 27o 44’ 00’’, a

uma profundidade de 3m, às 15:23h do dia 12/04/2004 (definição quadri-dimencional de x).

Sob a ótica do geo-átomo, Goodchild et al. (2007) descrevem os geo-objetos como agregados de pontos no espaço e no tempo que apresentam valores específicos para determinadas propriedades. Podemos citar o geo-objeto Florianópolis, que é composto por todos os geo-átomos que apresentam o valor “Florianópolis” para a propriedade Município. Já os geo-campos definem a variação de uma ou mais propriedades dentro de um domínio espaço-temporal. Este domínio é constituído pela agregação de geo-átomos que também apresentam uma série de propriedades com valores independentes.

1.4.5 Discretos e contínuos

Alguns fenômenos naturais apresentam variabilidade, ou continuidade, claramente perceptíveis através de variáveis como temperatura do ar ou do oceano, declividade do terreno, umidade do solo, etc. O mesmo pode ocorrer com alguns fenômenos sociais como a densidade populacional ou a distribuição de renda de um país. Mas modelar esta variabilidade espacial em ambiente computacional requer uma compreensão da percepção que temos dos fenômenos, que segundo Laurini e Thompson (1992) se manifesta através de elementos discretos. Assim sendo, os autores sugerem que, na prática, percebemos e representamos os atributos que variam de forma contínua no espaço através de:

1. Amostras pontuais, lineares ou poligonais;
2. Polígonos adjacentes;
3. Isolinhas e bandas entre as isolinhas.

Amostras de variáveis descritivas de fenômenos podem ser obtidas através de um conjunto de pontos com posição conhecida que formam uma malha amostral, regular ou não, de acordo com o fenômeno, a escala e o domínio espacial que se pretende investigar. O mesmo pode ocorrer utilizando-se linhas ou áreas para perfis de campo para avaliação paisagística ou inventários de espécies através de quadriculas. Nos SIG estas amostras podem ser visualizadas de forma discretizada através de variações de cores, texturas, tamanhos ou estilos, de acordo com a qualificação ou variação de valores das variáveis amostradas.

Como exemplo de discretização através de amostras pontuais em aquicultura podemos citar o trabalho de Scott (2003), que levantou parâmetros sedimentológicos do substrato da Baía de Sepetiba, RJ, Brasil (**Figura 17 - A**), com objetivo de comparar com a classificação e distribuição dos tipos de fundo apresentados no mapa de 1982 elaborado

por Poçano (**Figura 17 – B**). No primeiro exemplo Scott coletou amostras de sedimento de fundo e as georreferenciou com um GPS. Assim representa a distribuição espacial da variável “tipo de fundo” através de pontos distribuídos espacialmente. Já no outro mapa, o sedimento de fundo está discretizado através de polígonos adjacentes, que é uma forma de discretização de campos ou geo-campos comumente aplicada em mapeamento de solos, uso e cobertura do solo, geologia e outras variáveis de terreno.

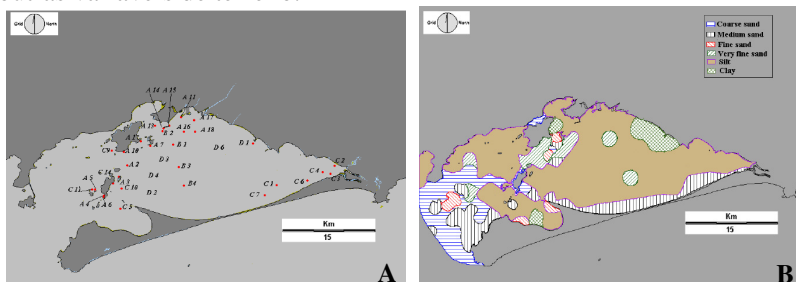


Figura 17: Malha amostral de pontos para obtenção de sedimento de fundo (A); Áreas discretizadas em polígonos adjacentes de acordo com o tipo de substrato (B). Fonte: Scott (2003).

Outra forma de discretização utilizada por Scott (2003) são as isolinhas e bandas entre isolinhas. Este tipo de representação é utilizado quando o fenômeno analisado apresenta uma variação superficial contínua, como a concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura da água (**Figura 18, A e B**). O processo de geração destes geo-campos é feito através de técnicas de interpolação aplicadas em amostras pontuais levantadas *in loco*.

Segundo os exemplos apresentados nas **Figura 17 e Figura 18** temos o domínio espacial da Baía de Sepetiba:

1. Discretizado em amostras pontuais (geo-átomos) de sedimento que representam a propriedade do tipo de fundo, coletadas pontualmente no domínio temporal do levantamento de campo (**Figura 17 A**);
2. Discretizado em polígonos adjacentes representando a propriedade tipo de fundo em área no domínio temporal do mapeamento (**Figura 17 B**);
3. Discretizado em isolinhas e bandas agregadas por agrupamento de valores em matrizes geradas por interpolação, representando a distribuição da concentração de oxigênio dissolvido no domínio temporal das amostras pontuais (**Figura 18 A**);
4. Discretizado em bandas agregadas por agrupamento de valores em matrizes geradas por interpolação, representando a distribuição da

temperatura da água no domínio temporal das amostras pontuais (**Figura 18 B**).

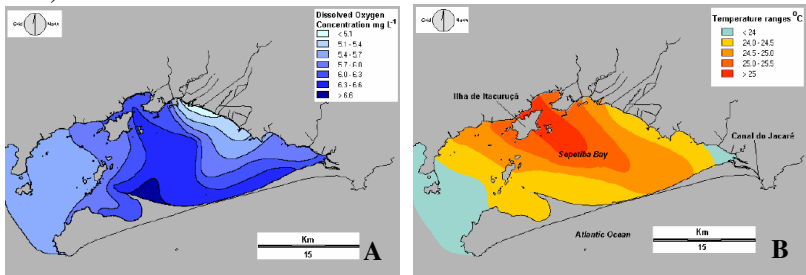


Figura 18: Discretização da concentração de oxigênio dissolvido (A) e temperatura da água (B) na Baía de Sepetiba. Fonte: Scott (2003).

Durante os anos 90 a discussão acerca do uso de vetores ou matrizes, objetos ou campos em análise espacial esteve mais centrada no campo técnico e evoluía conforme evoluíam as capacidades de processamento e armazenamento de dados nos microcomputadores. Burrough e McDonnel (1998), citando Tobler (1995), concordam que a diferença entre o uso de dados vetoriais e matriciais não era grande, estando focada principalmente na complexidade computacional em interações de vizinhança quando utilizados dados vetoriais em relação às matrizes. Mas Couclelis (1992) eleva esta discussão do nível técnico para o filosófico acerca da conceituação do espaço geográfico e sugere que os SIG podem proporcionar um amplo campo de debate sobre as formas subjetivas de como as pessoas atualmente experimentam e interagem com o mundo geográfico.

Em relação à discretização de entidades através de representações vetoriais pontuais, lineares ou poligonais Couclelis (1992) afirma que estas só existem no mundo geográfico através de artefatos humanos, que ela categoriza em trabalhos de engenharia (rodovias, pontes, diques, etc.) e divisões político-administrativas (domínios nacionais, estaduais, municipais e propriedades). Além destas duas categorias pode-se acrescentar os domínios legais e normativos estabelecidos através de relações espaciais, como por exemplo, no caso da aquicultura, o afastamento mínimo de praias e costões para cultivo de moluscos (BRASIL, 2006) e as unidades de conservação. Estas categorias são essenciais para regular, dominar e controlar o espaço geográfico. As divisões político-administrativas normalmente estão associadas a uma hierarquia onde fronteiras bem definidas determinam os domínios que definem o que pertence a quem, quem controla quem, o

que e para que. Já os domínios legais definem áreas onde determinadas normas devem ser cumpridas.

As representações vetoriais possuem credibilidade e derivam tecnicamente da cartografia analógica tradicional, enquanto as matrizes ganham espaço a partir do crescimento na importância do uso de imagens de satélites, não apenas na geografia, mas em muitas áreas aplicadas às ciências naturais (COUCLELIS, 1992). Assim como os vetores, as matrizes também discretizam o espaço geográfico em unidades espaciais (*pixels*), que variam em área de acordo com a resolução espacial dos sensores (no caso de sensores remotos) ou da escala, quando geradas a partir de amostras interpoladas. Mas a tecnologia atual já permite discretizar o espaço geográfico em resoluções centimétricas a partir de satélites e os computadores mais simples já possuem capacidade suficiente para armazenar e processar estes dados. Desta forma o desafio está na geografia cognitiva cuja questão central é *“como os humanos entendem, categorizam e atuam no mundo geográfico (?)”* (COUCLELIS, 1992).

Segundo a autora, o entendimento do mundo geográfico é função de pelo menos duas linhas independentes: uma tem a ver com a escala geográfica e outra com a intenção humana ou proposta. Em relação à escala geográfica ela cita Zubin (1989) e apresenta quatro categorias decrescentes de escala que variam desde os objetos menores que o corpo humano, como cadeiras, livros, chaves, etc. (Espaço A) e objetos maiores que o corpo humano, como casas, grandes animais e árvores (Espaço B), até os campos que caracterizam vastas paisagens apreendidas através do campo de visão, mas não diretamente acessíveis às experiências sensoriais e motoras (Espaço C). E por fim um espaço de abstração composto por uma gama de experiências e um leque muito diversificado de conhecimentos geográficos, informação e crenças (Espaço D). Esta classificação indica que os dois primeiros níveis de percepção espacial caracterizam uma condição mais próxima dos geo-objetos discretos, enquanto a experiência espacial das paisagens naturais (Espaço C) é mais bem representada pelos geo-campos contínuos.

Nesta discussão Burrough e McDonnel (1998) também recorrem a Couclelis (1992) para afirmarem que, independente do domínio espaço-temporal escolhido, temos inúmeros caminhos para descrevermos o que ocorre neste domínio e todos estão entre os extremos: 1. *“perceber o espaço como sendo ocupado por entidades que são descritas pelos seus atributos ou propriedades e cuja posição pode ser mapeada usando um sistema de coordenadas”*; ou 2. *“imaginar que os valores de um atributo de interesse variam através do espaço como*

uma função matemática contínua ou campo”. E concluem que, grosso modo, a escolha entre modelos conceituais baseados em objetos ou campos depende das necessidades do observador. Aqueles que têm como objeto de estudo os processos espaciais do ambiente natural talvez tenham mais sucesso utilizando geo-campos, enquanto aqueles que trabalham sob um contexto administrativo perceberão os objetos como uma série de unidades distintas.

No caso de políticas públicas voltadas para a administração de atividades que ocorrem no ambiente natural, como a maricultura, são necessários ambos os modelos, ora para avaliar processos espaciais do meio natural, ora para atuar de forma normativa sobre objetos.

1.4.5.1 Formas de representação

Couclelis (1996) coloca que a discussão acerca da representação em SIG não deve ser focada no mundo geográfico nem nas possibilidades internas dos SIG, mas no ato cognitivo de transformar entidades geográficas em objetos e campos nos bancos de dados. Isto está diretamente relacionado com a percepção, interpretação e construção conceitual, descritiva e representativa da realidade pelas pessoas. Laurini e Thompson (1992) afirmam que temos uma tendência à discretização das entidades e dos fenômenos, que nos confere uma perspectiva de agrupamento, classificação, simplificação e redução destes a unidades homogêneas, que em SIG são os geo-objetos, diferenciados uns dos outros por cores, texturas, formas e principalmente por limites. Capra (1996) associa este tipo de “visão de mundo” àquela construída a partir da percepção cartesiana, mecanicista e estrutural, na qual as coisas são, necessariamente, medidas e tratadas deterministicamente. Por outro lado ele descreve uma outra visão, ecossistêmica, em rede, probabilística e com base nas relações ou padrões e afirma que “*a estrutura envolve quantidades, ao passo que o padrão envolve qualidades*”. E aponta para a síntese entre estas duas visões como o caminho da ciência contemporânea.

Assim é necessário que se busquem novas formas de análise e representação das estruturas e padrões geográficos para subsidiar, cada vez melhor, os processos de tomada de decisão através de técnicas de análise espacial em SIG.

Os dados apresentados por Malkzewsky (2006) apontam para algumas iniciativas em tentar inserir o uso de padrões através de técnicas de análise probabilística e difusa (*fuzzy*), mas demonstram que há uma forte corrente que ainda se mantém fiel às técnicas determinísticas, isto porque, segundo ele

“as decisões espaciais devem ocorrer sob condições determinísticas por causa da insuficiência de dados ou porque a incerteza é tão remota que não pode ser considerada como um fator”.

Tanto a forma de representação quanto o modo como os resultados das análises em SIG são apresentados devem ser escolhidos de acordo com alguns critérios. Os mapas finais¹⁵ devem ser elaborados com objetivo de passar ao seu leitor as informações necessárias à tomada de decisão. Sendo assim é fundamental que os projetos cartográficos sejam bem elaborados. Loch (2006) cita aspectos importantes de representação, comunicação e visualização de dados espaciais e apresenta algumas evoluções destes temas com o advento da cartografia digital e da evolução dos SIG. Mas apesar da importância do tema, aqui ele é abordado apenas com objetivo de elucidar os conceitos e subsidiar algumas discussões acerca das técnicas e produtos de análise espacial.

Os mapas gerados a partir de análises em SIG para aquicultura são temáticos e cloropléticos¹⁶ ou isopléticos¹⁷, além de apresentarem, em alguns casos, dados e informações auxiliares através de toponímias e geo-objetos. Representam a possibilidade, ou não, de implementação da atividade de aquicultura, índices qualitativos ou quantitativos de potencial ou ainda descrições de características do universo espacial estudado. Assim, sua representação deve considerar: (i) as características descritivas das áreas com aquicultura ou para fins de aquicultura e demais componentes do espaço geográfico; (ii) o uso, ou não, de limites entre as classes de potencial, para que seja possível calcular áreas (valores em unidades de área ou porcentagem) das diferentes classes ou para representar uma variabilidade contínua no espaço geográfico.

1.4.5.2 Características descritivas

Os modelos de análise espacial que utilizam análise multi-critério para integrar as camadas através de cruzamento por álgebra de mapas¹⁸, com objetivo de selecionar áreas ou avaliar o potencial para maricultura, têm em comum a geração de índices. Estes índices são calculados com base em critérios e fatores selecionados a partir de características

¹⁵ Mapas resultantes das análises espaciais que são utilizados na seleção de áreas, avaliação de potencial ou avaliação de áreas.

¹⁶ “Método de representação cartográfica que tem como finalidade traduzir valores para as áreas” (Loch, 2006, p. 228).

¹⁷ “Aplicável para fenômenos geográficos contínuos na Natureza” (Loch, 2006, p. 233).

¹⁸ Ver p. 86

descritivas, quantitativas ou qualitativas, das entidades e fenômenos contidos no universo espacial de análise. Estas características podem ser representadas individualmente ou através de composições temáticas para permitir uma análise exploratória inicial dos dados e a descrição individual de cada critério e fator. Um exemplo é a caracterização feita por Scott (2003)¹⁹.

1.4.5.3 Limites definidos ou indefinidos

Em 1996 Burrough e Frank publicaram um livro onde alguns autores discutem a modelagem de dados em SIG através de geo-objetos ou geo-campos utilizando vetores ou matrizes e sua representação de forma discreta ou contínua com uso de limites (*boundaries*) bem definidos ou não. Limites são as extremidades externas de uma entidade individual e também o local onde duas ou mais entidades se encontram. Couclelis (1996) em um dos capítulos propõe um sistema simples de classificação para auxiliar os usuários e analistas a decidir sobre a melhor forma de análise e representação, de acordo com seus objetivos. Apesar da simplicidade do sistema, ela destaca a grande complexidade que envolve o assunto e afirma que soluções simples para problemas complexos são possíveis e necessárias.

Neste sistema a autora parte do princípio de que o mapeamento é função de três coisas distintas e interdependentes: natureza da entidade ou realidade “objetiva”; modo de observação e intenção humana; e proposta. Afirma, ainda, que não deve haver conflito entre os dois modelos de representação e análise, visto que a existência ou não de limites bem definidos pode ser problema para alguns usuários de SIG enquanto para outros não. Conclui que, para escolher a representação mais indicada de entidades geográficas com limites indetermináveis é essencial compreender “para quem” e “por que” esta é uma questão relevante.

Em relação à natureza da entidade ou realidade “objetiva” Couclelis (1996) aponta alguns fatores e levanta algumas questões que podem afetar as propriedades empíricas dos limites.

Atômico ou pleno (*plenum*): Como é a percepção de mundo? As coisas são concebidas a partir de unidades elementares, indivisíveis e discretas ou são contínuas, interdependentes e com diferentes propriedades em diferentes localizações ou momentos?

Homogêneos ou heterogêneos: Esta é uma questão que evidencia os problemas de mapeamentos temáticos, como solos, vegetação,

¹⁹ Ver p. 62

geologia, etc. As entidades representadas por uma mesma classe são idênticas (homogêneas) ou existem diferenças?

Descontínuo ou contínuo: Onde se iniciam os vales e terminam as encostas? Onde termina o urbano e começa o rural? Onde é terra e onde é água? Existem casos em que há descontinuidade e outros em que a mudança entre classes é contínua e gradual.

Conectado ou distribuído: Perceber um limite no entorno de um centro histórico pode ser fácil para muitas pessoas, perceber limites entre um povoamento disperso, menos e perceber limites de um sistema de atendimento à saúde é pouco provável. A conectividade entre as entidades nestes casos é percebida a partir de relações espaciais de vizinhança e conectividade.

Sólido ou fluido: Entidades sólidas, grosso modo, possuem pequena variação espacial através de movimentos próprios, já os fluidos, como atmosfera ou oceanos, estão em movimentação constante, que constituem em alterações contínuas de limites ou na própria inexistência deles.

Duas ou três dimensões: Considerar a tridimensionalidade do mundo ou das entidades representadas em SIG pode representar um aumento nos problemas com limites indefinidos. Exemplos geográficos de entidades com limites indefinidos mesmo em 2D podem ser formações geológicas, oceanográficas ou meteorológicas. Se considerarmos sua tridimensionalidade estas dificuldades aumenta ainda mais.

Atual ou não atual: A temporalidade, apesar de parecer um aspecto negligenciado nas representações das entidades, é apenas mal interpretada, uma vez que está intrínseca na representação, mas para ser compreendida deve estar clara sua representatividade. Em outras palavras, um mapa ou uma camada em um SIG devem conter informações sobre sua representação ou validade temporal. O avanço das ferramentas de análise espacial tem permitido modelar, de forma mais dinâmica, a variação das entidades no tempo, porém, em relação aos limites, se é difícil determinar onde eles ocorrem no tempo atual, ainda mais no passado e no futuro.

Permanente ou variável: Em uma grande escala temporal nada é permanente, assim a temporalidade significa mudanças. De acordo com a escala temporal de interesse algumas coisas podem ser consideradas estáveis e outras não. A linha de costa, por exemplo, pode alterar-se repentinamente por algum fenômeno natural (ressaca, tempestade, etc) ou alguma obra de aterro ou dragagem, ou ainda sofrer alterações menos intensas como no caso dos processos erosivos causados pela ação das

marés. E esta alteração pode ainda ser periódica, sazonal ou intermitente.

Fixo ou móvel: Não muito diferente de algumas categorias acima, muitas entidades dinâmicas mudam sua localização e seu formato e causam dificuldade de limitação. Um tornado, uma manada animal, um engarrafamento de automóveis, uma pluma de sedimentos na zona costeira ou as correntes marinhas são exemplos de mobilidade.

Convenções ou definições próprias: Uma vez que entidades naturais ou criadas pelo homem em escala geográfica apresentam limites, a maioria deles são imateriais, ou seja, são convencionados através de fronteiras político-administrativas que expressam controle e soberania ou através de conceitos técnicos que auxiliam no processo cognitivo. Mas também existem diferenças sociais, biológicas e culturais que formam territórios, porém seus limites não são claros.

Segundo a autora as categorias acima indicam algumas características que ajudam a ilustrar a questão de representação de limites. E junto a estas estão ainda as categorias relacionadas ao modo de observação e à proposta.

No que se refere ao modo de observação, escala, resolução, perspectiva, tempo, erro e teoria são as categorias que influenciam como os limites são representados.

- a. Escala: “*Scale is the great boundary maker of geography*” (Couclelis, 1996). Em muitos casos o problema de limites em SIG está na influência da tradição cartográfica. A possibilidade de aproximação e distanciamento nas ferramentas computacionais nos leva a questionar quando uma coleção de entidades com limites bem definidos (como edificações) tornam-se entidades com limites mal definidos e passam a apresentar características de continuidade, como uma cidade.
- b. Resolução: A resolução dos dados matriciais utilizados em SIG, em especial as imagens de satélite e modelos digitais de elevação, é a medida de capacidade de discretização do espaço em unidades de imageamento (*pixel*). Desta forma, quanto maior a resolução maior a capacidade de armazenamento, menor a discretização e menor o tamanho do *pixel*. Há uma relação direta entre resolução e escala e ambas devem ser consideradas simultaneamente quando avaliadas para fins de delineamento de limites.

- c. Perspectiva: A perspectiva a partir da qual se observa uma entidade pode gerar diferentes limites. A autora cita como exemplo a ferramenta de análise espacial “*Viewshade*”, que discretiza “regiões visíveis” a partir de um ponto de observação. Estas regiões podem variar com pequenas alterações nos dados de entrada bem como na resolução da matriz sobre a qual se está fazendo o cálculo.
- d. Tempo: “*If scale is the great boundary-maker of geography, time is the great boundary-breaker*”. A maioria dos limites bem definidos referem-se a uma fotografia momentânea das entidades representadas. Entidades dinâmicas não possuem limites desta natureza.
- e. Erro: como qualquer representação, os dados modelados em SIG apresentam problemas de precisão e acurácia que causam dúvidas na validade da posição ou da categorização de diferentes limites representados.
- f. Teoria: Muitas entidades geográficas são construções teóricas que necessitam ou não de representações com limites bem definidos.

Em relação à proposta, a autora considera fundamental distinguir “a quem interessa a forma como os limites são utilizados e em que contexto?” e assim ela propõe uma primeira matriz na qual apresenta oito tipologias brutas de perspectivas sobre limites (**Tabela 4**) partindo de três princípios:

Algumas entidades geográficas possuem limites bem definidos (1) e outras não (0);

Algumas formas de representação e observação rendem objetos com limites bem definidos (1) e outras não (0);

Algumas categorias de usuários necessitam trabalhar com objetos com limites bem definidos (1), e outros não (0).

Com esta tipologia é possível enquadrar os objetivos de uso do SIG na aquicultura. Selecionar áreas para aquicultura e avaliar áreas com ou para fins de aquicultura são objetivos de gestores e planejadores de recursos, que segundo a autora correspondem a uma das mais importantes categorias de usuários de SIG. São profissionais que trabalham com entidades que desafiam os limites tanto na realidade quanto na representação, mas necessitam controlá-los e manipulá-los como objetos. Por outro lado avaliar o potencial de áreas para aquicultura é objetivo de cientistas ou exploradores das relações espaço-

temporais, que não possuem limites e dificilmente são representadas ou analisadas com limites.

O primeiro dígito representa a natureza da entidade ou realidade “objetiva”, o segundo, o modo de representação e observação e o terceiro, a proposta do usuário e sua necessidade por utilizar limites bem definidos ou não. Em seu artigo a autora descreve cada tipo.

Tabela 4: Tipologias brutas de perspectivas sobre limites (Traduzido de COUCLELIS, 1996)	
111	Gestores de objetos definidos
011	Acessores agrícolas e avaliadores de terras
101	Pilotos de aviões de combate
001	Gestores e planejadores de recursos
110	Usuários de facilidades manufaturadas
010	Artistas gráficos
100	Usuários de mapas de rotas rodoviárias, trens e metrô
000	Exploradores do espaço e do tempo, cientistas

Como existem inúmeras possibilidades de representação e análise de geo-campos e geo-objetos, sejam estes realmente limitados, ilimitados ou com necessidade ou não de uso de limites, cada entidade geográfica a ser representada ou avaliada no SIG pode ser verificada em termos da melhor adequação ao uso ou não de limites. Isto pode ser feito através de uma matriz binária proposta por Couclelis (1996), na qual a entidade em questão é avaliada em relação à sua natureza ou realidade “objetiva”.

Os elementos básicos que compõem esta matriz são:

Natureza	0	1
X1	Atômico	Pleno
X2	Homogêneo	Heterogêneo
X3	Descontínuo	Contínuo
X4	Conectado	Distribuído
X5	Sólido	Fluido
X6	Bidimensional	Multidimensional
X7	Atual	Não atual
X8	Permanente	Variável
X9	Fixo	Móvel
X10	Convencionado	Propriamente definido

Desta forma, como exemplo, podemos avaliar a entidade “baía”, que é plena, pois possui conexão com o oceano, apesar de ser parcialmente limitada pela linha de costa no seu entorno. É heterogênea,

pois cada ponto no seu domínio espacial apresenta características distintas. É contínua, pois os limites impostos pela linha de costa não a isolam do oceano. É conectada com o litoral em alguns locais e com seu substrato de fundo. É fluida. É multidimensional. É atual, porém variável. É fixa espacialmente em uma perspectiva de tempo humano, mas em tempo geológico é móvel. É convencionalizada como baía, mas auto-definida naturalmente.

Desta forma sua representação matricial é:

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Baía	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1

Neste exemplo podemos dizer que uma baía pode ser representada por limites onde está conectada com a linha de costa (X4), por sua temporalidade (X7) e por ser fixa (X9). Assim, a baía pode ser vista como um geo-objeto. Porém estes limites não são adequados à representação dos fenômenos que ocorrem no seu interior, bem como daqueles que se manifestam fora destes limites. Sua plenitude (X1), heterogeneidade (X2) e continuidade (X3) indicam que há variações inerentes à sua constituição, e estas variações ocorrem devido à sua fluidez (X5) e multidimensionalidade (X6), que definem uma grande variabilidade de características e processos (X8). E apesar do termo “baía” nos dar a idéia de um “corpo d’água semi-fechado”, limitado fisicamente pela linha de costa e convencionalmente pelo oceano, seu verdadeiro limite é variável e ocorre apenas entre água e terra.

No Capítulo 3 esta matriz foi aplicada para auxiliar na caracterização das representações de entidades em modelos de análise espacial e também dos resultados.

1.4.6 Métodos de análise espacial

Alguns dos compêndios de SIG, como aqueles apresentados na introdução deste capítulo, dedicam sessões inteiras à apresentação das inúmeras técnicas e métodos de análise espacial, desde simples recuperação de dados até complexos modelos de geostatística ou envolvendo análise multi-critério para formulação de algoritmos para álgebra de mapas. Existem ainda publicações destinadas a aplicações específicas, como Bonham-Carter (1994) que foca o uso do SIG nas Geociências e Kapetsky e Aguilar-Majarrez (2007) na maricultura.

Não se pretende aqui apresentar todas as técnicas e métodos disponíveis nos SIG, mas identificar aqueles mais utilizados para aquicultura. Mesmo assim trata-se apenas de uma apresentação, para que o leitor tenha conhecimento acerca de “quais técnicas e métodos são mais empregados” e não de “como estes funcionam”. Para entender o

funcionamento destes de maneira detalhada o leitor deverá recorrer às fontes citadas ou, se tiver interessado apenas naqueles utilizados nesta tese, se dirigir ao Capítulo 3. Uma boa fonte de informação sobre análise espacial é o trabalho de De Smith, et al. (2007)²⁰.

Cada autor tem uma forma de organizar a apresentação das técnicas e métodos de análise espacial. Aqui se encontram organizados em quatro grupos: Análise exploratória; análise de distância; interpolação; e cruzamento (*overlay*).

1.4.6.1 Análise exploratória

Toda e qualquer técnica ou método de análise espacial em SIG é dependente da estrutura de dados, desta forma devemos partir do princípio que para cada um deles é necessário que o dado esteja modelado de forma a atender as exigências da ferramenta de análise.

A análise exploratória dos dados é a forma mais simples de análise espacial. É feita através de consultas à base de dados, através de operadores lógicos, matemáticos ou espaciais, para visualizar determinadas características dos dados. Burrough (1986) se refere a este termo como “*simples recuperação de dados*”. Em um exemplo extremamente primário podemos citar a visualização de diferentes camadas contendo diferentes objetos ou grupos de objetos que representam entidades distintas do espaço geográfico, através da ativação ou não de uma ou mais camadas para comporem um “mapa” em tela. O resultado gráfico é a sobreposição visual destas camadas que favorecem uma análise exploratória acerca das relações espaciais entre os objetos contidos em cada uma. Um exemplo está na **Figura 19**, onde é possível visualizar a distribuição dos parques aquícolas propostos em 2008 e as unidades de conservação (BRASIL, 2008).

²⁰ <http://www.spatialanalysisonline.com>

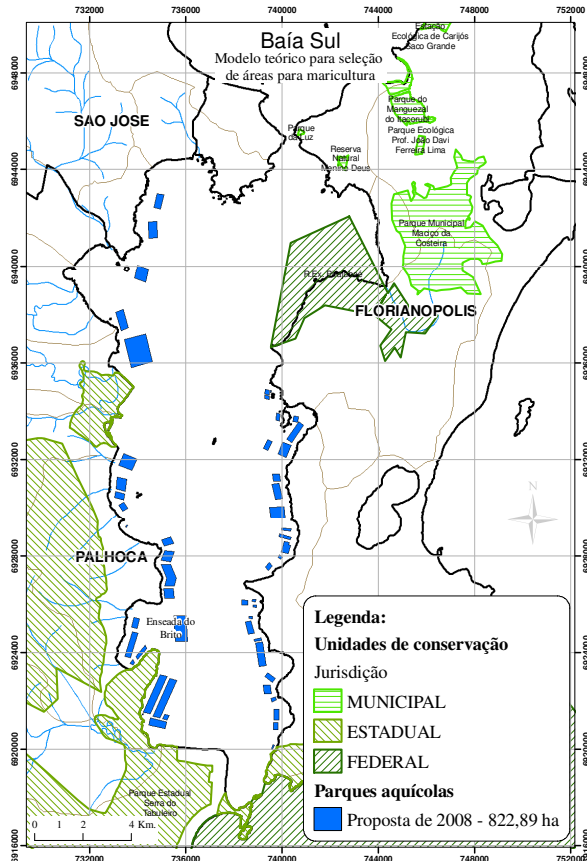


Figura 19: Exemplo de análise exploratória de dados: Mapa com os parques aquícolas propostos em 2008 e as unidades de conservação. Fonte: Brasil (2008).

Outra forma de análise exploratória de dados é a aplicação de operadores lógicos ou “*booleanos*” para selecionar sub-conjuntos de objetos de acordo com seus atributos (Burrough, 1986, p. 82; Burrough e McDonnell, 1998, p. 164; Laurini e Thompson, 1992, p. 520). Em um conjunto de amostras pontuais de dados, contendo valores medidos em campo de parâmetros físico-químicos de água podemos selecionar, por exemplo, os pontos onde a temperatura encontrada foi superior a 28°C (Figura 20). Este tipo de análise é feita através dos operadores AND (intersecção); OR (união); XOR (negação da intersecção) e NOT (negação), que podem ser combinados entre diversos atributos, na mesma camada, e assim elaborar consultas mais complexas, como

selecionar, na mesma amostra do exemplo anterior, os pontos onde a temperatura foi superior a 28°C e a salinidade inferior a 25ppm. Também é possível aplicar operadores matemáticos para gerar informações, como, ainda com base no exemplo dos pontos de qualidade de água, calcular índices de qualidade para usos específicos.

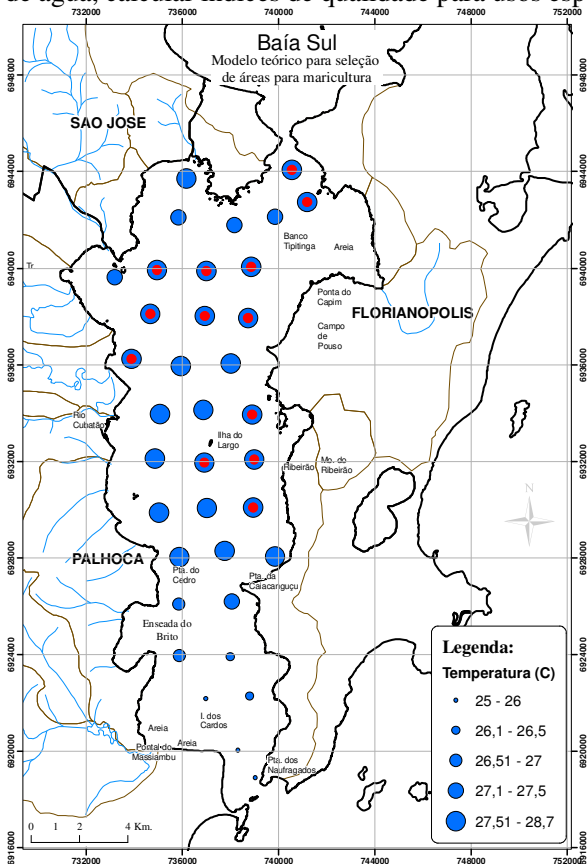


Figura 20: Exemplo de análise exploratória de dados: Mapa com a seleção dos pontos amostrais com temperatura da água superior a 28oC. Fonte dos dados: Silva (2002)

Além de selecionar sub-conjuntos de dados é possível agrupá-los ou reagrupá-los em novos conjuntos através de reclassificação, que é uma técnica de agrupamento ou separação de objetos através de consultas, operações lógicas ou operações matemáticas. Esta técnica é mais aplicada em objetos representados por linhas, polígonos ou matrizes.

Os SIG ainda permitem fazer análises exploratórias de dados através de operadores espaciais, que auxiliam na seleção de sub-conjuntos de dados através da sua posição geográfica ou da sua posição relativa (dentro de, próximo a, fora de, cruzando com, etc.) a outros objetos na mesma camada ou em camadas diferentes.

O termo análise exploratória também é utilizado nas etapas iniciais da krigagem²¹, onde as amostras pontuais são analisadas estatisticamente e espacialmente para verificar a normalidade dos dados, o variograma e a anisotropia.

1.4.6.2 Análise de distância

Uma rotina bastante conhecida no SIG é o “*buffer*”, que cria faixas de distância ao redor de um ou mais objetos de acordo com a necessidade do usuário (Figura 21). Isso permite avaliar, por exemplo, quantos cultivos de ostras estão a menos de 2 km do centro de Florianópolis. Ou ainda definir faixas de distância a partir de objetos, dentro das quais é possível ou não realizar alguma atividade, como por exemplo, a Instrução Normativa do Ibama número 105 de 2006 que proíbe a maricultura a distâncias inferiores a 200m das praias e 50m dos costões. Desta forma a análise de distância a partir do “*buffer*” pode ser feita para: selecionar objetos que estejam a uma determinada distância ou faixas de distância; ou identificar áreas com características próprias a partir da distância de um ou mais objetos.

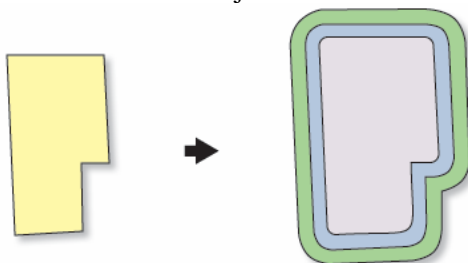


Figura 21: Análise de distância através de “buffer” (Adaptado de: ESRI, 2009)

O “*buffer*” é uma rotina que gera como resultado vetores com características de geo-campos discretizados em faixas ou classes de distância. Os SIG atuais já possuem ferramentas que geram matrizes regulares, ao invés de vetores, nas quais os valores de distância, a partir do objeto escolhido, variam de forma crescente de acordo com a resolução espacial da matriz (Figura 22). Isto permite que as distâncias

²¹ Ver p. 85

sejam calculadas não por faixas, mas por *pixels*, ou pontos com resolução espacial conhecida e determinada pelo usuário.

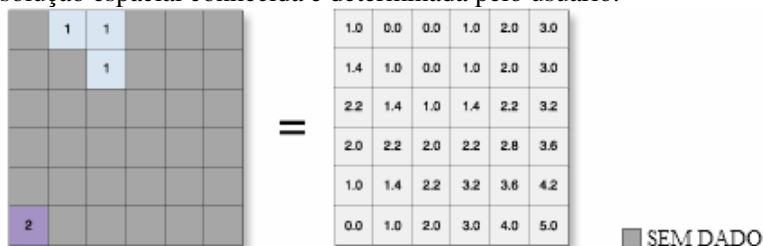


Figura 22: Análise matricial de distância euclidiana (Adaptado de ESRI, 2009)

Os SIG permitem fazer outras análises de distância que vão além daquelas que têm por base a distância euclidiana. Laurini e Thompson (1992, p. 135) apresentam outros aspectos que devem ser considerados em análises de distância e destacam a importância do conceito de acessibilidade. Hoje é possível encontrar em quase todos os SIG com pacotes de análise espacial matricial os algoritmos que calculam caminho mais curto, rota de escoamento e custo de deslocamento (De Smith, et al., 2007), alguns dos quais foram desenvolvidos para modelagem hidrológica (BURROUGH & MCDONNELL, 1998, p. 193).

1.4.6.3 Interpolação

Interpolação é o processo de predição ou estimativa de valores de atributos ou variáveis em locais não amostrados a partir de levantamentos pontuais dentro de um domínio espacial (BURROUGH & MCDONNELL, 1998). Fazer esta estimativa fora do domínio espacial caracteriza extrapolação. Sua aplicação está na transformação de valores discretizados através de pontos amostrais em campos contínuos. Isto é necessário para que o domínio espacial a ser analisado tenha toda a sua abrangência espacial coberta por estes valores.

O capítulo 5 de Burrough e McDonnell (op. cit., p. 99) apresenta o conceito de interpolação, as estruturas de dados utilizadas no processo e alguns métodos globais e locais. Interpoladores globais são aqueles que utilizam todos os dados disponíveis para estimar valores em toda a área de interesse. Já os locais operam em uma pequena área de abrangência ao redor do ponto a ser interpolado e consideram nos cálculos apenas os pontos vizinhos. Pode-se dizer que interpoladores locais representam melhor a TFL.

No capítulo 6, os autores descrevem o processo de interpolação através do método geoestatístico, também conhecidos por krigagem (BURROUGH & MCDONNELL op. cit., p.132). Este permite modelar

a interpolação através de variogramas, que indicam a correlação espacial e da isotropia ou anisotropia, que indicam tendências direcionais no espaço. Além disso, a krigagem permite avaliar os erros do modelo através da geração de superfícies de incerteza, que destacam regiões onde seria coerente melhorar a malha amostral de pontos.

O resultado dos processos de interpolação são superfícies contínuas utilizadas para avaliar tendências e comportamentos espaciais de determinados atributos ou para comporem modelos integrados através de técnicas de cruzamento.

1.4.6.4 Cruzamento (*overlay*)

O termo cruzamento deriva da cartografia analógica e dos processos de cruzamento de dados espaciais através de mapas transparentes em mesas de luz. Este processo possui um forte apelo visual, que foi incrementado nos SIG a partir do cruzamento não só das geometrias, mas também dos atributos e da possibilidade de combiná-los para gerar novas informações.

Alguns autores caracterizam como cruzamento as análises em SIG feitas através dos operadores lógicos e aquelas feitas através de operadores matemáticos são tratadas por álgebra de mapas (LAURINI & THOMPSON, 1992, BURROUGH & MCDONNELL, 1998 e DE SMITH, et al., 2007). Como em ambos os casos o que se faz é a integração de dados espaciais e atributos por meio de operações matemáticas, sejam estas lógicas ou algébricas, o termo cruzamento refere-se a todo e qualquer tipo de integração entre duas ou mais camadas no SIG.

A integração de dados através cruzamento pode ser feita tanto em vetores quanto em matrizes, mas a escolha da forma mais apropriada depende do objetivo proposto. No capítulo 2 de seu livro, Burrough e McDonnell (op. cit.) apresentam as formas vetoriais e matriciais de modelagem de dados espaciais e indicam quatro situações que devem ser consideradas na escolha:

1. Se a localização e forma da entidade são imutáveis e necessitam exatidão, mas os atributos podem mudar para simbolizar variações no seu estado causadas por entradas de novos dados ou saída de um modelo numérico, então a representação vetorial é mais apropriada;
2. Se os atributos são fixos e a entidade pode variar em forma, mas não em posição, como na variação de área inundada de um lago, então a representação vetorial requer uma redefinição dos limites cada vez que o lago se modifica. Contudo um modelo matricial de um campo

contínuo pode tratar a variação da superfície da água como uma resposta a um processo no qual a extensão do lago pode ser monitorada continuamente.

3. Se os atributos podem variar e a entidade pode mudar a posição, mas não a forma, ou suas partes separadas estão conectadas, o comportamento pode ser melhor representado por um modelo objeto-orientado no qual a informação possa ser repassada de um nível para o outro.
4. Se nenhuma entidade pode ser claramente definida é preferível tratar o fenômeno como um campo contínuo através de representações matriciais.

Na aquicultura o mais comum é o uso de modelos matriciais (**Figura 23**) e operadores lógicos e algébricos, porque normalmente não são utilizadas entidades bem definidas, mas variáveis de distribuição contínua no espaço. Além disso, quando se têm muitas variáveis as matrizes apresentam maior eficácia tanto no processamento quanto na representação.

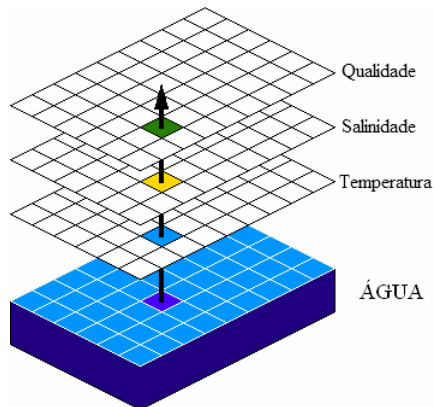


Figura 23: Cruzamento matricial em SIG

A cruzamento de vetores em modelos para aquicultura é mais utilizada na avaliação, quando é necessário caracterizar o ambiente ou fenômenos sócio-econômicos e também no mapeamento de instrumentos legais. Alguns operadores lógicos utilizados no cruzamento de vetores estão representados na **Figura 24**.

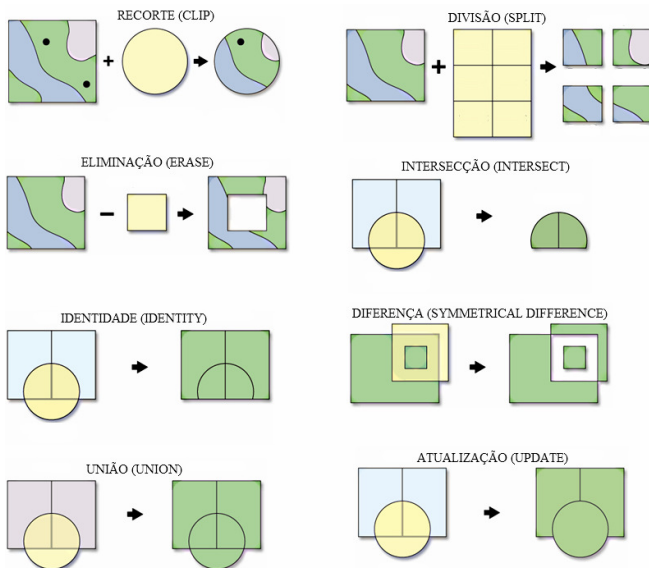


Figura 24: Cruzamento vetorial utilizando operadores lógicos (Adaptado de ESRI, 2009)

Os três operadores mais comuns são o recorte, que extrai uma área de uma camada de acordo com a área selecionada de outra camada, a intersecção e a união. Estes últimos, além de promoverem a operação geométrica entre as camadas, também combinam os dados contidos nas tabelas de atributos.

1.4.7 Análise multi-critério em SIG

Análise multi-critério é um instrumento de apoio à decisão que envolve quatro passos: (i) definição de um problema; (ii) escolha dos critérios e fatores necessários para analisar o problema; (iii) organização dos critérios e fatores de acordo com a sua importância relativa na análise do problema; e (iv) aplicação das regras de decisão através de modelagem matemática.

A combinação de análise multi-critério com SIG – (*GIS-based multicriteria decision analysis - GIS-MCDA*) – pode ser considerada como um processo que transforma e combina dados espaciais e valores de julgamento (preferências) para gerar informações para tomada de decisão.

Sobre GIS-MCDA, Malkzewski (2006) avaliou 319 publicações entre 1990 e 2004 e as classificou de acordo com: (i) modelo de dados; (ii) dimensão espacial do critério de avaliação; (iii) definição espacial das alternativas de decisão; (iv) natureza do critério de avaliação; (v)

número de indivíduos envolvidos no processo de tomada de decisão; e (vi) natureza das incertezas. Apesar do trabalho não ter sido focado apenas na aplicação de SIG para aquicultura, é uma excelente referência para avaliar o estado da arte do uso de análise multi-critério em SIG. Este trabalho é apresentado com mais detalhe no capítulo 2, mas aqui cabe ressaltar dois aspectos importantes: (i) as técnicas empregadas; e (ii) as condições de decisão.

Em relação às técnicas, Malkzewski (2006) destaca a soma ponderada (Combinação Linear Ponderada – WLC), alocação ideal (MOLA) e processo analítico hierárquico (AHP). Na primeira os fatores de escala são classificados e as classes recebem pesos de acordo com a importância em relação ao fator. Em seguida os fatores são ponderados de acordo com a importância em relação aos critérios, que são ponderados, por sua vez, em relação ao objetivo. Neste processo os pesos são atribuídos sem que haja qualquer processo matemático ou estatístico de validação.

Alocação ideal – MOLA, é uma técnica de avaliação de conflitos que auxilia na definição da melhor alocação espacial de uma atividade de acordo com as necessidades da atividade e características do local. É aplicada quando atividades concorrentes necessitam de um mesmo espaço (EASTMAN, 2001). É aplicada através de medidas difusas (JIANG & EASTMAN, 2000) com base na lógica difusa (*fuzzy logic*).

O processo analítico hierárquico – AHP – é uma técnica de comparação pareada na qual uma série de fatores e critérios são organizados em uma árvore hierárquica e comparados em pares para determinar a importância relativa de cada um em relação ao objetivo proposto. No processo de atribuição dos pesos cada possibilidade de combinação de pares é formada em uma matriz de comparação onde são computados os autovetores para produzirem a melhor distribuição de pesos. Uma razão de consistência é calculada para permitir a avaliação das comparações e se o valor for superior a 0.1 significa que existem inconsistências matemáticas na comparação entre os pares (EASTMAN, et al., 1995).

As condições de decisão, segundo Malkzewsky (op. cit.) estão associadas ao nível de conhecimento do tomador de decisão a respeito do ambiente de decisão. Um ambiente de decisão sobre o qual há um perfeito conhecimento permite decisões determinísticas. Já aquelas em que existem incertezas associadas aos aspectos do mundo real, seja pela informação limitada a respeito da situação de decisão, dificuldade na obtenção de dados ou imprecisão sobre a descrição do significado

semântico dos acontecimentos, fenômenos ou declarações em si, caracterizam processos probabilísticos ou difusos de decisão.

Sobre isso é importante ressaltar a necessidade de empregar técnicas mistas de análise, integrando avaliações quantitativas e qualitativas. Isto pode ser feito através da combinação entre modelos teóricos e empíricos (BRIASSOULIS, 2000). Modelos teóricos são aqueles supostos, explicados, definidos ou elaborados matematicamente a partir de uma teoria, que pode ser construída sobre uma hipótese pelo modelador ou já estar cientificamente embasada. Geralmente são ferramentas explanatórias ou preditivas (PARKER et al. 2001) e os resultados gerados devem ser interpretados qualitativamente. Modelos empíricos são aqueles que se ajustam aos dados descritivos coletados sobre o fenômeno, com objetivo de gerar conclusões posteriores sobre ele (VELDKAMP & LAMBINI, 2001), ou seja, ao contrário dos modelos teóricos, os empíricos podem ser usados para formular teorias através de análises matemáticas e estatísticas.

1.5 Síntese instrumental e conceitual

Neste capítulo foram apresentadas as bases instrumentais de gestão costeira e aquícola e os principais conceitos relacionados ao uso de SIG na maricultura. Esta apresentação favoreceu a construção do contexto central da proposta de trabalho, que está focada na elaboração de uma estrutura metodológica e conceitual para auxiliar na organização e implementação de programas de gestão aquícola através do emprego de técnicas de análise espacial em SIG para avaliar áreas, avaliar o potencial e selecionar áreas para maricultura.

Sugere-se a necessidade de estruturar estes programas, que são setoriais, segundo uma perspectiva mais abrangente de gestão da zona costeira, compatibilizando-os com programas de gerenciamento costeiro através da organização dos instrumentos e conceitos relativos às atividades de gestão aquícola, do uso de SIGPP e do enquadramento das ações que se utilizem do SIG nos instrumentos de gestão costeira.

Os instrumentos em estágio mais avançado de implementação em Santa Catarina são o ZEEC, o PGZC e o PLDM. Os dois primeiros estão relacionados à definição do domínio espacial de análise (zona costeira), sua caracterização e seleção de áreas para diversos usos, dentre os quais a maricultura. Já o PLDM envolve a definição do domínio espacial de análise (faixa marítima até a cota de 10m), sua caracterização, avaliação do potencial e seleção de áreas para maricultura. Todo este processo deve ser participativo e os atores envolvidos em cada instrumento devem estar enquadrados de acordo com o nível de participação. Assim sendo, em termos práticos, o PLDM deve gerar um produto setorial para

compor o ZEEC e indicar ações que integrem o PGZC, o que condiz com a compatibilização entre uma política setorial e uma política multi-setorial através de um processo de discussão aberto e democrático.

Além destes instrumentos é importante que haja um mecanismo de monitoramento e avaliação do processo de gestão. Em relação à gestão costeira estes mecanismos são instrumentalizados pelo SIGERCO, SMA-ZC e RQA-ZC. No âmbito do PLDM há o SINAU e algumas ações de avaliação sanitária e monitoramento.

Para avaliar áreas de ou para fins de aquicultura é necessário selecionar um domínio espacial com características mínimas que atendam às exigências técnicas, sociais e legais. Este domínio deve então ser caracterizado através do levantamento de descritores organizados em um SIG, como geo-objetos e/ou geo-campos. A definição dos descritores deve ocorrer de forma participativa envolvendo atores sociais que auxiliem na definição de líderes e técnicos capazes de selecionar e levantar as informações. Técnicas de análise exploratória, análise de distância e interpolação devem ser aplicadas aos descritores para gerar informação acerca do domínio espacial. Os descritores devem ser representados de acordo com seu índice de limite - IL²², de forma discreta quando necessitarem de limites que definam objetos separados ou de forma contínua quando forem campos com variação espacial.

A avaliação de potencial deve ser feita através da seleção, ponderação e integração de fatores de escala armazenados como geo-campos. Para isto devem ser empregadas técnicas de análise multicritério e álgebra de mapas. Os resultados são índices que devem estar representados de forma contínua, isentos de limites bem definidos, favorecendo a percepção da variabilidade potencial existente no domínio espacial, de modo que o usuário possa fazer uma análise semiquantitativa e utilizar as informações geradas para selecionar áreas para aquicultura. A participação, neste caso, deve ocorrer tecnicamente, com atores capazes de gerar informações que subsidiem a seleção das áreas.

Selecionar áreas, por sua vez, consiste em definir unidades de mapeamento aquícola, que são espaços limitados onde a atividade aquícola será implementada. Esta definição deve considerar as características avaliadas no primeiro estágio, a variabilidade do potencial e os fatores de conformidade. O termo adequação deve ser empregado na representação discreta de geo-objetos que delimitam áreas onde a atividade pode ocorrer, ou seja, onde os fatores estão

²² Ver p. 157

completamente adequados às necessidades do objetivo proposto. Estas áreas devem ser criadas com participação pública em reuniões com a presença de atores sociais e técnicos, através do desenho sobre cartas ou digitalização em tela.

A implementação das unidades de mapeamento aquícola já independe do uso de SIG e consiste na tarefa político-social de legalização das áreas selecionadas e no trabalho de campo para colocar as estruturas de cultivo no mar.

Para avaliar o processo integralmente é necessário definir indicadores que favoreçam acompanhar o andamento do plano tanto sob a ótica técnico-produtiva quanto sanitária e mercadológica.

Tabela 5: Principais conceitos associados aos objetivos do uso de SIG na aquicultura, suas estruturas de dados e formas de representação.

Objetivo	Termo empregado	Tipos de fatores utilizados	Estrutura de dados	Representação	Análise espacial
Avaliar áreas com ou para fins de aquicultura	Caracterização	Descritores	Geo- objetos e geo- campos	Discreta e/ou contínua	Análise exploratória, análise de distância e interpolação
Avaliar o potencial de áreas para aquicultura	Potencial	Escala	Geo-campos	Contínua	Álgebra de mapas, soma ponderada, AHP, MOLA.
Selecionar áreas para aquicultura	Adequação	Escala e Conformidade	Geo-objetos	Discreta	Cruzamento vetorial

1.6 Glossário

Adequação (*suitability*): Ter as qualificações necessárias para um determinado uso. Caracteriza uma correspondência determinista e deve ser interpretado algo “em perfeita conformidade” (HOUAISS et al., 2001), adequado.

Análise espacial em SIG: Técnicas e ferramentas hoje disponíveis nos SIG para processar, estimar e integrar dados espaciais de naturezas distintas com objetivo de facilitar algumas interpretações analíticas a respeito da heterogeneidade espacial e dos diferentes tipos de relação de proximidade.

Análise multi-critério: É uma técnica de apoio à tomada de decisão composta por quatro passos: (i) a definição de um problema; (ii) a escolha dos critérios e fatores necessários para analisar o problema; (iii) a organização dos critérios e fatores de acordo com a sua importância relativa na análise do problema; e (iv) a aplicação das regras de decisão através de modelagem matemática.

Avaliação de áreas (*site assessment*): Fazer o levantamento ou inventário de uma área para caracterizá-la através de descritores.

Avaliação de potencial (*potential assessment*): Identificar e comparar as diferenças e similaridades impostas pelos critérios, de acordo com a variabilidade dos fatores de escala, dentro de um universo amostral definido pelo domínio espaço-temporal.

Caracterização (*assessment*): Determinação de importância, tamanho ou o valor de algo. Quando utilizado sozinho, apresenta uma natureza descritiva ou inventarial e é aplicado na caracterização ambiental, mapeamento ou inventário de áreas com aquicultura ou para fins de aquicultura. Porém é comum estar associado aos termos adequação e potencial, nestes casos indicam a intenção de avaliar a adequação ou o potencial de áreas para aquicultura.

Critérios (*criteria*): Evidências ou suposições baseadas em fatores, sobre as quais os tomadores de decisão aplicam técnicas de análise que geram as informações necessárias para a escolha.

Decisão: Uma decisão é uma escolha entre diferentes alternativas (EASTMAN, et al., 1995).

Entidades: Elementos do espaço que são únicos e não podem ser divididos em unidades, mas podem apresentar características próprias (LAURINI & THOMPSON, 1992).

Fatores de conformidade (*constrains*): Fatores que limitam ou separam as alternativas em consideração.

Fatores de escala (*factors*): Fatores que podem apresentar diferentes níveis de intensidade. Esta variação, sozinha ou combinada

com a variação de outros fatores, afeta o critério e agrega a ele informação e complexidade quanto maior for a variabilidade ou o número de fatores.

Geo-campos: Representação das superfícies contínuas em SIG. Definem a variação de uma ou mais propriedades dentro de um domínio espaço-temporal (GOODCHILD, et al., 2007).

Geo-objetos: Representação das entidades discretas em SIG. Agregados de pontos no espaço e no tempo que apresentam valores específicos para determinadas propriedades (GOODCHILD, et al., 2007).

Limites (*boundaries*): Extremidades externas de uma entidade individual e também o local onde duas ou mais entidades se encontram. No SIG são as linhas que limitam geo-objetos ou classes de geo-campos.

Modelagem: O ato de modelar (HOUAIS, 2008). Modelagem de um banco de dados espaciais para representar entidades geográficas; Modelagem para predição ou estimativa de valores em superfícies contínuas (interpolação); Modelagem para análise espacial (p. ex. avaliação de potencial).

Modelo: Esquema que possibilita a representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos físicos e eventualmente a previsão de novos fenômenos ou propriedades, tomando como base um certo número de leis físicas, em geral obtidas ou testadas experimentalmente (HOUAIS, 2008).

Potencial (*potential*): Indicativo de variação. É representado por gradientes onde a intensidade de cada ponto pode ser calculada de acordo com uma dada função (GROOVE, 1976) e é empregado para diferenciar níveis de possibilidades e permitir comparações entre pontos distantes espacial ou temporalmente no mesmo universo amostral.

Processo Analítico Hierárquico – AHP: É uma técnica de análise multi-critério na qual uma série de fatores e critérios são comparados em pares para determinar a importância relativa de cada um em relação ao problema a ser avaliado. No processo de atribuição dos pesos cada possibilidade de combinação de pares é formada em uma matriz de comparação onde são computados autovetores para produzirem a melhor distribuição de pesos. Uma razão de consistência é calculada para permitir a avaliação das comparações e se o valor for superior a 0.1 significa que existem inconsistências matemáticas na comparação entre os pares

Seleção de áreas (*site selection*): Verificar, dentro de um domínio espaço-temporal, onde os critérios adequam-se às exigências

definidas para cada projeto de acordo com o potencial expresso pelos fatores de escala e as restrições impostas pelos fatores de conformidade.

1.7 Referências Bibliográficas

ASMUS, M.; KITZMANN, D. **Gestão Costeira no Brasil Estado Atual e Perspectivas**. *Revista de Administração*. v. 40, p.63. Rio Grande - RS. Disponível em http://www.ecoplata.org/estudios/Ecoplata_Est-Gest-Cost-Brasil.pdf, 2004.

BARROSO, G. F. **Assessing the Potential for Mangrove Oyster Aquaculture in an Estuarine System of the Southeastern Coast of Brazil: A Geographic Information System Approach**. Tese de Doutorado. University of Victoria. Disponível em: https://dspace.library.uvic.ca:8443/dspace/bitstream/1828/648/1/barroso_2004.pdf, 2004.

BARUSSEAU, P.; BRIGAND, L.; DENIS, J.; et al. **Methodological Guide to Integrated Coastal Zone Management**. p.49. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001212/121249eo.pdf>, 1997.

BELTRAME, E.; BONETTI, J. Escalas de análise na seleção e implantação de áreas para o cultivo de camarões marinhos com base em técnicas Geoprocessamento. SIMBRAQ 2000 - XI Simpósio Brasileiro de Aquicultura. *Anais...* p.10. Florianópolis, 2000.

BONHAM-CARTER, G. F. 1994. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Kidlington, Pergamon. 398 p.

BORDENAVE, J.E.D. 1994. O que é participação? 8ª ed. São Paulo: Brasiliense.

BRASIL. CIRM. **Resolução nº 005, de 03 de dezembro de 1997. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II – PNGC II**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pngc2.pdf, 1997.

BRASIL. Presidência Da República. **Lei Nº 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá Outras Providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/7661.htm, 1988.

BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **Resolução nº 005, de 03 de dezembro de 1997**. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pngc2.pdf. 1997.

BRASIL. Presidência Da República. **Decreto Federal Nº 5.300 de 7 de Dezembro de 2004**. . Presidência da República. Disponível em http://www.spg.sc.gov.br/cidades/arquivos/Decreto_Federal_5300.pdf, 2004.

BRASIL. **Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União**. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República. Disponível em [http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/didaq/Documentos em pdf/pdf8 - programa nacional de desenvolvimento da maricultura.pdf](http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/didaq/Documentos%20em%20pdf/pdf8%20-%20programa%20nacional%20de%20desenvolvimento%20da%20maricultura.pdf), 2005.

BRASIL. IBAMA. **Instrução Normativa no - 105, de 20 de julho de 2006**. Disponível em http://www.ibama.gov.br/supes-es/wp-content/files/IN_105-06_defeso_mexilho.pdf, 2006.

BRASIL. IBAMA. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília, 2008.

BRASIL. **Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina**. p.318. Brasília, 2008.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches, Lesvos, Greece**. Tese de doutorado em geografia. Universidade de Aegean. Regional Research Institute, West Virginia University. 2000 Disponível em <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>.

BUITRAGO, J.; RADA, M.; HERNÁNDEZ, H.; BUITRAGO, E. A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island, Venezuela. **Environmental Management**, v. 35, n. 5, p. 544-556. doi: 10.1007/s00267-004-0087-9, 2005.

BURROUGH, P. A.. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford, Clarendon Press. 194 p.

BURROUGH, P.A., and FRANK, A.U. (Eds). 1996. Geographic Objects with Indeterminate Boundaries. Bristol, PA: Taylor & Francis.

BURROUGH, P. A. & MCDONNELL, R.. 1998. Principles of geographical information systems. New York, Oxford University Press., 333 p.

CÂMARA, G.. 1995. Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados espaciais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos.

CAPRA, F.. 1996. A Teia da Vida – Uma Nova Compreensão Científica dos Sistemas Vivos. São Paulo, Ed. Cultrix., 256p.

COUCLELIS, H. People manipulate objects (but cultivate fields): beyond the raster-vector debate in GIS. **Theory and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space**. p.65–77. Berlin: Springer. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/7165q34v52844602.pdf>, 1992.

COUCLELIS, H. Towards an operational typology of geographic entities with ill-defined boundaries. In: P. A. Burrough; A. U. Frank (Eds.); **Geographic Objects with Indeterminate Boundaries**. p.45–55. London: Taylor and Francis, 1996.

DE SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. **Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. 3rd ed. Troubador Publishing. Disponível em: <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>, 2007.

DEMO, P.. 2001. Participação é conquista: noções de política social. São Paulo: Cortez.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados espaciais** (EMBRAPA, Eds.)**Análise Espacial de Dados espaciais**. p.189. Brasília: EMBRAPA. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>, 2004.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO, J. Raster procedures for multi-criteria/multi-objective decisions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 61, n. 5, p. 539-547. [Falls Church, Va.] American Society of Photogrammetry. Disponível em: <http://www.nrac.wvu.edu/classes/resm575/Eastman.pdf>, 1995.

EASTMAN, J. R. Guide to GIS and Image Processing. **Image Processing**, v. 2, n. May, p. 151. Worcester: Clark University, 2001.

ESRI. 2009. ArcGis 9.1.3 Desktop Help.

GATRELL, A. C. Concepts of Space and Geographical Data. In: Oxford (Eds.); **Distance And Space: A Geographical Perspective**. p.119 - 134, 1983.

GESAMP. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. **The Contributions of Science to Integrated Coastal Management**. p.72. Rome. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/w1639e/w1639e00.pdf>, 1996.

GOODCHILD, M. F. A spatial analytical perspective on geographical information systems. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 1, n. 4, p. 327–334. Taylor & Francis. Disponível em: <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/95.pdf>, 1987.

GOODCHILD, M.; EGENHOFER, M.; KEMP, K.; MARK, D.; SHEPPARD, E. Introduction to the Varenis project. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 13, n. 8, p. 731-745. Taylor & Francis. doi: 10.1080/136588199240996, 1999.

GOODCHILD, M.; YUAN, M.; COVA, T. Towards a general theory of geographic representation in GIS. (A. U. Frank, I. Campari, & U. Formentini, Eds.) **International Journal of Geographical Information Science**, v. 21, n. 3, p. 239-260. Berlin: Springer. doi: 10.1080/13658810600965271, 2007.

GOOVE, P. B. 1976. Webster's Third New International Dictionary of the English Language. G&C Merriam Company. Springfield, Massachusetts, USA.

SANTA CATARINA. **Informativo Novembro 2009 - Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis. 2009

SANTA CATARINA. **Informativo Junho 2010 - Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina - GERCO/SC**. Florianópolis. 2010.

HASSEN, M. B.; PROU, J. A GIS-based assessment of potential aquacultural nonpoint source loading in an Atlantic bay (France). **Ecological Applications**, v. 11, n. 3, p. 800–814. Eco Soc America. Disponível em: [http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1051-0761\(2001\)011%5B0800:AGBAOP%5D2.0.CO%3B2](http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1051-0761(2001)011%5B0800:AGBAOP%5D2.0.CO%3B2), 2001.

HOUAISS A., VILLAR M. DE S., FRANCO F. M. de.. 2001. Dicionário Houaiss da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva. p. 2566

JIANG, H.; EASTMAN, J. R. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 14, n. 2, p. 173-184. doi: 10.1080/136588100240903, 2000.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. **Geographical Information Systems in aquaculture development and management from 1985 to 2002: an assessment**. p. 1-17. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2004.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. **Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture** (J. M. Kapetsky & J. Aguilar-Manjarrez, Eds.). **FAO Fisheries Technical Paper**. p.140. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.

LAURINI, R. E THOMPSON, D. 1992. **Fundamentals of Spatial Information Systems**. London, Academic Press, 680p.

LOCH, R. E. N.. 2006. **Cartografia: Representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis: Ed. da UFSC. 313p.

MALCZEWSKI, J. GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p. 703-726. doi: 10.1080/13658810600661508, 2006.

MELLO, L. F. D. Sistemas de Informação Geográfica para a Participação Pública: Uma Metodologia em Construção. Anais do 3º Encontro Nacional Sobre Migração. **Anais...** p.1-10. Campinas, 2003.

MILLER, H. Tobler's First Law and Spatial Analysis. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 94, n. 2, p. 284-289. doi: 10.1111/j.1467-8306.2004.09402005.x, 2004.

NELSON, D. R.; FOLHES, M. T.; FINAN, T. J. **MAPLAN : Mapeamento Participativo**. p.60. Fortaleza, 2005.

NETO, F.O.. 2005. **Diagnóstico do cultivo de moluscos em Santa Catarina**. Florianópolis. Epagri, 67p. (Epagri. Documentos, 220).

NOVAES, A. L. T.; VIANNA, L. F.; SANTOS, A. A. DOS; SILVA, F. M.; SOUZA, R. V. D. Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina. **Panorama da Aqüicultura**, v. 21, p. 52-58. Disponível em <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/>. 2010.

OLSEN, S.; LOWRY, K.; TOBEY, J. **A manual for assessing progress in coastal management** Coastal management report. v. 2211, p.1-61. Rhode Island, 1999.

PARKER, M.; BEAL, B.; CONGLETON, W.; PEARCE, B.; MORIN, L. Utilization of GIS and GPS for shellfish growout site selection. **Journal of Shellfish Research**, v. 17, p. 1491-1496. Sheridan Press, 1998.

PEREZ, M.; SILVA, J. DA. Uma visão da implantação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro no Brasil. **Rio's International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management**, p. 1-15. Disponível em <http://www.rij.eng.uerj.br/professional/2009/pe092-02.pdf>. 2010.

POLETTE, M. & SILVA, L. P.. GESAMP, ICAM e PNGC - Análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. **Ciência e Cultura**, 55, pp. 27-31. 2005

POLETTE, M.; VIEIRA, P. F.; FILARDI, C. L.; REBOUÇAS, G. G.. A participação das organizações não governamentais nas atividades dos programas estaduais de gerenciamento costeiro. Ecocostas - Red Latinoamericana de Manejadores Costeros. Disponível em www.ecocostas.org. 2008.

POLETTE, M.; VIEIRA, P. F.; FILARDI, C. L.; REBOUÇAS, G. G.. Fatores condicionantes da desarticulação das políticas públicas incidentes na zona costeira brasileira. *Ecocostas - Red Latinoamericana de Manejadores Costeros*. Retrieved from www.ecocostas.org. 2008.

ROSS, L. G.; MENDOZA, E. A.; BEVERIDGE, M. C. M. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. *Aquaculture*, v. 112, p. 165-178, 1993.

SALAM, A. M.; ROSS, L. G. Optimizing sites selection for development of shrimp (*Penaeus monodon*) and mud crab (*Scylla serrata*) culture in Southwestern Bangladesh. *Aquaculture*, p. 17. Bangladesh, 2000.

SANTA CATARINA. **Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro. Fase 1: Diagnóstico Sócio Ambiental - Setor Litoral Central**. p.525. Florianópolis, 2010.

SANTA CATARINA. **Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro. Fase 1: Diagnóstico Sócio Ambiental - Setor Litoral Centro-Norte**. p.458. Florianópolis, 2010.

SANTA CATARINA. **Implantação do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro. Fase 1: Diagnóstico Sócio Ambiental - Setor Litoral Norte**. p.470. Florianópolis, 2010.

SCOTT, P. C.. **GIS and remote sensing – based models for development of aquaculture and fisheries in the costal zone**. University of Stirling, Institute of Aquaculture, Stirling. Tese de doutorado. 2003. 264p.

SIMMS, A. GIS and aquaculture: Assessment of soft-shell clam sites. *Journal of Coastal Conservation*, v. 8, n. 1, p. 35–48. Springer. doi: 10.1652/1400-0350(2002)008, 2002.

TAGLIANI, P.; LANDAZURI, H.; REIS, E. G.; et al. Integrated Coastal Zone Management in The Patos Lagoon. *Ocean & Coastal Management*, v. 46, n. 9-10, p. 807-822. doi: 10.1016/S0964-5691(03)00063-2. 2003.

TAPIA, M.; BRASINGTON, A.; LITH, L. V. **Participation Guide: Involving Those Directly Affected in Health and Development Communication Programs**. p.40. Baltimore: Health Communication Partnership based at the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health/Center for Communication Programs, 2007.

TOBLER, W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic geography*, v. 19, n. 4, p. 288-289. doi: 10.1037/h0039682, 1970.

VELDKAMP, A., LAMBIN, E.F. Predicting Land-Use Change. **Agric. Ecosyst. Environ.** 85, 1–6, 2001.

VIANNA, L. F.; FRANCISCO, C. N.; FIGEIREDO C.; SIMÃO, D. S.; BANNWART J.; WASSERMAN J.; SCOTT P.C.; NOVAES R.; & HAMILTON S.. Geotecnologias aplicadas para ordenamento da maricultura no Brasil: Uma avaliação dos Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura - PLDM,” Anais XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR. **Anais...**p. 548, Florianópolis, 2007.

VIANNA, L. F. & NOVAES, A. L. T.. Geocodificação de Unidades de Mapeamento Aquícola para um Sistema de Controle de Produção e Rastreabilidade em Santa Catarina, Brasil. **Artigo aceito para publicação na revista Geografia em 16/09/2010**. Rio Claro, SP. 2010

VIANNA, L. F. & NOVAES, A. L. T. (2010) Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina (PLDM) como política de gestão costeira: Uma análise histórica. I Simpósio Internacional de Aquicultura e Pesca – I SIAP Brasil. 2010. Itajaí – SC. Disponível em http://www.aquapescabrasil.com.br/aquapesc/trabalhos_tecnico_cientificos.pdf. Acessado em 10/10/2010.

WEINER, D.; HARRIS, T. M.; CRAIG, W. J. Community Participation and Geographical Information Systems. (T. Harris, W. Craig, & D. Weiner, Eds.). **Society**, p. 1-18. CRC Press. doi: 10.1201/9780203469484, 2002. Disponível em: <http://www.crcnetbase.com/doi/book/10.1201/9780203469484>.

WETZEL, L.; POLETTE, M. ICZM and the integration of coastal management and protected area policies in Brazil. **The Changing Coast**, p. 61–65. Disponível em http://www.seaturtle.org/PDF/Witzell_2002_Littoral2002.pdf. 2002.

ZUBIN, D.. 1989. Oral presentation, NCGIA Initiative 2 Specialist Meeting, Santa Barbara. Reported in D. Mark (ed.): Languages of Spatial Relations: Researchable Questions & NCGIA Research Agenda, NCGIA Report 89-2A, NCGIA.

Capítulo 2 SIG e aquicultura, uma sistematização das publicações do GISFish sobre as técnicas utilizadas na seleção de áreas, avaliação de potencial e avaliação de áreas

2.1 Introdução:

Neste capítulo é feita uma revisão sobre SIG aplicado à aquicultura, sendo seu objetivo levantar e classificar artigos referentes a esta temática, publicados entre 1985 e 2009. Este tipo de levantamento é importante para o enquadramento da tese, como fez Scott (2003), ao utilizar 37 referências, de 1987 a 1999, que considerou como as mais importantes aplicações de Sensoriamento Remoto e SIG para aquicultura e pesca no período.

Mundialmente é possível afirmar que a aplicação de SIG nas ciências do mar e na aquicultura decolou nos anos noventa e já se estabeleceu como um domínio de aplicação (WRIGTH & BARLETT, 2000). Destaca-se, ainda, a evolução da disseminação de dados e informações através da Internet, que facilita o acesso às referências associadas a este tema.

Uma pesquisa realizada em maio de 2009 no Google Acadêmico com as palavras “*aquaculture GIS*” retornou 8.480 registros e quando solicitado “*mariculture GIS*” foram apresentados 1.350. Apesar dos números indicarem que atualmente são muitas as iniciativas que envolvem a aplicação de geotecnologias na aquicultura, estas devem ser cuidadosamente avaliadas. Ainda mais quando obtidas através do Google Acadêmico, pois não é um meio de pesquisa bibliográfica direcionado especificamente para artigos técnicos e científicos.

Pensando nisso, Kapetsky and Aguilar-Manjarrez (2004) fizeram um levantamento e uma análise detalhada destas iniciativas utilizando a base de dados do “*Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*” (ASF), que tem uma coleção de resumos científicos sobre aquicultura e pesca desde 1984, totalizando 105.783 registros em maio de 2009. Eles também utilizaram o Google para levantar artigos indexados em conferências e os arquivos de conferências do *Environmental Systems Research Institute – ESRI*. Avaliando as publicações de 1985 a 2002 os autores encontraram 157 trabalhos que foram categorizados de acordo com as aplicações nos 33 países onde foram realizados. O objetivo foi subsidiar a estruturação de um portal via Internet para integrar dados e informações sobre GIS e aquicultura, o “*Global Gateway to Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing and Mapping for Aquaculture and Inland Fisheries*” - GISFish²³.

²³ <http://www.fao.org/fishery/gisfish/index.jsp>

Após sua implementação uma nova revisão foi feita e foram levantadas, até Janeiro de 2007, 294 publicações (KAPETSKY e AGUILAR-MANJARREZ, 2007). Desde então o portal é atualizado e mantido pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO*.

O GISFish é um mecanismo de acesso a publicações científicas, estudos de caso, políticas públicas e estatísticas sobre geotecnologias aplicadas à aquicultura. Todos os dados e informações estão sistematizados e organizados por tipo de objeto, autor, idioma, data, palavra-chave, ferramenta espacial, país, organismo aquático, sistema de cultivo, sistema aquático, ambiente e assunto. As informações contidas no portal são confiáveis, pois são originárias de bases de dados científicas e mantidas por um corpo técnico qualificado.

Neste capítulo são apresentadas as principais iniciativas de pesquisa e aplicação de SIG em aquicultura, realizadas nas últimas duas décadas, para seleção de áreas, avaliação de potencial e caracterização de áreas, de acordo com o GISFish. Estas estão classificadas conforme o assunto abordado, objetivo de aplicação do SIG, termo empregado nos resultados, forma de aquicultura, aplicação, modelo de dados, técnica de análise, processo de tomada de decisão e condição de incerteza. A classificação tem por base os três principais objetivos da aplicação de SIG na aquicultura, apresentados no Capítulo 1 e o trabalho de Malkzewsky (2006), que fez algo semelhante para publicações focadas no uso integrado de análise multi-critério e SIG. Com isso pretende-se subsidiar algumas discussões acerca do emprego dos termos “caracterização”, “adequação” e “potencial” e das técnicas de análise espacial e formas de representação dos resultados em relação aos objetivos propostos nos artigos.

São apresentados também os fatores e critérios utilizados nos casos de seleção de áreas e avaliação de potencial para entender como os modelos conceituais vêm sendo aplicados em SIG na aquicultura, de acordo com os registros da FAO.

2.2 Materiais e métodos

A fonte de referências utilizada foi o GISFish e todos os registros foram levantados em 24/07/2009. Aqueles que estavam disponíveis na íntegra foram baixados, impressos e classificados. As referências que traziam apenas o resumo ou resumo expandido foram pesquisadas na Internet e quando o texto completo não foi localizado, foram solicitados diretamente aos autores. Além das referências encontradas no GISFish foram utilizados 3 trabalhos desenvolvidos no Brasil e não presentes

naquela base: Beltrame (2003); Barroso (2004); Freitas e Tagliani (2007).

A seleção dos artigos foi feita em três etapas, duas de pré-seleção no próprio GISFish e outra em uma planilha elaborada para fazer uma filtragem por palavras-chave nos títulos dos artigos (**Figura 25**).

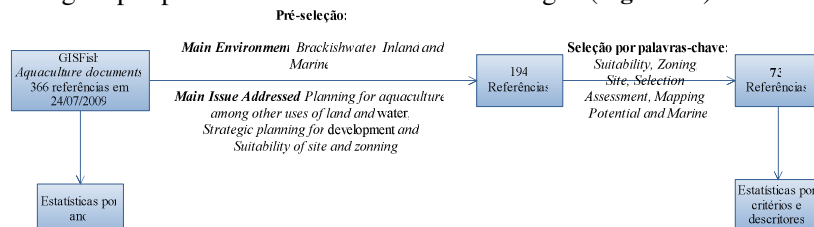


Figura 25: Sequência de seleção das referências no GISFish

A pré-seleção foi feita através da página de pesquisa avançada do GISFish (**Figura 26**), onde foram primeiramente selecionados os artigos contidos na sessão “*Aquaculture documents*”. Com os dados desta pré-seleção, foi feita a estatística das publicações por ano, para verificar o comportamento da produção bibliográfica em termos quantitativos de 1985 a 2009. Em seguida os registros foram filtrados através dos campos: “*Main Environment*”, onde foram selecionadas as três opções disponíveis: “*Brackishwater, Inland e Marine*” e; “*Main Issue Addressed*”, pelas opções “*Planning for aquaculture among other uses of land and water*”, “*Strategic planning for development*” e “*Suitability of site and zoning*”.

Os registros contendo título, autor e ano foram baixados em um arquivo texto separado por vírgula e organizados em uma planilha Excel. Nos registros obtidos a partir da segunda pré-seleção foi aplicado um filtro para automatizar a busca, no campo de títulos, pelas palavras-chave “*Suitability*”, “*Zoning*”, “*Site*”, “*Selection*”, “*Assessment*”, “*Mapping*”, “*Potential*” e “*Marine*” e os registros que apresentaram pelo menos uma destas palavras foi selecionado. Aqueles que não foram selecionados através das palavras chave, foram avaliados individualmente pelo título e os que, aparentemente estavam ligados ao assunto, tiveram seu resumo verificado para confirmar a pertinência temática, avaliar a eficácia da seleção por palavras-chave e incluir os trabalhos que eventualmente não foram selecionados de forma automática.

Feita a seleção, os trabalhos foram então obtidos em PDF, organizados no software Mendeley Desktop²⁴ e impressos. Criou-se uma nova planilha (Apêndices, p. 301) contendo a referência e os critérios de classificação temática e metodológica.

Os critérios de classificação temática (**Tabela 6**) foram utilizados para agrupar os trabalhos de acordo com o assunto abordado, objetivo proposto, termo empregado no resultado, forma de aquicultura e aplicação.

Tabela 6: Critérios de classificação temática dos trabalhos		
Critério	Classe	Descrição
Assunto	Avaliação de potencial	Aplicação de técnicas de análise espacial para avaliar o potencial para aquicultura.
	Caracterização de áreas	Análises descritivas e quantitativas de parâmetros ambientais para caracterização de sítios.
	Seleção de áreas	Estudos e diagnósticos para selecionar áreas aptas para aquicultura.
Objetivo	Avaliar o potencial	Quando o objetivo da aplicação de SIG é direcionado para avaliação de potencial através do emprego do termo “ <i>potential</i> ” ou sinônimo.
	Avaliar áreas	Quando o objetivo da aplicação de SIG é direcionado para caracterização de área através do emprego do termo “ <i>assessment</i> ” ou sinônimo.
	Selecionar áreas	Quando o objetivo da aplicação de SIG é direcionado para seleção de área através do emprego do termo “ <i>suitability</i> ” ou sinônimo.
Termo empregado no resultado	Potencial	Quando o termo “ <i>potential</i> ” ou sinônimo é empregado na apresentação dos resultados.
	Caracterização	Quando o termo “ <i>assessment</i> ” ou sinônimo é empregado na apresentação dos resultados.
	Adequação	Quando o termo “ <i>suitability</i> ” ou sinônimo é empregado na apresentação dos resultados.

²⁴ <http://www.mendeley.com/>

Forma de aquicultura	Interior	Aquicultura de água doce, praticada em rios, lagos, represas e demais corpos d'água continentais.
	Costeira	Aquicultura realizada na linha de costa (ex. carcinicultura).
	Maricultura	Aquicultura realizada no mar.
Aplicação	Pesquisa	Trabalhos publicados em periódicos ou eventos científicos e relatórios de pesquisas acadêmicas.
	Relatório Técnico	Trabalhos publicados por agências internacionais ou nacionais e consultorias técnicas.
	Apoio à decisão	Relatórios sobre ferramentas operacionais de apoio à decisão.
	Políticas públicas	Relatórios publicados por agências governamentais para divulgação de propostas ou políticas públicas implementadas.

A classificação por assunto foi feita de acordo com os principais objetivos do uso de SIG para aquicultura apresentados no Capítulo 1. Trata-se de uma classificação interpretativa, através da qual os artigos foram enquadrados em: (i) avaliação de potencial, (ii) caracterização de áreas e (iii) seleção de áreas .

Os objetivos foram classificados de forma empírica, através do agrupamento do que foi descrito e apresentados pelos próprios autores. Para tal verificou-se o termo utilizado na descrição do objetivo em relação à aplicação do SIG para aquicultura, considerando tanto o objetivo principal quanto os específicos. Apesar de alguns autores apresentarem como objetivos gerais, por exemplo, “testar metodologias” (MOONEYHAN, 1985; CORDELL, et al., 1988; AGUILLAR-MAJARREZ, et al., 1993; DE GRAAF, et al., 2002 e MCINTOSH, et al., 2000), “auxiliar o planejamento” (MEADEN, 1999) ou “apresentar aplicações” (BEVERIDGE, et al., 1994 e KAPETSKY, et al. 2007), nos objetivos específicos e nos resultados foi possível perceber o assunto relacionado às aplicação do SIG e enquadrá-los numa das três classes.

O critério “termo empregado no resultado” refere-se ao termo utilizado na elaboração da legenda dos mapas e apresentação descritiva dos resultados, gráficos e tabelas. Como os termos mais comuns são “adequação” (*suitability*), “potencial” (*potential*) e “caracterização” (*assessment*), nos casos em que os autores utilizaram sinônimos, como

por exemplo, “*characterization*” (FREITAS, et al., 2008), ou “*vulnerability*” (CENTER FOR COASTAL RESOURCES MANAGEMENT, 2007), os artigos foram classificados como tendo adotado os termos “caracterização” e “potencial”, respectivamente. Além disso, os trabalhos que apresentaram como resultado uma avaliação descritiva das áreas foram classificados como “caracterização”.

A forma de aquicultura refere-se ao ambiente analisado no SIG, que pode ser: (i) interior, para aquicultura de água doce; (ii) costeira, para carcinicultura em tanques escavados e algumas espécies de peixes e moluscos; e (iii) maricultura, para moluscos, algas, peixes marinhos e carcinicultura em tanques-rede.

Em relação à aplicação foram avaliadas as finalidades dos trabalhos. Artigos de pesquisa são aqueles publicados em eventos ou periódicos científicos, com a finalidade de divulgar os resultados de uma pesquisa. Os relatórios técnicos têm por finalidade apresentar os resultados de trabalhos técnicos, sejam de consultoria ou projetos para serem implementados. Os trabalhos de auxílio à tomada de decisão descrevem ferramentas ou apresentam resultados técnicos direcionados para tomadores de decisão. Políticas públicas são aquelas orientadas ao processo de zoneamento da atividade aquícola a serem implementadas por instituições governamentais.

Os critérios de classificação metodológica (**Tabela 7**) foram utilizados para agrupar os trabalhos conforme o modelo de dados utilizado nas análises, técnicas de análise multi-critério, processo de tomada de decisão e condições de incerteza.

A classificação dos artigos de acordo com o modelo de dados empregado foi feita seguindo os conceitos apresentados no Capítulo 1. Em análise espacial os modelos possíveis são vetores (pontos, linhas e polígonos) e matrizes (*raster*). Em relação a este critério os artigos foram classificados como “vetores” quando o processo de cruzamento e/ou integração dos mapas foi feito com base em dados desta natureza. Já aqueles enquadrados na classe “*raster*” se baseiam em operações matriciais de álgebra de mapas. E em alguns casos ambos os modelos foram utilizados.

As técnicas de análise multi-critério são: (i) álgebra booleana, (ii) soma ponderada, (iii) AHP e (iv) MOLA. A classificação em relação a este critério foi feita de acordo com a descrição da técnica apresentada na metodologia, enquanto o processo de tomada de decisão é a forma como o modelo conceitual de integração dos dados foi concebido, se em grupo, individualmente ou ainda com base em referências bibliográficas.

Tabela 7: Critérios de classificação metodológica dos trabalhos		
Critério	Classe	Descrição
Modelo de dados	Vetor	Uso de dados vetoriais no processo de integração dos critérios e fatores e na apresentação dos resultados
	Raster	Uso de dados matriciais no processo de integração dos critérios e fatores e na apresentação dos resultados
Técnica de análise multi-critério	Booleana	Técnica de cruzamento de camadas (<i>overlay</i>) que utiliza operadores lógicos.
	Soma ponderada	Técnica de integração de camadas através de soma ponderada. Cada camada tem suas classes ou valores padronizados para uma escala definida pelo usuário e depois recebe um peso. As camadas são então somadas e divide-se o resultado pelo número de camadas.
	AHP	Técnica de atribuição de pesos através de comparação pareada. Esta técnica permite o cálculo de uma razão de consistência que se for maior do que 0,1 indica que há inconsistência matemática na atribuição dos pesos.
	MOLA	Técnica de classificação ponderada com base na regra de distância mínima do ponto ideal. (EASTMAN, 2001, p.16)
Tomada de decisão	Grupo	Modelagem em grupo
	Individual	Modelagem individual
	Referenciada	Modelagem com base em outros trabalhos
Condição de incerteza	Determinístico	Modelo construído sob condições de certeza (ex. uso de curvas funcionais de crescimento) que permitam classificar fatores e critérios de forma determinística
	Probabilístico	Modelo construído sob condições de incerteza, (ex. modelos difusos) que não permitem classificar fatores e critérios de forma determinística.

A condição de incerteza está relacionada à forma de análise espacial, avaliação e representação dos resultados. Se as análises favorecem a determinação de setores com limites bem definidos e características diferenciadas, que permitam avaliá-los potencialmente ou

em relação à adequação ou não à atividade, classifica-se o artigo como determinístico. Já a condição de incerteza probabilística refere-se aos casos em que não é possível criar estes limites e definir áreas potencialmente diferentes ou adequadas à atividade.

Para analisar os dados foi necessário construir três matrizes booleanas, uma para os critérios de classificação temática, outra para os critérios de classificação metodológica e a terceira para os fatores e critérios adotados nos trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas. Nestas matrizes os casos (referências) foram organizados em linhas e as classes, fatores e critérios, em colunas e onde uma classe ocorria em um caso foi adicionado o número um. Os campos onde não havia coincidências entre os casos e a classes, foram preenchidos com zero e onde não houve coleta de dado o campo não foi preenchido. A **Tabela 8** exemplifica como a matriz booleana está estruturada.

Tabela 8: Exemplo de matriz booleana de classificação e indicação de uso dos fatores e critérios das referências.				
Referência	Classe A	Classe B	Fator 1	Critério 1
BUITRAGO, J., et al, 2005	1	1	0	1
DU, N., et al, 2008	0	1	1	0
GORDON, C., et al, 1991	1	0		1

2.3 Resultados e discussão

Em 24/07/2009 a sessão “*Aquaculture documents*” da base de dados do GISFish contava com 366 documentos sobre aplicação de geotecnologias em aquicultura (**Tabela 9**). Em relação ao ambiente estudado 195 artigos foram classificados em marinho, 151 estuarino e 114 terrestre. Como alguns trabalhos podem abranger mais de um ambiente, estes foram enquadrados duas ou três vezes, por isso a soma dos artigos classificados é superior a 366. Os trabalhos foram organizados ainda em 12 assuntos abordados, dos quais foram selecionados: (i) Planejamento estratégico para desenvolvimento da atividade (*Strategic planning for development*), com 74 exemplares; (ii) Adequação de área e zoneamento (*Suitability of site and zoning*), com 105; e (iii) Planejamento para aquicultura entre outros usos da terra e da água (*Planning for aquaculture among other uses of land and water*) com 16. A combinação da pré-seleção dos registros relacionados aos ambientes com os assuntos escolhidos resultou em 194 referências, que

foram tabuladas e selecionadas através do filtro de palavras-chave e da verificação individual dos títulos e resumos pertinentes aos temas “avaliação de potencial”, “seleção de áreas” e “caracterização de áreas”. Assim foram escolhidos 73 trabalhos.

Tabela 9: Quantidade de documentos sobre aquicultura disponíveis no GisFish em 24/07/2009	
Documentos no GisFish em 24/07/2009	Quantidade
Tema	
Aquicultura	366
Ambiente estudado	
Marinho	195
Estuarino	151
Terrestre	114
Assunto abordado	
Planejamento estratégico para desenvolvimento da atividade	74
Adequação de área e zoneamento	105
Planejamento para aquicultura entre outros usos da terra e da água	16
Documentos sobre aquicultura disponíveis no GisFish	
Listados	366
Selecionados segundo ambiente e assunto	194
Usados como referências para o trabalho	73

Avaliando o histórico dos registros das publicações percebemos que nos últimos 24 anos foram produzidos 366 documentos sobre geotecnologias aplicadas a aquicultura. De 1985 a 1999 houve uma tendência crescente na quantidade de publicações, com destaque para o ano de 1999 (**Figura 27**). Na última década esta tendência apresentou uma natureza mais oscilatória, que pode ser observada até 2009. Entre 1985 e 1990 os números mostram que as iniciativas de aplicação de geotecnologias em aquicultura ainda eram modestas e podem ser consideradas pioneiras. Em alguns artigos como de Mooneyhan (1985), Meaden (1987), Cordel, et al. (1988), não há referência a trabalhos anteriores. Já Kapetsky, et al. (1988) citam alguns trabalhos de SIG aplicado à gestão ambiental e os trabalhos de Meaden (1987) e Kapetsky, et al. (1987).

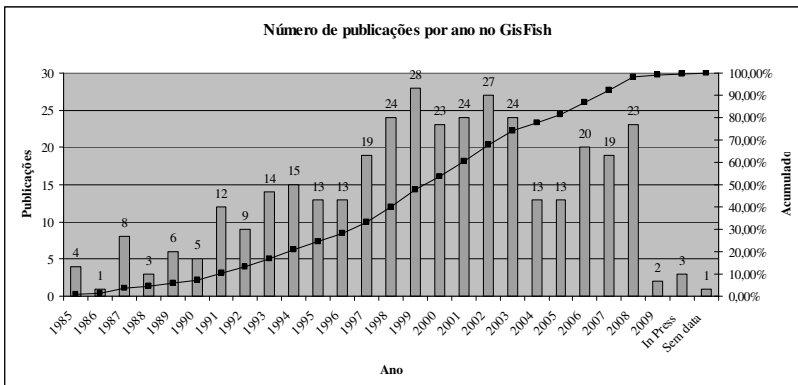


Figura 27: Quantidade de publicações por ano no GISFish

A década de 90 foi o período em que houve o maior crescimento no número de artigos publicados, o que também é observado nos resultados apresentados por Malkzewsky (2006). De 1990 a 2000 foram publicados 152 artigos (41,5%). Isso permite afirmar que o reconhecimento do potencial dos SIG para aquicultura foi um fator que influenciou esta tendência. E também concordar com Malkzewsky (op. cit.) quando ele afirma que o incremento das ferramentas de análise multi-critério e sua integração com os SIG foram fundamentais para este crescimento.

Em relação às 73 publicações selecionadas, este crescimento também teve início nos anos 90 e com o reconhecimento do potencial de uso das ferramentas de análise multi-critério e SIG integradas, aumentaram as aplicações para aquicultura. A partir de 2001 o número de publicações cresceu e em 2008 foram publicados 9 trabalhos no GISFish, enquanto a média antes de 2001 era inferior a 2 (Figura 28).

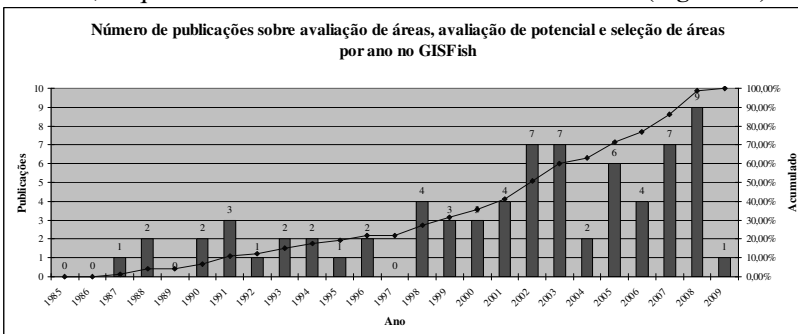


Figura 28: Quantidade de publicações sobre caracterização de áreas, avaliação de potencial e seleção de áreas por ano no GISFish

2.3.1 Classificação temática dos artigos do GisFish segundo o assunto, objetivo e termo empregado nos resultados

Em relação aos critérios de classificação temática o assunto mais abordado nos artigos é “avaliação de potencial”, são 40 trabalhos sobre este tema (ex. KAPETSKY, et al., 1991; PARKER, et al., 1998; SCOTT, et al., 2001; SCOTT, et al., 2002 e ABDULLAH, 2008) enquanto “seleção de áreas” e “caracterização de áreas” são abordados, nesta ordem, em 18 e 16 artigos (**Figura 29**). O objetivo que mais aparece é “selecionar áreas” (ex. BEVERIDGE, 1994; ROSS, 1995; SILVA, 1999; ALARCON, 2001 e VÖLKER, 2008), estando presente em 34 trabalhos, seguido por avaliar o potencial (23) e avaliar áreas (18). E o termo mais empregado na apresentação dos resultados é “adequação” (50).

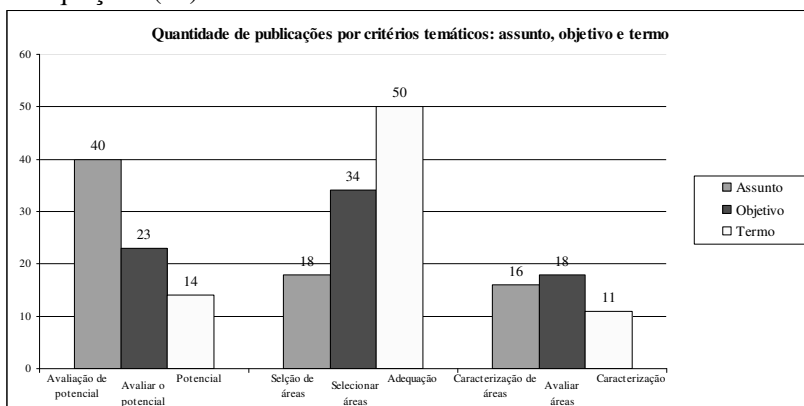
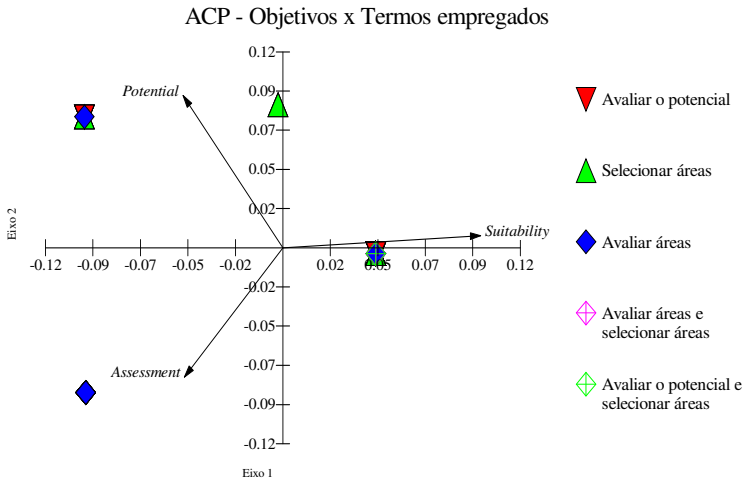


Figura 29: Quantidade de publicações no GisFish por assunto, objetivo e termo empregado nos resultados.

Com base nos conceitos apresentados no Capítulo 1, o resultado desta classificação indica que a definição de objetivos e o emprego dos termos na apresentação dos resultados não possuem um padrão, ou seja, em trabalhos com objetivos iguais os resultados são apresentados utilizando-se termos diferentes. Há casos em que os autores sugerem um objetivo, abordam um assunto diferente e apresentam os resultados utilizando termos inadequados, ora ao assunto abordado, ora ao objetivo, ora a ambos (**Tabela 10**).

Esta variação de interpretação por parte dos autores fica mais evidente quando avaliamos os critérios de classificação através de análise componentes principais - ACP. A **Figura 30** representa o resultado da ACP dos objetivos encontrados nos trabalhos em relação aos termos utilizados. Com esta avaliação esperava-se perceber uma

associação direta do termo “*potential*” (potencial) com o objetivo “avaliar o potencial”; do termo “*suitability*” (adequação) com o objetivo “selecionar áreas”; e do termo “*assessment*” (caracterização) com o objetivo “avaliar áreas”. Mas foi observado que tanto o termo “*potential*” quanto “*suitability*” são utilizados na apresentação de resultados de trabalhos que tem como foco qualquer um dos três objetivos. Isto demonstra que os autores utilizam estes termos, muitas vezes, como sinônimos.



Vector scaling: 0,12

Figura 30: Análise de componentes principais entre os objetivos e termos empregados nos resultados das publicações do GisFish.

Em valores absolutos verifica-se na **Tabela 10**, em verde, a quantidade de artigos que apresentam coerência entre o objetivo e o assunto ou o termo empregado nos resultados, mas isso não significa que estão 100% coerentes. Nesta condição há apenas 5 artigos que conciliam assunto, objetivo e termo em relação ao potencial (KAPETSKY, et al., 1991; PARKER, et al., 1998; SCOTT, et al., 2001; SCOTT, et al., 2002 e ABDULLAH, 2008). Em relação à seleção de áreas são 10 (BEVERIDGE, et al., 1994; ROSS, et al., 1995; SILVA, et al., 1999; MCINTOSH, et al., 2000; SALAM, et al., 2000; ALARCON, et al., 2001; BELTRAME, E., 2003; RADIARTA, et al., 2003; GUNEROGLU, et al., 2005; e VÖLCKER, et al., 2008). E no que se refere à caracterização de áreas, 11 (WIBOWO, et al., 1994; BENETTI, et al., 2001; HASSEN, et al., 2001; AUCKLAND REGIONAL COUNCIL, 2002; DE GRAAF, et al., 2002; GOVERNMENT OF

WESTERN AUSTRALIA, 2002; SIMMS, 2002; CARSWELL, et al., 2006; RIVERO, et al., 2006; XU, et al., 2006; e FREITAS, et al., 2008). E em vermelho estão quantificados aqueles em que os objetivos, assuntos e termos se misturam.

Tabela 10: Quantidade de artigos por objetivo, assunto e termo empregado.

Objetivo	Avaliação de potencial	Seleção de áreas	Caracterização de áreas	Potencial	Adequação	Caracterização
Avaliar o potencial (23)	13	8	2	6	17	0
Selecionar áreas (34)	23	11	2	7	30	0
Avaliar áreas (18)	6	0	13	1	6	11

Dos 23 artigos com objetivo de “avaliar o potencial”, 13 estão de acordo com o assunto e 6 utilizam o termo correto. Por outro lado, 8 tratam de “seleção de áreas” (ex. ROSS, et al., 1993; CORDEL, et.al., 1998 e BAKELAAR, et al., 2008), 2 de “caracterização de áreas” (KAPETSKY, et al., 2007 e KAPETSKY, et al., 2008) e 17 utilizam o termo “adequação” na apresentação dos resultados (ex. ALI, et al., 1991, AGUILAR-MAJARREZ, et al., 1993; AGUILAR-MAJARREZ, et al., 1998, GIAP, et.al, 2003; e VÔLKER, et al., 2008).

Há 34 artigos com objetivo de “selecionar áreas” dos quais 11 abordam o assunto e 30 empregam o termo correto na apresentação dos resultados. Já 23 tratam de “avaliação de potencial” (ex. MEADEN, 1987; PAW, et al. 1992; MEADEN, 1999; PEREZ, et al., 2003; e SHEPHERD, 2009), 2 de “caracterização de áreas” (KAPETSKY, et al., 1998; e ARNOLD, et al., 2000) e 7 utilizam o termo “potencial” (ex. PAW, et al., 1992; MEADEN, 1999; ALARCON, et al., 2001; e HUNTER, et al., 2007).

Dos 18 artigos que objetivam avaliar áreas apenas 6 não estão de acordo com o assunto (KAPETSKY, et al., 1988; GORDON, et al., 1991; SALAM, et al., 2002; VAN BRAKEL, et al., 2003; PAVASOVIC, 2004; e SALAM, et al., 2005) e 7 utilizam o termo inadequado, os 6 anteriores mais Perez, et al. (2003).

Estas análises nos mostram que grande parte das diferenças ocorre entre avaliação de potencial e seleção de áreas e no emprego dos termos “potencial” e “adequação”. Isso indica a necessidade de um aprofundamento nas discussões a respeito do uso padronizado destes termos dentro das possibilidades de uso do SIG para aquicultura.

2.3.2 Classificação temática dos artigos do GisFish segundo a forma de aquicultura e aplicação

Em relação ao ambiente nos quais os trabalhos foram realizados existe bastante equilíbrio. São 31 artigos sobre o ambiente marinho, 27 costeiro e 24 interior (**Figura 31**). Esta classificação é apenas descritiva e não foi encontrada nenhuma relação direta entre os ambientes estudados e os objetivos, assuntos e termos empregados, ou seja, em todos os ambientes são realizados trabalhos de avaliação de potencial, seleção de áreas e caracterização de áreas e a definição dos objetivos e emprego dos termos independe do ambiente.

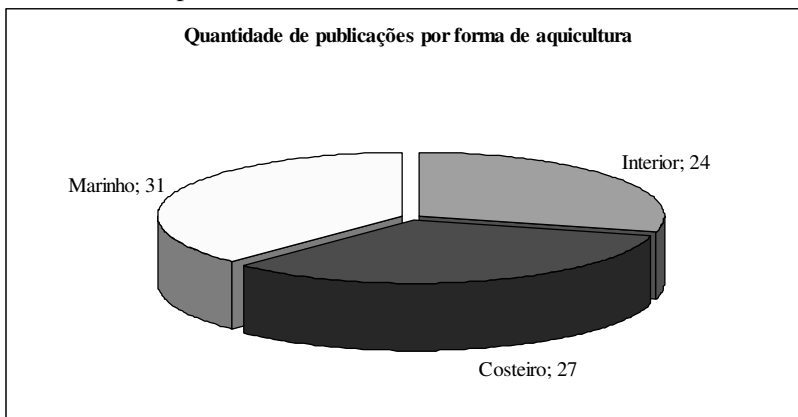


Figura 31: Quantidade de publicações por ambiente.

Em relação à aplicação, cerca de 91% dos trabalhos são de pesquisa ou relatórios técnicos e apenas 9% foram implementados através de sistemas de apoio à decisão ou políticas públicas (**Figura 32**). Esta diferença pode ser explicada pelo fato de que o uso de SIG em aquicultura é recente e por isso vem sendo experimentado em diversas áreas através da pesquisa.

As iniciativas de implementação da ferramenta como meio de suporte à decisão são posteriores a 2000 (SCOTT, et al., 2002; RIVERO, et al., 2006 e BAKELAAR, et al., 2008). O mesmo ocorre com as políticas públicas (AUCKLAND REGIONAL COUNCIL, 2002; GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA, 2002; CENTER FOR COASTAL RESOURCES MANAGEMENT, 2007).

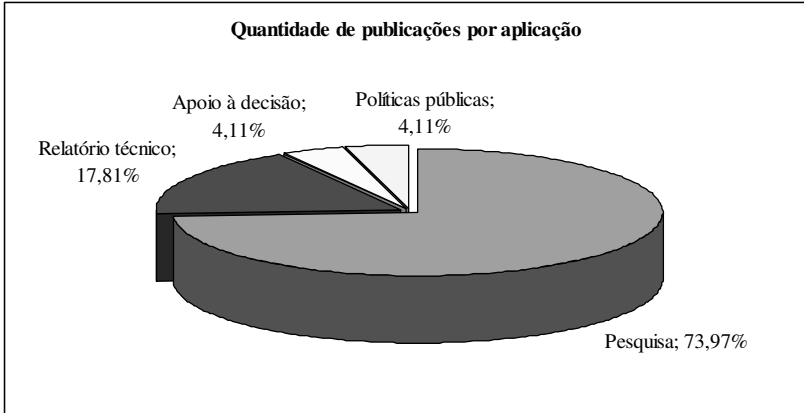


Figura 32: Quantidade de publicações por aplicação.

2.3.3 Classificação metodológica dos artigos do GisFish segundo o modelo de dados e as técnicas de análise

Para as análises em relação à classificação metodológica dos artigos foram utilizados apenas aqueles que tratavam de avaliação de potencial ou seleção de áreas, visto que estes assuntos necessitam da aplicação de técnicas de análise espacial e AMC, que exigem modelagem dos dados e modelagem conceitual para o processo de decisão. Assim foram selecionados 37 artigos que tratam de avaliação de potencial e 15 de seleção de áreas, totalizando 52.

Em relação ao modelo de dados foram observados 47 trabalhos que utilizaram dados matriciais nas análises e apenas 6 que estruturaram seus modelos sobre vetores. Há um caso onde ambos os modelos foram utilizados, por isso a soma dos casos dá 53. O número bem maior de abordagens matriciais chama atenção visto que Malkzewsky (2006) percebeu um equilíbrio, em porcentagem, de quase 50-50, ou seja, metade dos trabalhos que ele avaliou se baseou em análises matriciais e metade em vetores. A explicação para esta diferença está no fato de que muitas análises em aquicultura são feitas em ambiente aquático, e neste tipo de ambiente é comum o uso de estimadores espaciais (interpoladores) para gerar as superfícies contínuas de dados necessárias às análises. E isto é feito habitualmente de forma matricial. Como Malkzewsky (2006) não focou seu trabalho em aquicultura, mas em GIS e AMC, seu universo amostral não apresentou esta tendência, pois abrangeu também áreas em ambiente terrestre.

Na **Tabela 11** são apresentados os resultados da avaliação dos artigos de acordo com as técnicas de análise utilizadas. É comum o uso

de técnicas combinadas e um mesmo artigo pode estar classificado em mais de uma, por isso a soma da quantidade de artigo é superior a 52, o mesmo ocorrendo com as porcentagens. A soma ponderada é a de maior representação e foi empregada em 47 trabalhos. Malkzewsky (2006) também identificou esta tendência, mas em proporções menores. Nesta técnica é preciso definir pesos dos fatores e critérios, e isso pode ser feito, entre outras formas, através uso do AHP, que aparece em 15 artigos. A álgebra booleana é uma outra técnica também bastante comum em SIG, e foi aplicada em 14 casos. Segundo Malkzewsky (op. cit.) é comum o uso das operações booleanas juntamente com soma ponderada, mas isso foi verificado em apenas 9 artigos.

O emprego da soma ponderada, segundo Malkzewsky (op. cit.) aparece em grande número devido à sua facilidade de uso em ambiente SIG, seja através de álgebra de mapas ou modelagem. Mas não é só isso, quando os modelos em SIG constituem-se de um grande número de fatores e critérios, a avaliação através de operadores booleanos torna-se difícil em função da grande quantidade de combinações resultantes, principalmente das operações de união e intersecção. Neste caso a soma ponderada é mais indicada, pois os resultados são expressos através de índices. Álgebra booleana é melhor aplicada na análise de fatores de conformidade, para criar máscaras, delimitar áreas selecionadas ou quando é necessário avaliar, de forma descritiva, o resultado das combinações de poucos descritores.

Tabela 11: Quantidade de artigos por técnica de análise.

Técnica de análise	Quantidade (52)	Porcentagem
Soma ponderada	47	90,38%
AHP	15	28,85%
Booleana	14	26,92%
MOLA	5	9,62%

2.3.4 Classificação metodológica dos artigos do GisFish segundo o processo de tomada de decisão e a condição de incerteza

Outra avaliação importante refere-se à forma como é construído o modelo de tomada de decisão, se individualmente, com base em referências ou de forma participativa. A dificuldade está na obtenção desta informação. Dos 52 artigos sobre avaliação de potencial e seleção de áreas, somente em 11 foi possível identificar a forma como o modelo de integração dos dados foi construído no SIG. A maioria apenas indica a técnica utilizada, os fatores e critérios e os respectivos pesos, mas a forma de geração e atribuição destes pesos não está explícita.

Dos 11, 7 construíram o modelo em grupo, ou seja, os pesos dos fatores e critérios foram discutidos e implementados em consenso por mais de uma pessoa (MEADEN, 1987; AGUILAR-MAJARREZ, 1996; MEADEN, 1999; SCOTT, et al., 2001; SCOTT, et al., 2002; BUITRAGO, et al., 2005; e CENTER FOR COASTAL RESOURCES MANAGEMENT, 2007). Modelos construídos com base em referências bibliográficas foram apresentados em 3 casos (ROSS, et al., 1993; SALAM, et al., 2003; e DU, et al., 2008) e no trabalho de Radiarta, et al. (2008) o modelo foi construído em grupo e com base em referências.

Com esta amostra não é possível afirmar que exista alguma tendência na elaboração dos modelos em relação à forma de construção. Mas é possível identificar a necessidade de que os autores descrevam este processo. Isto é importante porque, como afirmam Freitas e Tagliani (2007), em processos de tomada de decisão que envolvam situações de incerteza existe a possibilidade de que a decisão tomada não seja a melhor, ou por causa da informação insuficiente ou pela abordagem inapropriada. Assim os resultados obtidos através de análises desta natureza em ambiente SIG, não dependem apenas da qualidade dos dados, mas da validade dos julgamentos acerca da integração deles.

Em uma última análise os artigos foram avaliados em relação à condição de incerteza, que segundo Malkzewsky (2006) estão associadas à quantidade e qualidade das informações (conhecimento) existentes sobre a situação de decisão. Se a decisão é feita sob condições de certeza, é considerada uma decisão determinística. Caso as decisões envolvam aspectos desconhecidos ou difíceis de prever, são decisões sob condições de incerteza, ou probabilísticas (difusas). Esta incerteza está relacionada a: (i) informação limitada sobre a situação de decisão, e (ii) imprecisão sobre a descrição do significado semântico dos fatos, fenômenos ou declarações. Além disso, são consideradas também as imprecisões impostas pelos fatores apontados por Couclelis (1996) em relação ao uso de limites para diferenciar características ou impor domínios. Assim, foram identificados 51 trabalhos de natureza determinística e 1 probabilística (FREITAS E TAGLIANI, 2007). Uma tendência parecida foi observada por Malkzewsky (2006), que encontrou uma proporção de 80% - 20% entre os artigos classificados como determinísticos e probabilísticos.

Segundo Malkzewsky (op. cit.) a escolha por modelos determinísticos por parte dos analistas ocorre pela insuficiência de dados ou pela dificuldade em trabalhar a incerteza como um fator. Além disso existe a questão cognitiva, que é apresentada e discutida no Capítulo 1, com base no trabalho de Couclelis (1996). Neste sentido há uma

tendência natural do ser humano a discretizar o espaço e isto se reflete em suas análises. É necessário separar as coisas através de critérios de agrupamento ou exclusão para facilitar o processo de criação de normas que instrumentalizam o controle. Isto faz com que o processo de decisão se torne objetivo e determinístico. Freitas e Tagliani (2007) discutem a existência da incerteza em todo e qualquer processo de tomada de decisão, o que gera riscos associados a uma decisão equivocada. Isto porque os resultados de análises multi-critério em SIG “*dependem não só da distribuição espacial dos atributos, mas também da validade dos julgamentos envolvidos no processo*”, além das limitações em modelar a dinâmica espaço-temporal existente em meios fluidos. Desta forma, apesar da maioria dos autores estar enquadrado em um processo determinístico de decisão, este determinismo está associado ao processo cognitivo de discretização do espaço e à desconsideração sobre as limitações da técnica.

2.3.5 Análise dos critérios e fatores utilizados nos trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas

A análise dos critérios e fatores utilizados nos trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas tem como foco entender quais deles são os mais empregados. Os critérios mais utilizados são ambientais, sócio-econômicos e logísticos que podem ser tratados também como físicos (ambientais) ou de produção (logísticos).

Os fatores que compõem o critério ambiental são:

- Locais de desova
- Indicadores de poluição (metais pesados, hidrocarbonetos, etc.)
- Presença de parasitas e predadores
- Fisiografia
- Substrato marinho
- Aptidão de uso
- Distância da foz
- Parâmetros biológicos da água (bloom de algas, colimetria, produtividade primária, etc.)
- Exposição a ondas e ventos
- Declividade
- Correntes
- Distância das fontes de poluição
- Altimetria
- Batimetria

- Parâmetros meteorológicos e hidrológicos (precipitação, temperatura do ar, vazão, etc.)
- Parâmetros físicos e químicos de solo
- Sensoriamento Remoto (uso do solo e cobertura vegetal)
- Distância dos corpos d'água
- Parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade, pH, OD, turbidez, MPS, MOT, etc.)

Os fatores para o critério sócio-econômico são:

- Aspectos econômicos (valor da terra, produtividade, etc)
- Conflitos com outras atividades
- Aquicultura existente
- Densidade populacional
- Unidades de conservação e legislação
- Distância dos centros urbanos

O critério logístico é composto pelos fatores:

- Distância da praia
- Distância da linha de costa
- Acesso a suporte (informação, assistência técnica)
- Acesso aos insumos/energia
- Distância do acesso viário

Os critérios ambientais apresentam uma frequência de uso de 60,5%, os sócio-econômicos 21,55% e os logísticos 17,92%. Esta frequência corresponde à porcentagem relativa ao somatório das vezes em que os fatores que compõem estes critérios foram utilizados nos trabalhos (**Figura 33**).

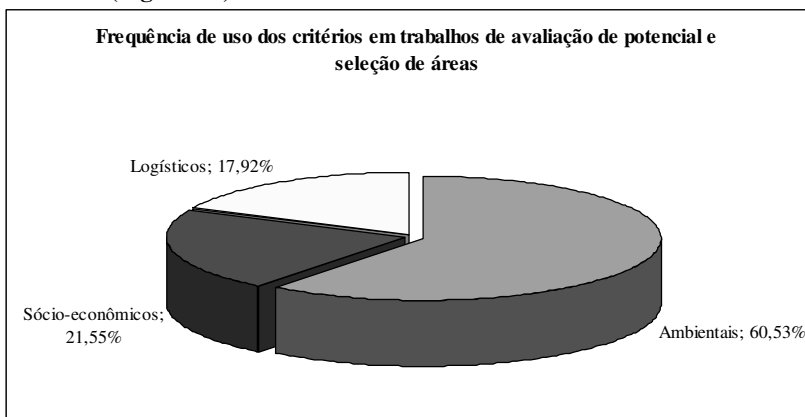


Figura 33: Porcentagem de uso dos critérios em trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas

Na **Tabela 12** é apresentada a quantidade de trabalhos que utilizou cada fator, tendo como amostra os 52 artigos que tratam de avaliação de potencial ou seleção de áreas. Percebe-se que os fatores mais utilizados são parâmetros físico-químicos da água, presentes em 32 trabalhos, distância dos centros urbanos (30), distância do acesso viário (29) e dos corpos d'água (26). Já os fatores presença de parasitas e predadores, indicadores de poluição, locais de desova e distância da praia foram pouco adotados. Estes números representam apenas a quantidade de vezes que o fator foi adotado e não a sua importância (peso) dentro dos modelos.

Tabela 12: Quantidade de trabalhos que utilizam os critérios e fatores para avaliação de potencial e seleção de áreas	
Fatores	Quantidade de trabalhos
Distância da praia	1
Locais de desova	2
Indicadores de poluição (metais pesados, hidrocarbonetos, etc.)	2
Presença de parasitas e predadores	2
Fisiografia	5
Substrato marinho	5
Distância da linha de costa	6
Aptidão de uso	7
Distância da foz	8
Aspectos econômicos (valor da terra, produtividade, etc)	8
Parâmetros biológicos da água (bloom de algas, colimetria, produtividade primária, etc.)	8
Conflitos com outras atividades	10
Aquicultura existente	10
Exposição a ondas e ventos	10
Declividade	12
Correntes	13
Distância das fontes de poluição	14
Acesso a suporte (informação, assistência técnica)	14
Densidade populacional	14
Altimetria	15
Unidades de conservação e legislação	17
Batimetria	18

Parâmetros meteorológicos e hidrológicos (precipitação, temperatura do ar, vazão, etc.)	21
Acesso aos insumos/energia	24
Parâmetros físicos e químicos de solo	25
Sensoriamento Remoto (uso do solo e cobertura vegetal)	25
Distância dos corpos d'água	26
Distância do acesso viário	29
Distância dos centros urbanos	30
Parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade, pH, OD, turbidez, MPS, MOT, etc.)	32

Alguns fatores são específicos de determinados ambientes, como por exemplo os parâmetros físicos e químicos do solo, uso do solo e cobertura vegetal e altimetria, que são utilizados apenas em aquicultura interior e costeira. Ou ainda correntes, substrato marinho e distância da praia que são específicos da maricultura. Com isso é importante que se faça uma avaliação do uso destes parâmetros por ambiente.

Os principais fatores utilizados em todos os ambientes estão representados na **Figura 34**. Os mais representativos são parâmetros físico-químicos da água, distância dos centros urbanos, distância do acesso viário e uso e cobertura do solo através de sensoriamento remoto.

Há apenas um fator exclusivo de aquicultura interior, que é o aspecto econômico relacionado ao valor da terra ou sua produtividade, adotado em 8 trabalhos. Em relação ao ambiente costeiro não há nenhum fator exclusivo. Já a maricultura apresenta 7 fatores exclusivos, com destaque para as correntes marinhas e exposição a ondas e ventos, presentes em 13 e 10 trabalhos respectivamente (**Figura 35**).

A maior quantidade de fatores exclusivos da maricultura se justifica pela diferença entre os ambientes marinho e continental. Já a zona costeira, por ser uma área de transição e não se manter imersa por todo o tempo, possui características de ambos os ambientes e assim compartilha dos mesmos fatores da aquicultura interior e da maricultura.

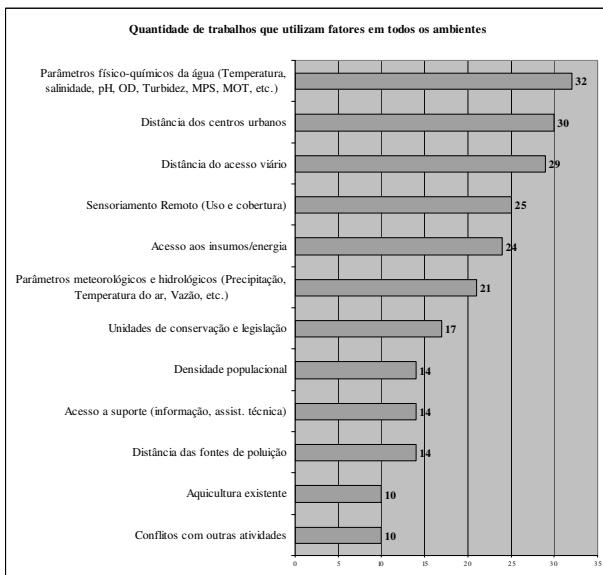


Figura 34: Quantidade de trabalhos que utilizam os fatores em todos os ambientes

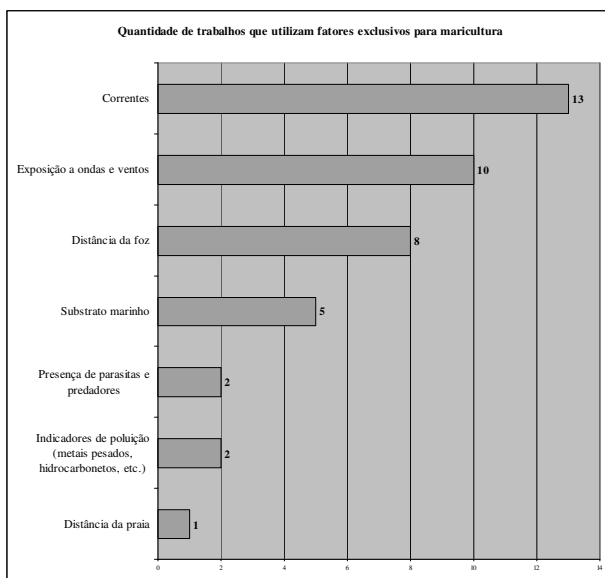


Figura 35: Quantidade de trabalhos que utilizam fatores exclusivos para maricultura

Os fatores utilizados em conjunto exclusivamente pela aquicultura interior e costeira são fisiografia, aptidão de uso, declividade, altimetria, parâmetros físico-químicos do solo e distância dos corpos d'água (**Figura 36**).

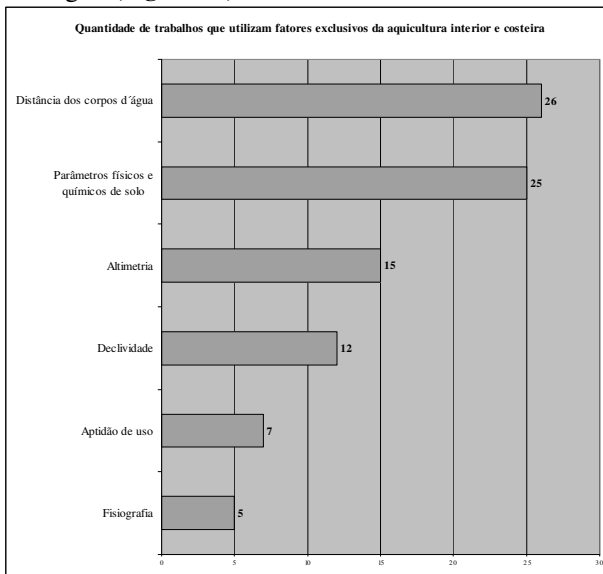


Figura 36: Quantidade de trabalhos que utilizam fatores exclusivos da aquicultura interior e costeira

Já aqueles comuns à aquicultura costeira e maricultura são parâmetros biológicos da água, utilizados em 8 trabalhos e a distância da linha de costa, presente em 6.

Apesar da grande diferença entre os ambientes marinho e continental, a batimetria, presente em 18 artigos, é um fator utilizado tanto na maricultura quanto na aquicultura interior. Neste caso é adotada nos estudos que envolvem grandes lagos para cultivo de peixes de água doce. Outro fator comum entre estes dois ambientes é a localização de áreas de desova, mas com menor representatividade em termos de uso nos trabalhos, sendo citado em apenas 2.

2.4 Conclusão

Neste capítulo foi analisado o “estado da arte” da aplicação de SIG para avaliar o potencial de áreas para aquicultura, selecionar áreas para aquicultura e avaliar áreas de, ou para fins de aquicultura no universo amostral de artigos científicos, estudos de caso e políticas públicas disponibilizados pela FAO até o ano de 2009.

A primeira percepção é de que se trata de um assunto recente dentro de uma perspectiva temporal da ciência e pode ser considerada uma aplicação moderna de tecnologia para auxílio ao processo de gestão da atividade aquícola. Por outro lado deve ser visto com cautela por causa da natureza experimental em que ainda se encontra, visto que são poucos os casos de implementação efetiva como ferramentas de apoio à decisão e políticas públicas, tendo a maior parte dos trabalhos consultados sido desenvolvido no âmbito acadêmico.

Verificaram-se muitas abordagens focadas na aplicação das técnicas de análise espacial e análise multi-critério e na identificação de fatores e critérios, mas não há iniciativas concretas de sistematizar estas técnicas, principalmente alguns conceitos empregados, para que se construam diretrizes conceituais e metodológicas, que possam ser aplicadas de forma uniforme pelos tomadores de decisão.

Os termos caracterização, potencial e adequação são utilizados, em muitos casos, como sinônimos, quando conceitualmente são coisas diferentes. O primeiro está relacionado a um processo descritivo no qual um determinado domínio espaço-temporal é avaliado através de descritores de diversas naturezas. O resultado deste processo são camadas temáticas e modelos numéricos organizados em um SIG, que permitem descrever este domínio espaço-temporal através mapas temáticos construídos a partir de uma ou da combinação de mais camadas. Os descritores utilizados na caracterização podem ser selecionados como fatores de escala ou conformidade nos modelos de avaliação de potencial.

O termo potencial refere-se a um processo comparativo entre as diversas localizações geográficas contidas em um domínio espaço-temporal, conforme alguns critérios e fatores descritivos e/ou mensuráveis, organizados em uma escala numérica ou índice. Estes critérios e fatores formam a base de informações necessária ao processo de tomada de decisão. Neste processo são construídos modelos em SIG que geram como resultado índices que representam o valor de potencial de cada localização em um dado momento. A distribuição espacial destes valores permite comparar os diferentes níveis potenciais naquele domínio espaço-temporal. Possui uma natureza probabilística e contínua e os produtos devem ser utilizados como subsídio ao processo de seleção de áreas.

Já o termo adequação está relacionado à seleção de áreas e deve ser adotado quando o objetivo do trabalho for delimitar áreas para fins de aquíicultura. Estas áreas podem estar normatizadas, como o caso das UMA, ou apenas representarem apropriações aleatórias do domínio

espacial. Neste caso os resultados são determinísticos e devem ser representados através de áreas com limites bem definidos para facilitar o controle dos tomadores de decisão bem como a organização do espaço em termos de possibilidade de apropriação. Esta delimitação pode ser feita sobre resultados de avaliações de áreas e/ou avaliações de potencial.

As técnicas de análise multi-critério em SIG mais empregadas são soma ponderada, em alguns casos com seus pesos atribuídos através de AHP, e álgebra booleana. Ambas são suficientes para implementar modelos de avaliação de potencial e seleção de áreas para aquicultura. Além destas ainda existem outras como MOLA, para análises mais específicas como, por exemplo, na resolução de conflitos entre duas atividades concorrentes por uma mesma área.

Os processos de construção dos modelos em relação à definição dos pesos dos critérios e fatores devem ser cuidadosamente descritos, o que nem sempre ocorre. Deve-se, ainda, dar maior destaque ao detalhamento do processo de tomada de decisão em si. É importante para o leitor entender não só o método de atribuição dos pesos, mas também os aspectos cognitivos que os envolvem. Deve-se apresentar, pelo menos, a forma como o modelo foi construído, se através de decisões pessoais, com base em outros autores ou de processos participativos.

Os critérios mais utilizados são ambientais, sócio-econômicos e logísticos, que podem variar de nome de autor para autor. Estes critérios são adotados para aquicultura nos ambientes interiores, costeiros e marinhos, mas apresentam algumas particularidades em relação a cada um destes ambientes. Os fatores mais empregados nos três ambientes são parâmetros físico-químicos da água, distância dos centros urbanos e dos acessos viários. Isto demonstra a preocupação comum por parte dos modeladores em avaliar a qualidade ambiental do meio de cultivo, a proximidade do mercado consumidor e fornecedores de insumos e a facilidade logística.

Os resultados e discussões deste capítulo, juntamente com os conceitos apresentados no Capítulo 1, constituem a base teórica para o desenvolvimento da parte prática desta tese. No próximo capítulo é apresentado um estudo de caso onde são abordados os aspectos relacionados à aplicação de SIG para gestão da atividade de maricultura sob a ótica da gestão costeira, adequando-se os objetivos, conceitos e técnicas aqui apresentados aos instrumentos de gestão.

2.5 Referências Bibliográficas

ABDULLAH, A. Y. The Use of Geographic Information System (GIS) for the Evaluation of Land Based Fresh Water Fish Farming Potentials in Nigeria. Fourth International Symposium on GIS/Spatial Analysis in Fishery and Aquatic Sciences. **Anais...** p.26-26. Rio de Janeiro: Fishery-Aquatic GIS Research Group, 2008.

AGUILAR-MANJARREZ, J. **Development and evaluation of GIS-based models for planning and management of coastal aquaculture: A case study in Sinaloa, Mexico**, 1996.

AGUILAR-MANJARREZ, J.; NATH, S. S. **A strategic reassessment of fish farming potential in Africa**. (J. Aguilar-Manjarrez & S. S. Nath, Eds.), p.170. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

AGUILAR-MANJARREZ, J.; ROSS, L. G. Aquaculture development and GIS: Construction of a GIS for Tabasco State, Mexico, and the establishment of technical and social decision models for aquaculture development. **Mapping Awareness & GIS in Europe**, v. 7, p. 49-52, 1993.

ALARCON, J.; VILLANUEVA, M. Using Geographic Information Systems as a site selection tool for aquaculture. Aquaculture 2001: Book of Abstracts. **Anais...** . Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2001.

ALI, C. Q.; ROSS, L. G.; BEVERIDGE, M. C. M. Microcomputer spreadsheets for the implementation of geographic information systems in aquaculture: a case study on carp in Pakistan. **Aquaculture**, v. 92, p. 199-205, 1991.

ARNOLD, W. S.; WHITE, M. W.; NORRIS, H. A.; BERRIGAN, M. E. Hard clam (*Mercenaria* spp.) aquaculture in Florida, USA: geographic information system applications to lease site selection. **Aquacultural Engineering**, v. 23, p. 203-231, 2000.

AUSTRALIA, G. O. W. **Site Assessment for Land-based, Temperate Marine Aquaculture, from Shark Bay to South Australian Border, Western Australia**. p.99. Western Australia. Disponível em: <http://www.fish.wa.gov.au/docs/op/op003/fop003.pdf>, 2002.

BAKELAAR, C. N.; GEILING, W. D.; KRALL, G.; CRESSEY, S. Developing a GIS-based decision support tool for identifying potential freshwater aquaculture sites. Fourth International Symposium on GIS/Spatial Analysis in Fishery and Aquatic Sciences. **Anais...** p.117-117. Rio de Janeiro: Fishery-Aquatic GIS Research Group, 2008.

BARROSO, G. F. **Assessing the Potential for Mangrove Oyster Aquaculture in an Estuarine System of the Southeastern Coast of Brazil: A Geographic Information System Approach.** Tese de Doutorado. University of Victoria. Disponível em: https://dspace.library.uvic.ca:8443/dspace/bitstream/1828/648/1/barroso_2004.pdf, 2004.

BELTRAME, E. **Seleção de sítios e planejamento da atividade de cultivo de camarões marinhos com base em geotecnologias.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BENETTI, D. D.; O'HANLON, B.; AYVAZIAN, J.; et al. Site assessment criteria for offshore marine fish cage aquaculture. *Aquaculture 2001: Book of Abstracts. Anais...* . Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2001.

BEVERIDGE, M. C. M.; ROSS, L. G.; MENDOZA, E. A. Geographic Information Systems (GIS) for coastal aquaculture site selection and planning. (K. Koop, Ed.) *Ecology of marine aquaculture*, p. 26-47. Stockholm, 1994.

BUITRAGO, J.; RADA, M.; HERNÁNDEZ, H.; BUITRAGO, E. A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island, Venezuela. **Environmental Management**, v. 35, n. 5, p. 544-556. doi: 10.1007/s00267-004-0087-9, 2005.

CARSWELL, B.; CHEESMAN, S.; ANDERSON, J. The use of spatial analysis for environmental assessment of shellfish aquaculture in Baynes Sound, Vancouver Island, British Columbia, Canada. **Aquaculture**, v. 253, p. 408-414, 2006.

CORDELL, E.; NOLTE, D. Feasibility of using remote sensing to identify the aquaculture potential of coastal waters. Recon Technologies Inc., Bend, Oregon, USA. **Anais...** p.79-79. Vancouver: Aquacult. Int. Congr., 1988.

COUNCIL, A. R. **Mapping Potential Aquaculture Management Areas in the Auckland Region—Stage 2Management.** p.1-37. Auckland, 2002.

GRAAF, G. DE; KAMAL, M.; MARTIN, T.; SCHEPEL, M. Remote Sensing Techniques for Detecting and Mapping Aquaculture Ponds in Bangladesh. **International Symposium on GIS, Remote Sensing and Fisheries, Brighton, UK**, 2002.

DU, N.; YANG, N. S.; SUN, Y. Z. GIS-based evaluation of aquaculture suitability in Henan Province. **Journal of Fishery Sciences of China/Zhongguo Shuichan Kexue**, v. 15, n. 3, p. 476-482, 2008.

FREITAS, D. M. D.; TAGLIANI, P. R. A. Spatial Planning of Shrimp Farming in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil): An Integrated Coastal Management Approach. **Journal of Coastal Research**, v. 47, p. 136-140, 2007.

FREITAS, R. R. D.; HARTMANN, C.; POERSH, L. H. D. S.; TAGLIANI, P. R. A. Integrated coastal zone management: use of Geographical Information Systems as a tool for characterization of sea shrimp farm areas in southern Brazil. Fourth International Symposium on GIS/Spatial Analysis in Fishery and Aquatic Sciences. **Anais...** p.112-112. Rio de Janeiro: Fishery-Aquatic GIS Research Group, 2008.

GIAP, D. H.; YI, Y.; CUONG, N. X.; et al. Application of GIS and Remote Sensing for Assessing Watershed Ponds for Aquaculture Development in Thai Nguyen, Vietnam. Map Asia Conference 2003. **Anais...** p.8. Kuala Lumpur: Malaysian Centre for Remote Sensing (MACRES). Disponível em: <http://gisdevelopment.net/application/nrm/water/overview/pdf/ma03166.pdf>, 2003.

GORDON, C.; KAPETSKY, J. M. **Land use planning for aquaculture: A West African case study** **World Soil Resources Reports (FAO)**. p.109-121. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991.

GUNEROGLU, A.; KOSE, E.; ERUZ, C.; et al. Use of geographic information system (GIS) to select fish cage farming sites in Surmene Bay, Black Sea. **Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh**, v. 57, n. 2, p. 81–89. Disponível em: http://siamb.org.il/uploads/57_2_Guneroglu_abs.doc, 2005.

HASSEN, M. B.; PROU, J. A GIS-based assessment of potential aquacultural nonpoint source loading in an Atlantic bay (France). **Ecological Applications**, v. 11, n. 3, p. 800–814. Eco Soc America. Disponível em: [http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1051-0761\(2001\)011%5B0800:AGBAOP%5D2.0.CO%3B2](http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/1051-0761(2001)011%5B0800:AGBAOP%5D2.0.CO%3B2), 2001.

HOSSAIN, M. S.; CHOWDHURY, S. R.; DAS, N. G.; RAHAMAN, M. M. Multi-criteria evaluation approach to GIS-based land-suitability classification for tilapia farming in Bangladesh. **Aquaculture International**, v. 15, n. 6, p. 425–443. Springer. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/U0P43863502212V7.pdf>, 2007.

HUNTER, D.-C.; TELFER, T. C.; ROSS, L. G. **A G.I.S Framework for the evaluation of aquaculture development in the western isles, Scotland: Optimising site location based on physical environmental parameters and cage engineering design**. p.3. Stirling.

Disponível em: http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/WI_Phys.pdf, 2007.

HUNTER, D.-CLAIRE; TELFER, T. C.; ROSS, L. G.; BIODIVERSITY, A. A **G.I.S Framework for the evaluation of aquaculture development in the western isles, Scotland: Modelling marine biodiversity to support net pen site selection**. p.2. Stirling. Disponível em: http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/WI_Biodiv.pdf, 2007.

KAM, S.; BARTH, H.; PEMSL, D.; KRIESEMER, S. **Recommendation domains for pond aquaculture**. WorldFish ed., p.40. Penang: The WorldFish Center, 2008.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. Geographical Information Systems in aquaculture development and management from 1985 to 2002: an assessment. **Geographical**, p. 1-17. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2004.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. **Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture** (J. M. Kapetsky & J. Aguilar-Manjarrez, Eds.) **FAO Fisheries Technical Paper**. p.140. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. The potential for open ocean aquaculture in Exclusive Economic Zones from global and national perspectives. Fourth International Symposium on GIS/Spatial Analysis in Fishery and Aquatic Sciences. **Anais...** v. 125, p.29-29. Rio de Janeiro: Fishery-Aquatic GIS Research Group, 2008.

KAPETSKY, J. M.; CHAKALALL, B. **A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in the Caribbean Island States** (J. M. Kapetsky & B. Chakalall, Eds.). p.41. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/005/X0332B/X0332B00.htm#TOC>, 1998.

KAPETSKY, J. M.; HILL, J. M.; WORTHY, L. D. A geographical information system for catfish farming development. **Aquaculture**, v. 68, n. 4, p. 311–320. Elsevier Science. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=7639572>, 1988.

KAPETSKY, J. M.; HILL, J. M.; WORTHY, L. D.; EVANS, D. L. Assessing potential for aquaculture development with a geographic information system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 21, n. 4, p. 241–249. Blackwell Publishing Ltd. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/120001072/abstract>, 1990.

KAPETSKY, J. M.; WIJKSTROM, U. N.; M, N. M.; et al. **Where are the best opportunities for fish farming in Ghana? The Ghana Geographic Information System as a decision-making tool for fish farming development.** p.62. Rome, 1991.

KARTHIK, M.; SURI, J.; SAHARAN, N.; BIRADAR, R. S. Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 2, p. 285-302, 2005.

MALCZEWSKI, J. GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p. 703-726. doi: 10.1080/13658810600661508, 2006.

MCINTOSH, D.; BALDWIN, T. K.; FITZSIMMONS, K.; SCIENTIST, A. R. Aquaculture Development Potential in Arizona - A GIS Based Approach. **Environmental Research**, p. 7. Arizona. Disponível em: <http://ag.arizona.edu/OALS/IALC/conference/Case-pdf/Mcin1p1.pdf>, 2000.

MEADEN, G. J. Where should trout farms be in Britain? **Fish Farmer**, v. 10, n. 2, p. 33-35, 1987.

MEADEN, G. J. **Zoning for coastal aquaculture: A report to the ministry of fisheries and aquatic resources development in Sri Lanka.** p.64. Canterbury, 1999.

MOONEYHAN, W. Determining aquaculture development potential via remote sensing and spatial modeling. Applications of remote sensing to aquaculture and inland fisheries. **Report of the ninth UN/FAO international training course in cooperation with the Government of Italy.** FAO Rome RSC Series. v. 27, p.217-247, 1985.

PARKER, M.; BEAL, B.; CONGLETON, W.; PEARCE, B.; MORIN, L. Utilization of GIS and GPS for shellfish growout site selection. **Journal of Shellfish Research**, v. 17, p. 1491-1496. Sheridan Press, 1998.

PAVASOVIC, S. GIS Tool for Site Suitability Analysis: Example of Marine Aquaculture. **Focus**, p. 7. Croatia, 2004.

PAW, J. N.; DIAMANTE, D. A. D.; ROBLES, N. A.; CHUA, T.-E. Site selection for brackishwater aquaculture development and mangroove reforestation in Lingayen Gulf, Philippines using geographic information systems. Canadian Conference on GIS. **Anais...** p.12. Ontario, 1992.

PEREZ, O. M. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and

analysis using GIS. **Aquaculture**, v. 224, n. 1-4, p. 51-68. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00274-0, 2003.

PEREZ, O. M.; TELFER, T. C.; ROSS, L. G. On the calculation of wave climate for offshore cage culture site selection: a case study in Tenerife (Canary Islands). **Aquacultural Engineering**, v. 29, n. 1-2, p. 1-21. doi: 10.1016/S0144-8609(03)00031-1, 2003.

PEREZ, O. M.; TELFER, T. C.; ROSS, L. G. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. **Aquaculture Research**, v. 36, n. 10, p. 946-961. doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.01282.x, 2005.

PÉREZ, O. M.; TELFER, T. C.; ROSS, L. G. **Optimización de la acuicultura marina de jaulas flotantes en Tenerife, Islas Canarias, mediante el uso de modelos basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG)**. p.13. Disponible em: http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/Optim_Tenerife.pdf, 2002.

RADIARTA, I. N.; SAITOH, S.-I.; MIYAZONO, A. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. **Aquaculture**, v. 284, n. 1-4, p. 127-135. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.07.048, 2008.

RADIARTA, I. N.; WARDOYO, S. E.; PRIONO, B.; PRASENO, O. Application of Geographic Information System (GIS) for site selection of mariculture development in Ekas Bay, West Nusa Tenggara. **Journal Penelitian Perikanan Indonesia [J. Penelitian Perikanan Indones.]**, v. 9, n. 1, p. 67-80, 2003.

RAGBIRSINGH, Y.; SOUZA, G. DE. Site Suitability for Aquaculture Development on the Caroni River Basin, Trinidad West Indies Using GIS. Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute. **Anais...** v. 56, p.661-674, 2005.

RIVERO, J. C. M.; ZURITA, C. A.; MOLLINA, R. V.; REY, J. M. G. **El SIG aplicado a la acuicultura marina en el sistema de información aquícola (SIAQUA)**. p.3. Sevilla, 2006.

ROSS, L. G. Spreadsheet-based site selection. **Aquaculture news**, p. 5-5, 1990.

ROSS, L. G.; AGUILAR-MANJARREZ, J. Environmental modelling and management of complex datasets for aquaculture: progress in using GIS by Lindsay G. Ross. **Aquaculture news**, p. 21-24. Stirling, 1995.

ROSS, L. G.; MENDOZA, E. A.; BEVERIDGE, M. C. M. The application of geographical information systems to site selection for

coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. **Aquaculture**, v. 112, p. 165-178, 1993.

SALAM, A. M.; ROSS, L. G. **GIS modelling for aquaculture in South-western Bangladesh: Comparative production scenarios for brackish and freshwater shrimp and fish**. p.1-11. Stirling: Institute of Aquaculture. Disponível em: http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/Bangla_Crab_Shrimp.pdf, 1996.

SALAM, A. M.; ROSS, L. G. Optimizing sites selection for development of shrimp (*Penaeus monodon*) and mud crab (*Scylla serrata*) culture in Southwestern Bangladesh. **Aquaculture**, p. 17. Bangladesh, 2000.

SALAM, A. M.; KHATUN, N.; ALI, M. Carp farming potential in Barhatta Upazilla, Bangladesh: a GIS methodological perspective. **Aquaculture**, v. 245, n. 1-4, p. 75–87. Elsevier. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848604006283>, 2005.

SALAM, A. M.; ROSS, L. G.; BEVERIDGE, M. C. M. **Evaluation of Land Suitability for Crab Culture: A Methodological Study using GISfao.org**. p.7. Stirling. Disponível em: http://www.fao.org/fi/gisfish/cds_upload/1142947688148_Salam_et_al_2002_209.doc, 2002.

SALAM, A. M.; ROSS, L. G.; BEVERIDGE, M. C. M. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modelling. **Aquaculture**, v. 220, n. 1-4, p. 477-494. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00619-1, 2003.

SCOTT, P. C.. **GIS and remote sensing – based models for development of aquaculture and fisheries in the costal zone**. University of Stirling, Institute of Aquaculture, Stirling. Tese de doutorado. 2003. 264p.

SCOTT, P. C.; ROSS, L. G. GIS-based modelling for prediction of coastal aquaculture development potential and production output for Baía de Sepetiba, Brazil. GIS and new advances in integrated coastal management COASTGIS'99. **Anais...** . Brest, 1999.

SCOTT, P. C.; VIANNA, L. F. SIG: Determinação de Áreas Potenciais para a Carcinicultura em Sistema de Informacao Geografica. **Panorama da Aquicultura**, v. 11, n. 63, p. 42–49. Rio de Janeiro, 2001.

SCOTT, P. C.; VIANNA, L. F.; MATHIAS, M. A. C. **A GIS supported diagnostic of Rio de Janeiro aquaculture production chain and its implications for development**. p.11. Rio de Janeiro, 2002.

SCOTT, P. C.; CANSADO, S.; ROSS, L. G. A GIS-assisted mollusc culture potential determination for Sepetiba Bay, Brazil. *GIS Planet* 1998. **Anais...** v. 98, p.7–11. Lisbon, 1998.

SHEPHERD, D. **Assessment of the potential to develop mariculture in Western Australia.** p.1-5. Research Officer Agriculture Western Australia. Disponível em: <http://www.regional.org.au/au/gia/26/842shepherd.htm>, 2009.

SILVA G., C.; OLIVARÍ M., R.; YANY G., G. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. **Investigaciones marinas**, v. 27, p. 93-99. doi: 10.4067/S0717-71781999002700010, 1999.

SIMMS, A. GIS and aquaculture: Assessment of soft-shell clam sites. **Journal of Coastal Conservation**, v. 8, n. 1, p. 35–48. Springer. doi: 10.1652/1400-0350(2002)008, 2002.

BRAKEL, M. L. VAN; MUIR, J. F.; ROSS, L. G. Modelling for aquaculture related development, poverty and needs in the Mekong basin. Proceedings of the 2nd Large Rivers Conference. Phnom Penh. Cambodia. **Anais...** p.1-19. Phnom Penh, 2003.

VIRGINIA. Center for Coastal Resources Management **Shellfish aquaculture vulnerability model.** p.68. Richmond. Retrieved from http://www.deq.virginia.gov/wqs/documents/SHELL_Aquacult_Vulnerabil_APR2008.pdf, 2007.

VÖLCKER, C. M.; SCOTT, P. C. GIS and remote sensing supported aquaculture potential assessment for the lower stretch of the SÃO JOÃO River - RJ, Brazil, 2008.

WIBOWO, A.; HASTUTI S., W.; POPULUS, J.; KARSIDI, A. The application of remote sensing and gis technology for monitoring and site selection of aquaculture ponds on coastal areas. ,1994.

WINDUPRANATA, W. Mariculture site selection based on numerical flow model and GIS for optimal sustainable mariculture development of coastal area. Proceedings of CoastGIS 2006: GIS for the coastal zone: spatial data, modelling and management.y for coastal zone management. **Anais...** p.140-140. Sydney: University of Wollongong, 2006.

WRIGHT, D.J. & BARTLETT, D.J., Eds. 2000, Marine and Coastal Geographical Information Systems, Research Monographs in Geographical Information Science, Taylor and Francis, London. 320 pp.

XU, R.; GAO, T.; WANG, W. The design and application of aquaculture environmental assessment system of Dalian bay based on GIS. **Journal of Dalian Fisheries University/Dalian Shuichan Xueyuan Xuebao**, v. 21, n. 3, p. 268-271, 2006.

ZUÑIGA, S.; ENZO, A.; ANDRÉS, B. Un modelo para localizacion óptima de cultivos acuicolas en estanques: El caso de la region de Atacama – Chile. **Systems Research**. p.12. Coquimbo, 2007.

Capítulo 3 Proposta metodológica para uso de SIG na gestão da aquicultura: Estudo aplicado à maricultura na Baía Sul - Santa Catarina.

3.1 Introdução

Existem diversas iniciativas no uso de SIG para aquicultura, a maioria delas com objetivo de avaliar áreas, avaliar o potencial ou selecionar áreas para aquicultura. Porém estas iniciativas ainda estão muito restritas ao meio acadêmico e científico e poucas foram implementadas como políticas públicas ou sistemas de apoio à decisão.

Em muitos trabalhos aparecem variações entre os objetivos propostos e os termos empregados na apresentação dos resultados, o que pode ser justificado pela natureza experimental da maioria, interpretação conceitual heterogênea e pelo não comprometimento da inserção dos objetivos num processo operacional de gestão da atividade aquícola abordada. Por isso há um grande número de publicações com diversas propostas metodológicas, mas que são pontuais e específicas, seja nos objetivos ou no domínio espaço-temporal em que foram aplicadas.

Neste capítulo busca-se sistematizar as alternativas de aplicação de SIG para aquicultura dentro de uma perspectiva metodológica visando a inserção dos resultados das pesquisas numa concepção prática de gestão costeira, compatibilizando as etapas de aplicação do SIG para aquicultura e os conceitos avaliados com o ZEEC e o PGZC. Esta organização está de acordo com as etapas de gestão da atividade aquícola nas políticas públicas. Também serão considerados alguns aspectos metodológicos fundamentais, como o detalhamento na escolha do domínio espaço-temporal de análise e seus descritores, descrição do processo de construção do modelo de avaliação de potencial, definição clara das etapas de seleção de áreas, adequação dos termos utilizados em cada etapa e/ou objetivo proposto e forma de representação dos resultados.

Estes aspectos estão apresentados através de um estudo de caso que tem como domínio espacial a Baía Sul em Santa Catarina, Brasil e o foco na maricultura praticada em ambientes naturais, independente da espécie a ser cultivada. O referencial metodológico foi desenvolvido por Vianna (2007) para os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM (BRASIL, 2008).

O objetivo principal está focado na discussão sobre o método, ficando o resultado gerado apenas como exemplo para avaliação da sua aplicação. Em outras palavras, diferentemente da maior parte dos trabalhos apresentados no Capítulo 2, o foco principal não é avaliar áreas, avaliar o potencial ou selecionar áreas, mas apresentar uma

estrutura metodológica de atendimento a estes objetivos/etapas numa perspectiva de gestão costeira e discutir as potencialidades e limitações do uso do SIG na aquicultura.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Infra-estrutura

O trabalho foi desenvolvido na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri. Foi utilizada a estrutura de informática e geoprocessamento do Centro de Informações Ambientais e de Hidrometeorologia – Ciram e o apoio dos escritórios locais de extensão rural e pesqueira.

Os softwares de análise estatística, edição de texto, planilhas eletrônicas e o SIG operaram no sistema operacional Windows XP. O servidor, onde se encontram armazenados os dados espaciais e os sistemas gerenciadores, por seu turno, estão em ambiente Linux. Detalhes sobre a configuração dos microcomputadores e servidores encontram-se na **Tabela 13**.

Os programas R, Matlab e MS Excel foram utilizados para as análises estatísticas, construção dos modelos conceituais e das equações de padronização dos dados. Para a definição dos descritores e fatores, construção dos modelos matemáticos e ponderação dos fatores de escala foi utilizado o sistema *Expert Choice*. Para análise exploratória dos dados, análise espacial e implementação dos modelos foi utilizado o ArcGIS 9.3 com as extensões *Spatial Analyst*, *3D Analyst*, *Geostatistical Analyst*, *Waves* e *Maplex*. A base de dados foi estruturada em “*Personal Geodatabase*” e armazenada em ArcSDE x Oracle 10G.

Tabela 13: Descrição dos recursos computacionais utilizados					
Computador	Geo14	Geo15	Geo16	BD-SIGEO	IMS
Sistema Operacional	Windows XP	Windows XP	Windows XP	SUSE LINUX Enterprise Server 9 (x86_64)	SUSE LINUX Enterprise Server 9 (i586)
Disco rígido	120 GB	120 GB	2x160 GB	4x146/SCSI	2x146/SCSI
Memória	2GB	2GB	3GB	5GB	3GB
Monitor	19"	19"	19"	-	-
Função	Entrada e edição de dados no SIG	Entrada e edição de dados no SIG	Estruturação da base de dados no SIG e análise espacial	Armazenamento da base de dados	Servidor de mapas via Internet
SIG	ArcInfo 9.3 + Geostatistical, Spatial, 3D, Waves e Maplex	ArcInfo 9.3 + Geostatistical, Spatial, 3D, Waves e Maplex	ArcInfo 9.3 + Geostatistical, Spatial, 3D, Waves e Maplex	Oracle 10G, ArcSde	ArcIms
Outros	MS Office	MS Office	MS Office, R, Matlab e Expert Choice	-	-

3.2.2 Visão geral do método

A primeira aproximação feita a respeito do método foi a obtenção de uma visão geral, que abrangeu a compatibilização dos instrumentos de gestão da aquicultura aos instrumentos de gestão costeira ZEEC e PGZC, através da sistematização dos objetivos e termos utilizados no uso do SIG para aquicultura (Figura 37).

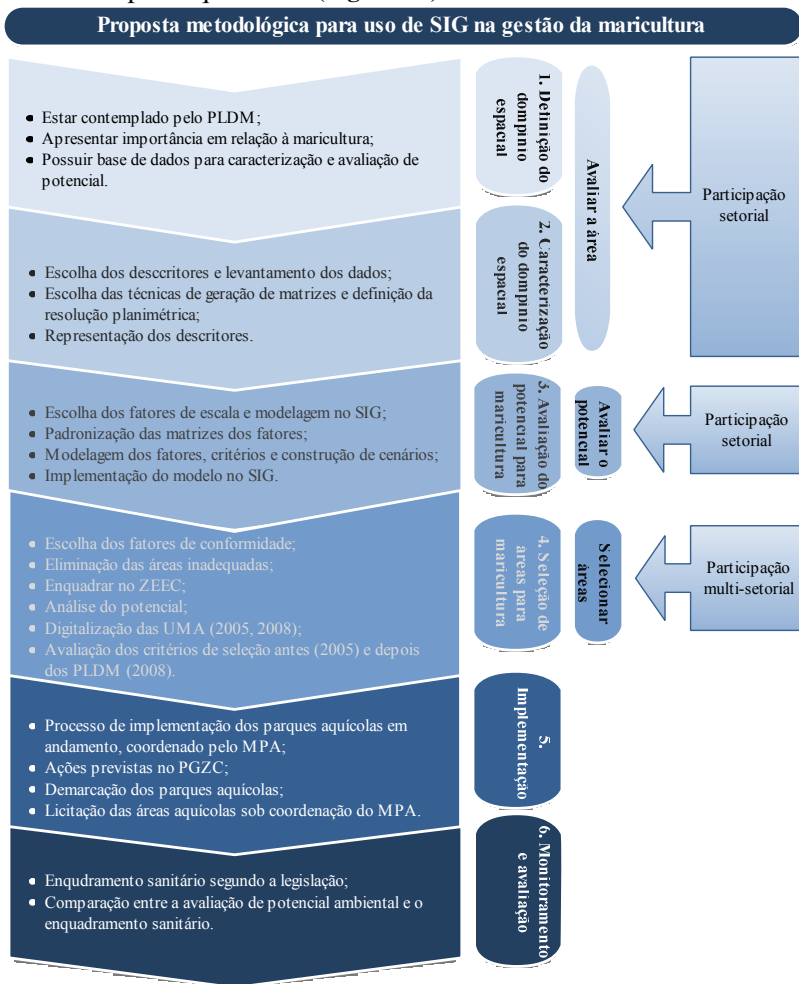


Figura 37: Etapas metodológicas de uso do SIG na gestão da aquicultura.

Apesar de ser um processo onde a participação é um fator de destaque para sua implementação, no âmbito operacional da pesquisa não foram feitos trabalhos direcionados a este aspecto. As questões

participativas foram apropriadas do PLDM (participação setorial) e do GERCO-SC (participação multi-setorial), por apresentarem sincronismo temporal, espacial e temático com a pesquisa. O sincronismo espacial se deu apenas no âmbito da Baía Sul, visto que a abrangência tanto do PLDM quanto do GERCO-SC é estadual. As ações de SIGPP, como escolha de descritores, modelagem de potencial, mapeamento de unidades aquícolas, validação de propostas deste mapeamento e audiências públicas, são referenciadas, em cada etapa, aos planos.

O objetivo das duas primeiras etapas foi avaliar a área. Esta avaliação foi feita através da definição do domínio espacial (área de estudo) e sua caracterização. Uma parceria entre Epagri, UFSC e GERCO-SC permitiu estruturar uma base de dados em SIG, cujos geo-objetos e geo-campos foram utilizados para caracterizar a área. Esta avaliação foi técnica, mas envolveu tanto atores técnicos quanto atores sociais, indiretamente. Isto porque a definição dos descritores foi feita de forma participativa, no âmbito do PLDM e a partir deles foram selecionados os descritores utilizados na pesquisa.

No PLDM os atores técnicos participaram dos níveis de análise e seleção de líderes, definição de parcerias e troca de dados e também acompanhando e opinando nas reuniões de planejamento. Já os atores sociais (técnicos, produtores, pesquisadores e tomadores de decisão) participaram das reuniões, com voz ativa, opinando na definição dos descritores. Esta definição ocorreu em dois workshops, em abril e julho de 2006 (VIANNA, 2007).

A terceira etapa abrangeu os estudos necessários para avaliar o potencial para maricultura. Estes estudos foram elaborados através de técnicas de análise espacial, modelagem, análise multi-critério e representação. Também foi um estágio técnico, definido com base no PLDM e nas publicações avaliadas no Capítulo 2.

Com objetivo de selecionar áreas para maricultura, na etapa seguinte os resultados destes estudos foram associados aos dados pré-existentes do PLDM (BRASIL, 2008) e do GERCO-SC (SANTA CATARINA, 2010). O mapeamento das áreas aquícolas existentes em 2005 e as propostas de parques aquícolas de 2008 foram comparadas aos resultados obtidos na avaliação de potencial e avaliadas segundo sua compatibilização com o ZEEC. Além disso, foi apresentado o processo de discussão pública, acerca das propostas das unidades de mapeamento aquícola, realizado no PLDM com envolvimento da sociedade civil e instituições.

Na quinta etapa foi feita uma breve apresentação das ações do MPA para implementar os parques aquícolas.

Finalmente, os dados do programa de monitoramento executado de 2007 a 2009, no âmbito do PLDM (NOVAES & SOUZA, 2009 e SANTA CATARINA, 2010), foram utilizados para avaliar o resultado do modelo de potencial ambiental.

Neste estudo de caso foram executadas, efetivamente, as etapas 1, 2, 3, 4 e 6 da proposta metodológica. A de número 5 está em andamento, sob responsabilidade do MPA.

3.2.3 Estudo de caso: Aplicação do método na Baía Sul.

Neste estudo de caso cada etapa foi implementada de acordo com os objetivos de aplicação do SIG para aquicultura. As duas primeiras corresponderam ao objetivo de “avaliar áreas”, na qual foi definido o domínio espacial de análise, identificados os descritores, estruturada a base de dados e definida a forma de representação de cada descritor. A avaliação da área foi feita através da caracterização de cada descritor. A identificação dos descritores e estruturação da base de dados foi feita com base nos trabalhos de Vianna (2007) e Brasil (2008).

A etapa 3 correspondeu ao objetivo de “avaliar o potencial de áreas para aquicultura”, no qual foi construído um modelo utilizando fatores de escala integrados através da técnica de análise multi-critério AHP. Estes fatores foram selecionados e modelados conforme Vianna (2007) e os trabalhos avaliados no Capítulo 2.

A etapa 4 correspondeu ao objetivo de “selecionar áreas para aquicultura”. As áreas aquícolas existentes em 2005 e os parques aquícolas propostos pelo PLDM em 2008 foram sobrepostos ao resultado do modelo de avaliação de potencial. Foram feitas estatísticas por zona para identificar, em cada unidade de mapeamento aquícola, os valores potenciais obtidos. Estas unidades de mapeamento foram também comparadas à legislação vigente e ao ZEEC, para verificar suas compatibilidades.

A etapa 5 não teve nenhuma ação direta nesta pesquisa, mas no âmbito do PLDM o SIG foi utilizado para auxiliar a Marinha do Brasil nas vistorias dos parques aquícolas em campo (NOVAES, et. al. 2010).

A etapa 6 não está diretamente relacionado a nenhum dos três objetivos da aplicação de SIG para aquicultura discutidos neste trabalho, visto que entre as referências pesquisadas nenhuma objetivava monitorar cultivos marinhos, mas é nela que se avalia o resultado da análise do potencial e da seleção das áreas. Para esta avaliação foram utilizados dados de 10 pontos de monitoramento do projeto “Controle Higiênico Sanitário de Moluscos Bivalves no Litoral de Santa Catarina” na Baía Sul (SANTA CATARINA, 2010), cruzados com a matriz de potencial ambiental.

3.3 Etapas 1 e 2: Definição do domínio espacial e caracterização da área.

3.3.1 Critérios de escolha do domínio espacial.

Para definir a área de abrangência de uma política de gestão aquícola é preciso considerar aspectos sociais, econômicos, políticos e técnicos, mesmo que estes não sejam avaliados através do SIG. Assim, para escolher o domínio espacial é importante:

- Avaliar a pertinência político-administrativa e a viabilidade física mínima do domínio espacial;
- Avaliar a concorrência e/ou compatibilização com outras políticas públicas setoriais;
- Avaliar o histórico de uso e ocupação do domínio espacial pelos diversos setores da economia;
- Avaliar o interesse social e político na implementação da política pública;
- Avaliar, dentre os projetos existentes para o mesmo domínio espacial, quais são as prioridades, e;
- Avaliar a necessidade na obtenção de dados para executar todas as etapas dos instrumentos de gestão.

Todos estes aspectos foram avaliados de forma integrada e compuseram os critérios de seleção do domínio espacial. Objetivamente a tendência é que a pertinência político-administrativa tenha um peso maior, visto que qualquer política pública deve ser elaborada sob algum tipo de jurisdição, mesmo que internacional. Assim sendo, o domínio espacial sempre estará associado a, pelo menos, uma unidade administrativa, seja um país, um estado, um município, uma província, etc. Da mesma forma, existem fatores mínimos de viabilidade que devem ser considerados, mesmo que sem uma análise técnica. Um exemplo está na maricultura, que só pode ocorrer no mar, embora existam autores que considerem a carcicultura em tanques escavados como atividade de maricultura. Ou na aquíicultura interior, que depende de recursos hídricos abundantes e de qualidade para o seu desenvolvimento. Com isso dificilmente serão escolhidos domínios espaciais no interior, para projetos de maricultura, ou áreas sem acesso à água, para aquíicultura interior. Além destes, há outros aspectos sociais, econômicos, políticos e técnicos que influenciam a definição do domínio espacial, mas são inerentes a cada caso.

3.3.2 Definição do domínio espacial.

Para definir o domínio espacial desta pesquisa foram considerados três aspectos principais: (i) estar contemplado pelo PLDM;

(ii) apresentar importância em relação a maricultura; e (iii) possuir uma base de dados que permitisse executar os estágios de avaliação da área, avaliação do potencial e seleção das áreas, sem que fossem necessários levantamentos de campo complementares.

Em relação ao PLDM, em 2008 a SEAP/PR (BRASIL, 2008), publicou os relatórios referentes ao estado e municípios contemplados no projeto. Trata-se de um conjunto de relatórios técnicos sobre o estado da arte da maricultura em cada município e um estudo detalhado do potencial para produção de organismos marinhos na costa de Santa Catarina. Os municípios situados no entorno da Baía Sul foram contemplados neste trabalho, o que os insere nesta política pública.

A importância em relação à maricultura foi detalhada por Neto (2005). Segundo ele, naquele ano haviam 786 maricultores em Santa Catarina, cultivando mexilhões e ostras no trecho litorâneo que vai de Garopaba a São Francisco do Sul. Este trecho corresponde a aproximadamente metade de todo o litoral do estado, porém a produção se concentra em locais de destaque, seja por suas condições favoráveis ao cultivo ou pelos incentivos fornecidos pelo Estado na década de 90. Com relação aos mexilhões, destacam-se os municípios de Palhoça, Penha, Gov. Celso Ramos e Bombinhas, que juntos foram responsáveis, em 2004, por 78,56% da produção em Santa Catarina. Já as ostras tiveram 89,3% da produção oriunda dos municípios de Florianópolis e Palhoça, limítrofes com a Baía Sul. Sendo assim, a Baía Sul é um dos locais de maior concentração de produção de moluscos marinhos, pois é rodeada pelos dois maiores municípios produtores do estado, Florianópolis e Palhoça.

Em relação à base de dados o PLDM proveu um banco de dados georreferenciados para o estado no qual foram compiladas bases cartográficas (planimetria, altimetria e batimetria) e dados primários e secundários de diversas instituições. Silva (2002) fez a caracterização oceanográfico-sedimentar da Baía Sul, com base em 36 estações onde foram levantados 13 descritores ambientais. Bonetti et al (2007) fizeram uma caracterização sedimentar e geoquímica das baías Norte e Sul com ênfase na avaliação da influência de áreas de cultivo de moluscos. Rodrigues (2007) fez um diagnóstico da malacocultura do Estado e coletou dados físico-químicos e biológicos (colimetria e fitoplâncton) em toda a costa. Ramos (2007) fez um monitoramento bacteriológico da água e carne de ostra em cultivos na Baía Sul e a Epagri fez o monitoramento de dez parques aquícolas (NOVAES & SOUZA, 2009 e SANTA CATARINA, 2009).

Desta forma, por estar contemplado pelo PLDM, possuir importância para a maricultura e um volume de dados suficiente para o trabalho, foi escolhido como domínio espacial a Baía Sul em Santa Catarina (Figura 38).

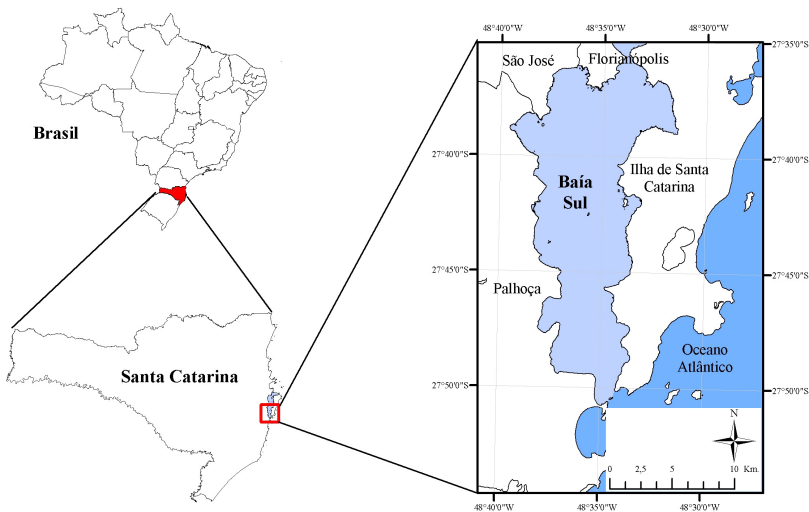


Figura 38: Domínio espacial – Baía Sul, Santa Catarina.

3.3.3 Avaliação da área

Na segunda etapa de avaliação, a caracterização do domínio espacial escolhido foi feita baseada em descritores de natureza ambiental, sócio-econômica e logística. A escolha destes descritores considerou que eles permitiriam uma caracterização a partir dos aspectos mais relevantes daquele domínio espacial, para garantir a confiabilidade dos resultados das análises nos estágios seguintes.

Parte dos descritores foram escolhidos com base no PLDM, onde a seleção foi feita de forma participativa, através de reuniões de trabalho entre pesquisadores, técnicos, produtores e tomadores de decisão. Outra parte foi escolhida com base nos trabalhos avaliados no Capítulo 2.

3.3.3.1 Escolha dos descritores e levantamento de dados.

Dentro do contexto do PLDM foi organizada, em 25 e 26 de abril de 2006, uma reunião de trabalho da qual participaram 18 profissionais de formações diversas, representando 8 instituições: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI; Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP-PR; Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI; Secretaria de Estado do Desenvolvimento

Sustentável de Santa Catarina – SDS; Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL; Fazenda Marinha Atlântico Sul – FMAS e Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Foi uma reunião técnica e setorial cujo objetivo foi construir um método de análise espacial e representação e aplicá-lo, através de um SIG, para auxiliar no processo de setorização dos parques aquícolas de Santa Catarina. O domínio espacial de abrangência do projeto foi a costa do Estado de Santa Catarina, de Itapoá a Jaguaruna, com destaque para os municípios: Itapoá, São Francisco do Sul, Balneário Barra do Sul, Penha, Balneário Camboriú, Itapema, Porto Belo, Bombinhas, Governador Celso Ramos, São José, Biguaçu, Florianópolis, Palhoça, Laguna e Jaguaruna (BRASIL, 2008).

O trabalho foi dividido em dois momentos. No primeiro foram identificados e definidos os descritores, fatores de escala e fatores de conformidade. No segundo foi construído o modelo de avaliação de potencial, conforme descrito no item específico mais adiante.

Através de um “*brainstorm*” o grupo identificou a necessidade de avaliar 108 descritores que foram agrupados em ambientais (46), sócio-econômicos (17), produção/logística (21), bioecológicos (9) e legais (15) (VIANNA, 2007). Este seria o cenário ideal de avaliação se a obtenção dos mesmos fosse viável e se todos possuíssem efetiva expressão para representação espacial. Foram então adotados critérios para selecionar aqueles que pudessem ser obtidos em todo o domínio espacial do projeto. Discutiu-se sobre as reais possibilidades de acesso aos dados representativos destes descritores, analisando a existência, disponibilidade, abrangência espacial e periodicidade de coleta. Percebeu-se que de 108, apenas 37 atendiam a estes critérios, uma vez que os demais ainda não haviam sido coletados, não estavam disponíveis, apresentavam distribuição espacial restrita, não possuíam periodicidade ou utilizavam metodologias distintas de coleta, isto é, não apresentavam uniformidade espacial, temporal ou metodológica. Assim foram selecionados, para o PLDM, 13 descritores ambientais, 7 sócio-econômicos, 13 logísticos, 2 bioecológicos e 2 legais (**Tabela 14**).

Tabela 14: Descritores selecionados para o PLDM de Santa Catarina

Fonte: Brasil (2008)

Ambientais	Hidrodinâmicos	Pista de ventos médios
		Regime de ondas
		Correntes residuais meteorológicas
		Correntes residuais astronômicas
	Fisiográficos	Grau de confinamento
		Batimetria

	Poluição	Vazão fluvial
		Drenagem pluvial urbana
		Drenagem pluvial não urbana
		Potencial poluidor grande
		Potencial poluidor médio
		Potencial poluidor pequeno
		Agrotóxicos
Sócio-econômicos	Sócio-econômicos (conflitos)	Fundeadouros
		Pesca
		Navegação
		Mergulho
		Surf
		Balneários
		Marinas
Logísticos	Infra-estrutura	Sistema viário
		Aeroportos
		Acesso à praia
		Acesso à informação
	Mercado	Centros consumidores
		Indústrias de beneficiamento
	Produção	Áreas pré-existentes
		Densidade de áreas
		Insumos básicos
		Sementes de ostras
		Sementes de mexilhões
	Avarias	Áreas de sombra
		Pista de ventos extremos
Bioecológicos	Bioecológicos	Bancos naturais de ostras
		Bancos naturais de mexilhões
Legais	Legislação	Unidades de conservação
		Instrução Normativa IBAMA nº 105/2006 (BRASIL, 2006)

A seleção dos descritores e fatores no âmbito do PLDM considerou um domínio espacial maior e com características diferentes daquele adotado nesta pesquisa. A Baía Sul, localizada no litoral centro-sul do Estado de Santa Catarina, é 7,5 vezes menor, em área e 13,5 vezes menor, em perímetro que a região de abrangência do PLDM (BRASIL, 2008), além de estar circundada por apenas três municípios (Florianópolis, São José e Palhoça) (**Figura 38**). A Baía Sul também possui um volume de dados e informações oriundos de trabalhos acadêmicos que supera aqueles utilizados no PLDM. Com isso, julgou-

se necessário fazer uma nova seleção de descritores para este estudo de caso.

Com base na análise feita no Capítulo 2 sobre os critérios e fatores mais utilizados nos trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas para aquicultura (**Figura 34**) percebeu-se a necessidade de incluir, entre os parâmetros ambientais, descritores físico-químicos de qualidade de água e sedimentológicos. Silva (2002) utilizou descritores oceanográfico-sedimentares para identificar sub-ambientes na Baía Sul (**Tabela 15**).

Tabela 15: Descritores selecionados por Silva (2002)		
Ambientais	Físico-químicos	Temperatura
		Salinidade
		Oxigênio dissolvido - OD
		pH
		Turbidez
	Sedimentológicos	Textura
		Matéria orgânica
		Carbonato biodetrítico
		Razão Carbono/Enxofre – C/S

Entre os 37 descritores selecionados no PLDM e aqueles levantados por Silva (2002), foram escolhidos 26 descritores para avaliar a Baía Sul, sendo: 16 Ambientais; 4 Sócio-econômicos; 4 Logísticos e 2 Legais (**Tabela 16**).

Tabela 16: Descritores selecionados para avaliar a Baía Sul para fins de maricultura.		
Ambientais	Hidrodinâmicos	Pista de ventos médios
		Regime de ondas
		Correntes residuais meteorológicas
		Correntes residuais astronômicas
	Fisiográficos	Batimetria
	Poluição	Influência fluvial
		Influência pluvial
	Físico-químicos	Temperatura
		Salinidade
		Oxigênio dissolvido - OD
		pH
		Turbidez
	Sedimentológicos	Textura
		Matéria orgânica
		Razão Carbono/Enxofre – C/S
		Carbonato biodetrítico

Sócio-econômicos	Conflitos	Distância dos fundeadouros
		Distância das áreas de pesca
		Distância das rotas de navegação
		Distância das marinas
Logísticos	Infra-estrutura	Acesso ao sistema viário
		Acesso à praia
	Produção	Densidade de áreas
	Avarias	Pista de ventos extremos
Legais	Legislação	Unidades de conservação
		Instrução Normativa IBAMA nº 105/2006 (BRASIL, 2006)

3.3.3.2 Base de dados

A base com os dados necessários para modelar os descritores selecionados, no SIG, foi estruturada a partir do trabalho feito por Vianna (2007) e dos dados publicados e disponibilizados no PLDM (BRASIL, 2008), acrescentados dos dados ambientais de Silva (2002). A escala de trabalho adotada foi 1:50.000. A lista com os dados que compõe esta base está apresentada na (Tabela 17).

Os dados de batimetria foram fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) em arquivos texto com coordenadas X, Y, Z, onde X e Y representam a localização do ponto batimétrico e Z a profundidade. Foram utilizados os pontos das Cartas Náuticas 1902, 1904, 1905, 1906 e 1910.

A base cartográfica contendo os dados planialtimétricos oficiais em escala 1:50.000 foram obtidos das cartas do IBGE SG-22-Z-D-V-4 – Florianópolis e SG-22-Z-D-V-2 – Paulo Lopes, disponíveis na Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina²⁵.

As imagens do satélite Quickbird foram adquiridas pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – FUNDAGRO através do convênio com a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República – SEAP/PR para execução do PLDM em Santa Catarina. Para a Baía Sul foram utilizadas 7 cenas: Quatro do litoral continental de 3/1/2004; e três do litoral insular de 19/9/2004. Cada cena cobriu uma área de 2km partindo da linha de costa para o interior e 1km para o mar.

O modelo digital de elevação foi obtido na página da Shuttle Radar Topographic Mission – SRTM²⁶

²⁵ <http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>

²⁶ <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>

Os dados do Levantamento Agropecuário Catarinense, utilizados para avaliar o uso de agrotóxicos nas bacias que drenam para a Baía Sul, foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri para a execução do PLDM.

A base com a divisão hidrográfica das bacias da Vertente Atlântica foi gerada pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS e está disponível na página da mapoteca topográfica digital da Epagri²⁷.

As áreas aquícolas anteriores ao PLDM foram digitalizados com base no trabalho de Neto (2005). Sua conferência foi feita através da digitalização das áreas de cultivo identificadas nas imagens Quickbird.

Os pontos com dados de correntes residuais astronômicas e meteorológicas foram digitalizados a partir dos mapas gerados pelo modelo hidrodinâmico implementado por Prudêncio (2003).

Os dados meteorológicos da estação de São José para o intervalo de 1/01/2000 a 31/12/2006 foram fornecidos pela Epagri/Ciram²⁸.

Os dados de potencial poluidor foram fornecidos pela Epagri.

A localização das estações de coleta e os dados dos parâmetros físico-químicos e sedimentológicos foram levantados por Silva (2002) e fornecidos pelo Laboratório de Oceanografia Costeira – LOC da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os dados de qualidade de água e carne nos cultivos foram obtidos do monitoramento de áreas de produção de moluscos feito por Moraes e Souza (2009) e através do projeto “Controle Higiênico Sanitário de Moluscos Bivalves no Litoral de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 2010).

²⁷ <http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>

²⁸ http://apps.ciram.com.br/baseweb/jsp/Qualidade/monitoramento/map_monitoramento_portal.jsp?tipo=3&estado=SC

Tabela 17: Base de dados				
Dado	Escala	Fonte	Identificação	Data
Batimetria	1:100.928	DHN	1902	2003
Batimetria	1:49.918	DHN	1904	1977
Batimetria	1:12.600	DHN	1905	1977
Batimetria	1:30.000	DHN	1906	-
Batimetria	1:100.211	DHN	1910	2004
Batimetria	-	Suplicy (2004)	1	2004
Base cartográfica	1:50.000	Epagri / IBGE	SG-22-Z-D-V-4	
Base cartográfica	1:50.000	Epagri / IBGE	SG-22-Z-D-V-2	
Imagem Quickbird	1:50.000	Fundagro / SDS / GERCO	-	2003 a 2005
MDE	1:50.000	SRTM	-	2005
LAC	1:50.000	Epagri	-	2003
Divisão hidrográfica	1:50.000	SDS	-	2006
Parques aquícolas	-	Neto (2005)	-	2005
Correntes residuais astronômicas e meteorológicas	-	Prudêncio (2003)	-	2003
Meteorológicos	-	Epagri	-	2000 a 2006
Atividades potencialmente poluidoras	-	Epagri	-	2006
Aeroportos	-	INFRAERO	-	2006
Físico-químicos e sedimentológicos	-	Silva (2002)	-	2002
Qualidade de água e carne nos cultivos	-	Moraes e Souza (2009)		2009
Qualidade de água e carne nos cultivos		Epagri		2010

3.3.3.3 Escolha das técnicas de geração de matrizes e definição da resolução planimétrica das matrizes

Todo o processo, desde a caracterização do domínio espacial até a seleção das áreas foi feito utilizando-se dados matriciais, gerados através de análise espacial e processos de interpolação. Assim foi importante definir a resolução planimétrica e as técnicas de geração de matrizes mais indicadas a cada descritor. Entre os dados brutos algumas matrizes apresentaram resolução planimétrica diferente. As imagens Quickbird e o MDE, por exemplo, possuem resolução de 0,6m e 90m, respectivamente, mas ambas foram utilizadas para análises em ambiente terrestre (bacias hidrográficas) e de transição (linha de costa). Para o ambiente marinho foi necessário definir a melhor resolução que atendesse tanto à escala de trabalho (1:50.000) quanto às condições de processamento e qualidade visual dos produtos.

Constanza e Maxwell (1994) analisaram a relação entre a resolução planimétrica (tamanho do pixel) e a estimativa dos valores interpolados e observaram que o aumento da resolução fornece mais informações descritivas sobre os padrões de dados, porém também aumentam a dificuldade de modelar com precisão estes padrões. O objetivo do seu trabalho foi encontrar a relação ideal entre a estimativa do interpolador, resolução planimétrica e escala, de modo a melhor representar os limites entre classes de mapeamento.

Aqui a resolução planimétrica das matrizes foi definida, também, para gerar a melhor forma de representação com um desempenho computacional satisfatório. Como a representação de alguns descritores deve ser isenta de limites bem definidos, buscou-se trabalhar com a melhor relação resolução x processamento. Assim foi adotada a resolução planimétrica de 10m que produz um excelente resultado visual e cada matriz foi processada, em média, em 5 segundos.

As técnicas de geração de matriz utilizadas foram: distância euclidiana (*Distance*); densidade (*Density*); vizinho natural (*Natural Neighbors*); e Krigagem (*Kriging*). Além destes utilizou-se também o modelo *Waves*²⁹ (ROHWEDER, et al., 2008) para calcular as matrizes de pista de vento e regime de ondas (**Tabela 18**).

O cálculo da distância euclidiana (*Distance*) é feito a partir de pontos, linhas ou polígonos. Esta ferramenta é utilizada para gerar matrizes que permitem medir distâncias e direções entre os objetos contidos em uma camada e assim avaliar as possibilidades de acesso a

²⁹ http://www.umesc.usgs.gov/management/dss/wind_fetch_wave_models.html (Acessado em 06/10/2008)

estes objetos a partir de qualquer ponto da matriz. Esta rotina foi utilizada para gerar as matrizes de distância dos descritores: Influência fluvial; influência pluvial; distância dos fundeadouros, áreas de pesca, rotas de navegação e marinas; e acesso ao sistema viário e à praia.

Tabela 18: Descritores e técnicas de geração de matriz.

DESCRITOR	EXTENSÃO	TÉCNICAS DE GERAÇÃO DE MATRIZ
Pista de ventos médios	<i>Waves</i>	<i>Waves</i>
Regime de ondas (<i>Shear stress</i>)	<i>Waves</i>	<i>Waves</i>
Pista de ventos extremos	<i>Waves</i>	<i>Waves</i>
Batimetria	<i>3D Analyst</i>	<i>Natural Neighbor</i>
Influência fluvial	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Influência pluvial	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Fundeadouros	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Pesca	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Navegação	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Marinas	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Sistema viário	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Acesso à praia	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Distance</i>
Densidade de áreas	<i>Spatial Analyst</i>	<i>Density</i>
Correntes residuais astronômicas	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
Correntes residuais meteorológicas	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
Textura	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
Salinidade	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
Temperatura	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
Oxigênio dissolvido	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
pH	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
Turbidez	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
% de Carbonato Biodetrítico	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>
% de Matéria Orgânica	<i>Geostatistical Analyst</i>	<i>Kriging</i>

A ferramenta de densidade (*Density*) do *Spatial Analyst* só pode ser aplicada em arquivos de pontos. Ela gera uma matriz e calcula, para cada célula, um valor de densidade correspondente à razão entre o somatório dos valores dos pontos encontrados num raio de influência

definido pelo usuário e a área do círculo definido por este raio. A densidade foi calculada para o descritor densidade de áreas.

O interpolador vizinho natural (*Natural neighbor*) é indicado para gerar modelos digitais de elevação, pois utiliza como base grades triangulares para ponderar a influência dos pontos no cálculo da matriz de acordo com a área dos triângulos formados (SIBSON, 1981). Este interpolador foi utilizado para gerar a matriz batimétrica.

Krigagem é um processo de interpolação não-determinístico que tem por base a geoestatística. Este método é usado para estimar valores de acordo com o comportamento estatístico e a distribuição espacial dos pontos amostrais. É indicado na geração de superfícies contínuas de descritores ambientais. Com este método é possível avaliar a correlação espacial de cada descritor e modelar a função aplicada no cálculo das estimativas. Além disso, permite modelar tendências de dispersão espacial (anisotropia) quando o descritor estudado tende a deslocar-se com maior intensidade em uma direção. A krigagem ainda oferece a possibilidade de utilizar co-descritores (co-variáveis) na estimativa, através da co-krigagem. Desta forma é possível modelar o comportamento espacial de um descritor em função de outro.

A krigagem foi aplicada na geração das matrizes de: correntes residuais meteorológicas; correntes residuais astronômicas; temperatura; salinidade; oxigênio dissolvido; pH; turbidez; textura; matéria orgânica; carbonato biodetrítico; e razão carbono/enxofre – C/S.

3.3.3.4 Representação dos descritores

Concluídas a seleção do domínio espacial, definição dos descritores, levantamento dos dados, definição da resolução planimétrica e escolha das técnicas de geração de matrizes, a caracterização da área foi feita através das representações das entidades pelos descritores selecionados e modelados no SIG.

Conforme visto no capítulo inicial a avaliação da área é um processo descritivo auxiliado por representações gráficas e mapas que ilustram o comportamento espacial de cada entidade ou fenômeno dentro do domínio espacial. Para criar estas representações é necessário considerar, segundo Couclelis (1996), a natureza da entidade a ser representada, o modo de representação e a proposta do usuário e sua necessidade por utilizar limites bem definidos, ou não. Assim foi necessário fazer uma avaliação de cada entidade ou fenômeno para saber a forma mais adequada de representá-los em relação ao uso de limites. Esta avaliação foi feita através de uma matriz binária onde cada entidade foi classificada de acordo com dez parâmetros que representam a sua natureza (COUCLELIS, 1996), conforme:

Natureza	0	1
X1	Atômico	Pleno
X2	Homogêneo	Heterogêneo
X3	Descontínuo	Contínuo
X4	Conectado	Distribuído
X5	Sólido	Fluido
X6	Bidimensional	Multidimensional
X7	Atual	Não atual
X8	Permanente	Variável
X9	Fixo	Móvel
X10	Convencionado	Propriamente definido

Segundo a autora quanto mais valores “1” forem atribuídos à entidade, mais a sua representação tenderá a não possuir limites. Porém esta é uma interpretação subjetiva que considera todas as naturezas da entidade como sendo igualmente influentes na definição ou não do uso de limites. Assim foi elaborado um índice para tornar a avaliação mais objetiva.

Este índice foi elaborado através do Processo Analítico Hierárquico - AHP (SAATY, 2001), e é uma soma ponderada dos valores atribuídos de acordo com a natureza da entidade conforme:

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Peso	0,035	0,155	0,074	0,025	0,222	0,051	0,018	0,108	0,312	1

A natureza X10 tem peso igual a 1 (um) porque se a entidade é convencionada, como por exemplo uma divisão política ou uma lei, há uma forte tendência em se utilizar limites na sua representação.

Com isso o Índice de Limites (IL) foi calculado através da equação:

$$\text{Equação 1: IL}(0 - 2) = (X1 \times p1) + (X2 \times p2) + \dots + (Xn \times pn)$$

Se o valor de IL for inferior ou igual a 1 é mais indicado o uso de limites, caso contrário a melhor forma de representação é contínua. Porém este índice deve ser utilizado como uma ferramenta auxiliar, pois a subjetividade inerente à necessidade e experiência do usuário não pode ser calculada desta forma. O resultado da aplicação do índice para todos os descritores encontra-se no anexo 2.

Para ilustrar a aplicação do IL, tomemos o exemplo apresentado no Capítulo 1, onde foi feita uma avaliação sobre a forma de representação de uma baía. Neste exemplo podemos dizer que uma baía pode ser representada por limites onde está conectada com a linha de costa (X4), por sua temporalidade (X7) e por ser fixa (X9). Neste caso, a

baía pode ser vista como um geo-objeto. Porém estes limites não são adequados à representação dos fenômenos que ocorrem no seu interior, bem como daqueles que se manifestam fora destes limites. Sua plenitude (X1), heterogeneidade (X2) e continuidade (X3) indicam que há variações inerentes à sua constituição, e estas variações ocorrem devido à sua fluidez (X5) e multidimensionalidade (X6), que definem uma grande variabilidade de características e processos (X8). E apesar do termo “baía” nos dar a idéia de um “corpo d’água semi-fechado”, limitado fisicamente pela linha de costa e convencionalmente pelo oceano, seu verdadeiro limite ocorre apenas entre água e terra e é móvel.

Ao aplicarmos o índice obtemos o valor 0,645, que sugere o uso de limites para representar a entidade “baía”.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Baía	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0,645

Por outro lado, para representarmos uma entidade que descreva uma característica desta baía, como por exemplo a batimetria, teremos:

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Batimetria	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1,448

O valor de 1,466 indica que devemos representar a batimetria de forma contínua, ou seja, sem limites. Mas se quisermos convencionar que a batimetria deva ser representada por faixas de profundidade, alteramos o valor de X10 para zero (Convencionado) e obtemos um índice de 0,448.

Para modelar as entidades e fenômenos e tornar os descritores acessíveis à análise e representação no SIG são necessários pré-processamentos. Estes envolvem desde simples ações de conversão de formato até análises espaciais. Assim, tanto a forma de representação quanto os pré-processamentos foram detalhados individualmente para cada descritor nos tópicos que seguem.

3.3.4 Descritores ambientais

Descritores ambientais são aqueles que representam características inerentes ao meio físico de origem natural ou antrópica. Estão agrupados em hidrodinâmicos, fisiográficos, poluição, físico-químicos e sedimentológicos (Tabela 16).

3.3.4.1 Descritores hidrodinâmicos: pista de ventos médios, regime de ondas e correntes residuais de marés meteorológicas e astronômicas

Conforme verificado no Capítulo 2, descritores hidrodinâmicos são os mais utilizados em estudos para seleção de áreas e avaliação de

potencial para maricultura (Figura 35). Caracterizam-se por apresentarem uma natureza energética, indicativa de fluxos, que são responsáveis pela dinâmica e variabilidade dos descritores físico-químicos e sedimentológicos. Nesta pesquisa estão representados pela pista de ventos médios, regime de ondas e correntes residuais de marés astronômicas e meteorológicas.

3.3.4.1.1 Pista de ventos médios

Pista de vento (*fetch*) é uma medida de distância de contato entre a atmosfera e a superfície do mar dada uma direção. Quanto maior esta distância e intensidade do vento, maior o efeito na agitação superficial do mar, sendo assim um indicador indireto de ações hidrodinâmicas. A pista de vento é um dos fatores utilizados em modelos matemáticos de estimativa de altura e frequência de ondas.

A pista de ventos médios foi calculada de acordo com a velocidade média dos ventos predominantes na Baía Sul, em todos os quadrantes (Figura 39 A). Foram utilizados os dados disponibilizados pela Epagri³⁰ da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizada no município de São José, a noroeste da baía (Figura 38). Calculou-se a frequência de ocorrência de vento nas direções Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste e a velocidade média em cada uma no período de 01/2000 a 12/2006 (Figura 39).

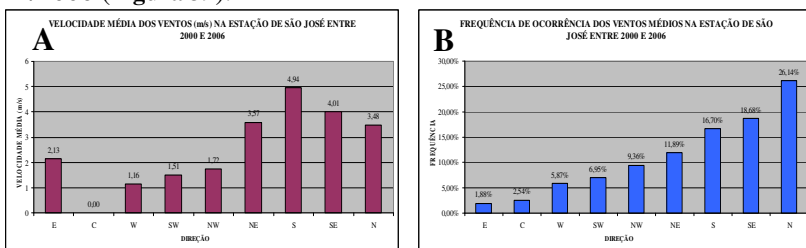


Figura 39: Velocidade média (A) e frequência do vento (B) na estação de São José no período de 01/2000 a 12/2006 (Fonte: Epagri)

Para cada direção foi gerada uma matriz de pista de vento (Figura 40), que representa a distância em metros do alcance do vento na superfície da Baía Sul. Para tal, a baía foi considerada como um sistema fechado, visto que suas extremidades limítrofes com a Baía Norte, ao norte e o Oceano Atlântico, ao sul, são estreitas em relação à sua forma. A geração das matrizes foi feita no modelo *Waves* no ArcGIS.

³⁰ http://apps.ciram.com.br/baseweb/jsp/Qualidade/monitoramento/map_monitoramento_portal.jsp?tipo=3&estado=SC#

As matrizes foram integradas em uma única (**Figura 41**) por soma ponderada, onde o peso foi dado pela frequência de ocorrência dos ventos médios em cada direção (**Figura 39 B**), através da equação:

Equação 2: $[FETCH_MEDIO] = (([FET_000] * 0.2614) + ([FET_045] * 0.1189) + ([FET_090] * 0.0188) + ([FET_135] * 0.1868) + ([FET_180] * 0.1670) + ([FET_225] * 0.0695) + ([FET_270] * 0.0587) + ([FET_315] * 0.0936) + 0.0254)$

Onde:

[FETCH_MEDIO] = Matriz de pista de ventos médios;

[FET_000] = Matriz de pista de vento do quadrante Norte;

[FET_045] = Matriz de pista de vento do quadrante Nordeste;

[FET_090] = Matriz de pista de vento do quadrante Leste;

[FET_135] = Matriz de pista de vento do quadrante Sudeste;

[FET_180] = Matriz de pista de vento do quadrante Sul;

[FET_225] = Matriz de pista de vento do quadrante Sudoeste;

[FET_270] = Matriz de pista de vento do quadrante Oeste;

[FET_315] = Matriz de pista de vento do quadrante Noroeste.

A frequência associada às calmarias (C), foi utilizada como constante (0.0254) no cálculo.

Para definir a forma de representação mais adequada das matrizes de pista de vento foi aplicado o IL, conforme:

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Pista de ventos médios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Por conseqüência da natureza plena, heterogênea, contínua, distribuída, fluida, multidimensional, não atual, variável, móvel e propriamente definida do descritor pista de ventos médios, o IL apresentou valor 2, o que sugere uma representação sem limites definidos (**Figura 40** e **Figura 41**).

Os maiores alcances das pistas de vento na Baía Sul são de quadrante norte e sul, com 22 e 20 km de extensão, respectivamente (**Figura 40**). A primeira com maior influência no Pontal do Massambu na parte sul da baía, e a segunda na área limítrofe com a Baía Norte, atuando sobre a área insular e continental do centro de Florianópolis e parte do município de São José. Ambas são importantes devido às características dos ventos que as compõem. Os ventos de quadrante sul foram os mais fortes no período estudado, com velocidade média de 4,95 m/s (**Figura 39 A**) e os de norte os mais frequentes, ocorrendo em 26,14% dos casos (**Figura 39 B**).

Os ventos de nordeste atingem a maior extensão da linha de costa continental da baía, no município de Palhoça, enquanto os de noroestes fazem o mesmo na costa insular sul do município de Florianópolis (**Figura 40**), porém ambos apresentam pistas menores, com valores inferiores a 15 km.

A integração das pistas de vento de todos os quadrantes mostra que há uma tendência de maior ação deste fator na parte central da baía, com deslocamento gradativo para o sul (**Figura 41**). Isto indica que nestas áreas a ação dos ventos médios é mais freqüente, independente do quadrante. Porém a Ilha do Largo, situada no centro da baía, funciona como uma pequena barreira, que sofre influência direta dos ventos de acordo com o quadrante e a intensidade.

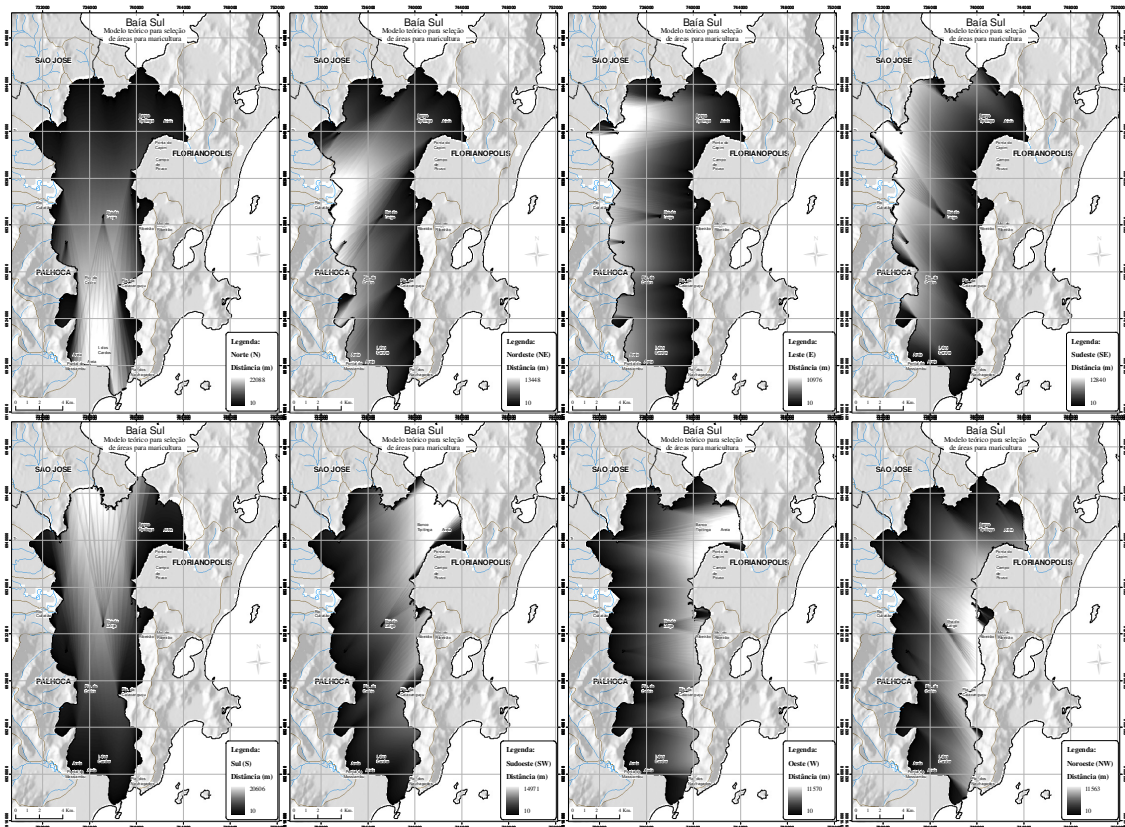


Figura 40: Matrizes de pista de vento (Fetch). Em ordem N, NE, E, SE, S, SW, W e NW. Valores baixos = preto, valores altos = branco

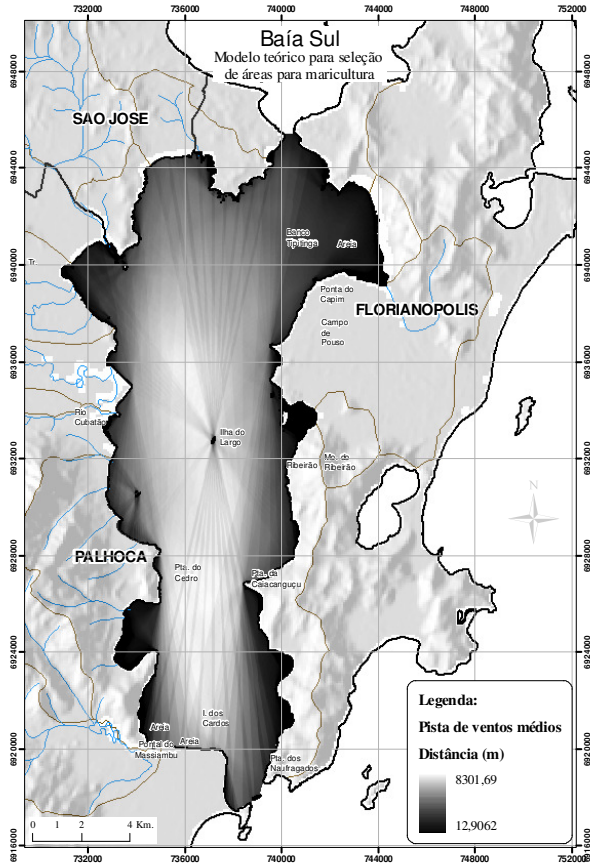


Figura 41: Pista de ventos médios.

3.3.4.1.2 Regime de ondas

O regime de ondas é uma descrição estatística das condições de ondas na costa. Para a costa do estado de Santa Catarina Araújo, et al. (2003) encontraram cinco tipos diferentes de sistemas de ondas relacionados a sistemas atmosféricos distintos, que variam desde condições de estabilidade a sistemas frontais. A Baía Sul, por suas características fisiográficas não possui influência significativa dos sistemas de onda oceânicos, exceto na extremidade sul, que sofre pequena influência da ondulação de sul/sudeste. Com isso a baía possui um sistema próprio de ondas, com influência direta do vento.

O regime de ondas é um indicador de transferência de energia em áreas específicas e da probabilidade de ocorrência de turbidez em função da energia das ondas em atrito com o sedimento de fundo. Sendo assim,

locais com alta energia de ondas podem apresentar melhor circulação de água, porém, dependendo da profundidade, esta energia revolve o sedimento e aumenta a turbidez. Neste trabalho, dada a ausência de medidas diretas de ondas geradas pelo vento local, o regime de ondas será, de forma aproximativa, representado pela matriz de tensão de cisalhamento de fundo (*Shear Stress*), que é a força de atrito criada no fundo marinho através da movimentação da água dada em N/m^2 (ROHWEDER, et al., 2008).

A tensão de cisalhamento de fundo foi calculada através do modelo *Waves*. As matrizes de pista de vento (**Figura 40**), valores de velocidade média dos ventos (**Figura 39 A**) e batimetria (**Figura 45**) foram utilizados como parâmetros de entrada para o cálculo, que foi feito segundo o *USACE Shore Protection Manual* e o *USACE Coastal Engineering Manual*³¹ (ROHWEDER et al, 2008).

Ao aplicar o IL para o regime de ondas o valor resultante é igual a 2, o que sugere uma representação sem limites definidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Regime de ondas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Os locais de maior influência da tensão de cisalhamento de fundo causada pelo regime de ondas geradas localmente na Baía Sul estão próximos à costa tanto no lado insular quanto continental (**Figura 42**). A porção nordeste da baía, na região da Ponta do Capim, sofre influência direta da bacia do Rio Tavares que, combinada à menor ação hidrodinâmica, causa uma maior sedimentação. Silva (2003) descreveu esta área como o “*ambiente mais protegido da ação dos ventos, correntes e ondas*” na baía. Apesar disso apresenta altos valores de tensão de cisalhamento de fundo (tons de lilás e azul) devido à baixa profundidade (**Figura 45**).

Na porção sul da baía há algumas áreas isoladas com valores mais altos de tensão de cisalhamento de fundo. Estas áreas correspondem a bancos de areia que sofrem influência direta dos ventos predominantes de norte.

Nas demais áreas, os baixos valores de tensão de cisalhamento de fundo se devem à maior profundidade.

³¹ <http://chl.erdc.usace.army.mil/cem> (Acessado em 15/09/2010)

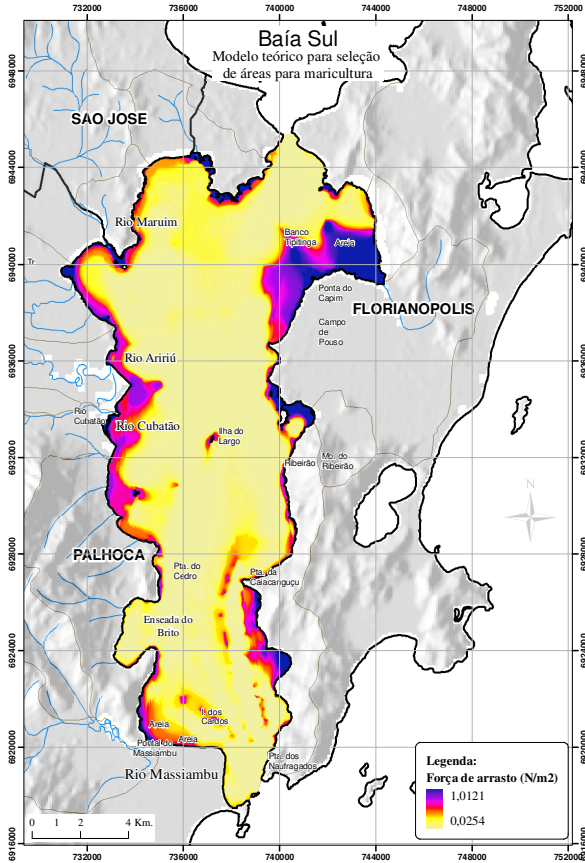


Figura 42: Regime de ondas: Tensão de cisalhamento de fundo (N/m²).

3.3.4.1.3 Correntes residuais astronômicas e meteorológicas

Os valores de correntes residuais geradas por marés (correntes resultantes após um certo número de ciclos) astronômicas e meteorológicas foram obtidos através da digitalização dos dados do Estudo Numérico de Circulação Induzida pela Maré na Baía de Florianópolis (PRUDÊNCIO, 2003). Segundo o autor,

“as correntes de maré residuais indicam setores preferenciais para as correntes de enchente e vazante, que podem sugerir locais adequados ou impróprios para instalação de fazendas de cultivo de moluscos...”.

As áreas onde estas correntes são mais fortes podem indicar maior circulação de água, o que é mais adequado para a maricultura,

mas segundo Cross e Kingzett (1992) o ideal de velocidade das correntes de marés é entre 0,2 e 1,1 m/s.

O IL de ambas as matrizes aponta para o não uso de limites bem definidos na representação.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Correntes residuais meteorológicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Correntes residuais astronômicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

As matrizes de correntes residuais (**Figura 43** e **Figura 44**) foram geradas através do módulo *Geostatistical Analyst* do ArcGIS. Os pontos com os valores de corrente (m/s) foram digitalizados e interpolados utilizando krigagem.

O primeiro estudo numérico sobre os padrões hidrodinâmicos da Baía Sul (MARTINS, et al., 1997) indicou a existência de uma área de tombo de maré na porção centro-norte, que os fez concluir que seria uma área de baixo potencial de transporte de substâncias oriundas de fontes poluidoras, através das correntes de maré astronômica. Porém, a ação dos ventos apresentou um significativo incremento neste potencial.

Prudêncio (2003) também encontrou esta situação. A zona de tombo pode ser observada, em ambos os mapas, na porção centro-norte da baía, onde os tons de azul (**Figura 43**) e verde (**Figura 44**) são mais claros. No extremo norte, região limítrofe entre as Baías Norte e Sul, onde há o estreito entre a ilha e o continente, tanto as correntes residuais meteorológicas quanto astronômicas apresentam valores altos, mas que não indicam boa renovação de água, uma vez que esta área não possui contato direto com o oceano. As águas que circulam nesta área provêm da zona de tombo de maré e da Baía Norte, o que confere uma característica de confinamento em comparação às que circulam no extremo sul da Baía Sul.

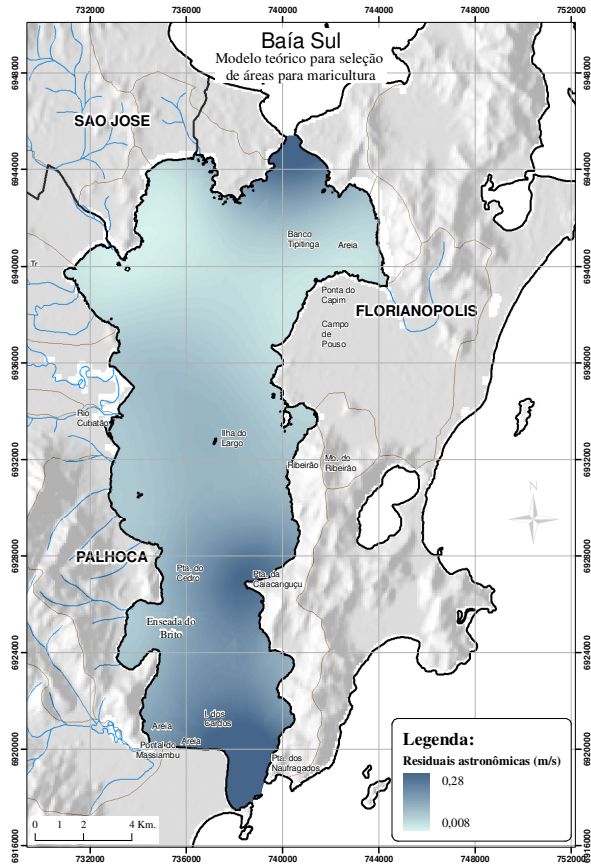


Figura 43: Correntes residuais astronômicas. Fonte dos dados: Prudêncio (2003).

Em relação à direção das correntes residuais astronômicas o autor identificou uma leve tendência de vazante de sul para norte no estreitamento norte da baía (limite com a Baía Norte). Na entrada da baía, ao sul, foram identificados vórtices de maré que são indicadores de transporte ativo de sedimentos.

Em valores absolutos, as residuais astronômicas são quase duas vezes maiores que as meteorológicas, porém com um alcance espacial inferior. Comparando as **Figura 43** e **Figura 44** observa-se que as correntes residuais meteorológicas penetram, com maior intensidade, até a porção central da baía, o que corrobora com a conclusão de Martins, et al. (1997) a respeito da circulação nesta área estar sob influência mais significativa dos ventos.

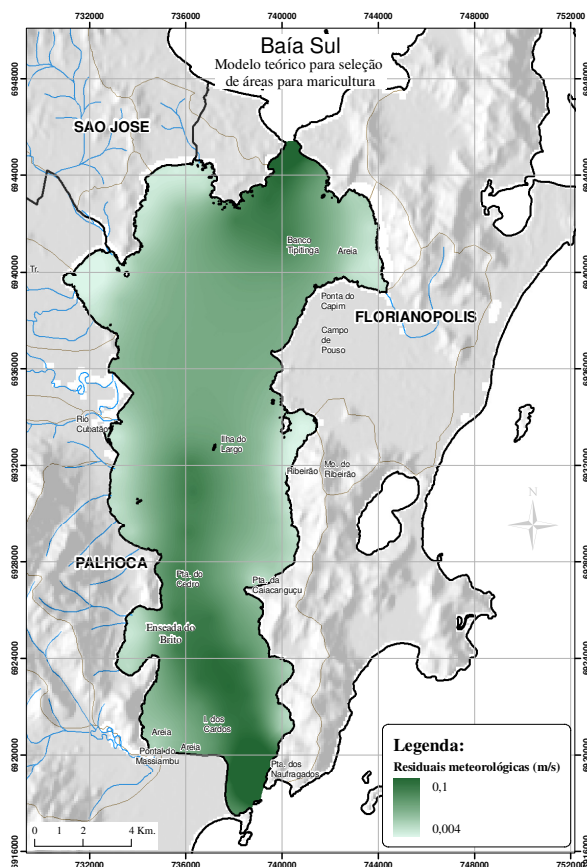


Figura 44: Correntes residuais meteorológicas. Fonte dos dados: Prudêncio (2003).

3.3.4.2 Descritores fisiográficos: Batimetria

Descritores fisiográficos representam a conformação do relevo submarino e contorno da baía. Na avaliação da Baía Sul apenas a batimetria foi utilizada como descritor desta natureza.

3.3.4.2.1 Batimetria

Sua importância também está relacionada à circulação de água e aos sistemas de cultivo. As áreas mais rasas são menos indicadas para maricultura e o PLDM define a isóbata de 10m como limite máximo para a atividade artesanal (BRASIL, 2008).

A matriz de batimetria foi gerada através da extensão *3D Analyst* do ArcGIS. Os dados de entrada utilizados foram pontos batimétricos

das cartas náuticas da DHN e de Suplicy (2004) e a linha de costa restituída da imagem Quickbird. A linha de costa foi transformada em uma massa de pontos distanciados 10m uns dos outros e com cota igual a zero. Foi utilizado o interpolador “vizinho natural” (*Natural Neighbor*) que é indicado para gerar modelos digitais de elevação.

O IL de 1,448 sugere uma representação isenta de limites bem definidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Batimetria	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1,448

A batimetria foi considerada um descritor sólido (X5), atual (X7) e fixo (X9), mas suas outras características indicam plenitude, heterogeneidade, continuidade, distribuição, multidimensionalidade e variabilidade. Com isso está representada isenta de limites. Porém, por ser sólida e fixa, pode ser convencionada e assim é possível representá-la por faixas de profundidade, ou utilizá-la como fator de conformidade, como fez Scott (2003), que definiu cotas mínimas e máximas para cultivos de ostras, mexilhões e peixes em tanques-rede.

Silva (2007) classificou a Baía Sul como “*um sistema aquoso relativamente raso*” e utilizou a batimetria para dividi-la em dois setores: Setor Norte, ao norte da Ilha do Largo e Setor Sul, ao sul. O primeiro com a coluna d’água menos espessa que o segundo, devido à menor profundidade. O autor descreveu ainda as bordas leste e oeste, representadas pela costa insular e continental como “*extremamente rasas*”.

As características apontadas por Silva (2007) baseiam-se na profundidade média de 2,73m, com variação entre 0 e 29,4m, conforme pode ser observado na **Figura 45**. Valores superiores a 10m são encontrados apenas nos extremos norte e sul da baía, nos canais limítrofes com a Baía Norte e o oceano. Também é possível visualizar três canais profundos a partir da entrada sul, próxima à Ponta dos Naufragados. O primeiro canal, mais a oeste, termina junto à Ilha dos Cardos. O segundo, central, segue em curva, tangenciando a Ponta do Cedro, em Palhoça, até a Ilha do Largo. E o último, a leste, termina na Ponta da Caiaganguçu. Entre eles ocorrem bancos de areia isolados, com menor profundidade. Na porção norte, o canal limítrofe com a Baía Norte também é mais profundo e a sudeste dele está a maior área rasa da baía, o banco Tipitinga.

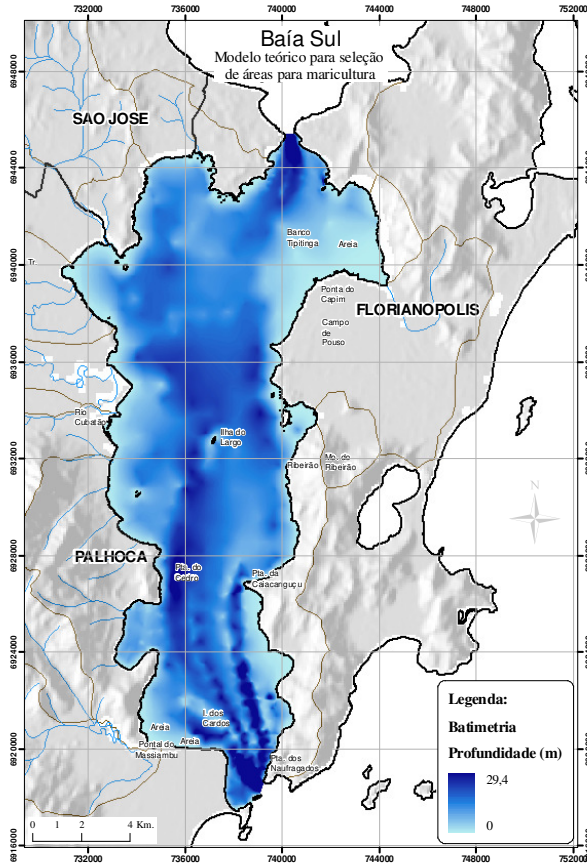


Figura 45: Batimetria

3.3.4.3 Descritores de poluição: Influência fluvial e pluvial

Influência fluvial e pluvial são indicadores de riscos existentes à qualidade da água na zona costeira em função do aporte de substâncias oriundas dos processos continentais. Na ausência de parâmetros primários de qualidade de água, a influência fluvial das principais bacias pode ser utilizada como descritor secundário do aporte destas substâncias na costa. A possibilidade de influência de dejetos urbanos e rurais também deve ser considerada através da influência pluvial.

A avaliação foi feita com base nos dados de população urbana e rural dos setores censitários das bacias hidrográficas que drenam para a Baía Sul (IBGE, 2003), no tipo de drenagem urbana (BRASIL, 2008) e nos dados de acesso a saneamento básico e uso de agrotóxicos do

Levantamento Agropecuário de Santa Catarina - LAC (SANTA CATARINA, 2003).

3.3.4.3.1 Influência fluvial

Influência fluvial é um índice com valores entre zero (menor influência) e um (maior influência), utilizado para mapear a probabilidade que uma área tem de estar mais ou menos influenciada pelo material carreado pela rede hidrográfica. Este índice foi calculado com base na distância euclidiana da foz dos rios e nas correntes residuais astronômicas e meteorológicas. Os valores mais altos indicam maior influência, representando as regiões mais próximas à foz dos rios ou com menor ação das correntes e os mais baixos, às regiões mais distantes ou com correntes mais atuantes.

O objetivo deste índice é avaliar, espacialmente, a probabilidade que cada local da baía tem de estar sob maior ou menor influência dos aportes fluviais. Ele é aplicado para modelar, de forma integral, alguns descritores físico-químicos (salinidade, turbidez, pH, etc.) e elementos causadores de poluição. Tem por base uma característica energética, na qual são considerados fatores de proximidade (distância da foz dos rios) e de fluxo (correntes marinhas), que permitem uma avaliação probabilística e semiquantitativa da variação de alguns descritores, sem que haja necessidade de medi-los em campo.

Esta avaliação é teórica, semiquantitativa e probabilística (PARKER et al. 2001 e VELDKAMP & LAMBINI, 2001), pois indica variações espaciais de probabilidade de ocorrência de um determinado fenômeno, comparadas de forma qualitativa, segundo uma teoria sobre este fenômeno. Como exemplos temos a variação da salinidade e a dispersão de poluentes. Teoricamente, nos locais mais próximos à foz dos rios a probabilidade da salinidade ser menor do que nas áreas mais afastadas, é maior e varia em função da vazão do rio, da distância e da influência das correntes. O contrário ocorre com os poluentes. As áreas mais próximas à foz dos rios e/ou com menor ação hidrodinâmica são aquelas com maior probabilidade de concentrá-los. Esta concentração varia de acordo com as mesmas variáveis que atuam para a salinidade mais a concentração e a natureza do poluente, quando presente no rio. Apesar de não haver medições dos valores de salinidade nem de poluentes, é possível modelar esta variabilidade.

A avaliação é semiquantitativa por ser um índice comparativo. Seu cálculo tem por base valores quantitativos (0 – 1), mas sua representação deve ter caráter qualitativo (menor – maior). Isto porque não é possível afirmar que um local mais próximo da foz do rio tem 80% de probabilidade de apresentar salinidade baixa e outro mais afastado tem

50%, sem que haja uma coleta de dados sistemática e abrangente, temporal e espacialmente, deste descritor. Mas é possível compararmos duas áreas distintas e afirmarmos que aquela mais próxima da foz tem mais possibilidade de apresentar baixa salinidade em relação àquela mais afastada, considerando as correntes atuantes.

O cálculo da influência fluvial foi feito em 3 etapas: i) Identificação dos pontos de deságüe das bacias com alta concentração populacional, alta densidade de estabelecimentos agropecuários sem acesso a saneamento e que utilizam agrotóxicos; ii) Geração e integração das matrizes de distância, e; iii) Integração da matriz de distância com as matrizes de correntes residuais.

A identificação dos pontos de entrada foi feita através da análise da densidade populacional (hab/km^2) dos setores censitários urbanos e da densidade de estabelecimentos sem acesso a saneamento e que utilizam agrotóxicos (estab/ha). Os dados utilizados nestas análises foram sistematizados por Vianna (2007). Para densidade populacional foram utilizados dados do censo de 2000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e para densidade de estabelecimentos sem acesso a saneamento e que utilizam agrotóxicos, dados do Levantamento Agropecuário Catarinense – LAC de 2003.

Os resultados das análises foram organizados em dois mapas. O primeiro de densidade demográfica urbana e densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto - estab/ha (**Figura 46**), onde foram identificados quatro pontos de entrada das principais bacias de drenagem. O segundo de densidade de estabelecimentos agropecuários que utilizam agrotóxicos – estab/ha (**Figura 47**), no qual foi identificado um ponto de deságüe.

A densidade demográfica urbana foi calculada nos setores censitários e alguns deles possuem áreas inferiores a 1 km^2 . Se o setor cobre uma área muito verticalizada, a razão habitantes/área resulta em valores de densidade extremamente altos. Como exemplo existe um setor onde foram contabilizadas 786 pessoas em uma área de $0,0024690 \text{ km}^2$, que dá uma densidade de $318.347 \text{ Hab}/\text{km}^2$. Isto significa dizer que num setor com 2.469 m^2 foram contabilizadas 0,32 pessoas por metro quadrado, que é uma densidade alta, mas dependendo da natureza da atividade, possível.

Com base neste mapa fica claro que a população urbana concentra-se nas porções norte e noroeste da baía (**Figura 47**). Nestas áreas foram encontrados os maiores valores de densidade demográfica, correspondendo às áreas centrais das cidades de Florianópolis, São José e Palhoça, localizadas a jusante das bacias dos rios Marum e Aririú.

A densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto é dada em número de estabelecimentos por hectare. Os valores mais significativos foram encontrados no médio rio Cubatão, sendo próximos a 0,3 estab/ha. Por outro lado, a bacia deste rio é a que apresenta a maior área de drenagem e também aquela que aporta o maior volume de água doce na Baía Sul. Segundo o Santa Catarina (2006) a vazão mínima média para 12 meses é de 10,1 m³/s e a média das vazões mínimas médias de 7 dias é de 4,9 m³/s.

É também na bacia do rio Cubatão que se concentram os estabelecimentos agropecuários que utilizam agrotóxicos. Na parte mais a montante da bacia, no município de Águas Mornas e na porção mediana, próximo a Santa Amaro da Imperatriz, foram encontrados os valores mais altos de densidade, com 0,2 estabelecimentos por hectare, o que corresponde a um estabelecimento para cada 5 hectares (**Figura 47**).

Com base nestes mapas é possível verificar que o rio Cubatão é responsável pelo maior aporte de substâncias oriundas do meio rural, enquanto o rio Maruim tem maior influência urbana.

As matrizes de distância foram geradas a partir da foz destes rios através do módulo “Distance” da extensão “Spatial Analyst” do ArcGIS. Foram geradas 4 matrizes: Foz do Rio Cubatão, rio Maruim, rio Aririu e rio Massiambu.

O IL aplicado às matrizes de distância fluvial sugere a representação isenta de limites rígidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Distância fluvial	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289

A distância euclidiana a partir de um ponto pode ser aplicada em qualquer ambiente e apesar de estar em ambiente aquático, a distância da foz dos rios foi considerada sólida, bidimensional, atual, permanente e fixa. Estas características poderiam indicar o uso de limites na sua representação. Porém sua heterogeneidade, continuidade, distribuição e definição própria, apontam para uma representação contínua.

A análise de distância demonstra que o rio Cubatão é aquele que apresenta a menor distância euclidiana de todos os pontos da Baía Sul. Sua localização central o coloca a 17,3 km do ponto mais distante (**Figura 48 A**). O mesmo ocorre com o rio Aririu, que apresenta distância máxima de 19,14 km (**Figura 48 C**). A noroeste está o rio Maruim (**Figura 48 B**), que apresenta sua maior distância 24 km ao sul, influenciando, pela proximidade, a porção norte da baía. No sul o rio Massiambu fica distante 26,11 km do norte da baía (**Figura 48 D**).

As matrizes de distância foram integradas através de soma ponderada e os pesos atribuídos aplicando-se o AHP, considerando a

área de contribuição das bacias, volume médio anual e as densidades analisadas. Quanto maior a bacia, vazão média, densidade demográfica urbana, densidade de estabelecimentos sem rede de esgoto e que utilizam agrotóxicos, maior o peso atribuído à matriz.

Assim, a matriz de distância fluvial foi calculada aplicando-se a seguinte equação:

$$\text{Equação 3: } [\text{DISTA_FLUVI}] = ([\text{DISTA_FLUVI_1}] * 0.467) + ([\text{DISTA_FLUVI_2}] * 0.277) + ([\text{DISTA_FLUVI_3}] * 0.160) + ([\text{DISTA_FLUVI_4}] * 0.095)$$

Onde:

[DISTA_FLUVI] = Matriz de distância fluvial (m);

[DISTA_FLUVI_1] = Matriz de distância fluvial da foz do Rio Cubatão (m);

[DISTA_FLUVI_2] = Matriz de distância fluvial da foz do Rio Maruim (m);

[DISTA_FLUVI_3] = Matriz de distância fluvial da foz do Rio Aririu (m);

[DISTA_FLUVI_4] = Matriz de distância fluvial da foz do Rio Massiambu (m).

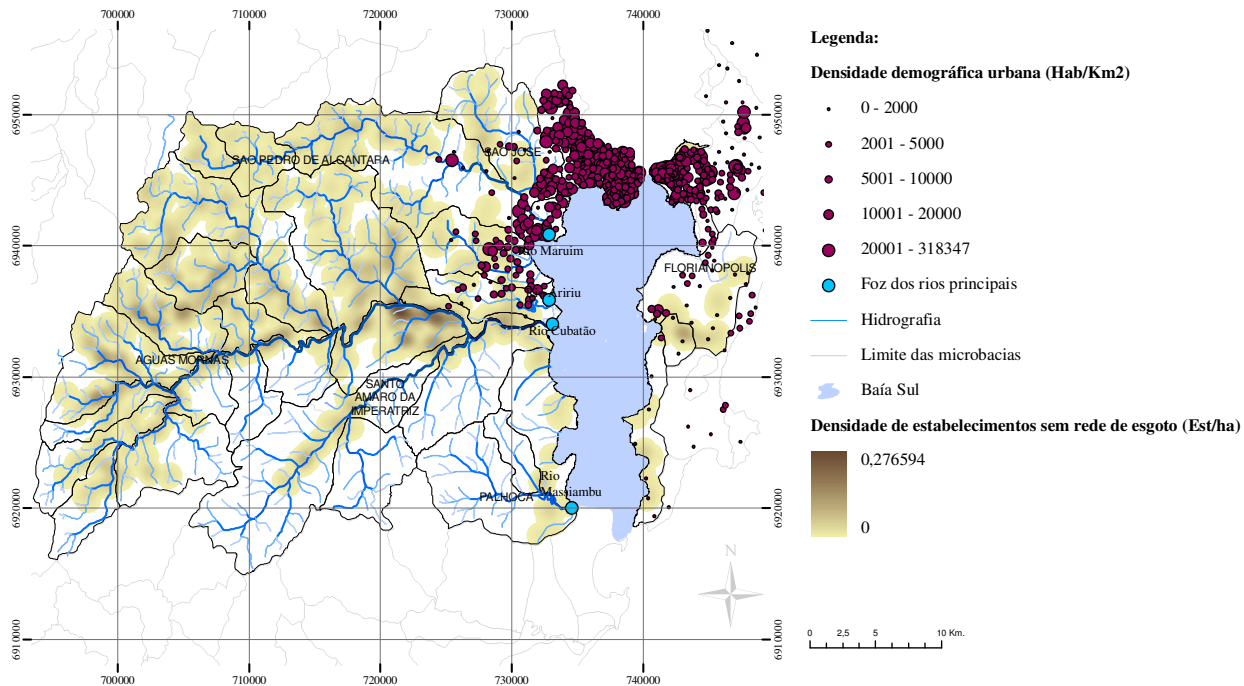


Figura 46: Densidade demográfica urbana, densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto e localização da foz dos rios das bacias hidrográficas que drenam para a Baía Sul sob maior influência destas variáveis.

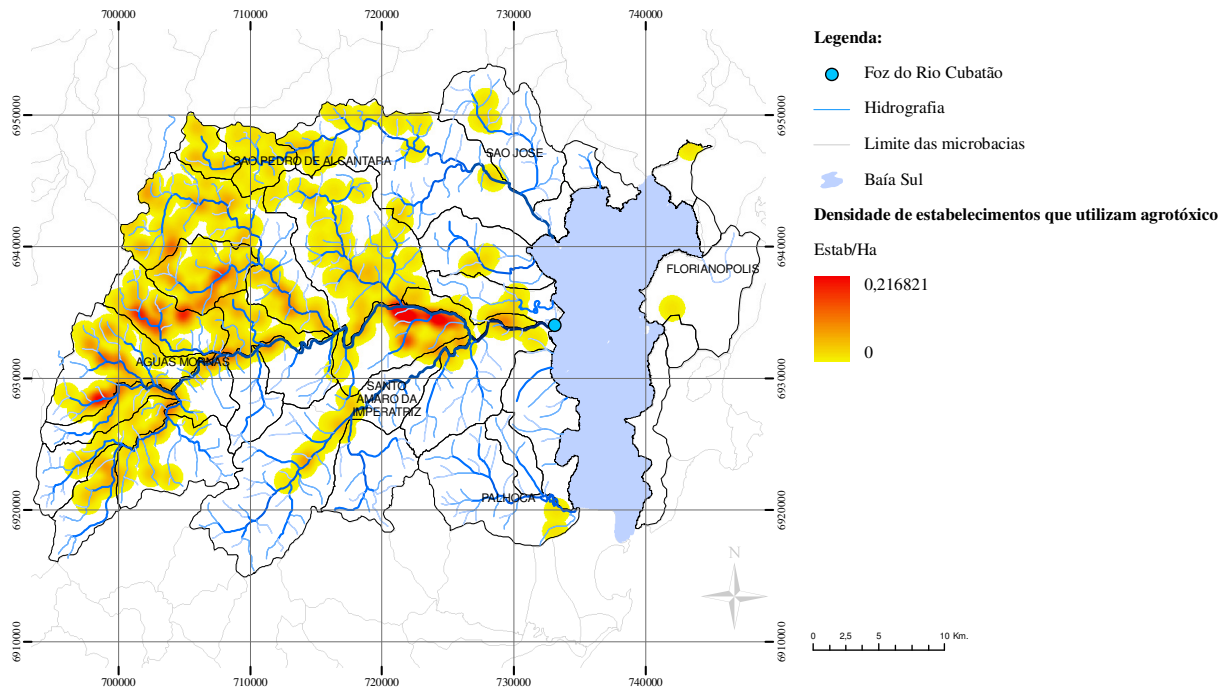


Figura 47: Densidade de estabelecimentos agropecuários que utilizam agrotóxicos e localização da foz do Rio Cubatão.

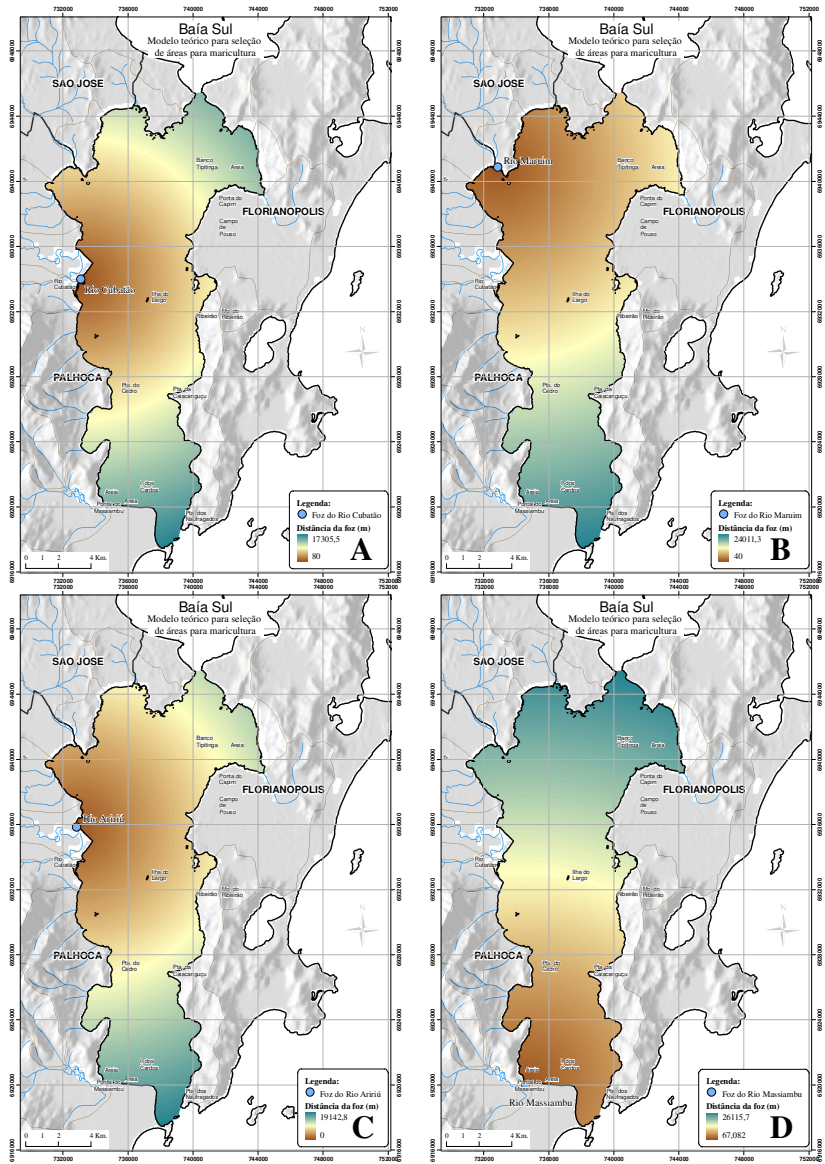


Figura 48: Matrizes de distância da foz dos rios sob maior influência da densidade populacional urbana e densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto.

O resultado foi uma matriz de distâncias médias que aponta a porção centro-oeste da baía como sendo aquela de maior proximidade dos pontos de entrada dos aportes continentais (Figura 49).

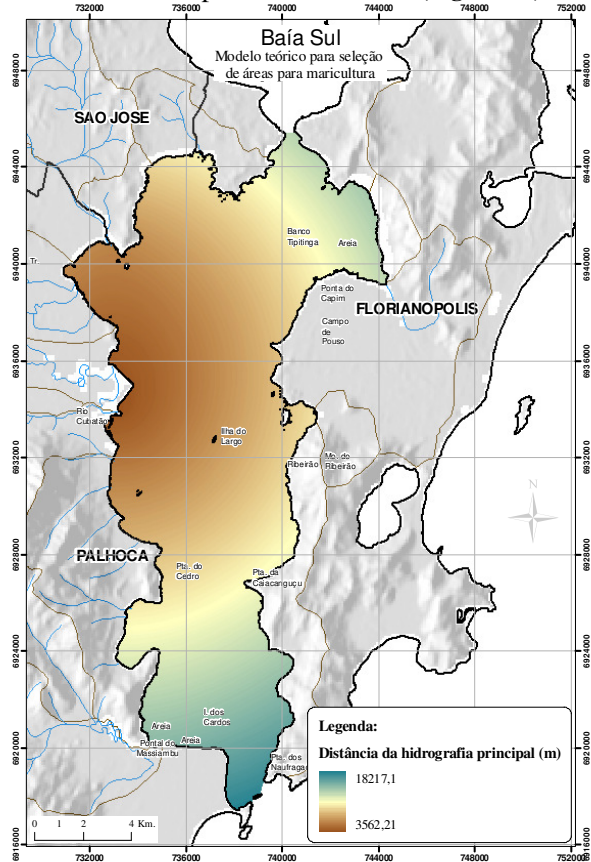


Figura 49: Matriz de distância fluvial: Distância média da foz dos rios sob maior influência da densidade populacional urbana e densidade de estabelecimentos agropecuários sem rede de esgoto.

Mas a distância sozinha não indica a influência, que é dada também pelo fluxo em função das correntes predominantes na baía. Para gerar a matriz de influência fluvial, as matrizes de distância fluvial (Figura 49) e correntes residuais (Figura 43 e Figura 44) foram integradas através de soma ponderada.

Primeiro as matrizes foram padronizadas para valores entre zero e um, através da equação:

Equação 4: $[MATRIZ_PADRONIDADA] = ([MATRIZ] - MIN.MATRIZ) / (MAX.MATRIZ - MIN.MATRIZ)$

Onde:

$[MATRIZ_PADRONIDADA]$ = Matriz padronizada entre 0 e 1;

$[MATRIZ]$ = Matriz a ser padronizada;

$MIN.MATRIZ$ = Valor mínimo da matriz a ser padronizada;

$MAX.MATRIZ$ = Valor máximo da matriz a ser padronizada.

Na integração os pesos das matrizes foram atribuídos utilizando-se o AHP. Para definir a importância relativa das matrizes considerou-se que a Baía Sul apresenta uma área de tomo de maré na sua porção centro-norte (**Figura 43** e **Figura 44**) e que, segundo Martins, et. al (1997) as correntes de maré astronômica não são suficientes para transportar o material oriundo do rio Cubatão, dependendo mais da ação das correntes geradas pelos ventos. Os autores concluíram que partículas lançadas pelo rio Cubatão, após um mês de simulação utilizando correntes de maré, permaneceram próximas à foz e não alcançaram o oceano. Porém, quando consideraram os efeitos dos ventos, perceberam que o nordeste carrega este material até áreas de maior ação das correntes de maré astronômica, facilitando o transporte. Assim, a dispersão foi modelada pela combinação entre a distância dos pontos de entrada na baía e ação das correntes geradas pelos ventos e marés. Com maior influência da distância, seguida pela ação dos ventos e finalmente pelas correntes de maré, conforme a equação:

Equação 5: $[INFLU_FLUVI] = ([DISTA_FLUVI] * 0,540) + ([RESID_METEO] * 0,297) + ([RESID_ASTRO] * 0,163)$

Onde:

$[INFLU_FLUVI]$ = Matriz de influência fluvial;

$[DISTA_FLUVI]$ = Matriz de distância fluvial;

$[RESID_ASTRO]$ = Matriz de correntes residuais astronômicas;

$[RESID_METEO]$ = Matriz de correntes residuais meteorológicas.

A influência fluvial está representada na **Figura 50**. A área noroeste da baía é aquela que sofre maior influência do aporte de material oriundo das bacias continentais, com destaque para foz do rio Cubatão, com redução gradativa a leste e próximo à costa e mais acentuada a sudeste. Martins, et al. (1997) identificaram situação semelhante ao modelarem a dispersão a partir do rio Cubatão (**Figura 51**). Porém a influência fluvial indica que além do Cubatão, o rio Maruim também é influente (tons de azul) pela sua localização e características de ocupação da sua bacia.

A baixa influência fluvial que aparece no extremo norte, área limítrofe com a Baía Norte, está associada à forte ação hidrodinâmica existente naquele ponto. Estes valores devem ser avaliados com cautela visto que a influência oriunda da Baía Norte não está modelada. Com isso nem a dinâmica de correntes nem a distância dos pontos de aporte fluvial desta baía estão considerados nesta avaliação.

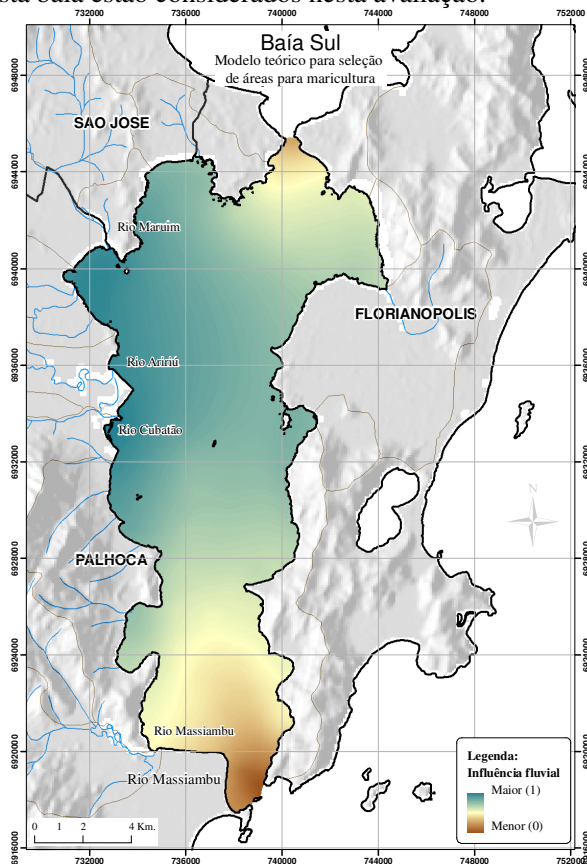


Figura 50: Influência fluvial: Índice dado pela distância da foz dos rios principais, correntes residuais meteorológicas e astronômicas.

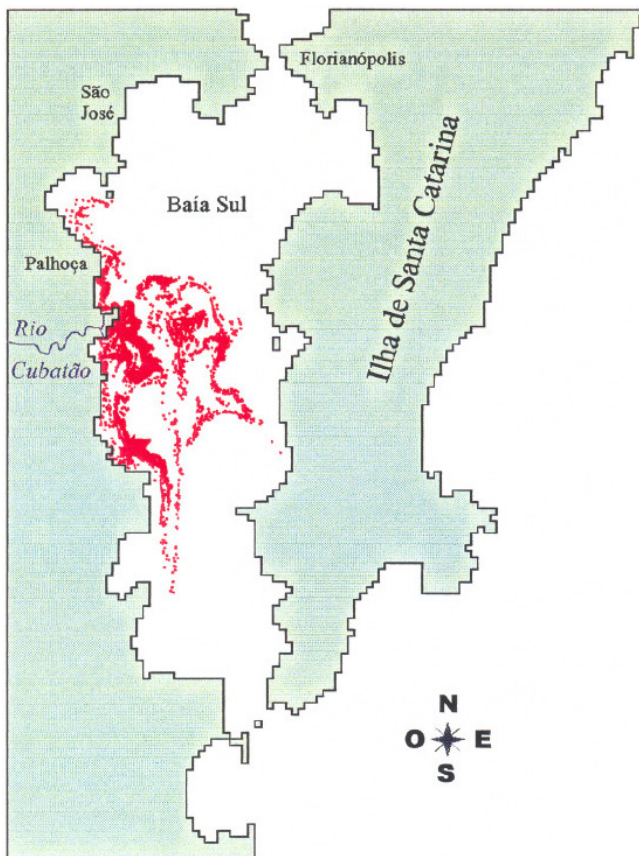


Figura 51: Linhas de emissão a partir da foz do rio Cubatão ao final de um mês de simulação de correntes de maré. Partículas que constituem a linha de emissão foram lançadas de forma simulada na baía a cada 2,5 minutos. Fonte: Martins, et al. (1997).

3.3.4.3.2 Influência pluvial

Influência pluvial é um descritor conceitualmente semelhante à influência fluvial. Também possui valores entre zero (menor influência) e um (maior influência) e é aplicado para mapear a probabilidade que uma área tem de estar mais ou menos influenciada pelo material carreado pela rede de drenagem pluvial e pequenos córregos. Este índice também é calculado com base na distância euclidiana dos pontos de deságüe dos dutos e canais de drenagem e correntes residuais astronômicas e meteorológicas. Os valores mais altos indicam maior influência, representando as regiões mais próximas àqueles pontos ou

com maior potencial poluidor, que também são encontrados em grande número na porção leste da baía, na região do Ribeirão da Ilha. Já os canais de drenagem estão distribuídos por todo o entorno da baía.

O IL para as matrizes de distância pluvial é o mesmo da distância fluvial e a representação indicada é isenta de limites rígidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Distância pluvial	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289

A análise de distância pluvial indica que o ponto mais longe dos emissários e/ou dutos fica a 4,7 km e a distância média é de 1,9 km (**Figura 53 A**). Em relação aos canais de drenagem a maior distância é 4,9 km, e a média 2 km (**Figura 53 B**). Isso demonstra que a Baía Sul é influenciada por aportes continentais em todo o seu entorno e sua forma alongada no eixo norte-sul propicia uma proximidade reduzida destes aportes.

Porém esta distribuição torna-se diferenciada quando se qualificam os tipos de aportes. Os emissários e/ou dutos concentram-se nas regiões mais urbanizadas com destaque para os setores norte e leste da baía (**Figura 53 A**). Já os canais de drenagem são mais presentes a nordeste e oeste/sudoeste (**Figura 53 B**).

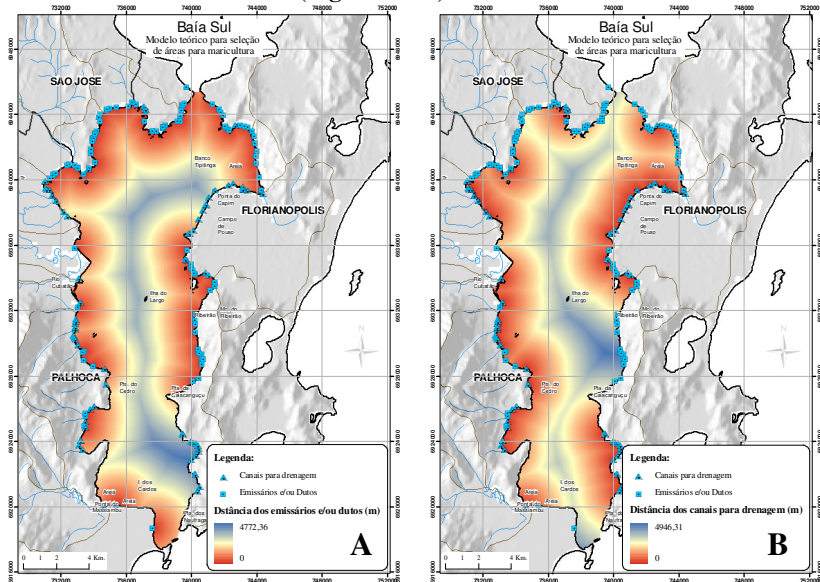


Figura 53: Matrizes de distância dos emissários e/ou dutos (A) e canais de drenagem (B).

Assim como ocorre com a influência fluvial, a pluvial também é função da distância e do efeito das correntes. Porém como os volumes

individuais oriundos dos emissários, dutos e canais são inferiores àqueles originários das bacias hidrográficas, as correntes residuais possuem mais influência na sua distribuição do que a distância, pois os dutos e canais não possuem vazão suficiente para alcançarem grandes distâncias da sua foz. Emissários e canais de drenagem podem ter caráter intermitente por causa de marés, chuvas e sazonalidade, assim regiões com boa circulação de água diluem de forma mais rápida os dejetos oriundos destas fontes do que aqueles carreados pelos rios principais.

Portanto, para modelar a influência pluvial considerou-se que as correntes residuais meteorológicas e astronômicas possuem maior influência do que a distância das fontes. Para o cálculo da influência pluvial as matrizes de distância euclidiana dos emissários e/ou dutos e canais de drenagem (**Figura 53**) e as matrizes de correntes residuais (**Figura 44** e **Figura 43**) foram padronizadas (**Equação 4**) e integradas através de soma ponderada, conforme:

$$\text{Equação 6: } [INFLU_PLUVI] = ([RESID_METEO] * 0,467) + ([RESID_ASTRO] * 0,277) + ([DISTA_EMISS] * 0,160) + ([DISTA_DRENA] * 0,095)$$

Onde:

[INFLU_FLUVI] = Matriz de influência fluvial;

[RESID_METEO] = Matriz padronizada de correntes residuais meteorológicas.

[RESID_ASTRO] = Matriz padronizada de correntes residuais astronômicas;

[DISTA_EMISS] = Matriz padronizada de distância dos emissário e/ou dutos;

[DISTA_DRENA] = Matriz padronizada de distância dos canais de drenagem;

A influência pluvial pode ser observada em todo o entorno da Baía Sul (**Figura 54**), mas com uma variação gradual no sentido norte-sul. Isto demonstra que a porção norte da baía é aquela que sofre de forma mais direta as influências dos aportes de dejetos oriundos dos emissários e/ou dutos instalados na zona urbana, que ocorre não só pela proximidade, mas principalmente pelos padrões hidrodinâmicos que nesta área favorecem a deposição. Ao sul da Ilha do Largo a situação é diferenciada, pois o predomínio é de aportes oriundos de canais de drenagem e a ação das correntes é maior, favorecendo a sua diluição.

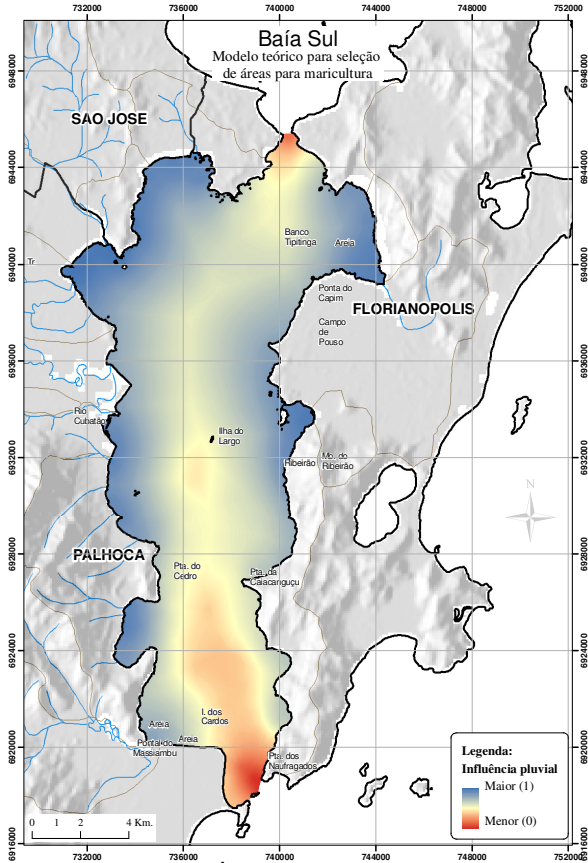


Figura 54: Influência pluvial: Índice dado pela distância dos pontos de deságüe pluvial, correntes residuais meteorológicas e astronômicas.

Indicativos de deposição e menor circulação na porção norte da baía também foram observadas por Bonetti, et al. (2007) que fizeram um estudo de caracterização sedimentar e geoquímica para investigar os padrões sedimentares e a geoquímica orgânica da Baía Sul e encontraram 3 sub-ambientes com padrões de deposição, constituição e teores orgânicos diferenciados e espacialmente bem definidos (Figura 55).

O primeiro subambiente foi denominado Baía Sul, abrangendo a região que vai da desembocadura sul da baía até próximo à Ilha do Largo com presença de sedimento arenoso, maior intensidade hidrodinâmica, menor teor médio de carbono e baixos valores de razão

Carbono:Enxofre (C/S), indicativos de menor ação de enriquecimento orgânico.

O subambiente Centro Sul abrange a zona de tombo de maré, o que caracteriza a predominância de processos deposicionais e influencia a presença de sedimento lamoso. Caracteriza-se por ser uma área organicamente enriquecida através de aportes marginais de esgoto urbano.

O subambiente Saco dos Limões é reduzido em termos de expressão espacial, mas bem característico sedimentologicamente. Localiza-se no extremo norte/nordeste da baía e caracteriza-se por ser argiloso, de baixa hidrodinâmica e com os maiores índices de enriquecimento orgânico, como matéria orgânica e razão C/S.

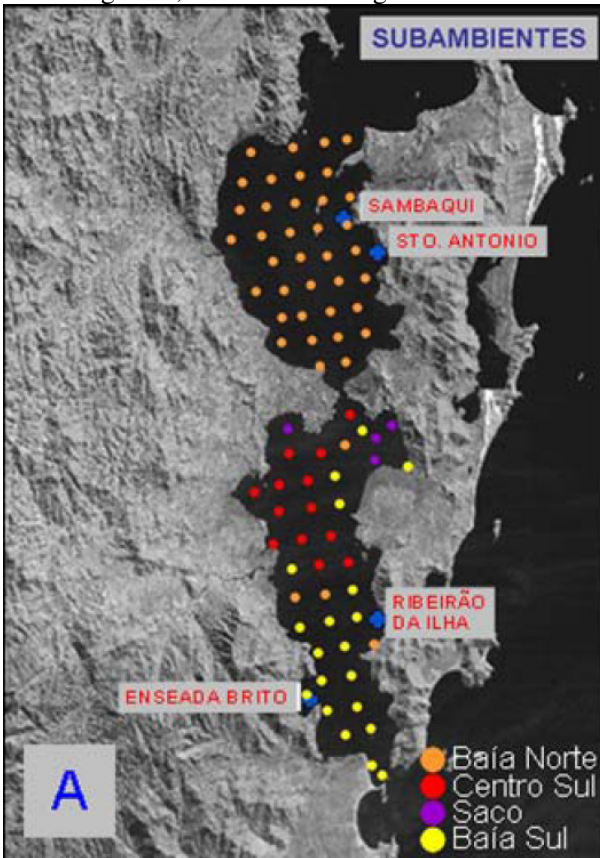


Figura 55: Classificação de sub-ambientes da Baía Sul (Fonte: Bonetti, et al., 2007).

3.3.4.4 **Descritores físico-químicos: Temperatura, Salinidade, Oxigênio Dissolvido, pH e Turbidez.**

Avaliar áreas através de descritores físico-químicos exige cuidados metodológicos que devem considerar a complexidade da sua dinâmica na natureza. Para poder representar padrões da dinâmica espaço-temporal destes descritores em ambientes aquáticos é necessário ter uma malha amostral espacialmente bem distribuída combinada a uma frequência temporal de aquisição adequada. Esta adequação deve estar baseada, segundo Bonetti (2007), em técnicas estatísticas, para que os resultados sejam válidos. Mesmo assim não é possível garantir que não ocorram equívocos ou ocultação de fenômenos não identificados por ausência de amostras em função da distribuição espacial ou pelo momento em que o registro foi coletado. Por isso, tão importante quanto conclusões possíveis sobre a avaliação destes descritores é conhecer suas limitações em termos de confiabilidade e aplicabilidade.

Os ambientes fluidos, como os corpos d'água e atmosfera, apresentam grande dinâmica espaço-temporal, que estão relacionadas não só à fluidez mas também à multidimensionalidade. Sob a ótica do SIG a complexidade inerente à fluidez deve-se principalmente pela movimentação, que aumenta a capacidade de mudança dos valores dos descritores, em um ponto fixo, em intervalos temporais extremamente curtos. Somado a isto, a multidimensionalidade amplia esta complexidade pela natureza tridimensional e volumétrica e pelas inúmeras possibilidades de combinações entre seus componentes em um mesmo local.

Algumas tentativas de modelar estes ambientes são apresentadas por Wainwright & Mulligan (2004), que destacam os modelos atmosféricos e oceanográficos tridimensionais como os mais complexos. Nestes modelos a atmosfera e os oceanos são representados em grades regulares horizontais com 10 a 20 camadas verticais, que simulam ventos, correntes e outros processos atmosféricos e oceanográficos.

A confiabilidade de tais modelos depende da quantidade e qualidade dos dados utilizados para alimentá-los e/ou validá-los e, conforme coloca Bonetti (2007), as iniciativas de geração destes dados ainda estão muito restritas ao meio acadêmico e permanecem como um fator restritivo às aplicações.

Apesar disso, os descritores físico-químicos são os mais utilizados em trabalhos de SIG aplicado à aquicultura (**Figura 34**) e por isto foram considerados importantes na avaliação da Baía Sul. Os dados utilizados foram levantados por Silva (2002), que teve como objetivo principal *“compreender a distribuição de propriedades*

sedimentológicas de fundo e físico-químicas da coluna d'água da Baía Sul visando a identificação de sub-ambientes". Em relação aos descritores físico-químicos especificamente, avaliou o comportamento e distribuição da salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH e turbidez sob condições de verão e inverno. Na metodologia adotada por ele, os dados foram levantados em 36 estações amostrais dispostas em uma grade semi-regular de aproximadamente 2 x 2 km (Figura 56), em duas estações do ano, verão e inverno e em profundidades diferentes, superfície e fundo.

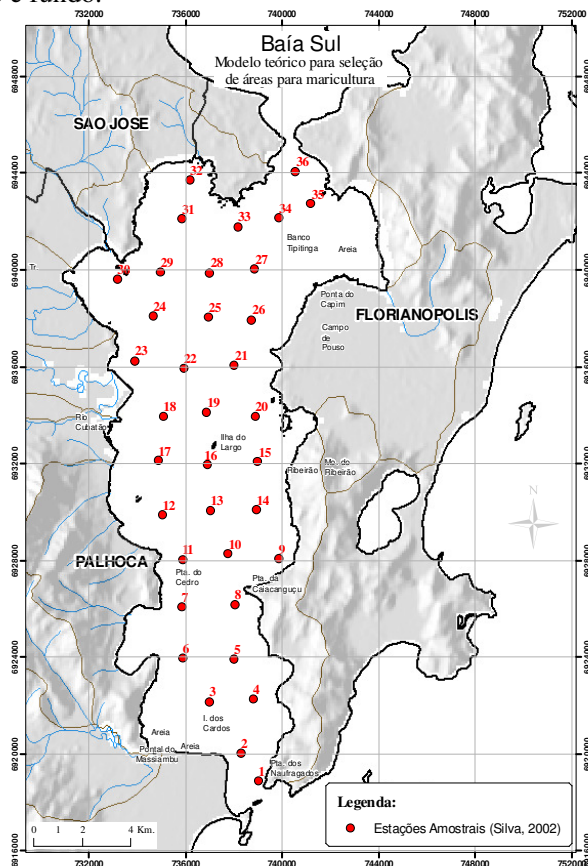


Figura 56: Distribuição das estações amostrais. Fonte dos dados: Silva (2002)

Para utilizar estes dados com foco na maricultura é importante, metodologicamente, que os valores encontrados estejam enquadrados de acordo com as respostas das principais espécies a serem cultivadas em

relação à sobrevivência e produtividade, através das curvas funcionais de crescimento.

Os valores máximos e mínimos de cada descritor físico-químico para ostras e mexilhões foram descritos por Brown (1986), Scott (2003), Barroso (2004), Buitrago, et al. (2005) e encontram-se sistematizados na **Tabela 19**. Estes valores representam os extremos para a sobrevivência dos moluscos e os intervalos ótimos de produção. Alguns destes valores também foram adotados por Cross e Kingzett (1992) para desenvolverem um sistema de avaliação de áreas para cultivo de moluscos. Na **Tabela 19** ainda estão os valores máximos e mínimos medidos em campo por Silva (2002).

Silva (2002) atenta para o fato de que “*a distribuição espacial dos parâmetros físico-químicos amostrados representa as condições do dia da coleta*” e recomenda cautela na utilização destes indicadores, apesar de considerá-los representativos para as estações do ano pesquisadas.

A **Tabela 20** mostra que a maior variabilidade entre as amostras de verão e inverno ocorreu para temperatura e turbidez. A primeira apresentou valores médios mais elevados no verão enquanto a turbidez mostrou-se intensificada no inverno.

A variação de valores entre superfície e fundo foi mais significativa para temperatura e oxigênio dissolvido, nas amostras de verão e turbidez em ambas as estações do ano. Os demais descritores apresentaram pouca variabilidade, tanto entre os períodos de coleta quanto nas diferentes profundidades.

Os valores adotados para a avaliação foram aqueles que descreveram a pior condição observada na superfície em relação aos valores ótimos. Com isso foram selecionadas, para avaliar a Baía Sul, as amostras de superfície de verão dos descritores temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH e a amostra de fundo de inverno para turbidez.

O IL para todos os descritores físico-químicos foi igual a 2, o que sugere a representação sem uso de limites rígidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Descritores físico-químicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Tabela 19: Valores extremos e ótimos dos descritores físico-químicos por espécie, segundo quatro autores, em comparação aos valores medidos por Silva (2002).

Descritor	Unidade	Barroso (2004)	Brown (1986)	Scott (2003)		Buitrago et al. (2005)			Base de dados (Silva, 2002)
		<i>C. rizophora</i>	<i>C. gigas</i>	Mexilhão	<i>C. rizophora</i>	Mexilhão	<i>C. gigas</i>	<i>C. rizophora</i>	Valores medidos
T.Min	°C	15	8	17	17				18.40
T.Max	°C	31	34	30	30				28.70
T.Min.Ótimo	°C	20	15	25	25	22	22	22	18.40
T.Max_Otimo	°C	25	18	28	28	27	27	27	28.00
Sal.Min	‰	10	10	14	8				29.00
Sal.Max	‰	36	>35	35	34				33.70
Sal.Min.Otimo	‰	15	24	22	14	32	32	32	29.00
Sal.Max_Otimo	‰	28	35	35	30	40	40	40	33.70
OD.Min	mg/l	1		2	2				6.10
OD.Max	mg/l	>7							11.22
OD.Min.Otimo	mg/l	7		5	5				6.10
OD.Max_Otimo	mg/l	>7							11.22
pH.Min		5	7.5						8.03
pH.Max		10	>8						9.31
pH.Min.Otimo		7	7.8						8.03
pH.Max.Otimo		8	>8						9.31
Tur.Min	NTU	0.5							0.00
Tur.Max	NTU	80							85.00
Tur.Min.Otimo	NTU	3							4.58
Tur.Max.Otimo	NTU	10							8.90

Tabela 20: Estatísticas descritivas dos dados físico-químicos. Fonte dos dados: Silva (2002)				
		VERÃO	INVERNO	RANGE
TEMPERATURA	Média superfície	27.54	19.19	8.35
	Média fundo	26.72	19.10	7.63
	Desvio padrão superfície	0.87	0.24	
	Desvio padrão fundo	0.79	0.23	
SALINIDADE	Média superfície	32.16	31.47	0.70
	Média fundo	32.80	31.54	1.26
	Desvio padrão superfície	0.79	0.79	
	Desvio padrão fundo	0.17	0.07	
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	Média superfície	8.27	8.95	-0.68
	Média fundo	7.64	8.90	-1.26
	Desvio padrão superfície	1.27	0.10	
	Desvio padrão fundo	1.11	0.18	
pH	Média superfície	8.31	8.32	-0.01
	Média fundo	8.26	8.29	-0.03
	Desvio padrão superfície	0.01	0.03	
	Desvio padrão fundo	0.01	0.00	
TURBIDEZ	Média superfície	3.07	11.18	-8.11
	Média fundo	6.13	17.43	-11.30
	Desvio padrão superfície	15.97	138.00	
	Desvio padrão fundo	50.55	486.25	

3.3.4.4.1 Temperatura.

A faixa ótima de temperatura para cada organismo aquático é dada pela influência deste descritor no seu metabolismo. Cada enzima apresenta uma faixa ideal de temperatura para seu ótimo de atuação (Landau, 1992). No caso das ostras e mexilhões, a sobrevivência pode ocorrer entre 8 e 34°C, porém o ideal de temperatura para o metabolismo completo das três espécies encontradas Baía Sul está entre 15 e 28°C (Tabela 19).

Os valores medidos por Silva (2002) variaram entre 25 e 28,7°C na amostra de superfície de verão, que pode ser considerada dentro da faixa ideal para as espécies citadas. As menores temperaturas foram encontradas na parte sul da baía, próximo à Ponta dos Naufragados, onde há maior influência do oceano. Em direção ao norte observa-se uma tendência de aumento da temperatura (Figura 57), estando os valores mais altos localizados no centro-leste, próximo ao Ribeirão da Ilha e no norte.

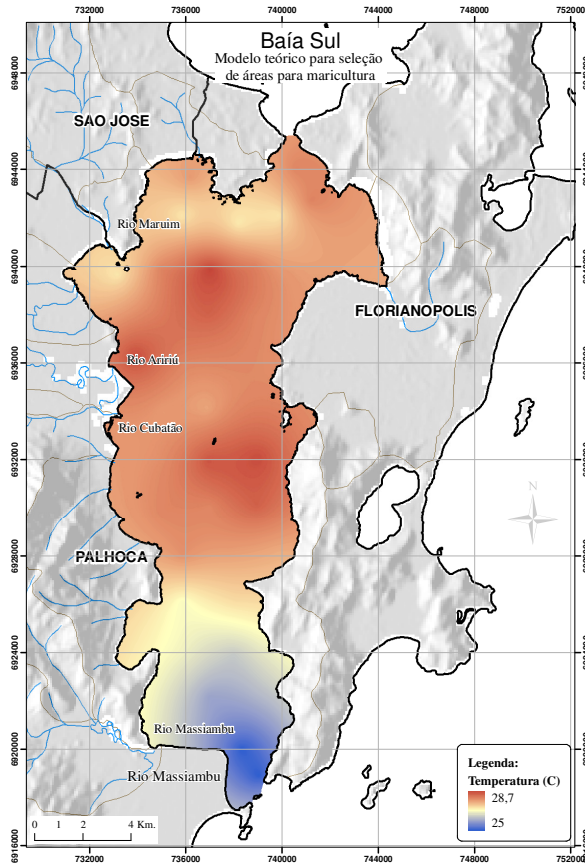


Figura 57: Distribuição da temperatura superficial na amostra de verão.
Fonte dos dados: Silva (2002).

3.3.4.4.2 Salinidade.

Assim como a temperatura, a salinidade influencia no metabolismo dos moluscos de forma diferente para cada espécie. Os mexilhões costumam se desenvolver melhor em ambientes marinhos, onde a salinidade fica próxima aos 35‰, enquanto as ostras são eurialinas, e podem sobreviver em ambientes com grande variação de salinidade. Segundo Buitrago et al. (2005) os valores ótimos de salinidade para mexilhões estão entre 32 e 40‰. Barroso (2004) define como ótimo de salinidade para a ostra do mangue entre 15 e 28‰ e Brown (1986) entre 24 e 35‰ para a ostra do Pacífico.

Os valores medidos por Silva (2002) na amostra de superfície de verão variaram entre 29 e 33,4‰ (Figura 58). Segundo o autor esta

pequena variação indica forte influência de águas marinhas no interior da baía. Os maiores valores foram observados ao sul e os menores próximos à foz do rio Aririú e entre a Ilha do Largo e o Ribeirão da Ilha, na porção centro-leste. Os menores valores de salinidade encontrados nas amostras superficiais próximas ao rio Aririú foram influenciados por chuvas que antecederam os dias da coleta. O autor conclui que o fluxo proveniente da malha fluvial “*parece não ser suficientemente grande para promover estratificações significativas*”.

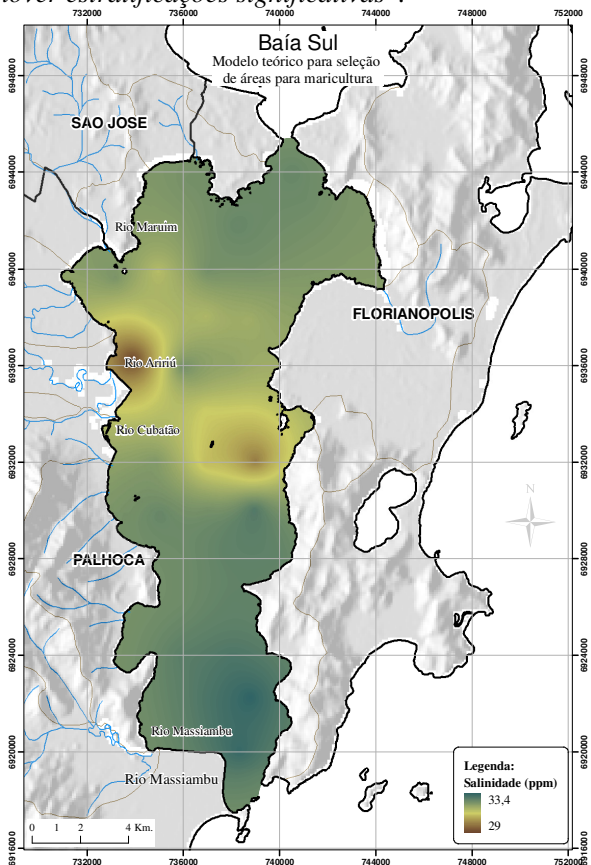


Figura 58: Distribuição da salinidade superficial na amostra de verão.

Fonte dos dados: Silva (2002).

3.3.4.4.3 Oxigênio Dissolvido.

Segundo Laing e Spencer (1997) moluscos bivalves geralmente apresentam uma boa tolerância aos ambientes com pouco oxigênio. Estes animais possuem a capacidade de reduzir o metabolismo e assim

permanecer por períodos de atividade anaeróbica. O limite mínimo de 2mg/l de O₂ adotado por Scott (2003) leva em conta eventos onde ocorram aumentos significativos na concentração de matéria orgânica e conseqüente aumento na demanda bioquímica por Oxigênio (DBO), a ponto de submeter o cultivo ao risco de permanecer muitas horas ou até mesmo mais de um dia sob estas condições. Desta forma, valores acima de 5mg/l já podem ser considerados ótimos.

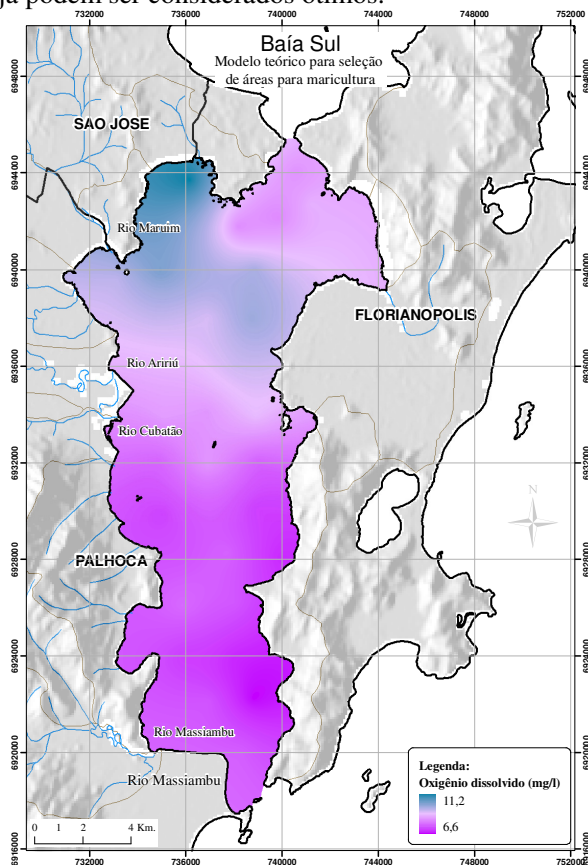


Figura 59: Distribuição do oxigênio dissolvido superficial na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).

Os teores de oxigênio dissolvido encontrados por Silva (2002) variaram entre 6,6 e 11,2 mg/l com uma distribuição espacial que indica uma tendência de aumento na porção centro-norte da baía e valores inferiores no extremo sul (Figura 59). Os valores mais altos são

atribuídos pelo autor ao processo fotossintético e à ação de ventos locais atuantes na superfície, no momento da amostragem.

3.3.4.4.4 pH.

O pH é um descritor que pouco influencia o metabolismo dos moluscos cultivados em ambientes marinhos ou estuarinos com boa circulação de água. Segundo Barroso (2004) em águas marinhas há um equilíbrio que mantém o pH em uma faixa alcalina entre 8,1 e 8,3. Em águas de baixa salinidade pode haver uma maior variação, para mais ou para menos, conforme a intensidade das atividades fotossintéticas ou respiratórias do fitoplâncton, respectivamente. Outro fator que pode contribuir com variações bruscas no pH é a poluição ou a baixa circulação de água (Brown, 1986).

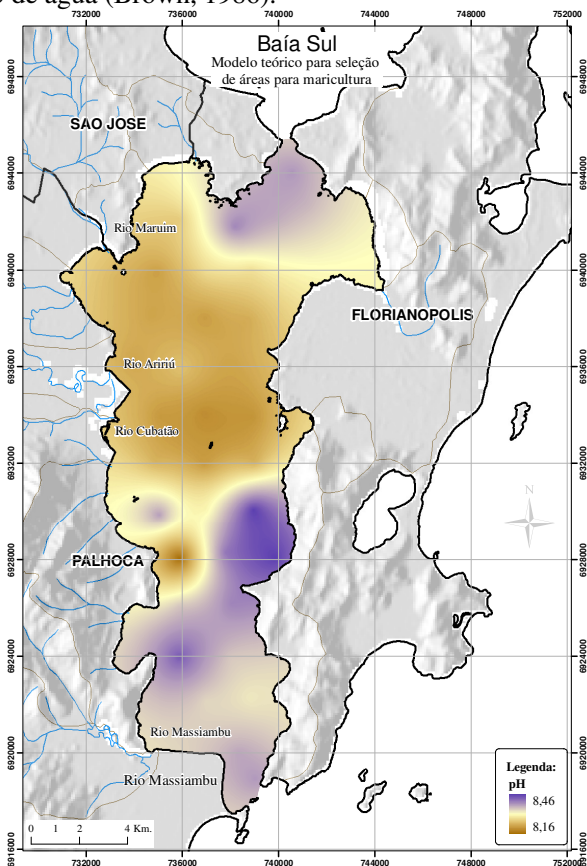


Figura 60: Distribuição do pH superficial na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).

A variação de pH encontrada por Silva (2002) na Baía Sul foi de apenas 0,3, sugerindo uma homogeneidade espacial deste descritor naquele momento. Os valores variaram entre 8,16 e 8,46, que são considerados valores marinhos. Os valores mais altos foram encontrados nas extremidades norte e sul, enquanto os mais baixos no centro-norte (**Figura 60**). Esta variação segue um padrão espacial semelhante ao observado entre os demais descritores, indicando uma diferenciação entre as condições na porção sul, central e norte da baía, que foi identificada por Silva (op. cit.) através da correlação positiva observada entre temperatura, oxigênio dissolvido e pH.

3.3.4.4.5 Turbidez.

Este descritor correlaciona-se com a quantidade de material particulado em suspensão, que espalha a luz solar e dificulta sua penetração na coluna d'água, prejudicando a fotossíntese do fitoplâncton, principal alimento de mexilhões e ostras. Além disso, grandes quantidades de material em suspensão dificultam o processo de filtração dos moluscos, exigindo maior gasto de energia com a alimentação. Na literatura pesquisada somente Barroso (2004) define limites ótimos para turbidez, com valores extremos variando entre 0,5 e 80 NTU e a faixa ótima entre 3 e 10 NTU.

A turbidez variou entre 2,9 e 84,9 NTU e de acordo com Silva (2002) o setor norte da Baía apresentou os maiores valores por estarem “*relacionados com os fortes ventos presentes na hora da coleta*”. Por se tratar de uma região de baixa profundidade (**Figura 45**) e sedimento fino (**Figura 63**) a geração de ondas por ação do vento local aumenta a turbidez (**Figura 42**).

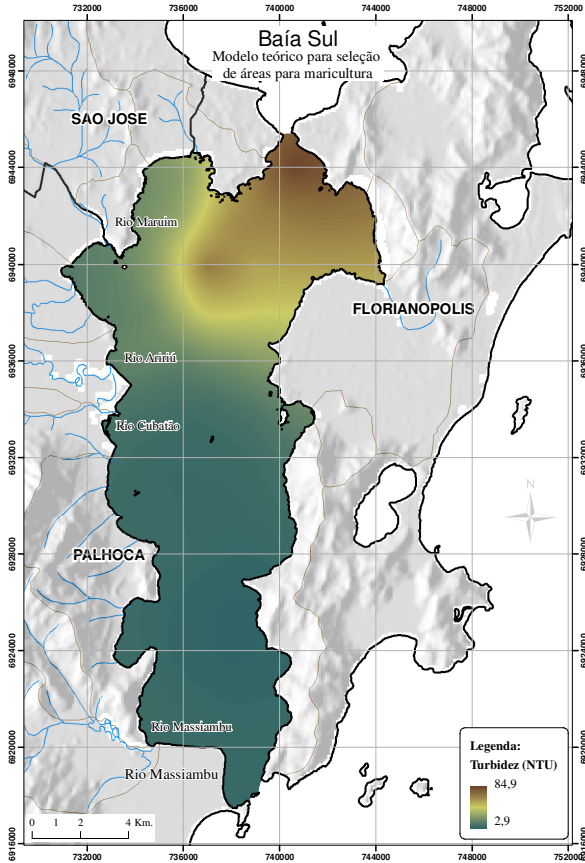


Figura 61: Distribuição da Turbidez de fundo na amostra de inverno.
Fonte dos dados: Silva (2002).

3.3.4.5 Descritores sedimentológicos: Índice textural, Matéria Orgânica Total, Razão Carbono/Enxofre e Carbonato Biodetrítico.

Avaliar descritores sedimentológicos é importante para auxiliar na caracterização hidrodinâmica e da influência oceânica e continental nos corpos d'água. Segundo Bonetti et al (2007), avaliações granulométricas e de constituintes orgânicos do substrato servem para definir sub-ambientes formados a partir de influências distintas dos processos hidrodinâmicos dominantes e pela presença de diferentes fontes. A granulometria é um descritor importante para apoiar análises sedimentológicas que auxiliem na descrição dos processos de dispersão, seleção e deposição de sedimentos, indicativos de ações hidrodinâmicas

distintas. Silva (2002) afirma que o estudo dos constituintes orgânicos também auxilia na caracterização hidrodinâmica, pois permite determinar a sua origem e correlacioná-los com as características texturais dos sedimentos.

Os descritores sedimentológicos utilizados foram índice textural, matéria orgânica total, razão carbono/enxofre (C/S) e carbonato biodetrítico. Estes descritores foram selecionados com objetivo de avaliar, indiretamente, o comportamento hidrodinâmico da Baía Sul, a produtividade e a atividade biológica do ambiente.

Assim como para os descritores físico-químicos, o IL para todos os descritores sedimentológicos foi igual a 2, o que sugere suas representações sem uso de limites definidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Descritores sedimentológicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

3.3.4.5.1 Índice textural.

A classificação textural é uma relação existente entre inúmeras combinações possíveis entre porcentagens de argila, silte e areia. A forma mais comum de se fazer esta classificação é através do triângulo de classificação de textura desenvolvido por Shepard (1954) (Figura 62), que junto com este desenvolveu também um sistema de classificação. Atualmente existem outros sistemas de classificação como o de Flemming (2000), que trabalha com dois componentes areia e lama (argila + silte) e define seis tipos distintos de sedimentos organizados em 25 classes texturais.

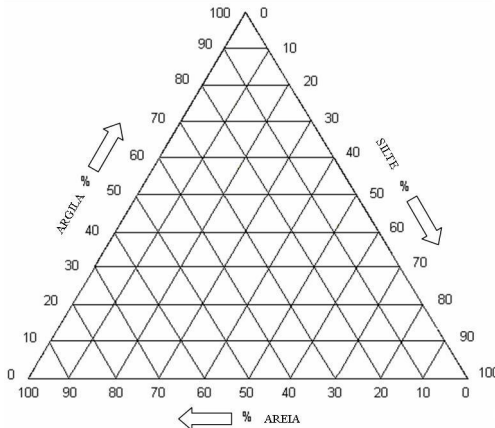


Figura 62: Triângulo de classificação de textura. Fonte: Shepard (1954).

A liberdade de criação de sistemas de classificação de textura definida pelo triângulo permite, a cada usuário, criar suas próprias classes segundo sua necessidade de pesquisa. Para avaliar a Baía Sul seguiu-se a idéia de Flemming (2000), e foram utilizados os componentes lama e areia para diferenciar áreas com baixa energia hidrodinâmica, onde preferencialmente ocorre deposição de sedimentos finos, daquelas com maior ação de correntes e ondas, onde estes sedimentos são habitualmente carreados. Desta forma as porcentagens foram usadas não para propor um sistema de classificação, mas para auxiliar na criação de um índice textural. Este índice foi calculado através da razão entre a porcentagem de areia e a soma das porcentagens de argila e silte, conforme:

Equação 7: $IT = \text{Log}_{10} (Ar / (Ag + S)) + 1$

IT = Índice Textural

Ar = Porcentagem de Areia

Ag = Porcentagem de Argila

S = Porcentagem de Silte

O índice varia entre 0 e 3 e quanto mais alto o valor encontrado, mais arenoso é o sedimento. Valores abaixo de 0,3 indicam maior proporção de lama e acima, maior proporção de areia (**Figura 63**).

Através do índice textural foi possível identificar uma tendência de variação entre um ambiente predominantemente lamoso ao norte e outro arenoso, ao sul. O primeiro está associado à baixa ação hidrodinâmica e à maior influência de aportes continentais. O segundo, é afetado por correntes geradas por ventos e marés, que impedem a deposição de sedimento fino (SILVA, 2002).

Entre estes ambientes há uma área de depósito arenoso próxima à foz do rio Cubatão. Este depósito, segundo Silva (2002) é resultado do aporte de sedimentos através do rio durante eventos de maior vazão.

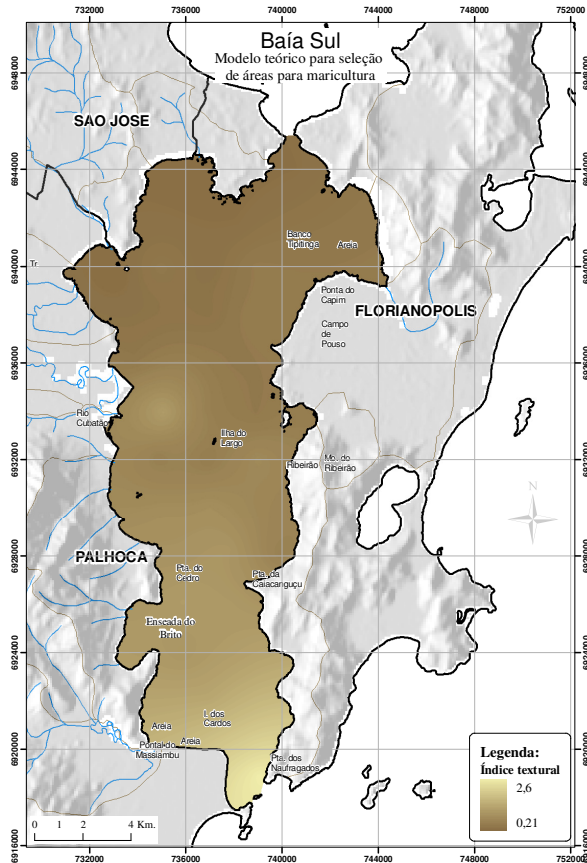


Figura 63: Distribuição do índice textural de fundo. Fonte dos dados: Silva (2002).

3.3.4.5.2 Matéria orgânica total.

Matéria orgânica pode ser utilizada como indicador de ação hidrodinâmica por apresentar comportamento semelhante àquele observado nos sedimentos finos (BONETTI, et al., 2007). Porém sua principal importância talvez esteja na caracterização do estado de degradação dos componentes orgânicos no sedimento. Seu acúmulo pode, eventualmente, constituir uma camada com característica redutora, com pouco ou nenhum oxigênio.

Silva (2002) considerou baixos os valores de matéria orgânica total encontrados na Baía Sul, que variaram entre zero e 14,1%. Sua distribuição espacial segue os padrões encontrados para outros descritores, como turbidez e índice textural, com os valores decrescendo

no sentido norte-sul, porém com uma maior concentração no Saco dos Limões, a noroeste da baía (Figura 64).

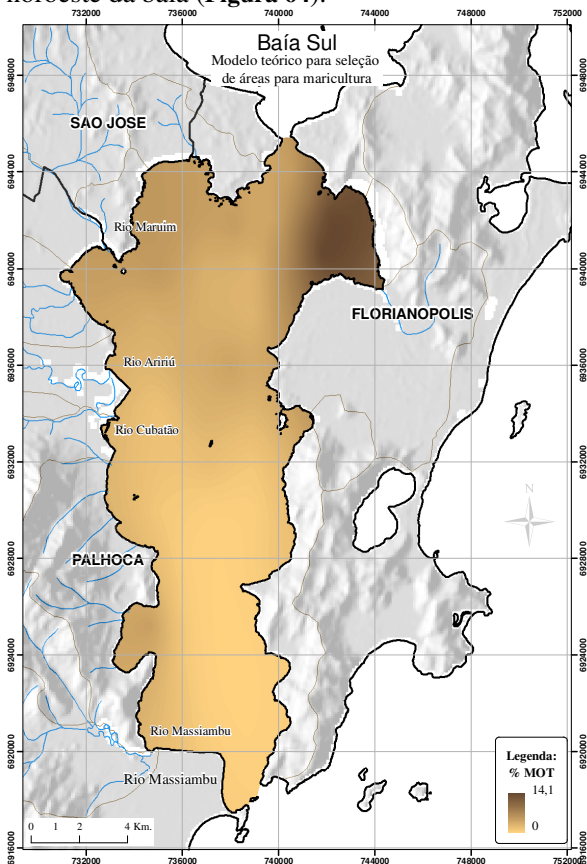


Figura 64: Distribuição da matéria orgânica total de fundo. Fonte dos dados: Silva (2002).

Bonetti, et. al (2007) encontraram uma variação de 0,08 e 10,31% e associaram os valores mais altos às regiões de sedimentos mais finos. Observaram que em alguns sub-ambientes, onde a ação hidrodinâmica é menor, a concentração deste descritor é mais significativa. Segundo eles, ainda não há condições críticas de oxigenação do sedimento de fundo, mas alguns locais onde o hidrodinamismo é reduzido e há grande ocupação por cultivos, podem atingir valores próximos àqueles encontrados em locais com maior susceptibilidade ao aporte de esgoto doméstico.

3.3.4.5.3 Razão Carbono:Enxofre (C/S).

A razão C/S é um descritor utilizado para discriminar ambientes deposicionais marinhos normais e de baixa circulação (BORREGO, et al. 1998). Berner (1982) considera $2,8 \pm 0,8$ valores normais de razão C/S e abaixo disso apontam para condições de hipóxia.

Os valores encontrados na Baía Sul variaram entre 8,6 e 35,6, indicando que toda a baía encontra-se sob condições normais (**Figura 65**). Os valores mais elevados foram medidos na parte sul e são decorrentes da maior circulação marinha. No Saco dos Limões os valores inferiores indicam condições de maior estagnação, que segundo Bonetti, et al. (2007) são agravados pelos aportes de esgoto doméstico.

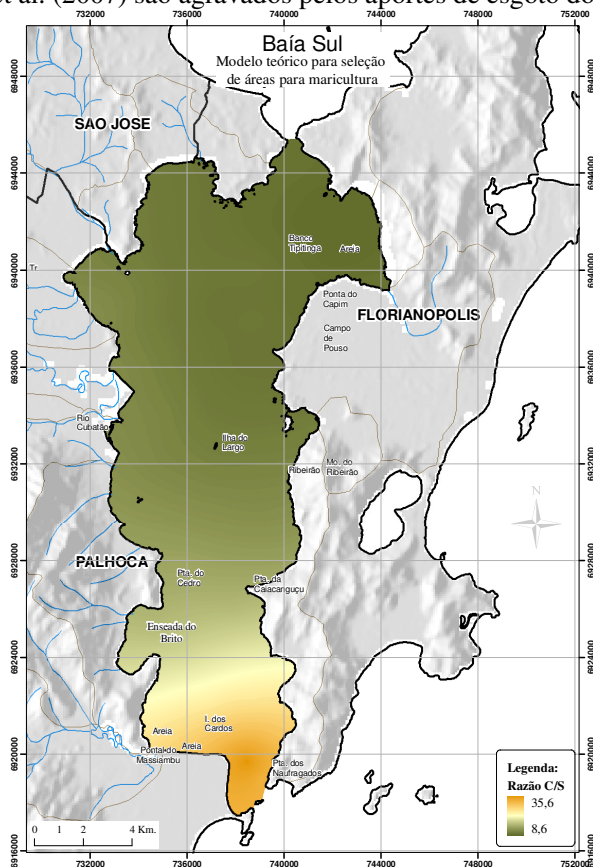


Figura 65: Distribuição da razão C/S de fundo. Fonte dos dados: Silva (2002).

Carbonato Biodetrítico.

Este descritor é indicativo de atividade biológica através da qual organismos marinhos utilizam material calcário para produzir suas carapaças, que depois da sua morte retornam ao ambiente depositando-se no fundo.

O setor sul da baía, onde foram encontradas as maiores concentrações, é também a mais arenosa (**Figura 66**). Bonetti, et al. (2007) também associaram os maiores valores deste descritor a áreas arenosas. Além disso, locais onde há maior concentração de cultivos, como o Ribeirão da Ilha e a Enseada do Brito, também apresentam tendência de concentrar carbonato biodetrítico no sedimento. O material proveniente dos cultivos pode justificar este aumento.

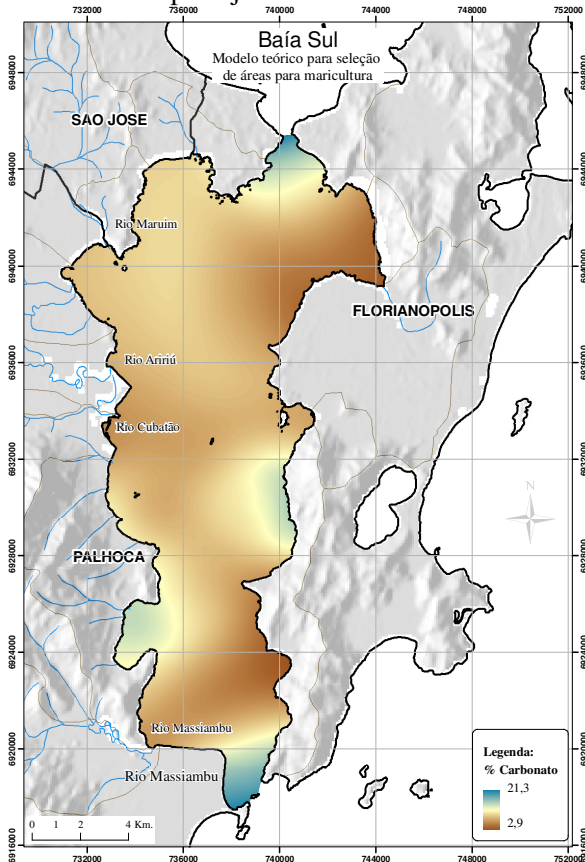


Figura 66: Distribuição carbonato biodetrítico de fundo na amostra de verão. Fonte dos dados: Silva (2002).

3.3.4.6 Descritores sócio-econômicos: fundeadouros, marinas, pesca esportiva e navegação.

Descritores sócio-econômicos representam a relação espacial de proximidade das estruturas utilizadas pela maricultura com atividades, tais como fundeadouros de embarcações, locais de pesca tradicional, rotas de navegação e locais destinados a turismo e lazer (balneários, esportes náuticos, etc).

O IL de 1,289 para estes descritores sugere que a representação seja isenta de limites bem definidos, visto que a análise de distância gera matrizes de natureza plena, heterogênea, contínua, distribuída e propriamente definida. Porém autores como Scott (2003) e Kapetsky & Aguilar Manjarrez (2007) consideram a possibilidade de convencionar classes de distância e representá-las através de polígonos ou isolinhas. Scott (2003), por exemplo, definiu a distância de 450m de entorno das rotas de navegação como fator de conformidade para delimitar uma área proibida para maricultura. Aqui a distância foi usada para avaliar a probabilidade de ocorrência de conflitos com outras atividades em função da proximidade. Teoricamente quando mais distante das atividades conflitantes, menor será esta probabilidade.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Distância dos fundeadouros	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289
Distância das marinas	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289
Distância dos locais de pesca	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289
Distância das rotas de navegação	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289

Foram consideradas as atividades humanas que ocorrem no mesmo espaço da maricultura e assim geram conflitos por ocupação. Na Baía Sul as atividades são fundeadouros, marinas, pesca esportiva e navegação e todas elas são consideradas iguais em termos de conflito, assim não há necessidade de gerar matrizes individuais (BRASIL, 2008). Porém algumas são pontuais e outras são representadas por linhas, como as rotas de navegação, e tecnicamente não é possível gerar matrizes de distância a partir de vetores de pontos e linhas ao mesmo tempo. Desta forma foram geradas três matrizes (**Figura 67**), uma para avaliar a distância das atividades costeiras identificadas pontualmente (A), outra para as rotas de navegação, representadas por linhas (B) e a terceira para integrar as duas (C) através de média simples.

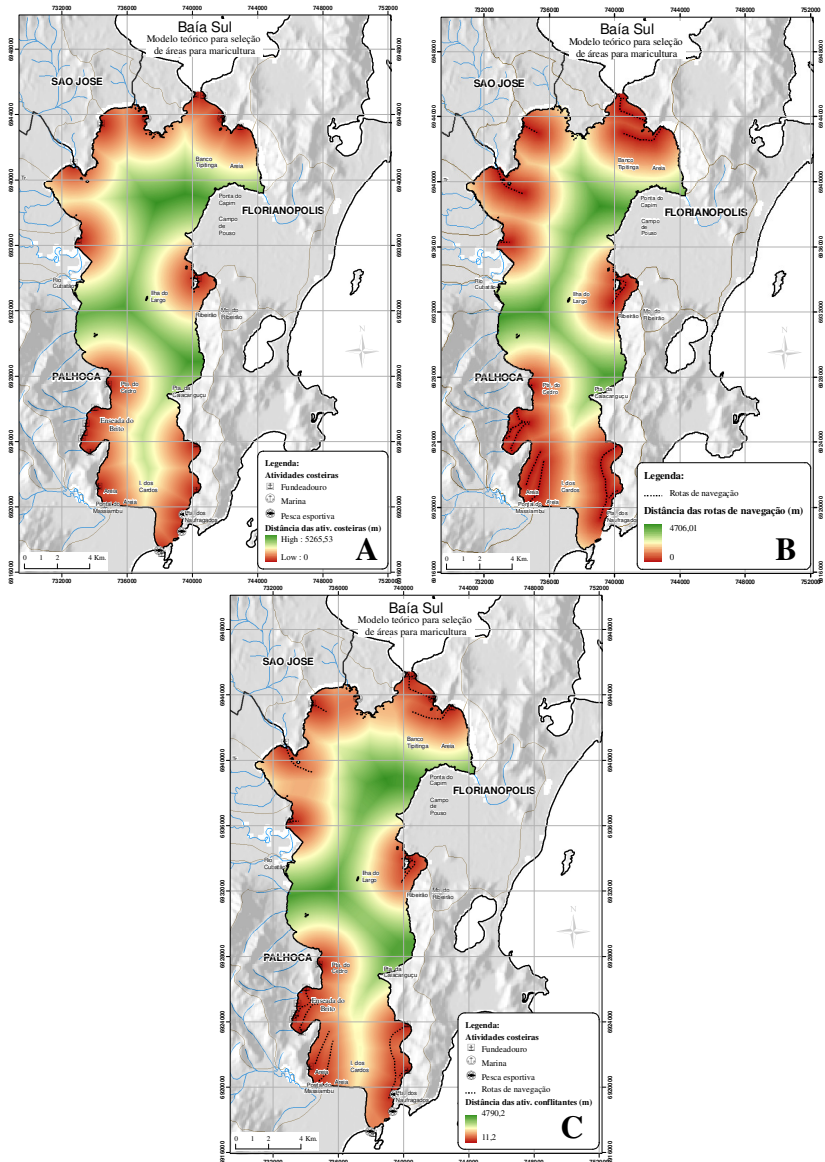


Figura 67: Análise de distância das atividades humanas conflitantes com a maricultura.

A variação de distância das atividades costeiras é de 5,26 km, e das rotas de navegação, de 4,7 km. Em ambos os casos as áreas mais próximas e com maior probabilidade de conflitos se assemelham, o que

indica que a atividade de navegação está relacionada espacialmente com as demais atividades da zona costeira (**Figura 67 A e B**).

A maior distância entre as atividades conflitantes é 4,8 km (**Figura 67 C**). As áreas mais distantes (tons de verde) estão afastadas da costa, com exceção de uma área no continente, entre o Rio Cubatão e a Ponta do Cedro, e duas áreas na ilha, uma na área da Ponta do Capim, ao sul do Saco dos Limões e outra entre o Ribeirão da Ilha e a Ponta da Caiacanguçu.

3.3.4.7 Descritores logísticos: acesso ao sistema viário, acesso à praia, densidade de áreas e pista de ventos extremos.

Estes descritores são úteis na avaliação das necessidades logísticas da atividade para que se tenha conhecimento acerca do acesso à infra-estrutura, mercado e apoio técnico, além de conhecer locais onde já ocorre produção e áreas onde a atividade pode sofrer avarias por intempéries climáticas.

3.3.4.7.1 Acesso ao sistema viário e à praia.

No que se refere à infra-estrutura, a proximidade dos sistemas de transportes e das praias existentes na baía é fundamental. O sistema viário é a principal rede de transporte dentro do processo produtivo na maricultura catarinense, tanto para escoar produção quanto para ter acesso aos insumos necessários. Já para o manejo dos cultivos é importante ter acesso fácil aos mesmos através da praia, pois outras formas de acesso, como pelos costões ou zonas de marisma e manguezal, exigem investimentos em infra-estrutura (trapiches) e possuem limitações legais.

Alguns produtos da maricultura são comercializados em outros estados e são escoados por via aérea. Além disso, o maricultor necessita do apoio técnico, que é dado pelas universidades e empresas de pesquisa e extensão. Assim, é fundamental ter facilidade ao acesso viário e às praias, através dos quais se tem o apoio logístico necessário para chegar também ao aeroporto e às instituições de apoio, que no caso da Baía Sul encontram-se num raio de 20 km.

Avaliar esta estrutura também auxilia na análise do mercado interno e do acesso aos insumos básicos e sementes. Neste sentido a comercialização direta dos produtos de maricultura é sazonal, ocorre principalmente no verão e a grande maioria dos produtores se beneficia pela comercialização direta. Só uma pequena parte da produção é comprada pelas indústrias de beneficiamento ou por intermediários (BRASIL, 2008). Já os insumos básicos (cordas, lanternas, poitas, máquinas, etc.) são adquiridos em lojas especializadas localizadas nos

centros urbanos ou periferias das grandes cidades. Sementes de ostras são produzidas pelo laboratório da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que é o único com capacidade para atender à demanda comercial. Já as sementes de mexilhões são obtidas em ambiente natural, através de coletores (FERREIRA e NETO, 2006).

O IL de 1,289 para as matrizes de distância do sistema viário e praias segue a mesma lógica dos descritores sócio-econômicos. Apesar da possibilidade de serem convencionados, aqui são utilizados para analisar a probabilidade da facilidade de acesso. Quando mais próximos, em teoria, mais fácil o acesso.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Distância do acesso ao sistema viário	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289
Distância dos acessos às praias	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289

Esta facilidade está associada não só à distância, mas também aos meios de transporte utilizados. Em relação ao deslocamento entre as áreas de cultivo e a costa, o tipo de embarcação influencia na relação de distância em função do tempo e da capacidade de carga, além das condições fisiográficas do local de navegação. Uma lancha, por exemplo, percorre em menos tempo esta distância em comparação a uma baleeira, mas esta última, sendo do mesmo tamanho, tem maior capacidade de carga. No mar, em locais onde não há barreiras (rochas, cascos soçobrados, recifes, etc.) e o calado é propício, a distância euclidiana é um bom indicador de acesso. O mesmo ocorre em relação ao acesso dos cultivos às beneficiadoras dos produtos, que depende da existência de pontos de acesso à malha viária através de praias ou pequenas estruturas portuárias.

Quando lidamos com o acesso aos mercados e fornecedores, através da malha viária, a distância euclidiana já não é indicada. Neste caso devem ser empregados modelos de redes que permitam avaliar o “caminho mais rápido” (GATRELL, 1983). Como o domínio espacial considerado para análise é o corpo d’água da Baía Sul, foram empregadas apenas análises de distância euclidiana a partir dos pontos de acesso às praias e ao sistema viário, independente da sua condição de circulação e estrutura de rede.

Para gerar a matriz de distância dos locais de acesso público à malha viária, foram restituídos, nas imagens Quickbird, os pontos onde a rede viária pública chega à linha de costa (**Figura 68A**). Foram utilizados apenas os acessos públicos, pois o processo de ocupação de

algumas áreas privatiza a costa e dificulta o alcance ao mar. Nestes casos são necessários investimentos em infra-estrutura para integrar o acesso ao mar com a malha viária, seja através da construção de trapiches ou vias privadas. Em locais como o Ribeirão da Ilha esta prática é comum também entre maricultores (Figura 68 B).

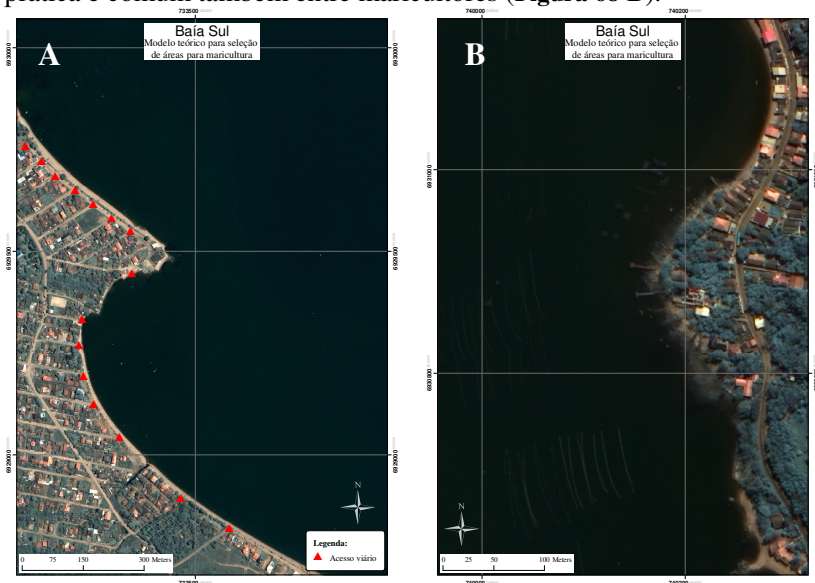


Figura 68: Pontos de acesso público (A) e privado (B) à malha viária no litoral.

A maior distância encontrada na baía de um ponto de acesso à malha viária foi 5,6 km, que representa uma viagem de aproximadamente 23 minutos em uma embarcação que se desloque a uma velocidade de 15 km/h (Figura 69). Além disso, a distribuição espacial dos pontos de acesso é quase uniforme no perímetro da baía, com uma área menos provida a nordeste, próximo à foz do rio Aririú.

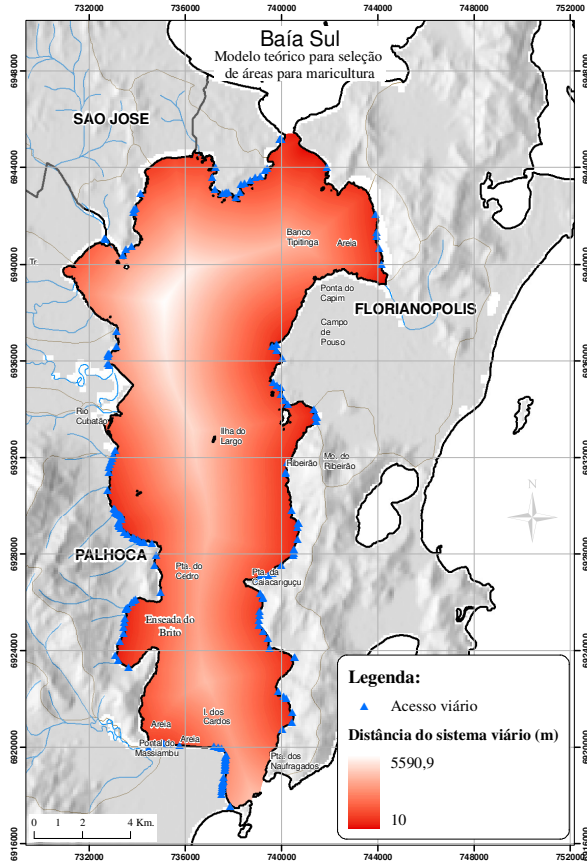


Figura 69: Análise de distância dos pontos de acesso à malha viária no perímetro da Baía Sul.

Para a análise de distância das praias foram utilizados os dados da linha de costa do PLDM (SEAP, 2008). A partir do ponto mais distante no interior da baía, que está a 4,37 km, é possível chegar a uma praia em 18 minutos, com a mesma embarcação do exemplo anterior. A configuração espacial do acesso às praias é bastante semelhante à do acesso à malha viária, uma vez que a maior parte dos acessos públicos localiza-se nas praias. Porém é mais homogênea (Figura 70), pois existem praias privadas ou com acesso restrito através de trilhas ou por mar, o que reduz a distância máxima em 1,3 km quando comparada à distância máxima dos acessos viários.

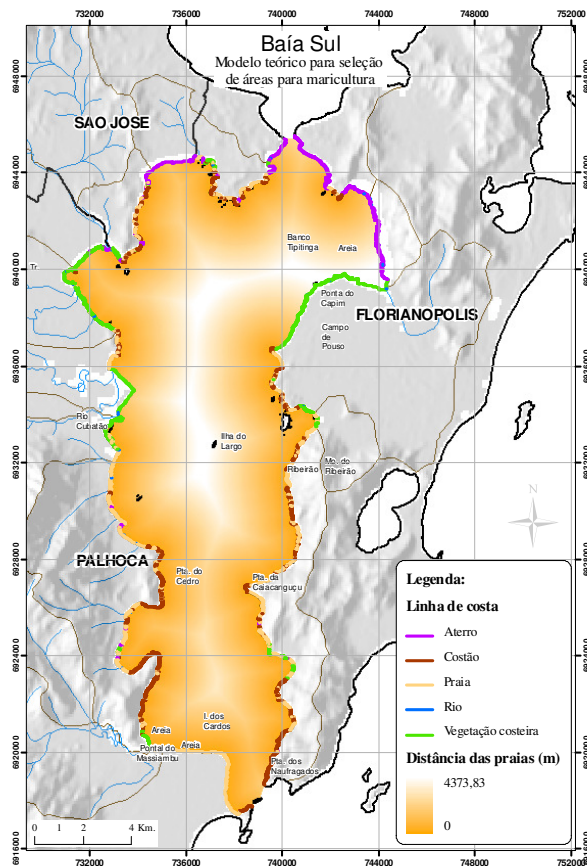


Figura 70: Análise de distância das praias.

3.3.4.7.2 Densidade de áreas.

A maricultura catarinense teve início nos anos 80 e apresenta um grande potencial de crescimento em Santa Catarina (NETO, 2005). Áreas onde historicamente já existe atividade bem estruturada devem ser avaliadas em função da densidade. Apesar de estas áreas indicarem historicamente condições satisfatórias à produção, aquelas onde ocorrem densidades altas de áreas aquícolas devem ser evitadas para ampliação.

A matriz de densidade de áreas de cultivo deve ser representada isenta de limites definidos, pois apenas sua natureza sólida e bidimensional aponta para a possibilidade de uso dos mesmos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Densidade de áreas de cultivo	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1,727

Considera-se um cultivo o agrupamento de *long-lines* ou estruturas fixas com distância inferior a 20 metros entre si, identificadas através de análise visual de imagens Quickbird. Sendo assim a densidade de cultivos difere daquela que define tecnicamente a distância mínima entre *long-lines* para fins de aumento na produtividade. As maiores densidades de áreas de cultivo estão no Ribeirão da Ilha, Caieira da Barra do Sul e Enseada do Brito, com valores superiores a uma área a cada 2 hectares.

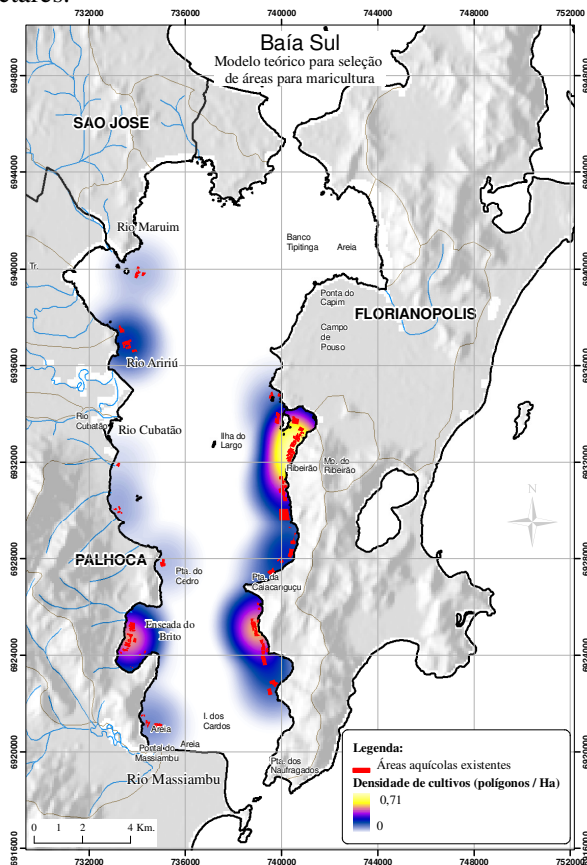


Figura 71: Densidade de áreas aquícolas existentes. Fonte: Brasil (2008).

3.3.4.7.3 Pista de ventos extremos.

Alguns fenômenos meteorológicos como vendavais e ressacas podem causar avarias aos cultivos marinhos, portanto é importante avaliar a existência de áreas protegidas (áreas de sombra) e áreas sob

maior influência destes fenômenos. Para identificar estas áreas foram avaliadas as pistas de ventos extremos.

A avaliação foi feita de forma semelhante à pista de ventos médios. Foram levantadas as frequências de ocorrência e velocidade média dos ventos extremos - com velocidade superior a 8 m/s - entre os anos 2000 e 2006 (**Figura 72**).

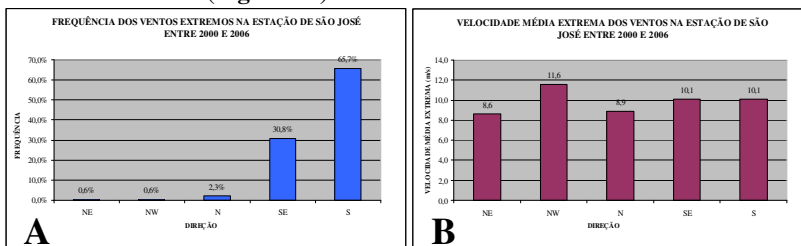


Figura 72: Frequência de ocorrência (A) e velocidade média (B) dos ventos extremos na estação de São José no período de 01/2000 a 12/2006 (Fonte: Epagri)

Apesar da maior frequência de ventos extremos ocorrerem nos quadrantes sul e sudeste (**Figura 72 A**), os ventos de NW, NE e N também causam prejuízos aos cultivos na Baía Sul pela sua grande intensidade (**Figura 72 B**). Foram utilizadas as cinco matrizes de pista de vento geradas para ventos médios (**Figura 40**), nas direções N, NE, SE, S e NW. As matrizes foram integradas ponderando-as de acordo com a frequência de ocorrência (**Figura 72 A**), através da equação:

$$\text{Equação 8: } [FET_{CH_EXTRE}] = ([FET_{045}] * 0.06) + ([FET_{315}] * 0.06) + ([FET_{000}] * 0.23) + ([FET_{135}] * 0.308) + ([FET_{180}] * 0.657)$$

Onde:

[FET_{CH_EXTRE}] – Matriz de pista de ventos extremos;

[FET₀₀₀] = Matriz de pista de vento do quadrante Norte;

[FET₀₄₅] = Matriz de pista de vento do quadrante Nordeste;

[FET₁₃₅] = Matriz de pista de vento do quadrante Sudeste;

[FET₁₈₀] = Matriz de pista de vento do quadrante Sul;

[FET₃₁₅] = Matriz de pista de vento do quadrante Noroeste.

Da mesma forma que para a pista de ventos médios, o IL para a matriz de pista de ventos extremos sugere uma representação sem limites definidos.

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Pista de ventos extremos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

O maior alcance da pista de ventos extremos localiza-se na porção continental, entre os municípios de São José e Florianópolis, a

noroeste da baía. Nesta área os ventos de quadrante sul são os mais atuantes. As regiões mais protegidas (tons de verde) estão próximas à linha de costa, principalmente onde existem enseadas (Figura 73).

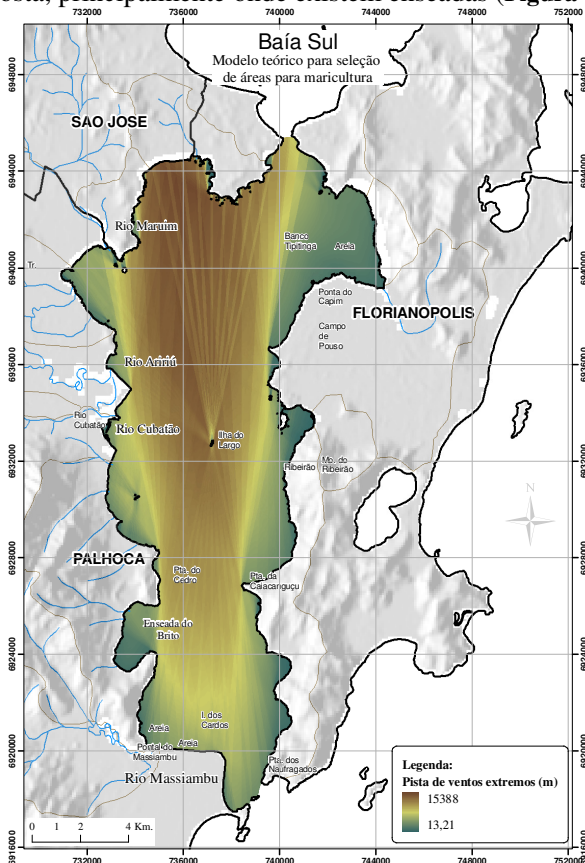


Figura 73: Pista de ventos extremos.

3.3.4.8 Descritores legais

Os descritores legais mapeados na Baía Sul (BRASIL, 2008) são Unidades de Conservação municipais, estaduais e federais (Tabela 21) e a Instrução Normativa nº 105 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA) de 20 de julho de 2006.

Pela natureza normativa, dos descritores legais é necessário que os mesmos sejam representados através de limites bem definidos, o que pode ser confirmado pelo IL de 0,229 para as Unidades de Conservação e 0,254 para a IN 105/2006 (BRASIL, 2006).

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL
Unidades de conservação	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,229
IN IBAMA n° 105/2006	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,254

Entre as Unidades de Conservação municipais estão cinco parques e uma estação ecológica, sob jurisdição do Estado há um parque estadual e no nível federal uma área de proteção ambiental e a Reserva Extrativista Pirajubaé, que é a única que abrange, parcialmente, o corpo d'água da Baía Sul (**Figura 74**), porém nesta área não há maricultura instalada nem projetada.

Unidade de Conservação	Jurisdição	Área (ha)
Parque Ecológico Prof. João Davi Ferreira Lima	Municipal	20,8
Parque do Manguezal do Itacorubi	Municipal	137,2
Parque da Luz	Municipal	3,7
Estação Ecológica de Carijós Saco Grande	Municipal	92,7
Parque do Manguezal do Itacorubi	Municipal	58,0
Parque Municipal Maciço da Costeira	Municipal	1459,6
Reserva Natural Menino Deus	Municipal	14,6
Parque Estadual Serra do Tabuleiro	Estadual	92125,3
R.Ex. Pirajubaé	Federal	1726,8
A.P.A da Baleia Franca	Federal	154874,4

A IN n° 105/2006 (BRASIL, 2006) proíbe a atividade de malacocultura a menos de 200m das praias e 50m dos costões. Como as demais classes de linha de costa (manguezais, marismas, aterros, etc.) não possuem distância definida legalmente, por precaução foi utilizado o valor de 200m. Desta forma foram identificados 181,7 hectares onde não é permitida a prática do cultivo de moluscos (**Figura 74**).

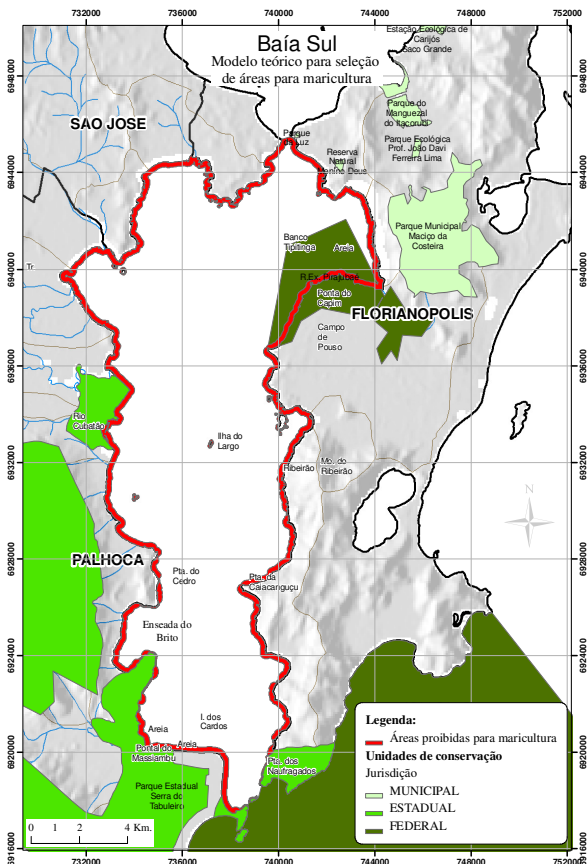


Figura 74: Descritores legais: Unidades de conservação, IN IBAMA 105/2006

3.3.5 Avaliação da Baía Sul.

Com base nos descritores avaliados a Baía Sul sugere condições favoráveis para atividades de maricultura. Sua fisiografia lhe confere características marinho-estuarinas pelas conexões que possui com o oceano Atlântico, ao sul, e com a Baía Norte, no extremo norte. Trata-se de um corpo d'água semiconfinado com uma área aproximada de 180 km² orientado no sentido norte-sul. Sua largura média, segundo Silva (2002) é de 6,8 km e comprimento médio de 25 km. Possui um litoral bastante recortado formando pequenas enseadas e sua profundidade média é 2,7 m, com profundidades que variam até 29,3 m.

Por ser semifechada quase não possui interferência de ondas oceânicas, apenas de marés e ondas geradas localmente pelo vento. Os

ventos médios predominantes são de quadrante Norte, Sudeste, Sul e Nordeste, com maior influência na porção central da baía. As ondas geradas por estes ventos atuam de forma mais dinâmica sobre o substrato nas regiões de menor profundidade, com destaque para o Saco dos Limões, a nordeste, onde causam aumento na turbidez.

As correntes são predominantemente ocasionadas pelo regime de marés astronômicas e a propagação da onda se dá, segundo Bonetti, et al. (2007) pela comunicação com o oceano, ao sul e através da Baía Norte, ao norte. Seu comportamento desta condição foi estudado por Prudêncio (2003) que identificou no trecho centro-norte da baía, o antinó da zona estacionária de maré, ou zona de tombo de maré. Nesta área a troca efetiva de água com o oceano através das correntes geradas pela maré astronômica é reduzida, mas, segundo o autor, o efeito de sistemas meteorológicos e ventos compensam esta redução.

As principais bacias hidrográficas que contribuem para a baía estão localizadas a oeste, na costa continental. Os rios Maruim e Aririú localizam-se na parte noroeste e são responsáveis pelo maior aporte de esgoto doméstico, influenciados pela zona urbana dos municípios de Florianópolis, São José e Palhoça. No centro-oeste está o rio Cubatão, responsável pelo maior volume de água doce aportado. Sua bacia está sob influência da zona rural com maior consumo de defensivos agrícolas. No extremo sul encontra-se o rio Massiambu.

Quase todo o entorno da baía está sob influência de aportes pluviais, porém a parte norte, mais urbanizada, apresenta maior concentração de emissários e dutos, que de acordo com o a Resolução CONSEMA 01/2004, têm maior potencial poluidor.

Em relação aos descritores físico-químicos temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e turbidez, as amostras analisadas por Silva (2002) indicam que toda a baía apresenta condições satisfatórias para maricultura. Para os descritores sedimentológicos não há referências que indiquem valores ótimos associados às espécies cultivadas na área estudada, porém foram identificadas variações significativas que indicam condições ambientais distintas junto ao substrato. Os valores superiores dos descritores índice textural, MOT e razão C/S foram encontrados na parte norte da Baía Sul e sugerem tratar-se da área sob maior influência de dejetos urbanos e com menor troca de água do sistema. Apesar dos valores não indicarem condições extremas, a qualidade sanitária e ambiental para maricultura nestas áreas aparenta ser inferior.

Conflitos com outras atividades podem ocorrer em todo o entorno da baía, com exceção das zonas menos povoadas. Estes podem existir

em relação à navegação, locais de fundeadouros, pesca e presença de marinas.

O acesso às praias e ao sistema viário é fácil e rápido. De qualquer ponto da baía é possível chegar a uma praia ou uma via em, no máximo, 25 minutos, com uma pequena embarcação. Além disso, por apresentar um litoral bastante recortado e cercado de enseadas, há muitas áreas protegidas de ventos extremos.

A Baía Sul já conta com muitas áreas de cultivo implementadas e as maiores densidades estão nas regiões da Tapera, Ribeirão da Ilha e Caieira, na Ilha de Santa Catarina e na Enseada do Brito em Palhoça. Muitas destas áreas necessitam adequar-se aos afastamentos previstos na legislação vigente, porém não foram identificados conflitos entre cultivos e unidades de conservação.

O histórico produtivo da maricultura na Baía Sul (NETO, 2005) e as características avaliadas através dos descritores, indicam se tratar de um domínio espacial adequado à atividade. Porém estes mesmos descritores variam e criam sub-ambientes diferenciados. Esta diferença, associada à dinâmica natural da baía, lhe confere uma variabilidade potencial.

3.4 Etapa 3: Avaliação de potencial para maricultura.

Conforme definido no Capítulo 1, avaliar o potencial é “identificar e comparar as diferenças e similaridades impostas pelos critérios, de acordo com a variabilidade dos fatores de escala, dentro de um universo amostral definido pelo domínio espaço-temporal”. Aqui a avaliação do potencial foi feita através da integração dos fatores de escala utilizando modelagem em SIG. O objetivo foi avaliar a distribuição espacial do potencial da Baía Sul para maricultura. O termo potencial é adequado por destituir a idéia de permissão ou proibição e favorecer uma análise comparativa com base na variabilidade espacial do potencial para maricultura, de acordo com os fatores de escala escolhidos. Isto significa que a variação do potencial não é limitante, ou seja, áreas de baixo potencial não necessariamente são inadequadas ao objetivo proposto, apenas apresentam condições qualitativamente inferiores.

3.4.1 Escolha dos fatores e modelagem no SIG

A confiabilidade do resultado da modelagem depende diretamente da escolha dos fatores, qualidade dos dados e da forma como são integrados. Esta escolha deve ser feita seguindo os preceitos apresentados anteriormente, para definição dos descritores, no caso da avaliação do domínio espacial, ou seja, deve ser participativa e/ou embasada em trabalhos pretéritos. É necessário ter ciência de que, como

qualquer modelo, é uma representação parcial e limitada dos fenômenos avaliados, assim a confiabilidade está relacionada com as incertezas oriundas das limitações técnicas das ferramentas, do método e também da qualidade dos dados.

A qualidade deve ser testada com base em experiências pretéritas, levantamentos de campo ou programas de monitoramento. Áreas identificadas com alto potencial, que já são usadas para maricultura, apresentam boa produtividade e alta qualidade dos produtos, por exemplo, podem ser validadas pelo sucesso histórico da produção. Já aquelas que ainda não estão ocupadas e estão previstas para expansão, devem ser monitoradas através de programas que garantam a produtividade e a qualidade do produto.

Uma vez que os descritores já foram definidos na avaliação da área, cabe aqui selecionar aqueles que melhor se ajustam à avaliação do potencial, agora como fatores de escala. Os fatores devem ser representativos de fenômenos fundamentais para a atividade, mas sem apresentarem redundância, ou seja, devem representar um conjunto de fenômenos com a maior variabilidade possível, para que se possa mapear esta variabilidade em termos potenciais.

A variabilidade deve estar associada a cada fator que descreve um determinado fenômeno, sua relação com o objetivo do modelo e sua distribuição espacial. Isto significa que, se houverem dois fatores distintos que descrevam o mesmo fenômeno, com comportamento estatístico semelhante em relação ao objetivo do modelo e com mesma distribuição espacial, podemos optar pelo uso de apenas um deles. Por outro lado se o comportamento estatístico ou a distribuição espacial são diferentes, devemos utilizar ambos.

A qualidade dos dados que representam os fatores deve ser verificada para que o resultado do modelo tenha o máximo possível de confiabilidade. Dados que representam fatores físico-químicos e biológicos, como, salinidade, temperatura, colimetria ou poluentes, não são indicados para modelos de avaliação de potencial em grandes áreas. Para serem utilizados com este propósito devem ser levantados sob critérios rígidos de estratégia amostral, repetitividade temporal e técnicas de medição, em função da alta variabilidade imposta pela dinâmica dos ambientes aquáticos. No caso dos modelos em SIG, a distribuição espacial das estações de coleta e o período amostral são fundamentais para sua confiabilidade, o que exige altos investimentos de tempo e recursos. Neste sentido é mais indicado utilizar outros fatores que representem, teórica e qualitativamente, o comportamento

destes, como análises de distância das fontes de poluição, modelos hidrodinâmicos e dados sedimentológicos.

A forma como os fatores são integrados para comporem um mapa de potencial também interfere na confiabilidade do resultado. Por outro lado, as inúmeras possibilidades de integração permitem gerar cenários distintos de acordo com interpretações e necessidades diversas. Assim é importante que os modelos sejam construídos por grupos heterogêneos, formados por indivíduos e/ou instituições com experiências, formações e expectativas diferentes em relação ao seu objetivo, ou com base em modelos já validados. Esta possibilidade de obtenção de resultados distintos exige que os usuários destas ferramentas conheçam seus limites para poderem usufruir ao máximo das suas potencialidades.

Para integrar fatores de naturezas diferentes, que representam fenômenos diferentes, para um objetivo comum, é preciso aplicar técnicas matemáticas e estatísticas. No caso de fatores modelados em SIG, estas técnicas consistem na padronização para uma mesma escala de valores e integração através de operadores lógicos ou algébricos.

3.4.1.1 Seleção dos fatores de escala

Os fatores de escala foram escolhidos entre os descritores usados na avaliação da Baía Sul (**Tabela 16**) com base no modelo do PLDM (BRASIL, 2008) e nos descritores e fatores utilizados nos trabalhos avaliados no capítulo 2.

Onze fatores foram selecionados para o modelo de avaliação de potencial da Baía Sul e agrupados em seis ambientais, um sócio-econômico e quatro logísticos (**Tabela 22**).

Tabela 22: Fatores de escala selecionados para avaliar o potencial da Baía Sul para fins de maricultura.		
Ambientais	Hidrodinâmicos	Regime de ondas
	Poluição	Influência fluvial
		Influência pluvial
	Sedimentológicos	Índice textural
		Matéria orgânica
Razão Carbono/Enxofre – C/S		
Sócio-econômicos	Conflitos	Distância das atividades conflitantes
Logísticos	Infra-estrutura	Acesso ao sistema viário
		Acesso à praia
	Produção	Densidade de áreas
	Avarias	Pista de ventos extremos

Alguns já passaram por um pré-processamento na etapa de avaliação da área. Regime de ondas, influência pluvial e fluvial,

distância das atividades conflitantes e pista de ventos extremos são resultantes de análises que já integraram descritores como batimetria, correntes residuais astronômicas e meteorológicas e pista de ventos. Também análises de distância de atividades costeiras, rotas de navegação, hidrografia e pontos de aportes pluviais.

3.4.2 Modelo para avaliação de potencial

O modelo para avaliar o potencial da Baía Sul para maricultura foi elaborado através da combinação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) (SAATY, 2001) com SIG. No SIG foram aplicadas técnicas estatísticas e de análise espacial para padronizar e integrar as matrizes. Como os fatores apresentaram unidades de medida diversas, as matrizes contendo os valores de cada um foram padronizadas para uma mesma escala, para permitir a integração. Cada fator foi padronizado através de uma equação de ajuste a uma curva ótima que descreveu o seu comportamento em relação ao objetivo do modelo. A escala de padronização variou entre zero e um, onde zero indicou o potencial mais baixo do fator e um, o mais alto, de acordo com os valores mínimos e máximos encontrados em cada matriz. O resultado desta padronização foram matrizes que representam a variação do potencial de cada fator, nesta escala.

A representação do potencial foi feita isenta de limites definidos e a legenda elaborada de forma a apresentar a variação do potencial qualitativamente, entre menor (0) e maior (1). O IL dos fatores de escala é o mesmo do descritor de origem, e todos apresentaram IL maior que 1. Isto se refletiu na representação, isenta de limites, dos critérios e do resultado final do modelo.

3.4.2.1 Padronização das matrizes dos fatores.

Agresti (2002) afirma que a padronização é necessária quando comparamos matrizes com diferentes estruturas marginais, ou seja, diferentes naturezas e/ou unidades de medida. Segundo ele, “*The standardization process corresponds to fitting the model*”, ou seja o processo de padronização é responsável pelo ajuste dos valores dos descritores a um modelo de distribuição. Assim é possível escalonar (*ranking*) os valores para um mesmo intervalo, que neste caso variou entre zero e um.

A padronização das matrizes foi feita de acordo com o comportamento de cada fator em relação ao objetivo do modelo. Este processo ocorreu em quatro etapas, que foram aplicadas para as matrizes dos fatores, individualmente: (i) Análise da frequência acumulada dos valores das matrizes; (ii) modelagem para ajuste da função de

padronização; (iii) aplicação da função de padronização no SIG; e (iv) ajuste da condição dos fatores.

A análise da frequência acumulada e a modelagem para ajuste das funções foram realizadas no programa *Matlab*. A partir do histograma de cada matriz foi gerada uma matriz de distribuição de frequência acumulada dos valores. Para cada distribuição foi modelada uma função de ajuste através da *Curve fitting tool*³² do *Matlab*. As matrizes que apresentaram distribuição ajustável a uma função linear, como as matrizes de distância, foram padronizadas através da razão entre a diferença dos valores da matriz pelo seu valor mínimo e o seu intervalo (*range*) (**Equação 4**). Já as que apresentaram comportamento não linear, foram ajustadas através de equações específicas, apresentadas individualmente na sequência.

Além da padronização, as matrizes dos fatores que apresentaram valores mais altos como pior condição foram ajustadas de acordo com a **Equação 9**, que transforma o valor mais alto da matriz de entrada em zero (menor potencial), e o mais baixo em um (maior potencial).

Equação 9: $([MATRIZ_PADRONIZADA] \times -1) + 1$

Este ajuste foi feito nas matrizes de influência fluvial, influência pluvial, matéria orgânica, distância das atividades conflitantes, densidade de áreas de cultivo, acesso ao sistema viário e às praias e pista de ventos extremos.

Também foi feita uma padronização visual das matrizes para uma mesma escala de cores em função do potencial para a maricultura. Foi adotada uma escala de cores variando do verde (potencial maior), amarelo (potencial intermediário) até o vermelho (potencial menor). A escolha destas cores para representação está de acordo com Loch (2006) que sugere, para o uso de cores vizinhas, a escolha desta variação. A única ressalva a ser feita sobre este aspecto é o fato de haver um senso comum que associa o verde à permissão, o amarelo ao alerta e o vermelho à proibição, principalmente em relação à aplicação destas cores no trânsito e em mapas de adequação³³. Esta associação tem influência na interpretação do mapa de potencial, que é apenas comparativo e não seletivo, e pode induzir o leitor à compreensão de que as áreas verdes são adequadas, amarelas restritas e vermelhas inadequadas para o objetivo.

³² <http://www.mathworks.com/products/curvefitting/>

³³ Mapa de adequação das condições de solo e clima para sequestro de carbono no solo - <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=12737&currTab=simple>. Acessado em 22/11/2010

3.4.2.1.1 Matrizes de influência fluvial e pluvial.

As matrizes de influência fluvial e pluvial são índices que não necessitaram padronização por já estarem na escala entre zero e um. Porém os valores altos indicam maior influência (**Figura 75 A** e **Figura 76 A** – tons de verde e azul), que são as condições menos indicadas para maricultura, ou seja, indicam um potencial inferior e desta forma foi necessário ajustá-las aplicando-se a Equação 9.

Na **Figura 75** é possível verificar que a influência fluvial é inversamente proporcional ao seu potencial para maricultura, o que significa dizer que as áreas sob maior influência dos rios são aquelas de menor potencial. O mesmo pode ser observado para a matriz de influência pluvial (**Figura 76**).

Nas duas matrizes de potencial o setor limítrofe com a Baía Norte apresenta valores altos, associados principalmente à ação das correntes influenciadas pelas condições fisiográficas do estreito entre a Ilha de Santa Catarina e o continente. Mas esta ação hidrodinâmica não se reflete em troca efetiva de água com o oceano. Como não foi feita uma análise da influência fluvial e pluvial na Baía Norte, o modelo entende que naquele setor as águas que chegam não possuem influência destes fatores.

Prudêncio (2003) identificou uma área de estagnação na porção sul da Baía Norte, que associada à área de tombo de maré situada na porção central da Baía Sul, indicam uma zona de lenta troca de água. Avaliando os campos residuais de maré astronômica, Prudêncio (op. cit.) sugere que “*no estreitamento central existe uma leve tendência de vazante de sul para norte*” e estes fatores fazem com que, em termos de potencial, os valores desta região sejam inferiores àqueles apresentados pelo modelo.

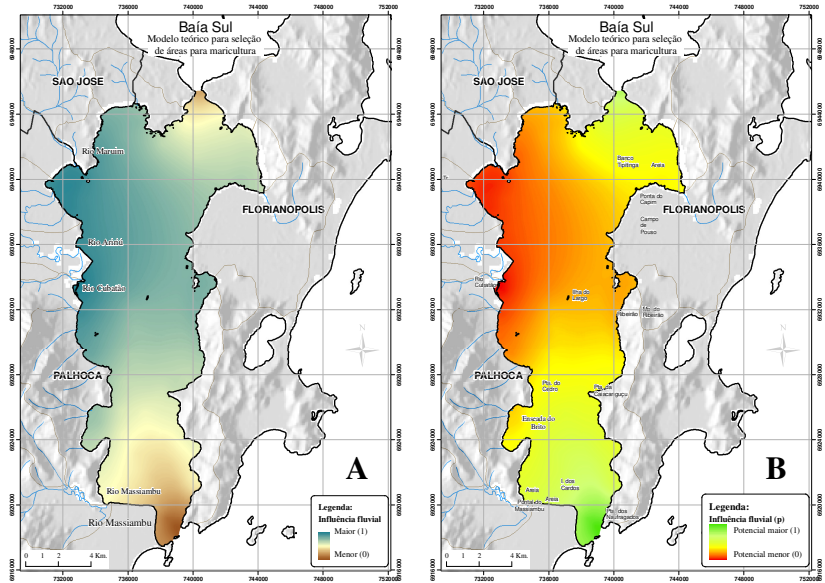


Figura 75: Padronização e ajuste da matriz de influência fluvial (A) para matriz de potencial deste fator (B).

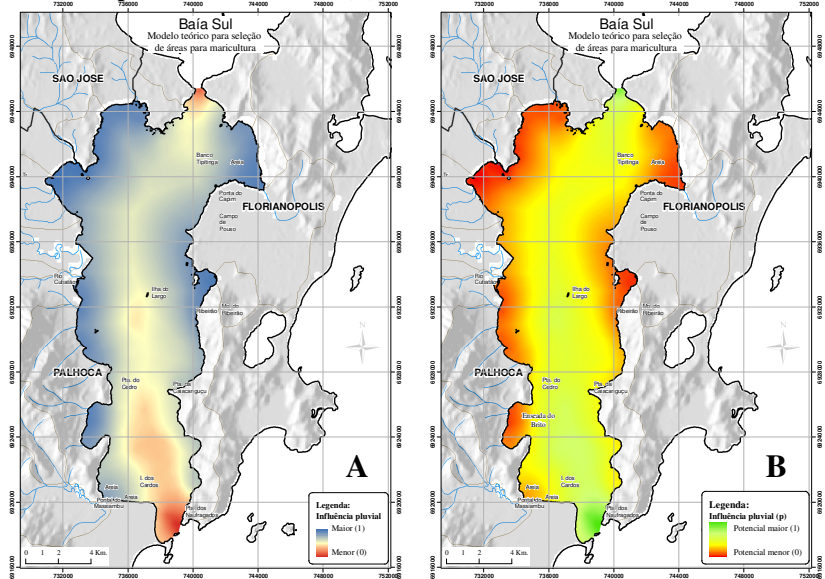


Figura 76: Padronização e ajuste da matriz de influência pluvial (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.2.1.2 Matriz de regime de ondas.

O regime de ondas é um fator representado pela tensão de cisalhamento de fundo. Os valores mais altos indicam maior influência das ondas no substrato e com isso maior revolvimento do sedimento de fundo. Apesar de ser um indicativo de ação hidrodinâmica, é um fator que influencia no aumento da turbidez em função da baixa profundidade da baía. Desta forma, em relação ao potencial, as áreas onde são encontrados os valores mais altos são aquelas com menor potencial.

Como a tensão de cisalhamento é inversamente proporcional ao potencial, a distribuição da frequência acumulada (**Figura 77**) indica que predominam na baía valores mais altos de potencial. Isto porque o regime de ondas é dado principalmente pela ação dos ventos predominantes. A baía apresenta, ainda, características de um corpo semi-fechado, com pista de vento máxima de 22 km, insuficiente para gerar ondas de alta energia. Assim, a ação efetiva das ondas no substrato só ocorre nas áreas de baixa profundidade (**Figura 78 A**).

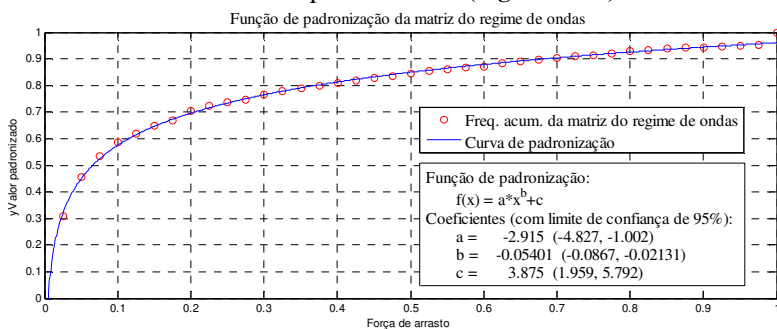


Figura 77: Frequência acumulada dos valores de tensão de cisalhamento de fundo, curva e função de padronização.

A matriz de tensão de cisalhamento de fundo foi padronizada através de uma função potencial (**Equação 10**) e ajustada aplicando-se a Equação 9. O resultado indica que as regiões mais afastadas da costa são aquelas com maior potencial em relação ao regime de ondas (**Figura 78 B**).

Equação 10: $a \times [\text{Regime de ondas}]^b + c$

Onde:

$$a = -2,915$$

$$b = -0,0541$$

$$c = 3,875$$

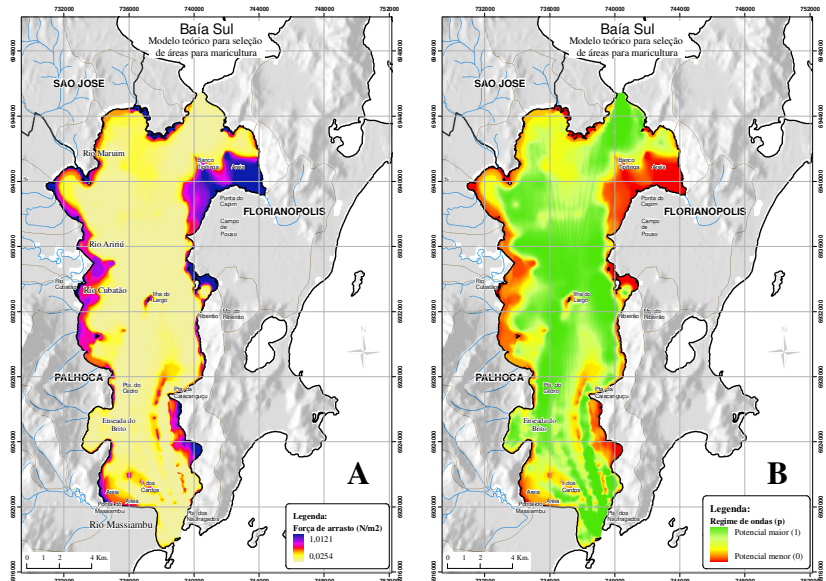


Figura 78: Padronização da matriz de regime de ondas (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.2.1.3 Matriz da razão C/S.

Conforme visto na avaliação da área, Berner (1982) considera $2,8 \pm 0,8$ valores normais de razão C/S e abaixo disso apontam para condições de hipóxia. Como os valores levantados variaram entre 8,6 e 35,6, há indicativos de que toda a baía encontra-se sob condições normais. Apesar disso, as áreas com valores mais baixos foram consideradas com potencial inferior, mesmo que ainda não apresentem condições de hipóxia.

Na **Figura 79** observa-se que predominam valores de C/S entre 8,6 e 15, associados às áreas de menor ação hidrodinâmica, predomínio de sedimentos finos e sob ação de aportes fluviais e pluviais. Esta distribuição indica ainda uma tendência de variação exponencial destes valores.

Para melhor representar a variação do potencial da razão C/S a padronização da matriz foi feita através de uma função exponencial de dois termos (**Equação 11**). Através do ajuste da função à curva dada pela distribuição da frequência acumulada foi possível melhorar a visualização do aumento do potencial que existe da porção nordeste da baía (Saco dos Limões) em direção ao sul (**Figura 80 B**). Esta variação é menos percebida entre os valores absolutos da razão C/S (**Figura 80 A**). Apesar desta variação, em termos absolutos ressalta-se novamente que

toda a baía encontra-se com valores considerados normais para a razão C/S.

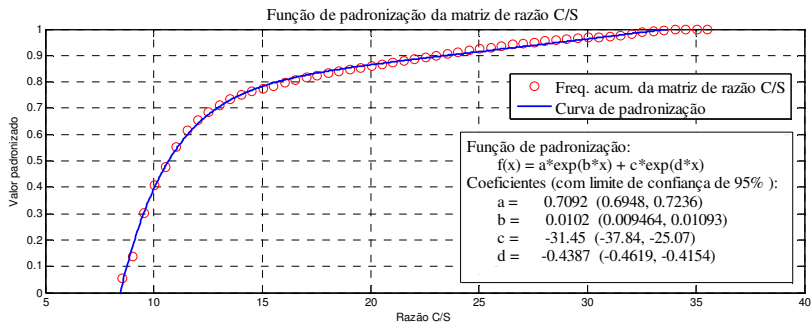


Figura 79: Frequência acumulada dos valores de razão C/S, curva e função de padronização.

Equação 11: $(a \times \text{Exp}(b \times [\text{Razão C/S}])) + (c \times \text{Exp}(d \times [\text{Razão C/S}]))$

Onde:

a = 0.7099

b = 0.01017

c = -30.27

d = -0.4394

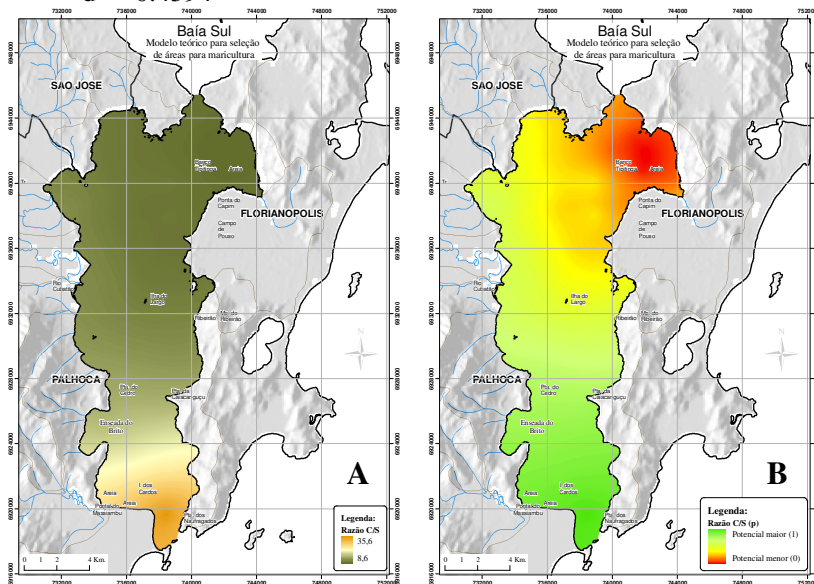


Figura 80: Padronização da matriz da razão C/S (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.2.1.4 Matriz do índice textural.

O potencial baseado no índice textural está relacionado com a razão entre a porcentagem de areia e lama no substrato de fundo da baía. Uma amostra com 50% de cada componente apresenta índice igual a 0,3. Como este índice representa, de forma indireta, a ação hidrodinâmica sobre o substrato, assumiu-se que o potencial é diretamente proporcional ao índice, ou seja, áreas mais arenosas são aquelas com maior potencial, pois apresentam maior ação hidrodinâmica.

Na **Figura 81** observa-se que valores abaixo de 0,3 quase não são encontrados na Baía Sul, o que indica a predominância de substrato areno-lamoso e arenoso. Assim a padronização do índice textural foi feita com base na frequência acumulada à qual foi ajustada uma função exponencial de dois termos (**Equação 12**).

Equação 12: $(a \times \text{Exp}(b \times [\text{Razão C/S}])) + (c \times \text{Exp}(d \times [\text{Razão C/S}])))$

Onde:

$$a = 1.128$$

$$b = -0.03979$$

$$c = -1.704$$

$$d = -1.637$$

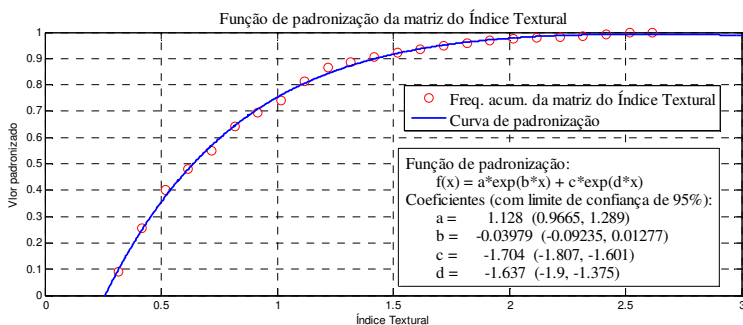


Figura 81: Frequência acumulada dos valores do Índice Textural, curva e função de padronização.

O índice textural indica que há um crescimento gradual do potencial no sentido norte-sul e a porção centro-sul da baía é a que apresenta o potencial mais elevado (**Figura 82 B**). Percebe-se também que a influência dos sedimentos oriundos do rio Cubatão em eventos extremos (SILVA, 2002) cria uma zona arenosa que foi avaliada com potencial maior, mesmo sob influência direta do aporte de outras substâncias através do rio.

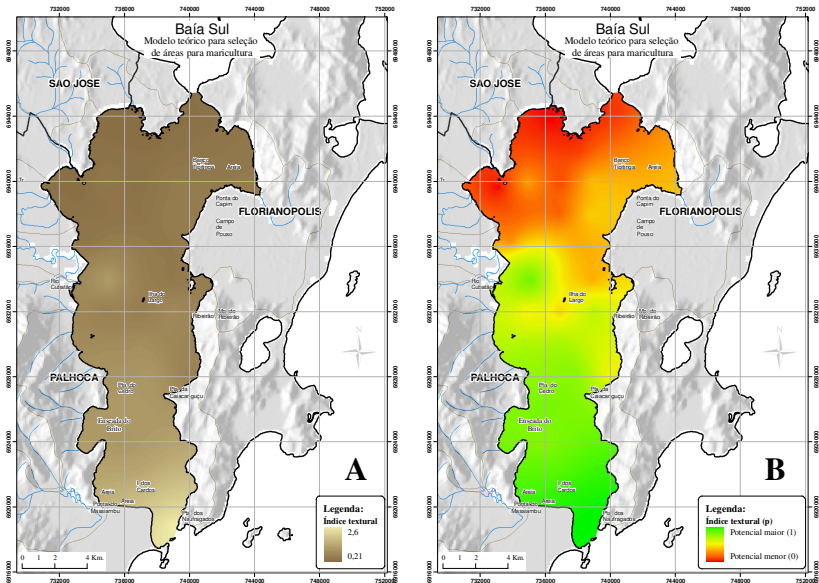


Figura 82: Padronização da matriz do índice textural (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.2.1.5 Matriz de matéria orgânica total.

Na literatura pesquisada não há modelo definido para valores limites e ótimos do teor de matéria orgânica no substrato, porém ambientes estuarinos estão sujeitos aos impactos causados pelas ações humanas na zona costeira, dentre os quais, segundo Barroso (2004), o enriquecimento de nutrientes e o aumento no aporte de matéria orgânica. Scott (2003) cita a relação existente entre altas concentrações deste fator, baixa oxigenação do substrato e atenta para o fato de grande quantidade de matéria orgânica ocorrer, em condições naturais, nos manguezais. Este enriquecimento é favorável ao fitoplâncton, principal alimento da ostra e assim favorece o seu desenvolvimento. Manguezais e estuários são naturalmente povoados pela ostra do mangue (*Crassostrea Rizophorae*), portanto, para esta espécie, o enriquecimento orgânico natural não representa problema. A ostra japonesa (*C. gigas*) também é naturalmente encontrada em ambiente estuarino e intertidal (LAPEGUE & BOUDRY, 2006) e alimenta-se tanto de fitoplâncton quanto de partículas de matéria orgânica.

Na Baía Sul, as áreas naturalmente enriquecidas são também influenciadas pelo aporte de dejetos urbanos (Figura 54 e Figura 64). Segundo o extensionista rural da Epagri André Luís Tortato Novaes, (comunicação pessoal) ostras japonesas cultivadas em locais com teores

elevados de matéria orgânica, apresentam um desenvolvimento mais acelerado e ao atingirem tamanho comercial, são transportadas para regiões com “*melhor qualidade de água*”, onde são depuradas para serem consumidas.

Áreas que apresentam maior teor de MOT de origem natural, favorecem o crescimento destas espécies, porém sob influência dos aportes urbanos, tornam-se comprometidas nos aspectos sanitários. Isto ocorre não pelo teor de MOT, mas pela maior probabilidade de ocorrência de fatores biológicos patogênicos associados.

Apesar dos baixos valores encontrados por Silva (2002) e Bonetti et al. (2007), locais de baixo hidrodinamismo e com aporte de dejetos orgânicos comprometem o potencial para maricultura em função da qualidade do produto. Segundo Bonetti et al. (op.cit.) ainda não há condições críticas de oxigenação do sedimento de fundo, que comprometam a produtividade, mas deve-se evitar a implementação de cultivos em densidade alta nos locais de maior concentração de matéria orgânica e baixo hidrodinamismo por questões sanitárias.

Desta forma, a MOT foi utilizada como um indicador de qualidade sanitária e ambiental, tanto no que se refere à ação hidrodinâmica quanto aos processos de decomposição no substrato.

Na **Figura 83** observa-se que a partir de 4% de MOT a frequência acumulada quase se estabiliza, e mantém uma leve ascendência até valores próximos a 10%. Isto representa a distribuição dos valores no substrato da baía, que são mais elevados apenas na parte norte, com destaque para o Saco dos Limões (**Figura 84 A**), área de influência direta do manguezal do Rio Tavares.

A padronização da matriz foi feita com base numa função senoidal de quatro termos (**Equação 13**) ajustada à curva da distribuição da frequência acumulada dos valores de MOT (**Figura 83**). Como o potencial para maricultura em função da MOT é inversamente proporcional à sua concentração, a matriz padronizada foi ajustada através da **Equação 9**.

Equação 13: $a1 \times \sin(b1 \times [\%MOT] + c1) + a2 \times \sin(b2 \times [\%MOT] + c2) + a3 \times \sin(b3 \times [\%MOT] + c3) + a4 \times \sin(b4 \times [\%MOT] + c4)$

Onde:

$a1 = 1.56$ (-26.02, 29.14)

$b1 = 0.1011$ (-1.965, 2.167)

$c1 = -0.002885$ (-2.361, 2.355)

$a2 = 0.3077$ (-4.224, 4.839)

$b2 = 0.4308$ (-2.174, 3.035)

$c2 = 0.3508$ (-7.274, 7.976)

$a_3 = 0.02723$ (-0.008533, 0.06299)
 $b_3 = 1.536$ (-0.1337, 3.206)
 $c_3 = 1.689$ (-6.298, 9.677)
 $a_4 = 0.01629$ (-0.006284, 0.03886)
 $b_4 = 1.953$ (1.565, 2.342)
 $c_4 = 1.603$ (-1.63, 4.836)

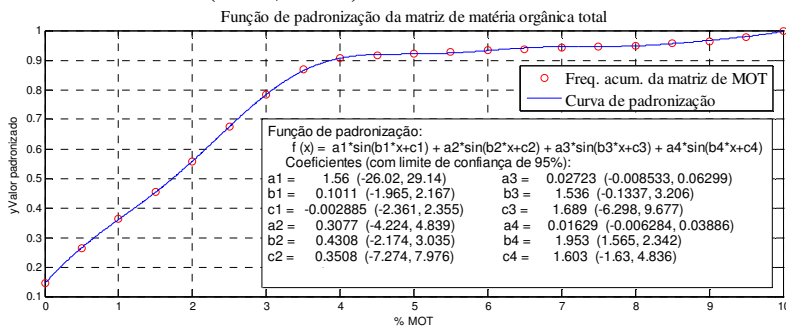


Figura 83: Frequência acumulada dos valores de matéria orgânica total, curva e função de padronização.

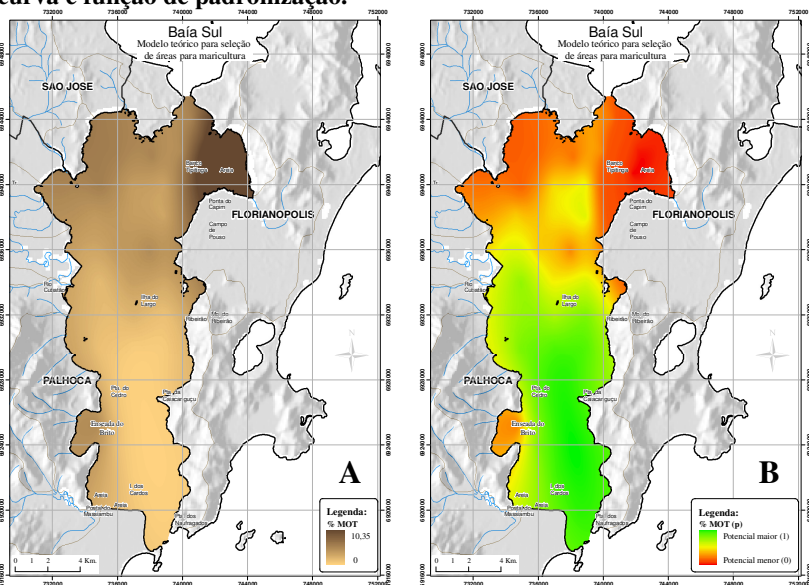


Figura 84: Padronização da matriz de matéria orgânica total (A) para matriz de potencial deste fator (B).

Em relação ao potencial, apesar da baía ainda não apresentar condições críticas em relação à MOT, foi possível identificar que na porção centro-sul as condições são melhores, com exceção da Enseada

do Brito, em Palhoça, que é uma área de baixa ação hidrodinâmica e com alta concentração de cultivos (Figura 84 B).

3.4.2.1.6 Matriz de distância das atividades conflitantes.

Alguns autores costumam definir distâncias fixas que restringem a colocação de cultivos. Conforme visto na avaliação da área, Scott (2003) considerou que até 450m de distância das rotas de navegação deve-se evitar instalá-los. O ponto mais distante de fundeadouros, marinas, locais de pesca esportiva e rotas de navegação na Baía Sul, está a 4,8 km (Figura 85 A). Esta distância pode ser considerada pequena, ainda mais por estar limitada dentro de uma baía, porém os conflitos entre maricultura e as atividades avaliadas se dão quando ambas disputam o mesmo espaço. Assim, o potencial para maricultura foi considerado proporcional à distância das atividades conflitantes, ou seja, quanto mais distante destas atividades, maior o potencial e menor o risco de conflitos (Figura 85 B).

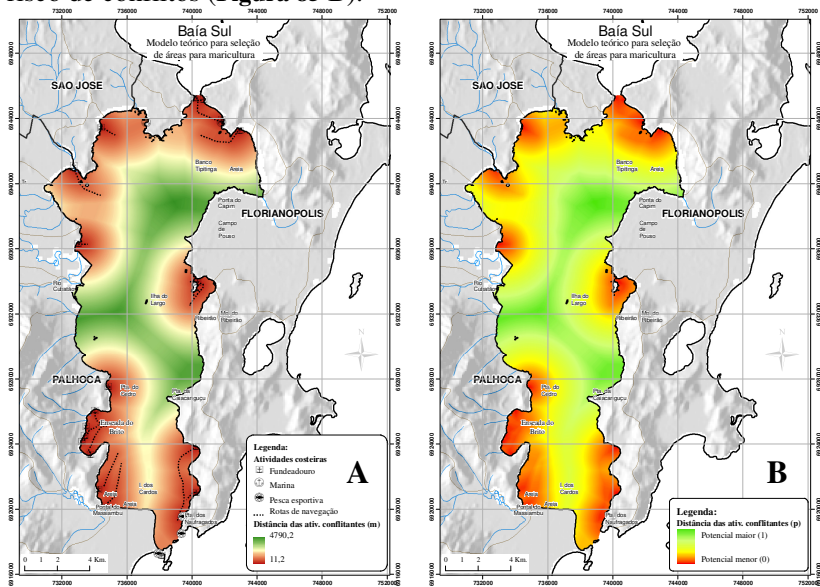


Figura 85: Padronização da matriz de distância das atividades conflitantes (A) para matriz de potencial deste fator (B).

Como a avaliação da distância é linear e não foi considerada nenhuma distância mínima ou máxima como limitante à atividade, a matriz de conflitos foi padronizada através da **Equação 4**.

O potencial sócio-econômico é maior nas áreas centrais da baía, mais afastadas da costa e dos canais de navegação (Figura 85 B). Mas há três locais próximos à costa onde os conflitos quase não ocorrem. O

primeiro, a nordeste, está associado à região do manguezal do Rio Tavares. O segundo, no centro-oeste, no município de Palhoça e o terceiro, a sudeste, no Ribeirão da Ilha, em Florianópolis.

3.4.2.1.7 Matrizes de acesso ao sistema viário e às praias.

Assim como nas análises de distância de atividades conflitantes, alguns autores determinam faixas de distância ideais para o acesso à infra-estrutura de transporte. Meaden (1999), por exemplo, definiu 3 classes de distância ao sistema viário para cultivos marinhos: 0 - 0,5 km; 0,5 - 2,0 km e > 2km, e as ponderou com peso 3, 2 e 1, considerando que quanto mais próximo, melhor a condição. Esta lógica foi utilizada na padronização, porém sem definir classes de distância. As matrizes de acesso ao sistema viário e às praias foram padronizadas através da **Equação 4** e ajustadas pela **Equação 9**.

Conforme visto na avaliação, a maior distância encontrada na baía de um ponto de acesso à malha viária foi 5,6 km, que representa uma viagem de aproximadamente 23 minutos em uma embarcação que se desloque a uma velocidade de 15 km/h (**Figura 86 A**). Com a mesma embarcação é possível chegar a uma praia em 18 minutos, visto que o ponto mais distante no interior da baía está a 4,37 km (**Figura 87 A**).

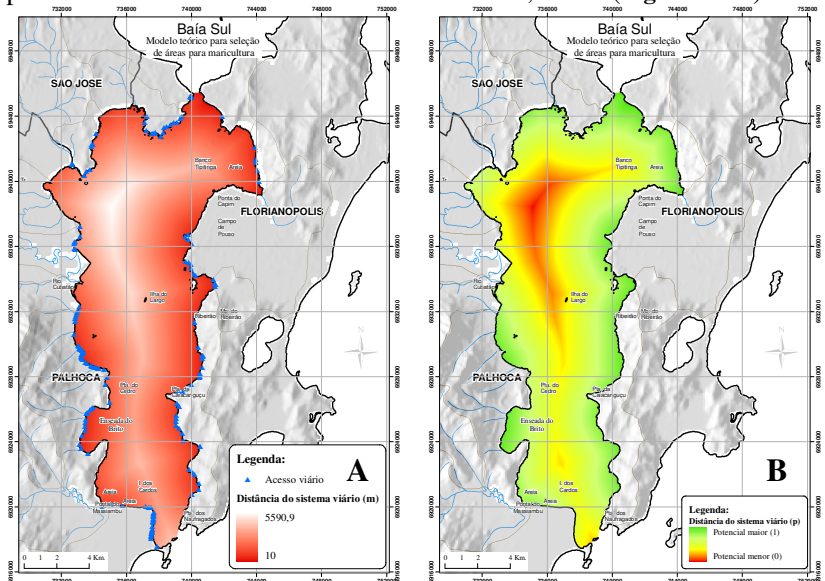


Figura 86: Padronização da matriz de distância do sistema viário (A) para matriz de potencial deste fator (B).

Tanto o potencial referente ao acesso viário (**Figura 86 B**) quanto às praias (**Figura 87 B**) são maiores nas áreas próximas à costa. A

exceção está no Saco dos Limões, onde apesar de haver acesso próximo ao sistema viário, não há praias, por ser uma área cercada de manguezais e marismas.

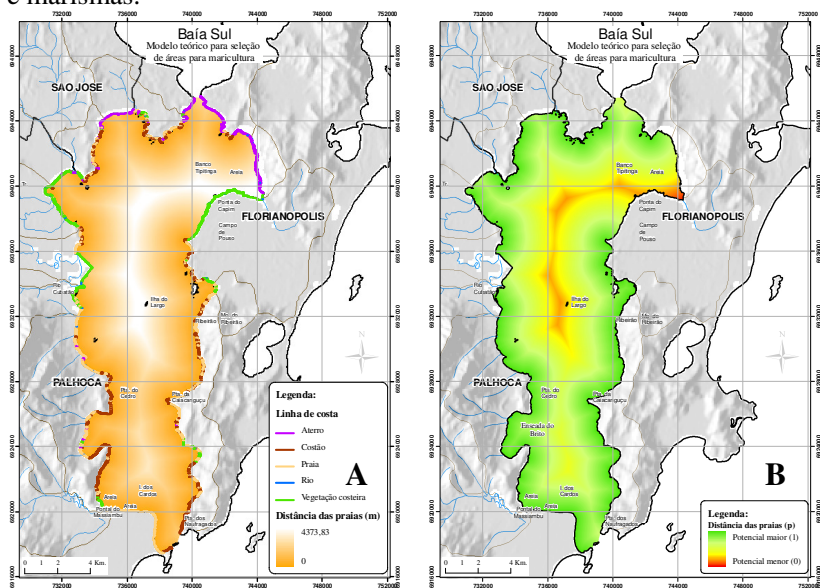


Figura 87: Padronização da matriz de distância das praias (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.2.1.8 Matriz de densidade de cultivos já existentes.

No Brasil não há uma norma que especifique, de forma objetiva, como proceder a disposição das áreas aquícolas no mar. Apenas alguns instrumentos legais que exigem que os empreendimentos aquícolas sejam “viáveis e sustentáveis ao longo dos anos” (BRASIL, 2003) e “adequados tecnicamente” (BRASIL, 2005). A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA 413/2009 (BRASIL, 2009), em seu anexo I, classifica os empreendimentos aquícolas de acordo com a área em: pequenos, com área inferior ou igual a cinco hectares, médios, com área entre cinco e trinta hectares e grandes, com área superior a trinta hectares.

Em termos produtivos, segundo técnicos da Epagri, um hectare é a área necessária para gerar uma receita líquida mensal de 2,16 salários mínimos, considerando o valor do salário mínimo em 2010, pela cultura menos lucrativa, que é a mitilicultura (mexilhão). Já o espaçamento de 20m entre as áreas aquícolas deve ser destinado à circulação de embarcações mecanizadas de pequeno porte para realizar tarefas de plantio, manejo e colheita da produção. Além de permitir diferenciar,

visualmente, as interfaces entre as áreas, para facilitar ações de controle e fiscalização.

Segundo dados Epagri (<http://cedap.epagri.sc.gov.br/>, acessado em 3/12/2010) a área média dos cultivos de moluscos atualmente existentes em Santa Catarina é de 0,7 hectares. Na Baía Sul a análise de densidade demonstrou que existe, no máximo, um cultivo para cada 0,7 hectare (Figura 88 e Figura 89 A), que representa uma densidade de 1,43 cultivos por hectare.

Se considerarmos que cada cultivo atualmente instalado pertence a um único produtor - que em muitos casos não representa a realidade, visto que existem áreas onde a produção é feita por grupos de pessoas - concluímos que os espaços de cultivo estão sendo sub-utilizados e é necessário um ordenamento das áreas aquícolas. Neste sentido o PLDM (BRASIL, 2008) projetaram que cada produtor trabalhe com uma área mínima de um hectare.

Esta sub-utilização indica, também, que apesar de ainda haver espaço para expandir a atividade nestas áreas, desde que esta expansão respeite os critérios técnicos e legais do PLDM, deve-se priorizar o reordenamento. Assim, em relação aos cultivos que atualmente estão em operação, o potencial é interpretado como inversamente proporcional à densidade, ou seja, as áreas de maior densidade são consideradas de potencial inferior para expansão da atividade, mas prioritárias para ordenamento.

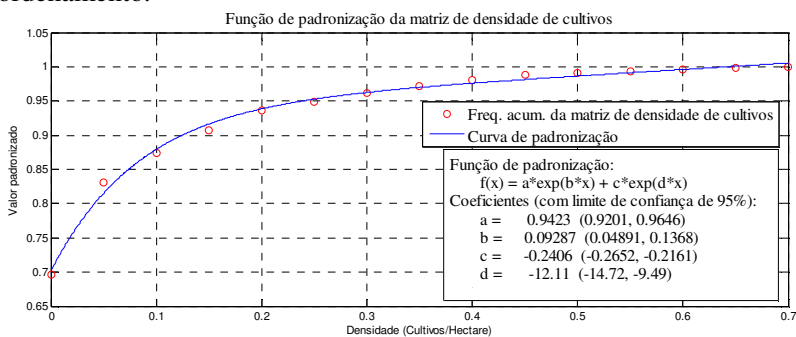


Figura 88: Frequência acumulada dos valores de densidade de cultivos, curva e função de padronização.

Com base nesta análise a padronização da matriz de densidade de cultivos foi feita através de uma função exponencial de dois termos, ajustada à distribuição da frequência acumulada dos valores de densidade (Equação 14). Para tornar o potencial inversamente proporcional à densidade foi aplicada a Equação 9.

Equação 14: $(a \times \text{Exp}(b \times [\text{Densidade de cultivos}])) + (c \times \text{Exp}(d \times [\text{Densidade de cultivos}]))$

Onde:

a = 0.9423

b = 0.09287

c = -0.2406

d = -12.11

O mapa de potencial em função da densidade de cultivos existentes representa, em verde, as áreas de maior potencial para expansão da atividade, ou seja, aquelas onde os futuros projetos aquícolas devem ser incentivados, já as áreas de menor potencial, no Ribeirão da Ilha e Caieira da Barra do Sul, em Florianópolis e na Enseada do Brito, em Palhoça, devem ser ordenadas de acordo com os critérios previstos no PLDM.

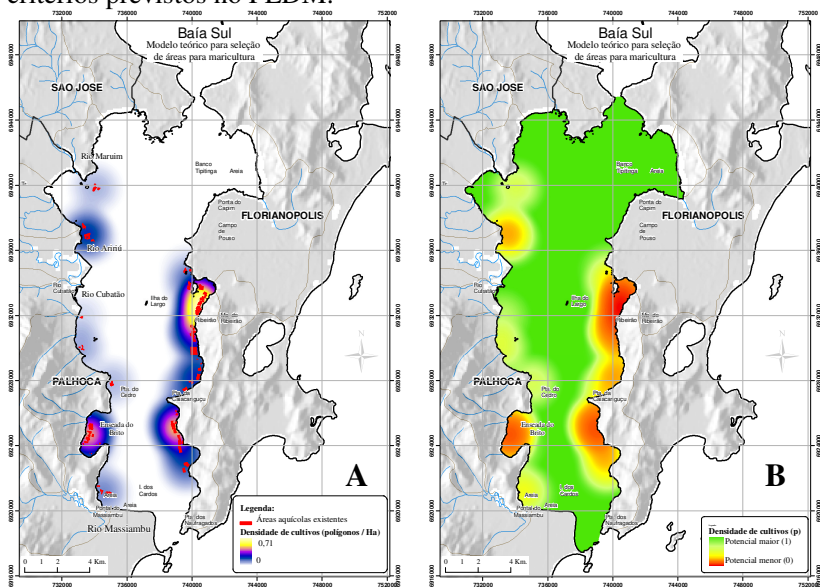


Figura 89: Padronização da matriz de densidade de cultivos (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.2.1.9 Matriz de pista de ventos extremos.

Foram considerados ventos extremos aqueles que podem vir a causar danos nas estruturas de cultivo, ou seja, com velocidade superior a 8 m/s. O potencial das áreas para maricultura em relação a este fator é inversamente proporcional, uma vez que as áreas protegidas da ação destes ventos são as mais indicadas para cultivo. Estas áreas foram identificadas através da pista de vento (Figura 90 A). Os valores mais

baixos estão próximos à linha de costa, principalmente onde o litoral é mais recortado formando enseadas, locais de maior potencial (Figura 90 B). Por se tratar de uma matriz de distância com comportamento linear, a padronização e ajuste da matriz foram feitos através das Equação 4 e Equação 9.

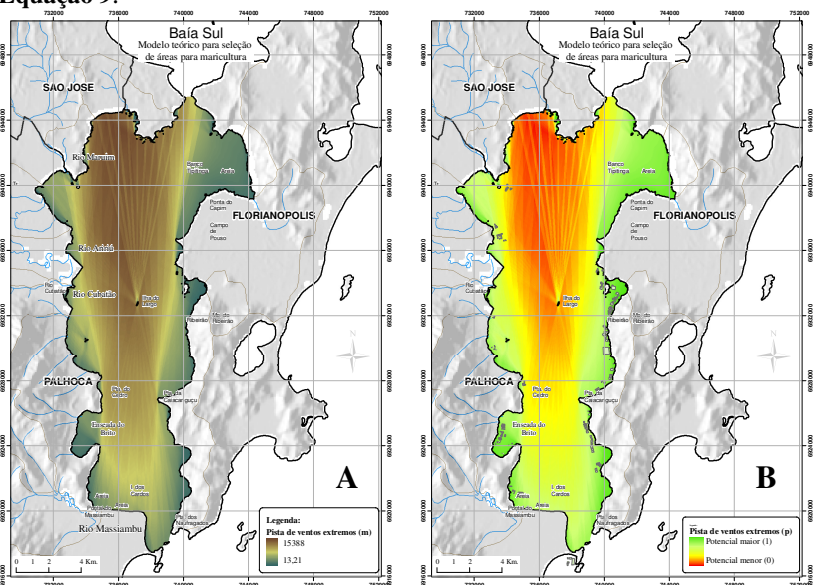


Figura 90: Padronização da matriz de ventos extremos (A) para matriz de potencial deste fator (B).

3.4.3 Modelagem dos fatores, critérios e construção de cenários.

A modelagem foi feita no sistema Expert Choice, versão 9.5 e seguiu uma estrutura hierárquica de comparação entre fatores e critérios na qual primeiro definiu-se o objetivo do modelo e em relação a ele definiram-se os critérios e fatores, que foram organizados em níveis (Figura 91).

A estrutura do modelo teve como referência o PLDM (BRASIL, 2008) e os trabalhos avaliados no Capítulo 2. Definiu-se como objetivo do modelo “Avaliar o potencial para maricultura na Baía Sul”. Para este objetivo foram identificados três critérios: ambiental, sócio-econômico e logístico. O critério ambiental foi composto pelos fatores regime de ondas, influência fluvial, influência pluvial, índice textural, matéria orgânica e razão Carbono/Enxofre – C/S. O critério sócio-econômico foi representado pelo fator distância das atividades

conflitantes e o critério logístico pelos fatores acesso ao sistema viário, acesso à praia, densidade de áreas e pista de ventos extremos.

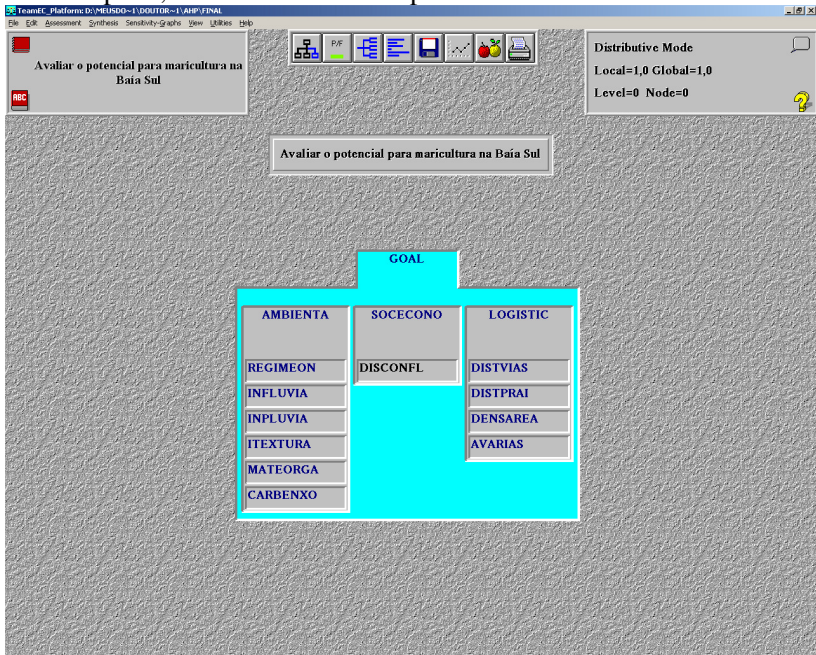


Figura 91: Estrutura hierárquica dos critérios e fatores do modelo de avaliação de potencial para maricultura no sistema Expert Choice 9.5.

As possibilidades de combinações existentes entre os fatores para comporem os critérios e entre estes para avaliar o potencial são matematicamente infinitas. Isto porque cada fator pode ser ponderado, teoricamente, em uma escala de valores entre zero e um, sem limite de casas decimais. Porém, na prática, existem limitações associadas à capacidade computacional de processar esta tendência e limitações cognitivas, de diferenciar variações muito pequenas entre os resultados.

Isto pode ser observado, por exemplo, entre os fatores que compõem o critério ambiental (Figura 91). Se considerarmos uma escala fixa de importância (1, 2, 3, 4, 5 e 6), onde 1 é o mais importante, os seis fatores podem ser combinados de 720 maneiras diferentes. Levando em conta que cada fator é ponderado, pequenas variações nos pesos elevam ainda mais as possibilidades. Se acrescentarmos ainda, as possibilidades de combinações entre os demais fatores e critérios, e a possibilidade de crescimento no número de casas decimais, a tendência vai cada vez mais ao infinito.

Sendo assim, a criação de cenários deve ser bem planejada. O modelo de avaliação de potencial deve ser estruturado de forma que permita criar um número de cenários suficiente para atender às demandas dos usuários do espaço avaliado.

Considerando que os critérios sejam construídos através de uma única combinação entre fatores, definida de acordo com a experiência prévia dos modelos consultados, os cenários podem ser elaborados através das possibilidades de combinações entre critérios. O que reduz as possibilidades de combinação e permite criar seis cenários teóricos distintos, de acordo apenas com a importância de cada um, conforme a tabela abaixo:

Tabela 23: Cenários teóricos possíveis através da combinação dos critérios ambiental, sócio-econômico e logístico por nível de importância			
Importância	1	2	3
Cenário 1	Ambiental	Sócio-econômico	Logístico
Cenário 2	Ambiental	Logístico	Sócio-econômico
Cenário 3	Sócio-econômico	Ambiental	Logístico
Cenário 4	Sócio-econômico	Logístico	Ambiental
Cenário 5	Logístico	Ambiental	Sócio-econômico
Cenário 6	Logístico	Sócio-econômico	Ambiental

No PLDM (BRASIL, 2008) o critério ambiental foi considerado o mais importante, seguido pelo sócio-econômico e depois pelo logístico, semelhante ao cenário C1. De acordo com os trabalhos avaliados no capítulo 2 (**Figura 8**), a frequência de uso destes critérios em estudos de potencial e seleção de áreas também segue esta tendência. Com base nesta definição de importância foi selecionado o cenário C1 para avaliar o potencial da Baía Sul para maricultura. Trata-se do cenário mais aplicado nos trabalhos de avaliação de potencial e seleção de áreas, onde a ordem de importância dos critérios é: 1. ambiental; 2. sócio-econômico e; 3. logístico.

3.4.3.1 Ponderação dos fatores e critérios.

Estruturado o modelo, os fatores de cada critério foram comparados em relação à sua influência para o potencial. Esta comparação foi feita através do módulo de questionário do Expert

Choice, respondendo ao sistema qual a importância de um fator em relação ao outro, de forma pareada.

Para ponderar os fatores do critério ambiental foram feitas quinze comparações (Figura 92). Como exemplo destaca-se o primeiro questionamento feito pelo sistema em relação à importância entre os fatores “regime de ondas” e “influência fluvial”. A resposta selecionada foi: “Em relação ao critério ambiental, a influência fluvial é moderadamente mais importante do que o regime de ondas”. Os demais pares de fatores foram comparados através da mesma sistemática.

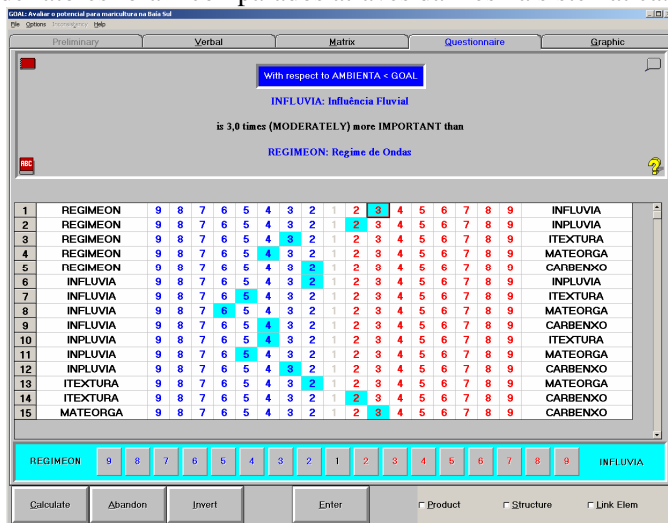


Figura 92: Comparação pareada de fatores ambientais através do módulo de questionário no Expert Choice 9.5.

Após todas as comparações foi solicitado ao sistema que calculasse os pesos dos fatores e a razão de inconsistência da comparação. Segundo Saaty (2001) se a razão de inconsistência for superior a 0,1 a comparação está inconsistente e deve ser verificada. O valor calculado para o critério ambiental foi 0,02 (Figura 93).

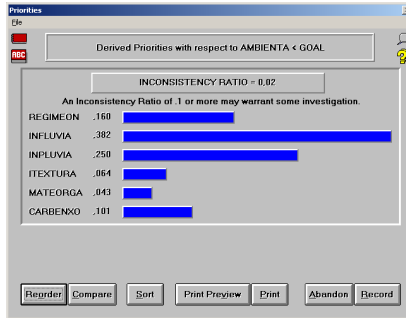


Figura 93: Ponderação e razão de consistência calculada pelo Expert Choice 9.5.

Assim, os fatores ambientais compuseram o critério ambiental, conforme representado na **Figura 94**. O fator de maior importância foi a influência fluvial, com peso igual a 0,382 e o menos significativo foi a matéria orgânica total, com peso 0,043.

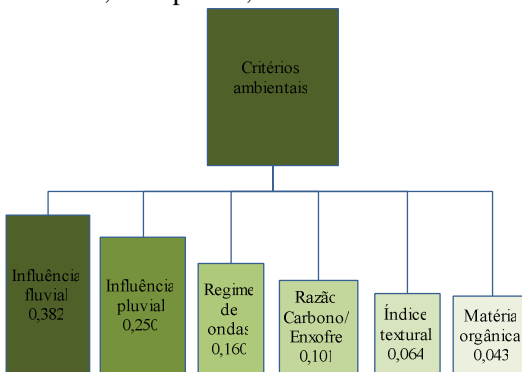


Figura 94: Modelo de distribuição de pesos do critério ambiental.

Para o critério sócio-econômico não foi necessário fazer comparações, visto que é composto apenas pelo fator distância das atividades conflitantes (**Figura 95**).

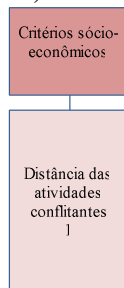


Figura 95: Modelo de distribuição de pesos do critério sócio-econômico.

Para o logístico foram realizadas seis comparações, com razão de consistência de 0,01 (Figura 96). No exemplo está destacada a comparação entre os fatores “acesso ao sistema viário” e “acesso às praias” que diz: “Em relação ao critério logístico o fator acesso ao sistema viário é igual a moderadamente mais importante do que o fator acesso às praias”.

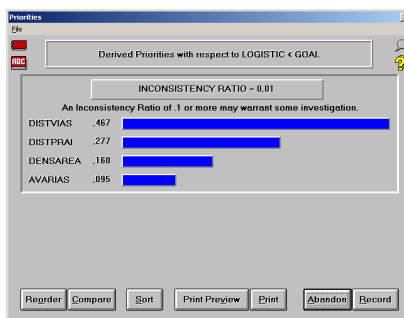
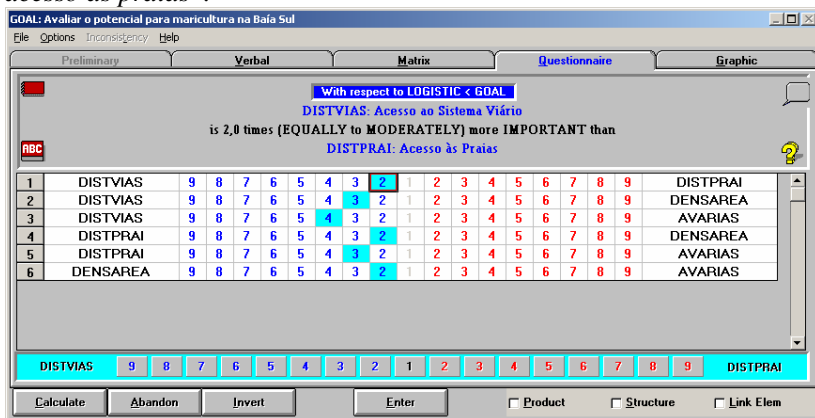


Figura 96: Comparação pareada de fatores logísticos, ponderação e razão de consistência calculada pelo Expert Choice 9.5.

O modelo logístico teve como fator principal o acesso ao sistema viário, com peso de 0,467. O menos importante foi a pista de ventos extremos, com 0,095 (Figura 97).

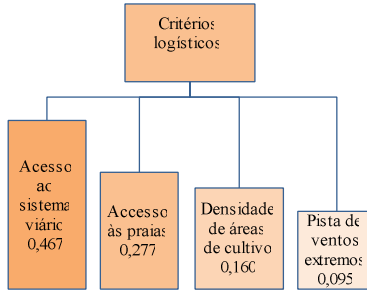


Figura 97: Modelo de distribuição de pesos do critério logístico.

Depois de ponderados os fatores de cada critério, passou-se para o nível hierárquico seguinte, onde foram comparados os critérios em relação ao objetivo. Neste nível foi construído um cenário para o qual a ordem de importância dos critérios foi: Ambiental, Sócio-econômico e Logístico.

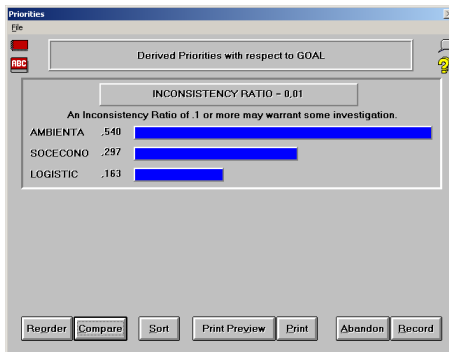
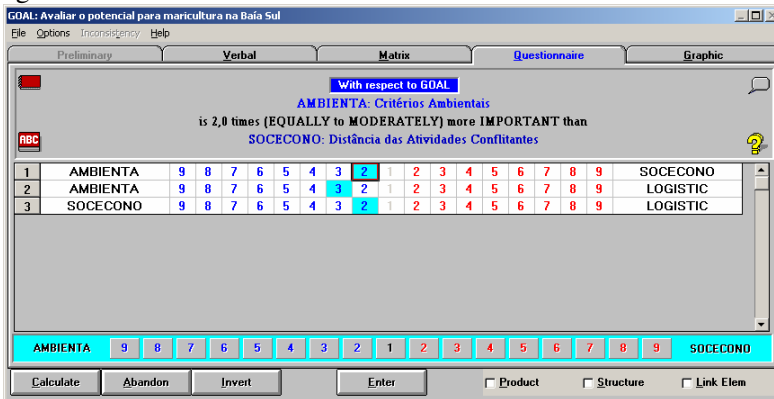


Figura 98: Comparação pareada dos critérios, ponderação e razão de consistência calculada pelo Expert Choice 9.5.

A comparação representada na **Figura 98**, mostra que “Em relação ao objetivo, o critério ambiental é igual a moderadamente mais importante que o critério sócio-econômico”. Em seguida o critério ambiental foi comparado ao logístico e finalmente o sócio-econômico ao logístico. A razão de inconsistência foi de 0,01.

O critério ambiental teve peso de 0,540, o sócio-econômico 0,297 e o logístico 0,163 (**Figura 99**).

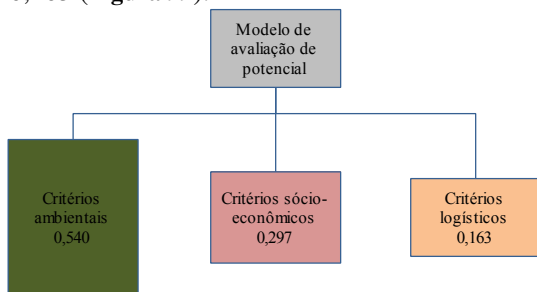


Figura 99: Ponderação dos critérios para geração do cenário de avaliação de potencial.

O modelo completo está esquematizado na **Figura 100**. No primeiro nível estão os fatores, no segundo os critérios e no nível mais alto o resultado do modelo de avaliação de potencial com o cenário proposto.

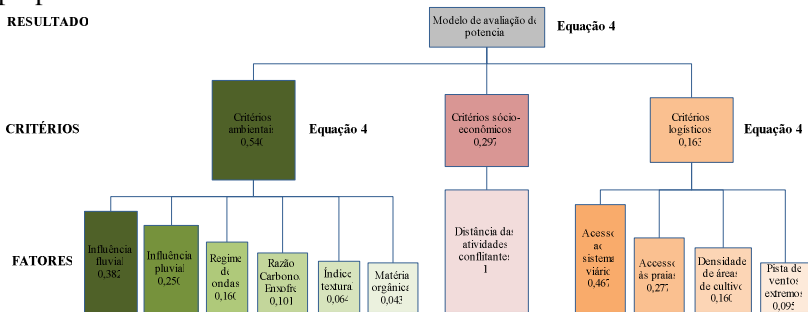


Figura 100: Modelo de distribuição de pesos de avaliação de potencial para maricultura.

Os valores foram atribuídos pelo sistema com base na comparação textual feita através dos questionários. Dentre os fatores ambientais o de maior peso foi influência fluvial, com 0,382. O critério sócio-econômico é composto por apenas um fator, que recebeu peso um e entre os critérios logísticos o acesso ao sistema viário se destaca com

0,467. No segundo nível são apresentados os pesos dos critérios ambiental (0,540), sócio-econômico (0,297) e logístico (0,163).

3.4.4 Implementação do modelo no SIG.

O modelo foi implementado no SIG ArcGIS através do módulo *Spatial Analyst*. As matrizes dos fatores dos critérios ambiental e logístico foram integradas aplicando-se soma ponderada através de álgebra de mapas.

As matrizes do critério ambiental, logístico, e do modelo de avaliação final também foram padronizadas para a escala 0-1, através da **Equação 4**, pois como derivaram de soma ponderada de outras matrizes, seus valores mínimos ficaram superiores a zero e os máximos inferiores a um.

3.4.4.1.1 Matriz do critério ambiental.

A matriz do critério ambiental é resultado da soma ponderada das matrizes de influência fluvial, influência pluvial, regime de ondas, razão Carbono/Enxofre, índice textural e matéria orgânica (**Figura 101**), que atribuem ao potencial ambiental características biológicas, ecológicas e sanitárias.

Os fatores regime de ondas e influência fluvial representam indicadores biológicos e ecológicos que influenciam na fisiologia dos organismos com potencial produtivo. O primeiro está associado à turbidez e ação hidrodinâmica no substrato e o último é um indicador indireto da variação de parâmetros físico-químicos na água e da dispersão de poluentes oriundos do continente. Os demais fatores estão relacionados à influência do meio ambiente na qualidade do produto para consumo e representam características sanitárias. A concentração de componentes orgânicos no substrato em locais antropizados indica presença de esgoto doméstico e/ou baixa circulação de água. Por outro lado, em ambientes costeiros naturais, como manguezais, a presença destes componentes é habitual e não necessariamente está associada à poluição doméstica. Esta percepção é fundamental para interpretar o potencial ambiental dado pelo modelo.

Na **Figura 101** percebe-se que as áreas mais próximas à costa na porção centro-norte da baía são as de menor potencial. Em termos biológicos e ecológicos, são as regiões com menor circulação de água, mais ação de ondas no substrato (em função da baixa profundidade) e sob maior influência fluvial. Esta influência pode comprometer o cultivo de organismos que, por exemplo, não resistem a variações sazonais ou eventuais na salinidade. São áreas adjacentes aos centros urbanos e por isso recebem mais efluentes domésticos do que a porção sul, o que lhes concede um potencial sanitário inferior. Além disso, é onde foram

medidos os menores valores de razão C/S e as maiores concentrações de substrato lamoso e matéria orgânica. Este potencial pode ser considerado, por exemplo, inferior para cultivo de moluscos para consumo direto e alto para algas.

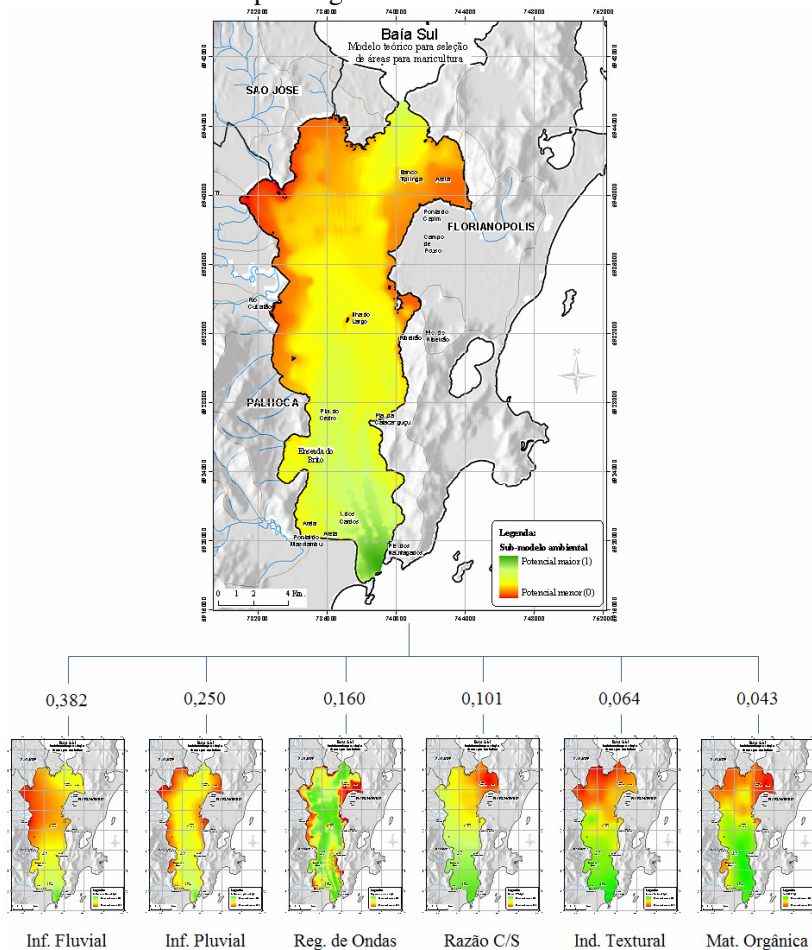


Figura 101: Soma ponderada dos fatores para gerar a matriz do critério ambiental.

As áreas de maior potencial ambiental estão localizadas no extremo sul, próximo à ponta dos Naufragados, onde a influência de águas marinhas é maior. As demais áreas apresentam um potencial ambiental intermediário com destaque para as regiões produtoras do Ribeirão da Ilha e Enseada do Brito.

No extremo norte da baía há uma área, no limite com a Baía Norte, que foi avaliada com potencial elevado. Trata-se de uma limitação do modelo, visto que seu entorno é altamente urbanizado e está sob as pontes de ligação entre a ilha e o continente. Esta área foi classificada com alto potencial ambiental devido às suas características fisiográficas, que lhe concedem uma ação hidrodinâmica de maior intensidade, como pode ser observado nas **Figura 43** e **Figura 44**. Como as matrizes de correntes residuais possuem forte representatividade na determinação do fator influência fluvial e este, por sua vez, é o fator de maior importância para o critério ambiental, esta área apresentou valores altos. Além disso, os aportes fluviais e pluviais que incidem sobre a Baía Norte e na maré enchente fluem para a Baía Sul através do estreito, não foram modelados.

3.4.4.1.2 Matriz do critério sócio-econômico.

A matriz do potencial dado pelo critério sócio-econômico é uma representação dos possíveis conflitos entre a maricultura e demais atividades na zona costeira. Estes foram avaliados de acordo com o PLDM (BRASIL, 2008), que consideraram as atividades de fundeio, marinas, pesca esportiva e navegação como principais conflitos.

De acordo com estes fatores, existem três grandes áreas com alto potencial, uma no continente e duas na ilha (**Figura 102**). A primeira localiza-se ao sul da foz do rio Cubatão e estende-se até a ponta do Cedro, no município de Palhoça. A segunda a nordeste da ilha do Largo, em Florianópolis. E a última, neste mesmo município, entre o Ribeirão da Ilha e a ponta da Caiacanguçu.

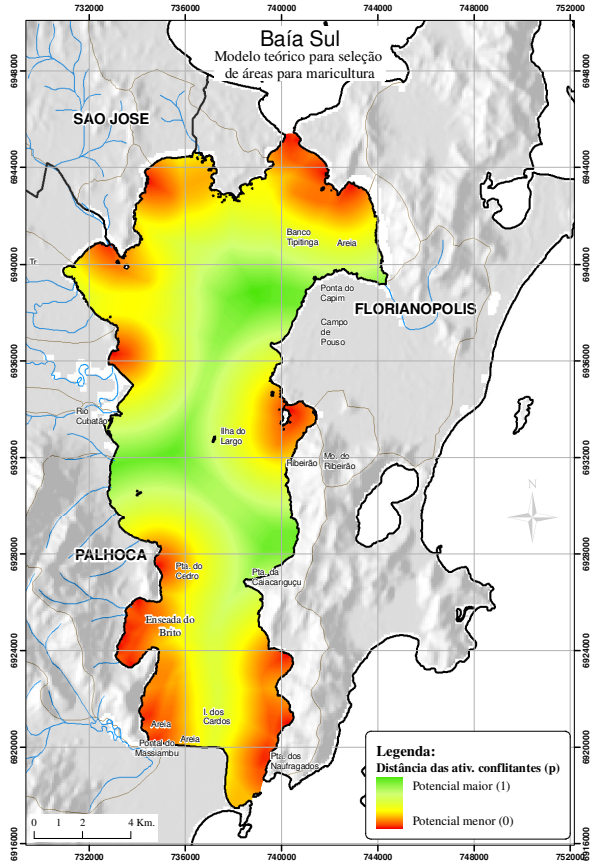


Figura 102: Matriz do critério sócio-econômico.

3.4.4.1.3 Matriz do critério logístico.

O potencial logístico apresenta uma distribuição espacial inversamente proporcional aos demais critérios. As áreas mais próximas à costa são as de maior potencial, ao contrário do que ocorre nos critérios ambiental e sócio-econômico (Figura 103).

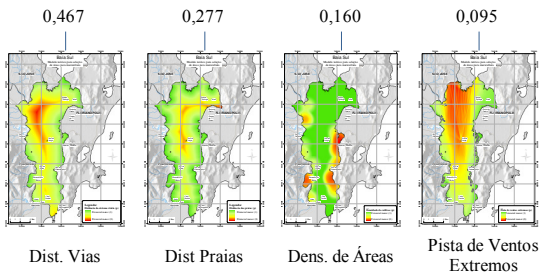
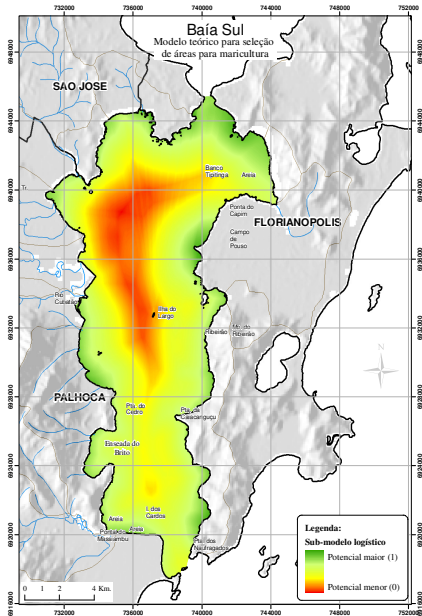


Figura 103: Soma ponderada dos fatores para gerar a matriz do critério logístico.

O acesso ao sistema viário e às praias, a partir dos cultivos, é fundamental para a logística de manejo, beneficiamento e escoamento dos produtos. Nas áreas onde já existem cultivos implementados em alta densidade deve-se propor um ordenamento do espaço marinho e evitar a expansão. Estas áreas são, normalmente, as mais protegidas de ventos extremos e com melhor acesso.

3.4.5 Modelo de potencial da Baía Sul para maricultura.

A forma de representar e interpretar os resultados de uma avaliação de potencial exige cuidados referentes às inúmeras

possibilidades de gerar informação. Isto porque a variabilidade de cenários possíveis em SIG não se deve apenas à escolha de fatores e critérios e suas ponderações, mas também à escolha da melhor distribuição do histograma e da palheta de cores utilizada na visualização da matriz resultante. Trata-se, portanto, de um problema cartográfico, que está apenas sendo apresentado e não é objeto de discussão desta pesquisa.

O resultado da matriz de potencial representado de forma contínua, através de uma palheta de cores que varia do verde escuro ao vermelho e sem que seja aplicado nenhum tipo de contraste ao seu histograma (**Figura 104 A**), é diferente do resultado apresentado pelos mesmos dados (mesma matriz), com a mesma palheta de cores, quando se aplica um contraste (**Figura 104 B**).

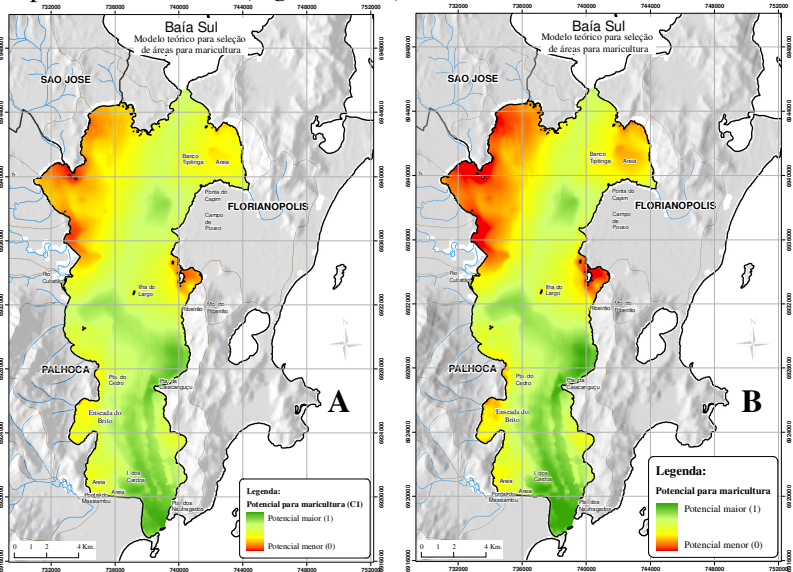


Figura 104: Diferentes formas de representação e interpretação de resultados de acordo com o contraste aplicado.

Se avaliarmos o resultado de maneira determinística e quantitativa, como habitualmente é feito, estes cenários além de variarem visualmente, variam também quantitativamente. Podemos sugerir que, num cenário classificado de acordo com o desvio padrão da matriz, a Baía Sul apresenta cerca de 69 % da sua área com potencial superior a 0,434, o que a caracteriza como uma baía com bom potencial para maricultura de acordo com os fatores avaliados (**Figura 105**).

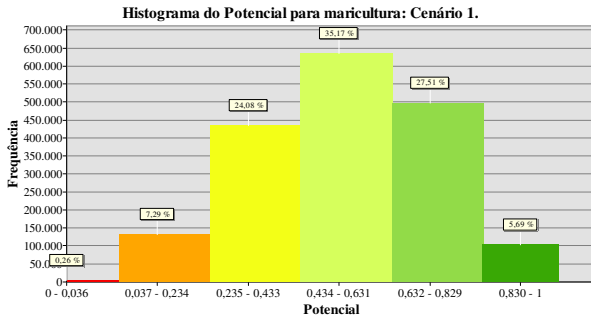
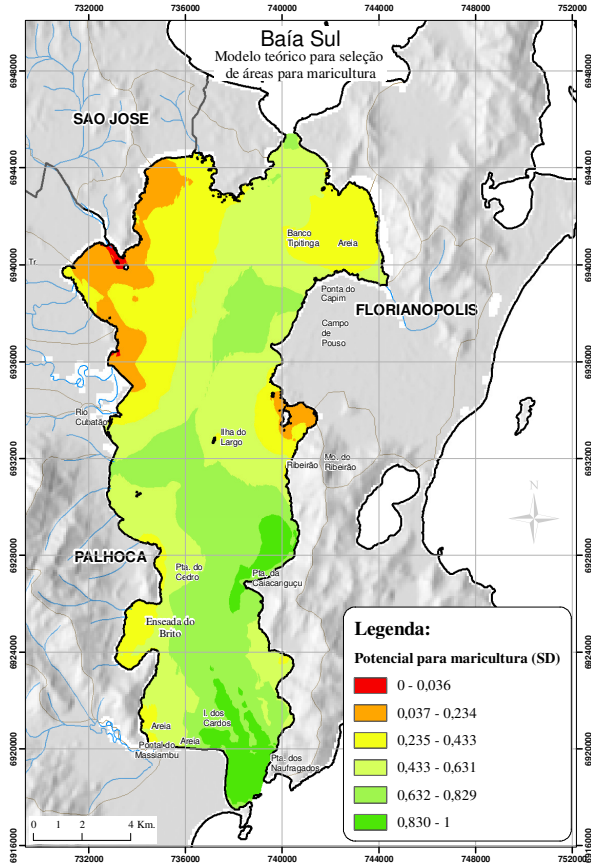


Figura 105: Histograma da matriz de potencial para maricultura classificado pelo desvio padrão.

Da mesma forma, ao variarmos a classificação desta matriz, por exemplo, por intervalos naturais (Figura 106 A) ou intervalos iguais (Figura 106 B), tanto o resultado visual quanto as áreas correspondentes às classes também variam, possibilitando a criação de diversos cenários. Num processo de tomada de decisão, esta variação pode ser confusa para os atores que desconheçam a forma de chegar a estes resultados.

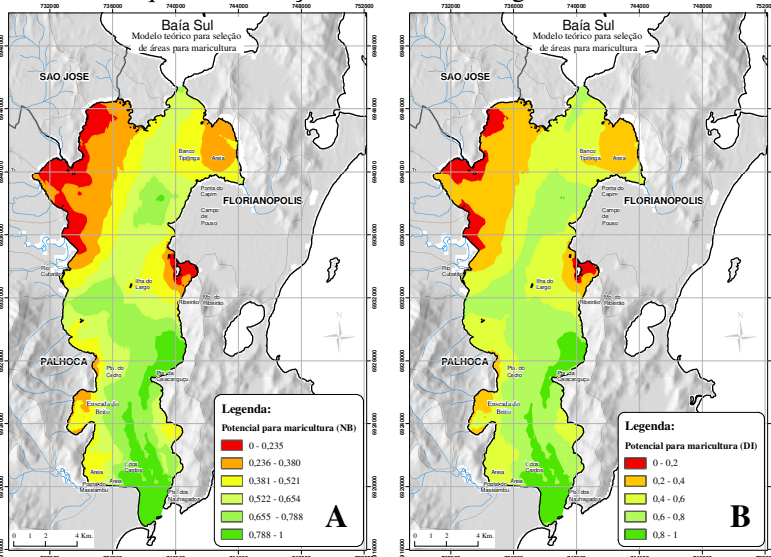


Figura 106: Matrizes classificadas por intervalos naturais (A) e intervalos iguais (B).

Entre os trabalhos pesquisados no Capítulo 2, percebeu-se que a grande maioria se utiliza deste tipo de representação, interpretação e apresentação de resultado para gerar um único cenário, o que pode induzir o tomador de decisão a assumir a “verdade” imposta pela forma que o pesquisador faz a avaliação de potencial. Este tipo de representação é dependente da definição de limites e como consequência favorece uma interpretação determinística, na qual as áreas referentes às classes ou suas porcentagens são calculadas para apresentar os resultados.

Sendo assim, de acordo com o IL dos fatores e critérios não é indicado fazer esta divisão, visto que não existem limites na água. A representação do potencial deve ser feita sem aplicação de contrastes, isenta de limites e sua interpretação qualitativa.

O cenário gerado pelo modelo de potencial priorizou, nesta ordem, os critérios ambiental, sócio-econômico e logístico. As matrizes

dos critérios foram integradas por soma ponderada através de álgebra de mapas e a matriz do cenário resultante foi padronizada para a escala 0-1 através da **Equação 4**. A **Figura 107** nos mostra que na porção sul da baía, partindo da ilha do Largo em direção ao sul, encontram-se os maiores potenciais para maricultura. Os valores mais altos estão ao sul do Ribeirão da Ilha, no lado insular e no extremo sul, próximos à entrada da baía, no lado continental. Já os menores valores, ainda nesta área, localizam-se na Enseada do Brito. Áreas próximas à foz do rio Cubatão e ao sul, apresentam um potencial elevado em função da quase inexistência de atividades conflitantes, apesar de estarem sob influência fluvial elevada.

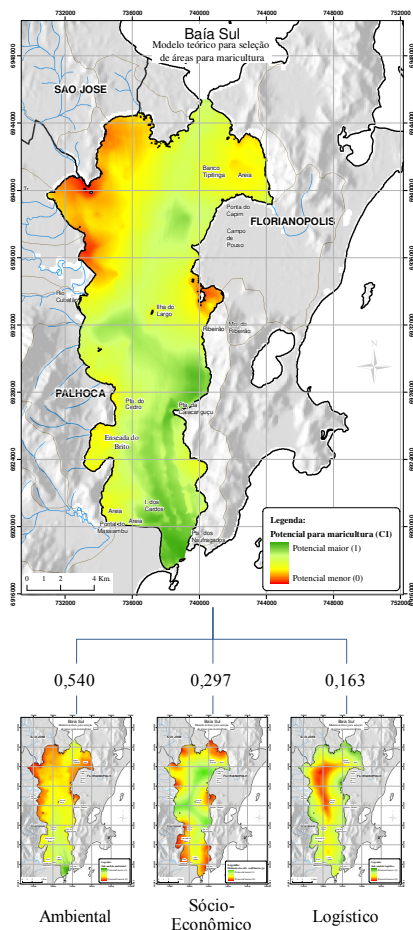


Figura 107: Avaliação do potencial para maricultura.

Locais que foram avaliados com potencial inferior estão sob influência, principalmente, de regiões antropizadas e apresentam conflitos com outras atividades. São áreas com maior aporte hídrico continental através de rios, córregos e galerias pluviais ou com condições de baixa renovação de água. Além de estarem ocupadas por atividades econômicas incompatíveis com a maricultura.

3.5 Etapa 4: Seleção de áreas para maricultura e mapeamento das unidades aquícolas.

Conforme definido no Capítulo 1, selecionar áreas para aquíicultura é

“verificar, dentro de um domínio espaço-temporal, onde os critérios adequam-se às exigências definidas para cada projeto de acordo com o potencial expresso pelos fatores de escala e as restrições impostas pelos fatores de conformidade”.

É nesta etapa que se toma a decisão sobre onde serão implementadas as estruturas de produção ou, no caso de políticas públicas, onde será permitido implementá-las. Em áreas onde as estruturas já existem, como no caso da Baía Sul, a decisão deve ser tomada para melhor adequar o arranjo produtivo, através da re-alocação e/ou eliminação de algumas áreas e da seleção de novas áreas para expansão.

Neste trabalho não foi realizada seleção de áreas, mas para ilustrar a forma de fazê-lo foram avaliadas as áreas existentes até 2005 e as propostas de parques aquícolas do PLDM (BRASIL, 2008). As áreas existentes até 2005 foram ocupadas sem a vigência de mecanismos de ordenamento do espaço marinho e assim seguiram critérios definidos pelos próprios produtores em parceria com as instituições que à época iniciaram o fomento à atividade. Estas áreas foram comparadas aos critérios de avaliação de potencial para entender como se deu o processo de seleção.

Já os parques aquícolas foram definidos através de um processo participativo setorial no qual foi utilizado um modelo de avaliação de potencial (VIANNA, 2007 e BRASIL, 2008). Assim, da mesma forma que as áreas existentes, os polígonos dos parques aquícolas também foram utilizados para entender o processo de seleção, de acordo com os critérios de avaliação de potencial aqui adotados.

As análises foram feitas através da ferramenta *zonal statistics* do ArcGIS, que calcula, para cada polígono de uma camada, as estatísticas descritivas das matrizes de potencial, dentre as quais a média, que foi o valor utilizado. Com isso, para cada polígono existente em 2005 e para

cada parque aquícola, foram calculados os valores médios de potencial dos critérios ambiental, sócio-econômico e logístico.

Além disso foram acrescentadas às avaliações descritivas e de potencial os fatores de conformidade, para auxiliar na definição das áreas onde efetivamente a atividade pode ocorrer. Para comporem o mapa síntese para seleção de áreas (**Figura 108**), foram incorporados ao cenário gerado pela avaliação de potencial, três fatores de conformidade: Unidades de Conservação; IN 105/2006 (BRASIL, 2006); e Zonas de Manejo Marinho para Aquicultura (ZMMa) previstas no ZEEC (SANTA CATARINA, 2010). O conflito com a legislação foi avaliado através do operador *intersect* do ArcGIS. As camadas de conformidade foram intersectadas com as das áreas de 2005 e 2008 para calcular o percentual de área em conflito.

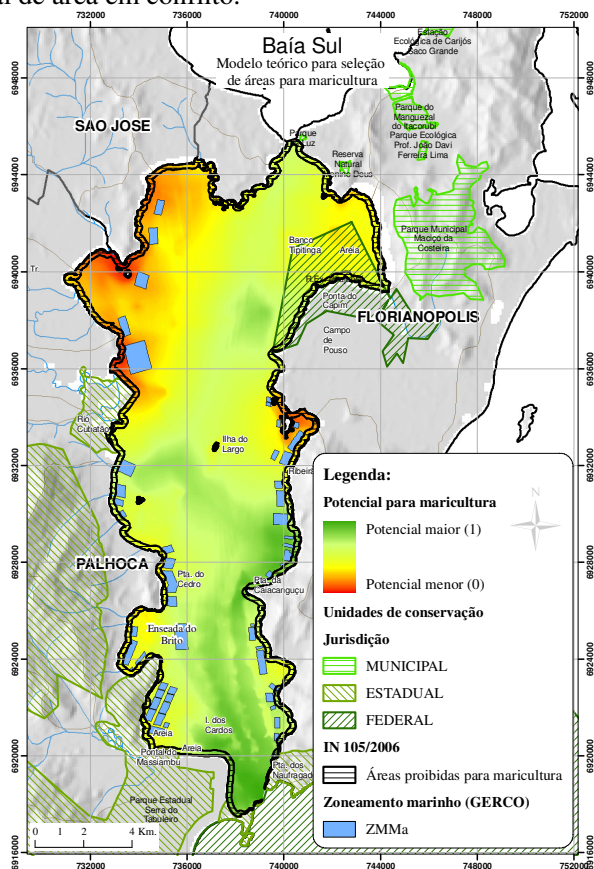


Figura 108: Mapa síntese para seleção de áreas.

A **Figura 108** representa o produto síntese para subsidiar o processo de decisão acerca das áreas adequadas para maricultura, juntamente com os mapas e análises feitos nas etapas de caracterização das áreas e avaliação do potencial da Baía Sul. Sobre ele foram inseridos, para uma pré-análise visual, os polígonos das estruturas existentes em 2005 e da proposta de parques aquícolas de 2008 (**Figura 109**). Esta pré-análise permitiu identificar um aumento significativo de área entre o que estava ocupado em 2005 (104,14 hectares) e o que foi proposto em 2008 (822,89 hectares). Os polígonos pré-existentes, na escala adotada para visualizar toda a baía, quase não aparecem no mapa, enquanto as propostas de parques aquícolas estão claras.

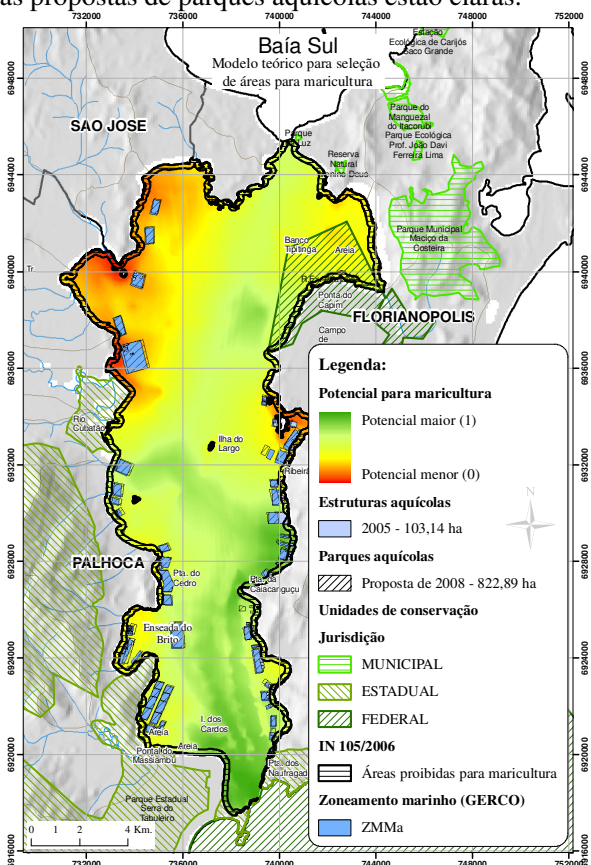


Figura 109: Pré-análise visual das estruturas aquícolas de 2005 e parques aquícolas de 2008 sobre o mapa síntese para seleção de áreas.

Também foi possível perceber visualmente que as ZMMa definidas no ZEEC (SANTA CATARINA, 2010) possuem algumas diferenças espaciais, tanto em área quanto em localização, em relação à proposta de parques aquícolas do PLDM, mas isto se deve ao fato de que tanto o processo de seleção dos parques aquícolas, conduzido pelo MPA, quanto o ZEEC, conduzido pela Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de Santa Catarina - SPG, ainda não foram finalizados.

Além disso, em relação aos parques aquícolas de 2008, notou-se que o potencial foi interpretado como um instrumento de decisão não determinístico, diferentemente dos fatores legais de conformidade. Algumas áreas estão situadas em regiões da baía com potencial inferior, mas todas estão fora dos limites impostos pela legislação vigente.

Para avaliar, de forma mais detalhada, os processos de seleção de áreas que culminaram nos arranjos de 2005 e 2008, foram feitas análises específicas que permitiram verificar conflitos de ocupação com a legislação vigente, o ZEEC e comparar as áreas em relação ao potencial, considerando os critérios utilizados.

3.5.1 O processo de seleção de áreas até 2005.

A pré-análise visual sobre o modelo de potencial indica que, pela inexistência de políticas de ordenamento, as estruturas implementadas até 2005 seguiram um padrão de ocupação com maior influência logística, ou seja, da facilidade de acesso aos cultivos.

Na **Figura 110**, por exemplo, verifica-se que a parte norte do Ribeirão da Ilha foi ocupada de forma semelhante à porção sul, mesmo apresentando um potencial ambiental e sócio-econômico inferior. Apesar de esta ocupação ter ocorrido até 2005 e a análise de potencial ter sido feita em 2010, as alterações no cenário em relação à qualidade ambiental e aos conflitos, neste período, não foram significativas (NOVAES & SOUZA, 2009 e SANTA CATARINA, 2010). Assim, é possível acreditar que, dentro da concepção deste modelo, a seleção destas áreas foi feita sob maior influência dos fatores logísticos.

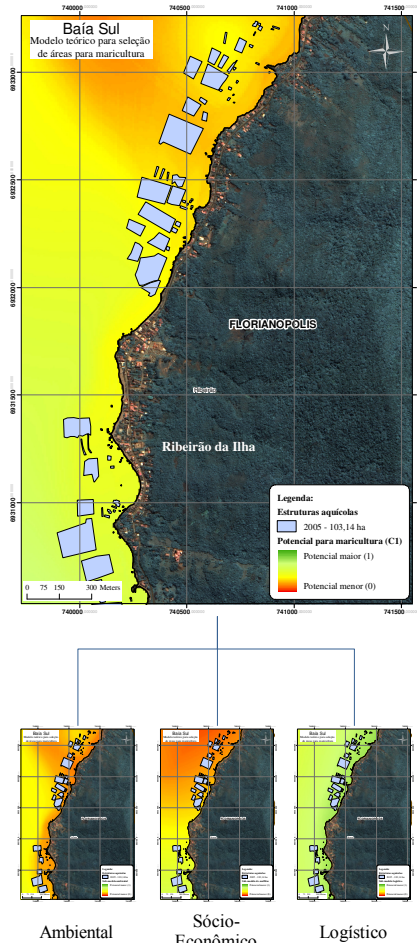


Figura 110: Enquadramento das estruturas existentes em 2005 no modelo de potencial.

Para avaliar esta hipótese em relação à ocupação da Baía Sul, a estatística por zona indicou que, em linhas gerais, o critério logístico foi aquele com valores mais altos na maioria das áreas, com média de 0,66. O critério ambiental respondeu por 0,28 e o sócio-econômico, 0,24. Um exemplo desta tendência pode ser observado na **Figura 111**, onde o gráfico mostra a variação dos valores médios do potencial de cada critério entre as áreas aquícolas e os mapas representam estas áreas sobre as matrizes de potencial logístico, ambiental e sócio-econômico. Os tons de verde nestes mapas indicam o potencial maior e os de

vermelho, menor. As áreas aquícolas de 1 a 15, situadas no Ribeirão da Ilha, estão sob maior influência do modelo logístico.

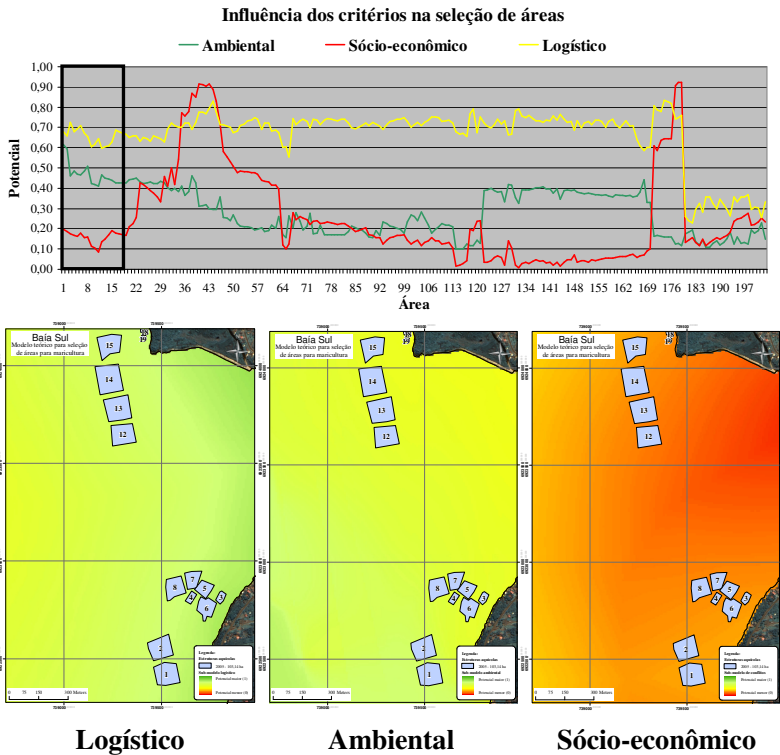


Figura 111: Avaliação da influência dos critérios no processo de seleção das áreas 1 a 15 existentes até 2005.

Mesmo com predominância do critério logístico, algumas áreas apresentaram maior influência dos critérios sócio-econômicos. Estas estão localizadas nas regiões do Ribeirão da Ilha (áreas 36 a 44, **Figura 112**), em Florianópolis e da Praia do Pontal em Palhoça (áreas 178 a 183). Estas regiões caracterizam-se por apresentarem poucas atividades conflitantes com a maricultura, o que as conferem um alto potencial sócio-econômico.

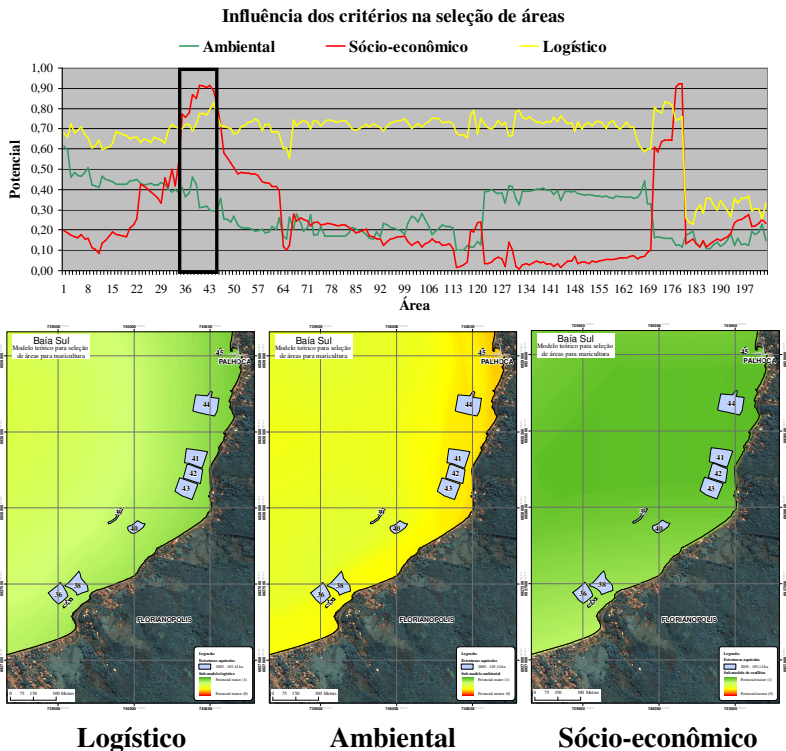


Figura 112: Avaliação da influência dos critérios no processo de seleção de áreas 36 a 44 existentes até 2005.

Outro aspecto que corrobora com a idéia da influência superior do critério logístico é a proximidade das estruturas com a linha de costa. Através da ferramenta *Near* do ArcGIS foi feita uma análise, considerando os trechos classificados em praias e costões.

A distância média dos cultivos para a linha de costa, é de 188,4m, havendo estruturas instaladas a 15m e outras a 908m, com a maioria a menos de 300m (**Figura 113 A**).

Se considerarmos a proximidade das estruturas com as praias, a distância média é de 212,8m, com o cultivo mais próximo situado a 27m e o mais distante a 717,5m. A maior parte dessas áreas estão a menos de 400m das praias (**Figura 113 B**).

Em relação aos costões a distância média é de 162,9m, a mínima de 15m e a máxima de 908m e a maior parte das áreas está a menos de 200m (**Figura 113 C**).

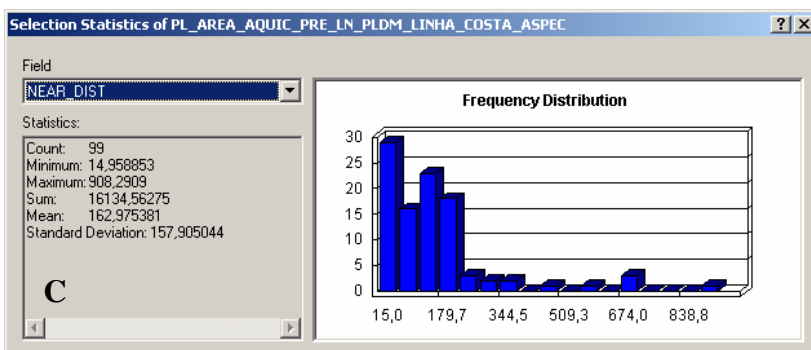
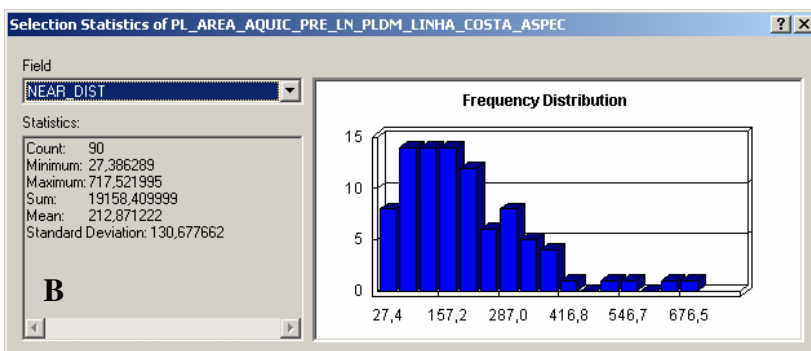
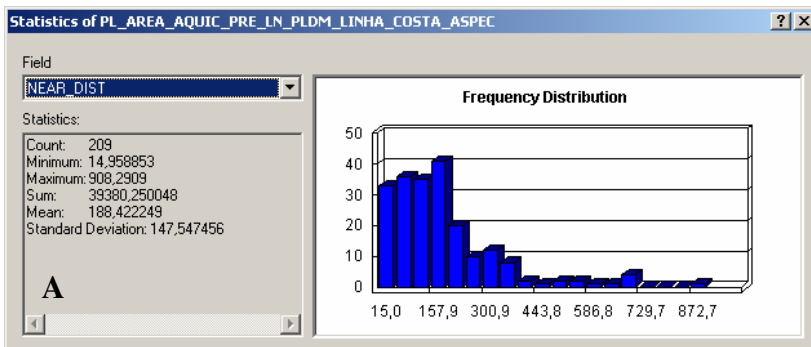


Figura 113: Análise de distância das estruturas instaladas até 2005 para a linha de costa (A), praias (B) e costões (C)

A partir de 2006 a IN 105 (BRASIL, 2006) passou a determinar que a malacocultura fosse permitida apenas a partir de 200m das praias e 50m dos costões. Apesar de a norma especificar apenas a malacocultura, ela tem sido adotada para qualquer projeto de maricultura. Ao

aplicarmos às estruturas de cultivo existentes em 2005, cerca de 30% do total de área cultivada necessita ser mobilizada para atendê-la. Em áreas como o Ribeirão da Ilha é possível identificar claramente este conflito (**Figura 114**)

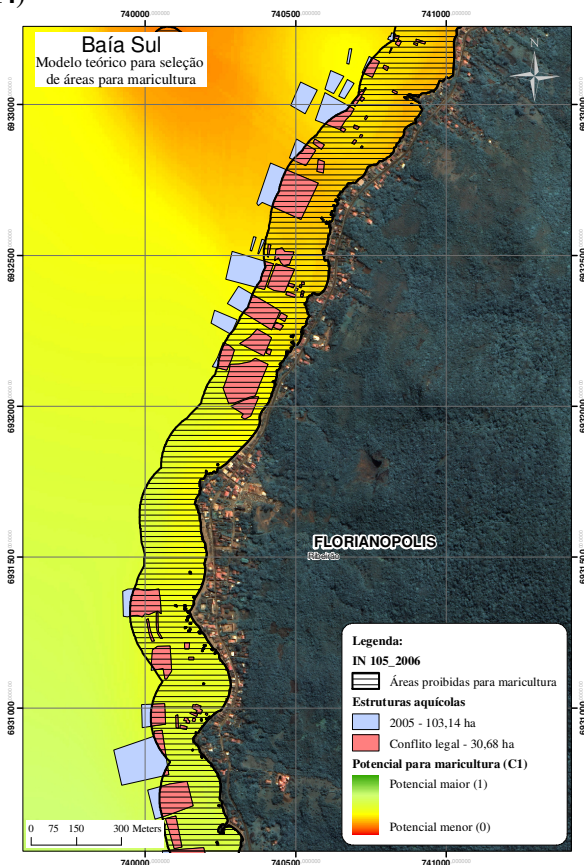


Figura 114: Conflito entre as estruturas instaladas até 2005 e a IN 105/2006
Outro conflito que passará a ocorrer refere-se à alocação das estruturas instaladas e o ZEEC. Quando o zoneamento passar a vigorar, mantendo-se a atual configuração, cerca de 63 hectares (60,4%) de área ocupada, referentes a 248 estruturas existentes deverão ser relocadas (**Tabela 24**)

Tabela 24: Conflito entre as estruturas aquícolas existentes até 2005 e o ZEEC

). Estes conflitos podem ser observados, por exemplo, no Ribeirão da Ilha (Figura 115).

Tabela 24: Conflito entre as estruturas aquícolas existentes até 2005 e o ZEEC			
ZEEC	Número de estruturas	Área em hectares	Porcentagem de área
ZMMa	137	43,5	40,6
ZMMp1	86	33,8	31,6
ZR	96	20,3	18,9
ZRN	2	0,5	0,5
ZUAP	64	9,0	8,4

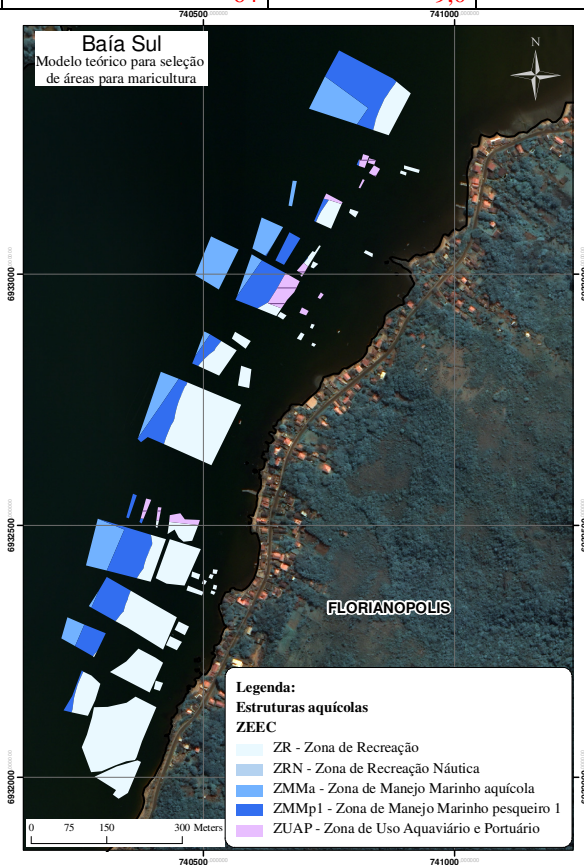


Figura 115: Exemplo de conflito entre as estruturas instaladas até 2005 e o ZEEC.

O processo de seleção de áreas e a ocupação do espaço de produção na Baía Sul até 2005 ocorreu isento de políticas públicas específicas para o setor. Desta forma as áreas foram arranjadas junto à costa com distância média menor dos costões do que das praias.

De acordo com os critérios adotados na avaliação de potencial os fatores logísticos apresentaram, em média, maior peso na escolha destas áreas na ocasião. Apesar disso, algumas áreas em Florianópolis e Palhoça tiveram valores médios dos fatores sócio-econômicos mais elevados. Em nenhuma área foram identificados valores mais altos do critério ambiental, o que sugere que até 2005 ou não havia preocupação com isso, em função da boa qualidade da água baía, ou não havia informação suficiente sobre tais características, visto que o monitoramento sistemático das áreas de cultivo iniciou-se em maio de 2007 (SANTA CATARINA, 2010).

Considerando que a partir de 2006 surgiram normas de ocupação do mar específicas para maricultura (BRASIL, 2006) e também políticas públicas de gestão costeira e aquícola (SANTA CATARINA, 2010 e BRASIL, 2008), as estruturas aquícolas existentes até 2005 que mantiveram seus desenhos até hoje e as novas estruturas instaladas deverão adequar-se às atuais regras de ocupação.

3.5.2 O processo de seleção dos Parques Aquícolas de 2008.

Diferentemente do processo de ocupação que vigorou até 2005, a seleção dos parques aquícolas em Santa Catarina foi orientada por mecanismos legais publicados a partir da criação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP-PR) e da instituição do Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Água da União (BRASIL, 2005). Novaes, et al. (2010) descrevem este processo que levou quatro anos para ser elaborado, de forma setorial, através de mobilizações comunitárias, reuniões técnicas e audiências públicas para discutir a melhor forma de ordenar as áreas já existentes e propor áreas para expansão. Este trabalho foi feito utilizando técnicas de Sistemas de Informações Geográficas para Participação Pública, dentre as quais a avaliação de potencial e sua utilização em processos decisórios.

A pré-análise visual do resultado deste processo de seleção com base no modelo de potencial indica que, na mesma área do exemplo anterior, prevalece a maior influência do potencial logístico, porém, respeitando a IN 105 (BRASIL, 2006), os parques aquícolas foram afastados da linha de costa em busca de melhores condições ambientais e sanitárias (**Figura 116**).

Outro aspecto percebido refere-se ao ordenamento espacial. As áreas que antes eram alocadas aleatoriamente, a partir da implementação

do PLDM estarão inseridas nos parques aquícolas. Cada parque será dividido em áreas aquícolas com tamanho mínimo de um hectare e separadas entre si por um canal de, no mínimo, 20 metros de largura (VIANNA e NOVAES, no prelo), o que favorecerá o manejo das estruturas instaladas e melhorará o desempenho produtivo (NOVAES, et al. 2010).

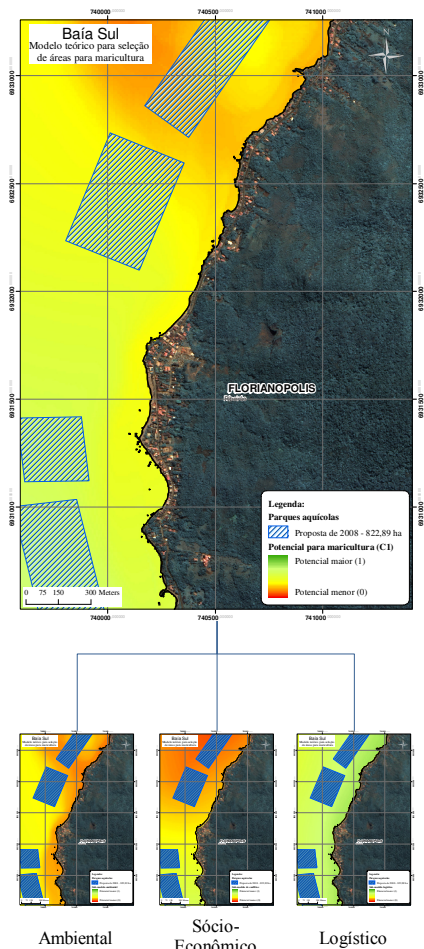


Figura 116: Enquadramento dos parques aquícolas propostos em 2008 no modelo de potencial.

Analisando os resultados da estatística por zonas percebeu-se que os critérios de seleção foram utilizados de forma diferente em cada região da baía (Figura 117). Os parques aquícolas de 14 a 19 e 46 a 49,

por exemplo, foram alocados sob maior influência dos critérios sócio-econômicos, enquanto os demais com base na logística.

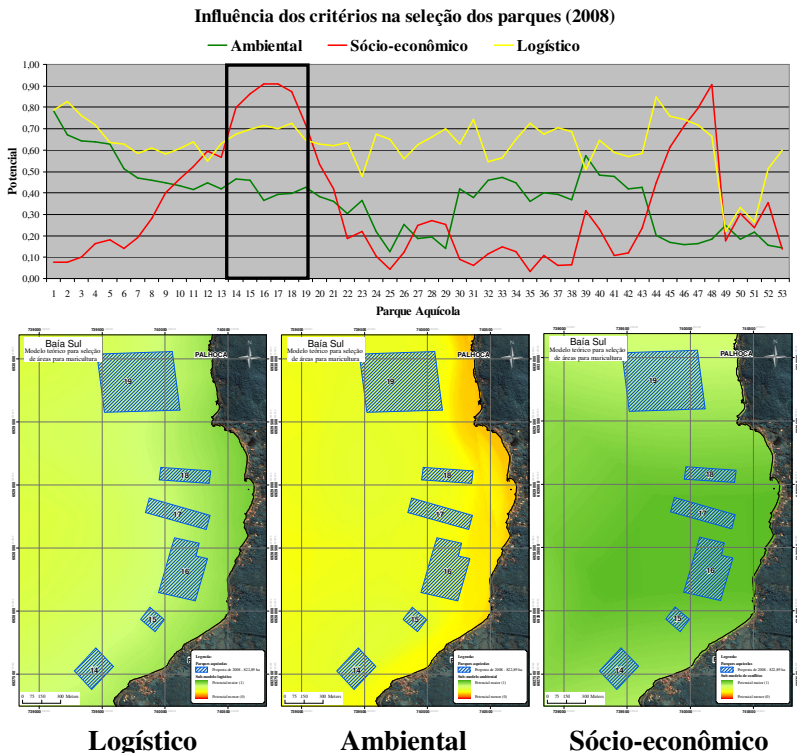


Figura 117: Avaliação da influência dos critérios no processo de seleção dos parques aquícolas de 2008.

Assim como ocorreu com as áreas de 2005 o critério logístico manteve-se, em média, como o de maior importância (0,63) enquanto ambiental e sócio-econômico ficaram muito próximos (0,37 e 0,33). A ponderação mais alta do critério logístico no processo de seleção demonstra a importância do processo participativo. Se a seleção fosse feita apenas considerando a avaliação de potencial, o critério ambiental predominaria e algumas áreas, como aquelas alocadas ao norte da baía (**Figura 107**) não seriam selecionadas. Isto demonstra a importância do uso da avaliação de potencial como um instrumento não determinístico de tomada de decisão, visto que, através do processo participativo, é possível integrar outros critérios de decisão não modelados através do SIG.

Em relação à IN 105 (BRASIL, 2006), não houve conflito, pois todos os parques foram alocados além da linha de 200m das praias e 50m dos costões. Por outro lado, alguns parques estão em desacordo com o ZEEC (**Tabela 25**). Esta divergência é pequena, correspondendo a 8,9% da área total dos parques aquícolas. É mais significativa em 21 parques com 30,1 hectares conflitando com a Zona de Uso Aquaviário e Portuário – ZUAP e 15 parques com 28 hectares em Zona de Manejo Marinho Pesqueiro – ZMMp1. Como o processo de aprovação tanto dos parques aquícolas, quanto do ZEEC em Santa Catarina ainda está em andamento (NOVAES, et. al. 2010 e SANTA CATARINA, 2010) espera-se que estes conflitos sejam solucionados entre o MPA e o GERCO-SC, para que os dois instrumentos sejam aprovados em sintonia.

Um dos locais com mais conflitos está na costa do município de Palhoça (**Figura 118**). Nesta área os parques aquícolas são grandes e de acordo com o ZEEC estão alocados em rotas de navegação.

Tabela 25: Conflito entre as estruturas aquícolas existentes até 2005 e o ZEEC

ZEEC	Número de estruturas	Área em hectares	Porcentagem de área
ZMMa	60	749,4	91,1
ZMMp1	15	28,0	3,4
ZR	8	11,6	1,4
ZRN	2	3,7	0,4
ZUAP	21	30,1	3,7
ZUEM	1	0,1	0,0

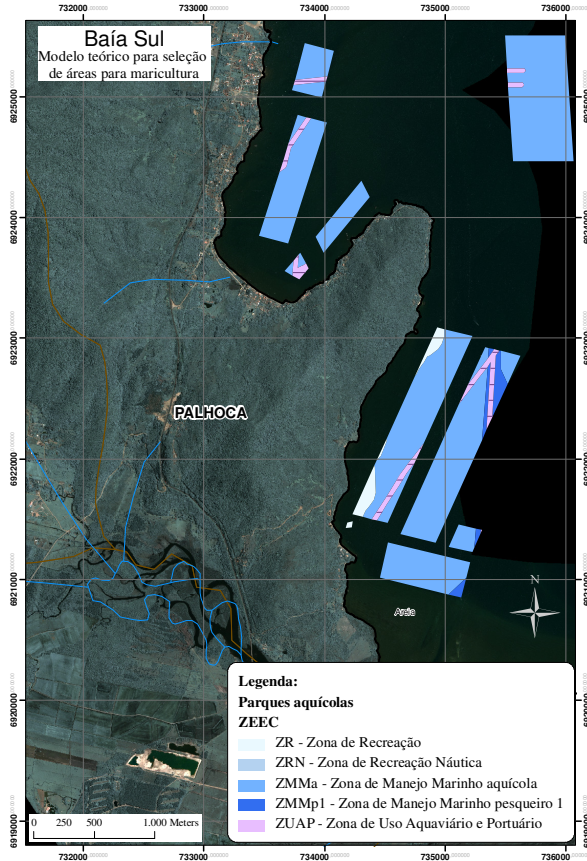


Figura 118: Exemplo de conflito entre os parques aquícolas propostos em 2008 e o ZEEC.

3.6 Etapa 4: Implementação dos parques aquícolas.

Nesta etapa as áreas selecionadas são implementadas através da legalização do espaço marinho e do seu efetivo uso para aquicultura. Na Baía Sul já existe produção desde o início dos anos 90, mas sem qualquer regulamentação e as áreas foram implementadas de forma desordenada. Atualmente o processo de regulamentação dos parques aquícolas está em tramitação sob responsabilidade do MPA e segundo Novaes, et al. (2010) se todos os parques forem aprovados haverá, em todo o litoral de Santa Catarina, um incremento de 40% de área em relação ao que havia em 2005.

A distribuição das áreas aquícolas entre os produtores acontecerá através de processo licitatório, também sob responsabilidade do MPA.

Para tal, é necessário que os pareceres do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), Marinha do Brasil e Secretaria de Patrimônio da União (SPU) sejam favoráveis à implementação dos parques e que estes estejam compatibilizados com o ZEEC.

3.7 Etapa 5: Monitoramento e avaliação.

O monitoramento de alguns parques aquícolas propostos no PLDM vêm sendo realizado pela Epagri desde 2007. Os resultados estão publicados em dois relatórios com objetivo central de enquadrar estas áreas conforme a legislação vigente e classificá-las de acordo com a qualidade sanitária para produção de moluscos. O primeiro relatório (SOUZA & NOVAES, 2009) descreve a metodologia empregada no levantamento das amostras, análises laboratoriais e critérios de tratamento estatístico dos dados. Traz ainda a lista dos parâmetros monitorados e uma síntese completa da legislação sanitária vigente, que estabelece limites para cada parâmetro e critérios de enquadramento dos ambientes para produção. Ao final apresenta os resultados obtidos entre maio de 2007 e abril de 2008.

O outro relatório (SANTA CATARINA, 2010) traz os resultados obtido até dezembro de 2009 e a situação dos pontos monitorados em relação à legislação atual (**Quadro 3**). Aponta para um aumento significativo, entre 2007 e 2009, de áreas com valores acima daqueles permitidos por lei, em decorrência da redução da qualidade sanitária e ambiental de algumas regiões selecionadas e ressalta o fato de que estas conclusões relacionam-se apenas aos parâmetros monitorados, destacando a necessidade de ampliação do número de variáveis, entre os quais substâncias relacionadas ao uso de agrotóxicos.

Na Baía Sul, foram monitorados dez pontos (**Figura 119**), dos quais o ponto denominado Costeira do Ribeirão só foi incluído na malha amostral em 2009.



Figura 119: Localização dos pontos de monitoramento dos parques aquícolas do PLDM. Fonte: Santa Catarina (2010).

Estes pontos foram utilizados para avaliar o resultado do modelo de potencial ambiental através da comparação entre o índice obtido no modelo e o enquadramento legal. A comparação foi feita de forma qualitativa, ou seja, através de uma análise visual e interpretativa da classificação de potencial dada pelo modelo (Maior – Menor) com o enquadramento feito pela Epagri (SANTA CATARINA, 2010), que baseou-se na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA 357 de 2005 para qualidade de água e na resolução RDC 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, para carne (NOVAES & SOUZA, 2009).

Segundo Novaes e Souza (2009) o enquadramento foi feito através da média geométrica e percentil 90 das últimas quinze análises realizadas para verificar a concentração de Coliformes termo tolerantes a 45°C na água (**Quadro 4**). De acordo com a Resolução 357 do CONAMA, as áreas podem ser enquadradas em duas categorias: “Áreas propícias para o cultivo” (média geométrica menor ou igual a 43 NMP/100ml e/ou percentil 90 menor ou igual a 88 NMP/100ml); ou “Áreas impróprias para cultivo”, com valores superiores a estes.

Em relação à qualidade do molusco a resolução RDC 12 da ANVISA proíbe o consumo *in natura* de animais oriundos de cultivos onde foram encontradas concentrações acima de 10^3 UFC/g de Estafilococos coagulase positiva e presença de *Salmonella sp.*/25g.

Os pontos foram classificados em “Acima dos limites”, quando foram encontrados valores de coliformes acima dos padrões estabelecidos pelo CONAMA; “Acima dos limites para moluscos *in natura*”, quando foi detectada presença de *Salmonella sp.* na carne; e “Abaixo dos limites”, quando todos os parâmetros apresentaram concentrações ideais. (Quadro 3).

Município	Local	Coliformes termotolerantes na água (média geométrica)	Coliformes termotolerantes na água (percentil 90)	Estafilococos coagulase positiva nos moluscos	Salmonela nos moluscos	Chumbo nos moluscos	Cádmio nos moluscos	Mercurio nos moluscos	Zinco nos moluscos	Situação em relação à legislação atual
	Ponta do Papagaio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Dentro dos limites
	Passagem do Maciambú	✓	✓	✓	!	✓	✓	✓	✓	Acima dos limites para moluscos in natura
Palhoça	Enseada do Brito	✓	✓	✓	!	✓	✓	✓	✓	Acima dos limites para moluscos in natura
	Praia do Cedro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Dentro dos limites
	Praia do Pontal	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Acima dos limites
	Barra do Aririú	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Dentro dos limites
São José	Ponta de Baixo	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Acima dos limites
	Caieira da Barra do Sul	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Dentro dos limites
	Freguesia do Ribeirão	✓	✓	✓	!	✓	✓	✓	✓	Acima dos limites para moluscos in natura
Florianópolis	Barro Vermelho	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Acima dos limites
	Costeira do Ribeirão	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Dentro dos limites

Quadro 3: Quadro-resumo do enquadramento dos pontos de monitoramento na legislação atual. Fonte: Santa Catarina (2010).

Município	Mês	2007						2008				2009											
		Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Palhoça	Ponta do Papagaio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Passagem do Maclambu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Enseada do Brito	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Praia do Cedro	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Praia do Pontal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
São José	Barra do Aririú	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ponta de Baixo	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Florianópolis	Caleira da Barra do Sul	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Freguesia do Ribeirão	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Costeira do Ribeirão	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Barro Vermelho	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Quadro 4: Quadro-resumo da variação temporal da qualidade dos pontos de monitoramento segundo a legislação atual.
Fonte: Santa Catarina (2010).

Para facilitar a comparação entre o modelo ambiental e os locais de monitoramento, estes últimos foram classificados de acordo com a condição, em: Ruim, quando os limites estipulados pelo CONAMA e pela ANVISA foram ultrapassados; Regular, quando apenas os limites estipulados pela ANVISA foram ultrapassados; e Boa, quando todos os parâmetros monitorados estiveram de acordo com a legislação (**Tabela 26**).

Tabela 26: Enquadramento sanitário dos pontos de monitoramento das áreas de cultivo na Baía Sul, de acordo com a legislação vigente. Fonte: Santa Catarina (2010).

Ponto	Nome	Res. CONAMA 357 2007-2008	Situação em 2009 segundo a Epagri	Condição
1	Ponta de Baixo	Área imprópria	Acima dos limites	Ruim
2	Barra do Aririú	Área propícia	Dentro dos limites	Boa
3	Praia do Pontal	Área imprópria	Acima dos limites	Ruim
4	Praia do Cedro	Área imprópria	Dentro dos limites	Boa
5	Enseada do Brito	Área propícia	Acima dos limites para molusco in natura	Regular
6	P. do Massiambu	Área propícia	Acima dos limites para molusco in natura	Regular
7	Barro Vermelho	Área imprópria	Acima dos limites	Ruim
8	Freguesia do Ribeirão	Área propícia	Acima dos limites para molusco in natura	Regular
9	Costeira do Ribeirão		Dentro dos limites	Boa
10	Caieira da Barra Do Sul	Área propícia	Dentro dos limites	Boa

Segundo o modelo ambiental, os menores potenciais estão nas regiões próximas à costa, tanto do lado continental quanto insular, na porção centro-norte da Baía Sul (**Figura 120**). Nestas regiões há quatro pontos de monitoramento: Ponta de Baixo (1), Barra do Aririú (2) e Praia do Pontal (3), no continente; e Barro Vermelho (7), na ilha (**Tabela 26**). Todos apresentaram condição ruim, exceto o ponto Barra do Aririú. Esta situação foi confirmada através de amostras coletadas no entorno dos pontos Ponta de Baixo (1) e Barro Vermelho(7) (SANTA CATARINA, 2010).

Na região sul da baía as áreas com maior potencial ambiental estão na costa insular, ao sul do Ribeirão da Ilha. Lá foram monitorados três pontos: dois apresentaram boa condição, Costeira do Ribeirão (9); e Caieira da Barra do Sul (10); e um com condição regular, Freguesia do Ribeirão (8). No lado continental desta região apenas a Praia do Cedro (4) foi enquadrada como boa. Enseada do Brito (5) e Ponta do

Massiambu (6) foram classificadas como regulares, situação também indicada pelo modelo.

Nota-se que houve uma boa concordância entre o modelo ambiental e os pontos monitorados e classificados segundo a legislação vigente. Apenas o ponto 2 apresentou a localização com baixa correlação visual, tendo sido apontado pelo modelo como uma área de menor potencial mas apresentando boa condição em relação à legislação.

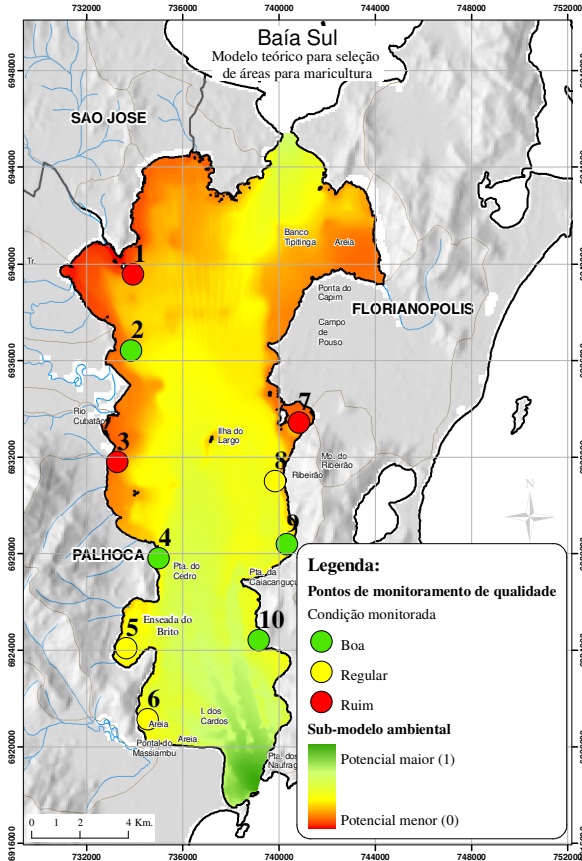


Figura 120: Comparação entre o modelo de potencial ambiental e o enquadramento legal dos pontos monitorados.

Nesta etapa de avaliação foi utilizado como exemplo o modelo ambiental, visto que só existiam dados de monitoramento disponíveis para parâmetros desta natureza. Para avaliar o modelo de potencial

seriam necessários, além destes, indicadores de conflitos sócio-econômicos e logísticos.

Dentro desta proposta metodológica esta etapa finaliza as ações relacionadas ao uso do SIG na gestão aquícola, mas isso não indica o fim do processo de gestão, que deve ser contínuo. A partir da avaliação feita é possível planejar as ações futuras para que se aperfeiçoe cada vez mais o processo de gestão. Para isto é indispensável a existência de indicadores que permitam avaliar o processo, ou seja, que permitam identificar falhas e potencialidades em todas as etapas. Estes indicadores devem ser capazes de retratar não só as condições sanitárias e ambientais dos cultivos, mas questões de mercado, possíveis conflitos com outras atividades, melhoria social e processos normativos.

Os indicadores sanitários do monitoramento permitiram fazer uma avaliação qualitativa do resultado alcançado pelo critério ambiental do modelo de avaliação de potencial, para o período estudado. Neste sentido foi possível constatar que os fatores ambientais avaliados foram suficientes para uma avaliação potencial que auxilie na definição de unidades de mapeamento aquícola em um processo participativo de seleção de áreas para maricultura, visto que as condições previstas por eles foram confirmadas pelos indicadores monitorados. Porém deve-se enfatizar que estes indicadores foram utilizados para avaliar a qualidade sanitária dos parques. Para avaliar questões ambientais de outra natureza, como por exemplo a produtividade ou a capacidade de suporte dos cultivos em relação à densidade, são necessários outros indicadores ambientais. Da mesma forma, para avaliar o modelo de potencial integralmente, seriam necessários, ainda, indicadores sócio-econômicos e logísticos específicos.

O SIG, apesar de ter sido utilizado nesta etapa como um instrumento de avaliação, pode muito bem auxiliar no monitoramento de forma contínua. Para tal é necessário pensar um modelo de dados e um sistema que permita acompanhar o monitoramento ambiental e seu impacto nas áreas produtoras, o que pode ser feito através de um sistema de rastreamento, ou rastreabilidade. Neste sentido, Vianna & Novaes (2011) apresentam um método de geocodificação das unidades de mapeamento aquícola e um modelo de dados para um sistema de rastreabilidade, com base na geocodificação política adotada no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (**Figura 121**).

UNIDADES DE MAPEAMENTO - RELACIONAMENTOS LÓGICOS

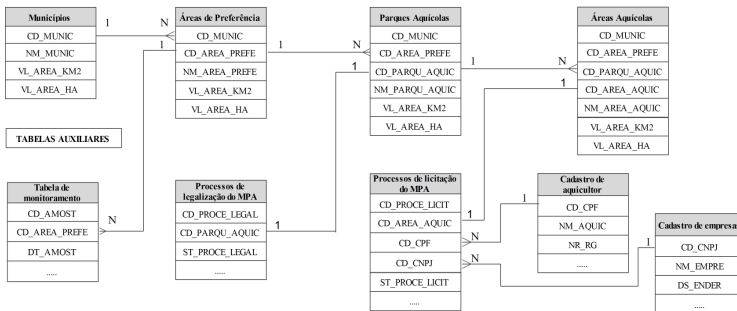


Figura 121: Modelo de dados em SIG para sistema de gestão aquícola (Fonte: VIANNA & NOVAES, 2011).

Este sistema foi testado através de um serviço de mapas via internet (Figura 122) e segundo os autores está apto para realizar consultas e estatísticas espaciais sobre dados de maricultura por estados, municípios, unidades de mapeamento aquícola, processos de solicitação de áreas aquícolas e maricultores, além de estar preparado para atender às necessidades de dados e informações para um sistema de rastreabilidade.

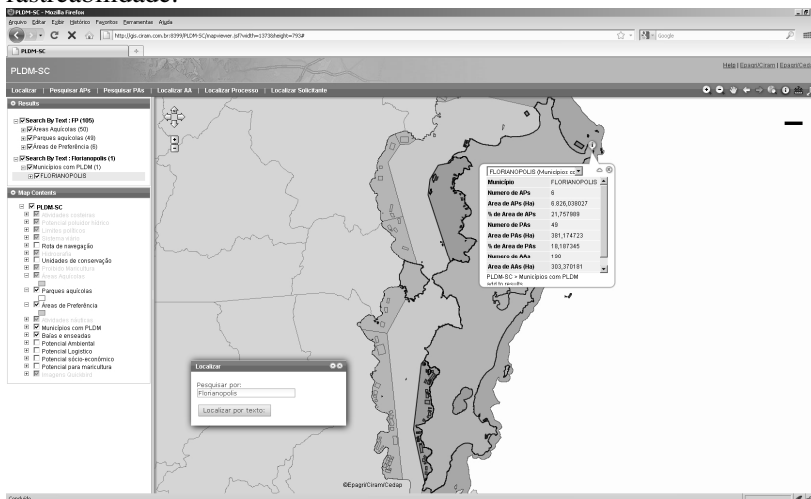


Figura 122: Sistema de gestão aquícola (Fonte: VIANNA & NOVAES, 2011).

3.8 Referências bibliográficas

AGRESTI, A.. **Categorical data analysis**. University of Florida. Gainesville, Florida. Second Edition. 2002

ARAÚJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of the southern brazilian coast. In. Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, COPEDEC VI, Sri Lanka, Paper No. 097, **Anais...**pp. 15, 2003 (publicado em CD, sem paginação).

BARROSO, G. F. **Assessing the Potential for Mangrove Oyster Aquaculture in an Estuarine System of the Southeastern Coast of Brazil: A Geographic Information System Approach**. Tese de Doutorado. University of Victoria. Disponível em: https://dspace.library.uvic.ca:8443/dspace/bitstream/1828/648/1/barroso_2004.pdf, 2004.

BERNER, R. A. Burial of organic carbon and pyrite sulfur in the modern ocean: its geochemical and environmental significance. **American Journal of Science** 282 (4), 451-73, 1982.

BONETTI, J.. **Análise de dados espaciais em aquicultura costeira**. In: Barroso, G. F.; Poersch, L. H. S.; Cavalli, R. O. & Galvez, A. O. Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: recursos, tecnologias e aspectos ambientais e sócio-econômicos. Cap. 11, p.97-105, Ed. Museu Nacional, Rio de Janeiro , 2007.

BONETTI, C.; BONETTI, J. & BARCELLOS, R. L. **Caracterização sedimentar e geoquímica de sistemas costeiros com ênfase na avaliação da influência de sítios de cultivo de moluscos**. In: Barroso, G. F.; Poersch, L. H. S.; Cavalli, R. O. & Galvez, A. O. Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: recursos, tecnologias e aspectos ambientais e sócio-econômicos. Cap. 15, p.139-150, Ed. Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2007

BORREGO, J.; LOPEZ, M.; PENDON, J. G.; MORALES, J. A.. C/S Ratios in Estuarine Sediments of the Odiel River-Mouth, S.W. Spain. **Journal of Coastal Research** Vol. 14, No. 4, pp. 1276-1283, 1998

BRASIL. Presidência da República. Decreto Federal Nº 4.895, de 25 de Novembro de 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4895.htm, 2003.

BRASIL. Instrução Normativa no17 de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre critérios e procedimentos para formulação e aprovação de Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura –PLDM. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. Sessão 1, p. 331, 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Instrução Normativa nº 105, de 20 de julho de 2006, 2006.

BRASIL. **Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina**. p.318. Brasília, 2008

BRASIL. Resolução CONAMA n. 413 de 23 de julho de 2009. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, pp. 1-20, 2009.

BROWN, J. R. The influence of environmental factor upon the growth and survivor of the pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Department of Biological Sciences. Simon Fraser University. Canada, 1986.

BUITRAGO, J.; RADA, M.; HERNÁNDEZ, H.; BUITRAGO, E. A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island, Venezuela. **Environmental Management**, v. 35, n. 5, p. 544-556. doi: 10.1007/s00267-004-0087-9, 2005.

CONSTANZA, R. E MAXWELL, T.. Resolution and predictability: An approach to the scaling problem. **Landscape Ecology** vol. 9 no. 1 pp 47-57, 1994

CROSS, S.F.; KINGZETT, B. C.. Biophysical Criteria for Shellfish Culture in British Columbia. A Site Capability Evaluation System. **Aquamatrix Research Ltd**. Sidney, B.C, 1992.

FERREIRA, J. F. E NETO, F. M. O.. Cultivo de Moluscos em Santa Catarina, **Infopesca**, p. 10, 2006.

FLEMMING, B.W. A revised textural classification of gravel free muddy sediments on the basis ternary diagrams. **Continental Shelf Research**, n. 20, p. 1125-1137, 2000.

GATRELL, A. C. Concepts of Space and Geographical Data. In Oxford, **Distance And Space: A Geographical Perspective**, pp. 119 – 134, 1983.

SANTA CATARINA. Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina – FATMA. Base de dados de balneabilidade Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/servico/balneabilidade.htm>. 2006.

SANTA CATARINA. Resolução Consema nº 01/2004 - Define as atividades potencialmente poluidoras, por meio de listagem, e os critérios para o exercício da competência do Licenciamento Ambiental Municipal, 2004.

SANTA CATARINA.. Estudo dos instrumentos de gestão de recursos hídricos para o estado de Santa Catarina e apoio para sua implementação, 2006.

SANTA CATARINA. Resultados do levantamento sanitário das áreas de cultivo de moluscos bivalves de Santa Catarina realizado no ano de 2009 e avaliação dos dados com base na legislação vigente no Brasil. Relatório técnico. Florianópolis, 2010.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. **Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture** (J. M. Kapetsky & J. Aguilar-Manjarrez, Eds.). **FAO Fisheries Technical Paper**. p.140. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.

LAING, I. E SPENCER, B.E. (1997) **Bivalve cultivation: criteria for selecting a site**. Lowestoft, UK. CEFAS - Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science. 41 p.

LANDAU, M. (1992) **Introduction to Aquaculture**. First edn. New York, USA: John Wiley and Sons, Inc. 440 p.

LAPEGUE, S. & BOUDRY, P.. Pacific cupped oyster-*Crassostrea gigas*. **GENINPACT-Evaluation of**, pp. 76-82, 2006.

MARTINS, R. P., MELO, E. F., FRANCO, D. **Circulação hidrodinâmica e dispersão de poluentes na Baía de Florianópolis**, In: Relatório final do projeto PADCT/CIAMB: tecnologias para o desenvolvimento sustentável da bacia do rio Cubatão, Vol. 2, pp. 1-81, 1997.

MEADEN, G. J.. **Zoning for coastal aquaculture: A report to the ministry of fisheries and aquatic resources development in Sri Lanka**. Canterbury, 1999.

NETO, F.O.. **Diagnóstico do cultivo de moluscos em Santa Catarina**. Florianópolis. Epagri, 67p., Epagri. Documentos, 220, 2005.

NOVAES, A. L. T. & SOUZA, R. V. D. **Situação Sanitária das Áreas de Produção de Moluscos Marinhos na Região de Abrangência do PLDM no Estado de Santa Catarina. Período : Maio de 2007 a Abril de 2008**. Relatório técnico. Florianópolis: 2009.

NOVAES; A. L. T., VIANNA, L. F.; SANTOS A. A.; SILVA, F. M.; e SOUZA, R. V. D..Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina. **Panorama da Aqüicultura**, vol. 21, 2010, pp. 52-58.

POLETTE, M. & SILVA, L. P.. GESAMP, ICAM e PNGC- Análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. **Ciência e Cultura** 55, 27-31, 2003.

PRUDÊNCIO, R. S. **Estudo numérico da circulação induzida pela maré na Baía de Florianópolis**. Universidade Federal de Santa

Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Dissertação de mestrado, 2003.

RAMOS, J. R. **Monitoramento bacteriológico de água do mar e ostras (*Crassostrea gigas*) em áreas de cultivo na Baía Sul de Santa Catarina**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Dissertação de mestrado. 2007.

RAISWELL R. & BERNER R. A. Pyrite formation in euxinic and semi-euxinic sediments. **American Journal of Science** 285: 710-724, 1985

RODRIGUES, A. M. T. **Diagnóstico da malacocultura catarinense em apoio à gestão costeira**. Universidade federal de Santa Catarina. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental. Tese de doutorado. 2007.

ROHWEDER, J, ROGALA, J. T., JOHNSON, B. L., ANDERSON, D., CLARK, S., CHAMBERLIN, F., AND RUNYON, K., 2008, **Application of wind fetch and wave models for habitat rehabilitation and enhancement projects**: U.S. Geological Survey Open-File Report –1200, Virginia. 43 p, 2008.

SAATY, T. L. **Decision making for leaders**. Vol. II, AHP Series, 315 pp., RWS Publ., new ed., ISBN 0- 9620317-8-X, 2001.

SCOTT, P. C.. **GIS and remote sensing – based models for development of aquaculture and fisheries in the costal zone**. University of Stirling, Institute of Aquaculture, Stirling. Tese de doutorado. 2003. 264p.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology**, 24:151-158, 1954.

SIBSON, R., A Brief **Description of Natural Neighbor Interpolation**. In Interpolating multivariate data, John Wiley & Sons, New York, Chapter 2, pp. 21-36, 1981.

SILVA, F. L. **Identificação de sub-ambientes da Baía Sul (SC) com base na análise de variáveis oceanográfico-sedimentares**. Universidade Federal de Santa Catarina. Depto de Geografia. Dissertação de mestrado. 2002

SUPLICY, F. M.. **Population and ecophysiological modelling of the cultured mussel *Perna perna*: towards the development of a carrying capacity model**. Tese de doutorado, 2004.

WAINWRIGTH, J. & MULLIGAN, M.. **Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity**. Ed. John Wiley and Sons, UK, 408p, 2004..

VIANNA, L. F.. Métodos determinísticos ou probabilísticos de representação e análise espacial de dados para seleção de sítios em

sistemas de informações geográficas? O exemplo da maricultura em Santa Catarina. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**pp. 3195-3202, Florianópolis, INPE. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.10.19.18/doc/3195-3202.pdf>, 2007.

VIANNA, L. F.; NOVAES, A. L. T. Geocodificação de unidades de mapeamento aquícola para um sistema de controle de produção e rastreabilidade em Santa Catarina, Brasil. **Geografia**, v. 36, p. 163-178. 2011.

Capítulo 4 Proposta de sistematização metodológica para o uso de Sistemas de Informações Geográficas na gestão da maricultura – Síntese conclusiva.

Na apresentação foram levantadas cinco questões relacionadas à compatibilização entre políticas públicas de gestão aquícola e costeira, terminologia empregada e uso do SIG na gestão da maricultura. Estas questões foram contextualizadas e respondidas, de forma detalhada, nos capítulos anteriores e aqui encontram-se sistematizadas.

4.1 Compatibilização entre políticas públicas de gestão aquícola e costeira.

O uso de Sistemas de Informações Geográficas na aquicultura, de acordo com dados do GISFish (KAPETSKY & AGUILAR-MANJARREZ, 2004), teve início em meados dos anos oitenta, quando surgiram as primeiras iniciativas de análise espacial, através de mapeamentos utilizando imagens de satélite e análises de distância (MOONEYHAN, 1985), integração de dados e análise multi-critério (MEADEN, 1987) e sensoriamento remoto (CORDEL & NOLTE, 1988). Na década de noventa as pesquisas aplicadas evoluíram e foram responsáveis por consolidar o grande potencial destes sistemas como instrumentos de gestão da atividade aquícola. Uma das grandes incentivadoras desta revolução foi a *Food and Agriculture Organization of United Nations* - FAO, que sempre esteve à frente de iniciativas voltadas para o aperfeiçoamento das técnicas de SIG para aquicultura, apoiando eventos científicos, financiando e organizando cursos, grupos de trabalho, seminários e publicando, gratuitamente, manuais e compêndios sobre o tema (DE GRAAF, et al., 2003; KAPESTSKY & AGULAR-MAJARREZ, 2007; JENESS, et al., 2007), além de manter um portal atualizado com publicações técnico-científicas, o GISFish.

Estes fatores convergiram para que, a partir do ano 2000, surgissem iniciativas governamentais de elaborar políticas públicas direcionadas para a atividade, apoiadas por técnicas de mapeamento e análise espacial utilizando SIG. Exemplos surgiram na Austrália (AUSTRÁLIA, 2002), Nova Zelândia (AUCKLAND, 2002), Estados Unidos (VIRGINIA, 2007) e no Brasil (BRASIL, 2005; BRASIL, 2008).

O Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União (BRASIL, 2005) trouxe novos desafios para a pesquisa no país. Para implementar os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM (BRASIL, 2008) em Santa Catarina, foi necessário desenvolver um método de avaliação de potencial para auxiliar o processo de seleção das áreas destinadas aos parques aquícolas

(VIANNA, 2007). Mas a avaliação de potencial é apenas uma etapa do processo de gestão e nesta tese ficou demonstrado que também é necessário compatibilizar os resultados do PLDM com instrumentos de gestão costeira, bem como padronizar os termos utilizados pelos pesquisadores, de acordo com os objetivos específicos do uso do SIG para maricultura.

A metodologia avaliada é mais um passo na tentativa de utilizar o conhecimento gerado nos últimos vinte e cinco anos, sobre aplicação de SIG para maricultura, na elaboração e implementação de políticas públicas em Santa Catarina e no Brasil. Apesar de setorial e focada em uma atividade econômica, está enquadrada em um campo de gestão multi-setorial que envolve interesses de diversas naturezas em relação ao domínio espacial, cujo recorte é a zona costeira. Por isso deve estar compatibilizada com os instrumentos de gestão costeira para que cada ação seja executada de forma participativa e integrada. As experiências do GERCO-SC e do PLDM demonstram que ambos são compatíveis em termos de instrumentos, ações, domínio espacial e tempo de implementação. Em Santa Catarina, tanto em um quanto no outro existem ações bastante próximas, que podem ser compatibilizadas para fins comuns, mas ambos carecem de integração e instrumentos de avaliação para que o processo evolua continuamente.

O processo de elaboração do ZEEC, por parte do GERCO-SC, e a setorização dos parques aquícolas, conduzida pelo MPA, estão ocorrendo de forma concomitante, o que favorece a compatibilização destas duas políticas através de alguns de seus instrumentos. O GERCO, por ser multi-setorial, busca, através do ZEEC, minimizar os conflitos pelo uso da zona costeira terrestre e marinha e ordenar o espaço de acordo com as atividades existentes e projetadas para serem implementadas, considerando aspectos legais, políticos, sócio-econômicos e ambientais. Da mesma forma atua o PLDM, porém com foco setorial na maricultura e, por isso, deve buscar se enquadrar ao ZEEC para não correr o risco de apresentar conflitos futuros. No final de 2010 foram feitas reuniões entre os gestores do PLDM e do GERCO – SC com objetivo de fazer este enquadramento (SANTA CATARINA, 2010). Apesar das tentativas de atender às necessidades multissetoriais, alguns conflitos ainda não foram solucionados, o que demonstra a importância do processo democrático e a necessidade de perceber sua dinâmica e continuidade.

Os conflitos identificados no ZEEC em relação ao PLDM estão apresentados no PGZC do setor 3, que envolve os municípios que

circundam a Baía Sul. No plano há algumas metas a serem atendidas (SANTA CATARINA, 2010):

- Resolver conflitos do PLDM com o uso e ocupação solo definido pelo Plano Diretor de Biguaçu como área de interesse náutico através de consenso entre os diferentes atores;
- Resolver conflitos de uso e ocupação da área marinha na foz do rio Biguaçu através de consenso entre os diferentes atores;
- Avaliar as áreas de parques aquícolas elaborando estudos mais detalhado dos limites no município de Florianópolis.

Apesar do foco dado à integração dos instrumentos de gestão PLDM e ZEEC, há outros que devem ser considerados em avaliações desta natureza. O próprio método de caracterização da área e avaliação de potencial aqui descrito identifica a bacia hidrográfica contribuinte ao domínio espacial escolhido como objeto de influência direta. A análise de distância a partir da foz dos rios de maior influência fluvial, com base na descarga de efluentes orgânicos e agrotóxicos, integrada com as correntes marinhas atuantes na Baía Sul, é um exemplo. Com isso é importante também que haja uma maior integração com os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Nesta linha, Loitzenbauer (2010) demonstra que o uso de modelos hidrológicos integrados a modelos de circulação costeira podem ser utilizados para descrever o comportamento de alguns descritores ambientais. A autora utilizou o balanço da salinidade para descrever a dinâmica de um estuário com intrusão salina marcante e concluiu que a compreensão deste balanço pode ser um dos elos de ligação entre os instrumentos de gestão de bacias que definem o enquadramento dos corpos d'água e a outorga com o ZEEC.

4.2 O uso do SIG na gestão da maricultura.

No âmbito do SIG aplicado à gestão da maricultura, as ações necessárias para pôr em prática os instrumentos de gestão devem ocorrer seguindo os preceitos do SIGPP, com diferentes níveis de participação em cada etapa. A escolha e avaliação do domínio espacial de abrangência da política pública deve ser feita por atores políticos, técnicos e sociais com objetivo de identificar as principais características daquele domínio que devem ser avaliadas, bem como as ameaças e potencialidades. A avaliação do potencial do domínio espacial escolhido é uma tarefa técnica e setorial, mas que deve prever a

participação de atores sociais como fornecedores de informações. A seleção das áreas e delimitação das unidades de mapeamento aquícola - UMA devem ocorrer no âmbito das audiências públicas considerando todos os produtos e informações gerados nos estágios anteriores, agregados do conhecimento e anseios dos demais atores envolvidos e em conformidade com o ZEEC. A implementação das UMA deve ocorrer de forma democrática, com intervenção do estado no sentido de ordenar o espaço marinho e fiscalizar o cumprimento das normas de ocupação considerando interesses multissetoriais, de forma imparcial e buscando uma adequação que atenda às dimensões políticas, sociais, econômicas e ambientais. Finalmente, o monitoramento e avaliação devem ser feitos com base em indicadores ambientais, sanitários, produtivos, econômicos e sociais, definidos tecnicamente de forma participativa e sob responsabilidade público-privada, através de programas de certificação e qualidade, normas sanitárias, levantamentos censitários, e sistemas de rastreabilidade.

As ações de SIG devem estar enquadradas nos instrumentos de gestão aquícola, costeira e de bacias hidrográficas através da padronização de alguns conceitos, termos e técnicas. Tanto a avaliação do domínio espacial quanto a modelagem de potencial devem ser utilizados como instrumentos de geração de informação para o processo decisório de seleção de áreas para maricultura. Para isso deve-se conhecer suas limitações e as incertezas associadas a elas. Resultados representados de forma determinística, onde áreas são classificadas e delimitadas, podem induzir os decisores, se eles não conhecerem o princípio das técnicas e os dados que foram utilizados. Além disso, o peso dado à influência destes modelos no processo decisório deve ser atribuído de forma participativa, em audiências públicas, ou seja, os resultados dos modelos devem ser questionados e criticados por diversos setores da sociedade para que sua credibilidade seja debatida e tornem-se claros os potenciais e limitações inerentes à modelagem. A proposta de representar os resultados de forma contínua e utilizar legendas que favoreçam uma interpretação qualitativa tem como objetivo permitir esta discussão, através do questionamento e agregação de fatores e critérios, externos ao SIG, oriundos de atores que não participaram da modelagem. É importante ter claro que os produtos gerados a partir de análise espacial em SIG são apenas cenários possíveis diante de uma perspectiva limitada por indicadores escolhidos por grupos heterogêneos e com interesses difusos. A natureza e a qualidade destes indicadores juntamente com a configuração dos grupos de atores são os geradores das informações utilizadas no processo decisório.

É preciso compreender que o processo decisório é contínuo, assim como o é a dinâmica que envolve a atividade de maricultura. Por isso é fundamental que sejam definidos indicadores de qualidade para a atividade e construídas estratégias de monitoramento. Somente a partir do levantamento sistemático de dados será possível validar e melhorar os modelos de avaliação de áreas e avaliação de potencial, bem como identificar as melhores áreas para implementar as UMA. Uma área com potencial, boa produtividade e qualidade sanitária hoje, pode não o ser amanhã, dependendo da dinâmica do seu meio.

No caso do PLDM em Santa Catarina a carência de dados sistemáticos foi um fator de grande impacto no grau de incerteza dos modelos gerados. Por outro lado, hoje é possível indicar quais fatores são mais importantes para um novo trabalho desta natureza. Nesta tese sugere-se que os modelos de avaliação de potencial ambiental não incorporem fatores físico-químicos ou biológicos de qualidade de água na etapa de avaliação de potencial, a não ser que estes sejam obtidos seguindo critérios metodológicos e amostrais rígidos. Por isso sugere-se que sejam utilizadas análises de distância das fontes potenciais de poluição e grandes aportes hídricos, fatores sedimentológicos, hidrológicos, fisiográficos e hidrodinâmicos, que melhor representam a dinâmica dos ecossistemas marinhos costeiros em termos médios.

Os fatores físico-químicos e biológicos devem ser utilizados apenas no monitoramento dos locais selecionados com objetivo de acompanhar as condições produtivas e sanitárias. Com estes dados é possível melhorar a qualidade dos modelos através do uso de outras técnicas, como aplicação de lógica difusa ou redes neurais, com objetivo de construir modelos probabilísticos plenos, que gerem informações com grau de confiabilidade cada vez mais alto.

O estudo de caso da Baía Sul demonstrou a viabilidade da metodologia proposta e indicou limitações que devem ser avaliadas e melhoradas para que as políticas públicas aquícolas possam apropriar-se definitivamente do SIG como instrumento de gestão. O foco foi dado à compatibilização dos objetivos de avaliar áreas, avaliar o potencial e selecionar áreas para maricultura através de SIG com o PLDM, ZEEC e PGZC. Também foi destacada a necessidade de tornar mais clara a informação sobre o processo de construção dos modelos e utilizar representações que não induzam a interpretações determinísticas a respeito do potencial aquícola nos domínios espaciais avaliados, para que os atores utilizem esta informação como parte de uma gama de informações necessárias no processo decisório. A questão participativa foi citada pela sua relevância e seu impacto nos produtos resultantes da

análise espacial em SIG. O SIG é apenas um instrumento e a qualidade dos seus produtos dependem da qualidade dos dados e do processo de construção e implementação dos modelos.

4.3 Etapas, objetivos e termos utilizados na aplicação do SIG para gestão da maricultura.

A natureza experimental e acadêmica identificada na maioria dos trabalhos analisados no Capítulo 2 (**Figura 32**) justifica a escolha menos criteriosa de objetivos e termos empregados no uso do SIG para aquicultura. Ao mesmo tempo em que estes trabalhos foram responsáveis pela consolidação deste instrumento, hoje indispensável na gestão aquícola, organizá-los e compatibilizá-los com os instrumentos de gestão costeira do Brasil tornou-se uma tarefa trabalhosa, pelo emprego indiscriminado de termos distintos como sinônimos. Com isso, um dos objetivos desta tese foi avaliar e sistematizar o uso destes termos de acordo com as aplicações mais comuns de SIG na aquicultura. Isto foi feito considerando-se os objetivos definidos nos trabalhos analisados, os termos empregados, tipos de fatores utilizados, estrutura de dados, forma de representação e técnicas de análise espacial (**Tabela 5**).

O uso mais comum do SIG na aquicultura está relacionado à caracterização, análise do potencial e seleção de áreas. Há ainda aplicações cadastrais e de monitoramento, mas que devido à sua característica operacional, estão restritas a algumas iniciativas que combinam ações gerenciais e de pesquisa, como por exemplo o monitoramento da qualidade ambiental e controle sanitário realizado pelo Instituto Tecnológico para Controle do Meio Marinho da Galícia - Intecmar³⁴.

Os instrumentos de gestão costeira e aquícola do Brasil que podem ser compatibilizados através do uso do SIG são o ZEEC, PGZC, SIGERCO, SMA-ZC e PLDM. Esta compatibilização deve acontecer em etapas, através de ações setoriais e multissetoriais (**Figura 37**).

A primeira etapa é de definição do domínio espacial, que deve ocorrer através de ações específicas. Para escolher o domínio espacial de análise deve-se:

- Avaliar a pertinência político-administrativa e a viabilidade física mínima do domínio espacial;
- Avaliar a concorrência e/ou compatibilização com outras políticas públicas setoriais;

³⁴ <http://www.intecmar.org/>

- Avaliar o histórico de uso e ocupação do domínio espacial pelos diversos setores da economia;
- Avaliar o interesse social e político na implementação da política pública;
- Avaliar, dentre os projetos existentes para o mesmo domínio espacial, quais são as prioridades
- Avaliar a necessidade na obtenção de dados para implementar todos os instrumentos;

Este processo deve ser participativo com envolvimento de atores políticos e técnicos. Uma vez definido o domínio espacial, ele deve ser avaliado através de uma caracterização feita a partir das seguintes ações:

- Identificar os descritores necessários para a avaliação;
- Analisar a disponibilidade do descritores, recursos e tempo necessários para obtê-los;
- Selecionar os descritores;
- Levantar os dados;
- Modelar, estruturar e implementar a base de dados no SIG;
- Definir a resolução planimétrica das matrizes e selecionar as técnicas de geração de matrizes;
- Realizar os processamentos e análises de cada descritor;
- Caracterizar, de forma descritiva, o domínio espacial segundo cada descritor.

A terceira etapa corresponde à avaliação do potencial para maricultura, cujas ações são:

- Definir a técnica de análise multi-critério a ser empregada no modelo de avaliação de potencial;
- Selecionar os fatores de escala;
- Organizar estes fatores em critérios;
- Definir a escala de padronização das matrizes representativas dos fatores e critérios;
- Gerar e aplicar as funções das curvas de padronização nas matrizes;
- Definir os cenários a serem gerados;
- Aplicar a técnica de análise multi-critério para ponderar os fatores e critérios;
- Implementar o modelo no SIG;
- Avaliar os cenários gerados;

- Descrever o potencial do domínio espacial de acordo com seus critérios.

Estas ações foram identificadas em quase todos os trabalhos avaliados no Capítulo 2, mas empregadas, em sua maioria, em modelos de interpretação determinística. Este fato também se deve à recente adoção do SIG para políticas públicas aquícolas e seu reduzido número de experiências em comparação às iniciativas de pesquisa. Representações categóricas de adequação ou não-adequação não devem ser implementadas sem uma base de dados que propicie uma condição de certeza suficiente para garantir a permissão ou proibição da atividade aquícola em uma área específica. Obter estes dados em um projeto de pesquisa é diferente de fazê-lo para uma política pública.

Em Santa Catarina, a necessidade de desenvolver o método que culminasse numa representação contínua e numa interpretação qualitativa de potencial surgiu da inexistência de dados primários sistemáticos, principalmente ambientais, que permitissem aplicar qualquer modelo de avaliação de potencial ou seleção de áreas descrito na literatura científica. Para aplicá-los seriam necessários altos investimentos de tempo e recurso no levantamento de dados, o que não se enquadraria no cronograma e orçamento definidos pelo próprio governo. Com isso, no PLDM foram utilizados fatores e critérios facilmente obteníveis através de dados secundários, parâmetros sedimentológicos, modelagem hidrodinâmica, imagens de satélite de alta resolução e censos. Os fatores foram modelados através de técnicas de análise espacial, com ênfase na análise de distância, densidade, geoestatística e análise multi-critério. Os resultados foram índices com escala entre zero e um, representativos da variação de potencial de acordo com os valores máximos e mínimos de cada fator ou critério. Esta variação favoreceu a diferenciação potencial dos ambientes aquáticos em relação a critérios ambientais, sócio-econômicos e logísticos, interpretados em mapas matriciais em cujas legendas foram representadas as variações entre o menor e o maior potencial.

O principal diferencial deste modelo está na forma de utilizá-lo. A interpretação dos resultados não pode ser determinística, ou seja, a variação de potencial não indica proibição ou permissão e não separa áreas através de limites bem definidos. O que deve ser interpretado são as variações potenciais existentes no espaço analisado de forma contínua, com conhecimento acerca dos fatores utilizados e do momento representado por eles. A opção por não definir limites entre valores de potencial minimiza o determinismo, mas mesmo assim é fundamental conhecer as limitações destes modelos de forma a orientar a sua

utilização no processo decisório. Estas limitações estão relacionadas com os fatores apresentados por Couclelis (1996) dentre os quais a fluidez, tridimensionalidade, mobilidade e dinâmica do meio aquático, que faz com que as condições ambientais se alterem rapidamente tanto temporal quanto espacialmente. Além da restrição impressa pela escolha dos próprios fatores e critérios dos modelos, que não são capazes de representar integralmente a realidade.

A dicotomia imposta por fatores sanitários e ambientais pode exemplificar isto. Locais com baixo potencial sanitário para cultivo de moluscos *in natura* podem apresentar um alto potencial de crescimento para estes mesmos moluscos ou para outros organismos com potencial aquícola, que não necessitem de critérios sanitários rígidos para uso. Assim, a avaliação de potencial é apenas uma das informações necessárias ao processo de tomada de decisão sobre a seleção das áreas para maricultura, pois gera uma informação estática, superficial (plana) e temporalmente limitada.

Dos trabalhos analisados no Capítulo 2, apenas o de Freitas e Tagliani (2007) apresentou uma representação não determinística. Todos os demais apresentaram como resultados áreas discretizadas, mensuradas em unidades de medidas ou porcentagem e classificadas de acordo com o potencial ou adequação, atribuindo esta classificação aos fatores e/ou critérios adotados. Conforme ressaltado no Capítulo 1, a discretização só existe no mundo geográfico através de artefatos humanos, como obras de engenharia, divisões político-administrativas e normativas legais. Isto limita a possibilidade de afirmação de que em uma determinada baía ou estuário existem alguns hectares adequados para maricultura e outros não, com base, por exemplo, em parâmetros físico-químicos e biológicos da água. Esta divisão não existe em função da dinâmica do ecossistema aquático e mesmo que sejam avaliados um grande número de descritores, estes devem ser obtidos através de estratégias amostrais que garantam representatividade espacial e temporal do domínio espacial em questão e suas relações de vizinhança. Ainda assim os resultados devem ser representados de modo contínuo e compreendidos como indicativos do comportamento daquele domínio espacial naquele intervalo temporal. O processo de seleção de áreas para maricultura é antrópico e está vinculado a técnicas de engenharia e procedimentos normativos de gestão.

Uma vez que a delimitação é uma construção humana, os modelos devem ser elaborados de forma participativa, primeiramente através da avaliação do potencial, com envolvimento de técnicos e produtores. Os resultados devem estar apresentados em mapas,

relatórios ou serviços de mapas via internet, para serem utilizados em reuniões comunitárias e audiências públicas, com representação do maior número possível de atores com interesse no uso do domínio espacial em questão. Estas audiências são fundamentais para a seleção das áreas de cultivo e construção dos seus limites, sejam parques aquícolas ou qualquer outra unidade de mapeamento. A avaliação de potencial por si só não é capaz de definir estas áreas e as informações complementares necessárias para tal só podem ser obtidas através da agregação do conhecimento e dos interesses sociais. Esta é a forma mais adequada de legitimar o processo decisório, pois ao mesmo tempo em que permite consensuar interesses, socializa as responsabilidades.

É neste ponto que se inicia a quarta etapa, seu objetivo em relação ao uso do SIG é selecionar as áreas para maricultura e as ações necessárias são:

- Selecionar os fatores de conformidade;
- Gerar os mapas de potencial acrescidos dos fatores de conformidade;
- Realizar reuniões e audiências públicas para elaborar as propostas de setorização das unidades de mapeamento aquícola;
- Digitalizar, no SIG, os polígonos das áreas selecionadas;
- Verificar possíveis conflitos com os fatores de conformidade;
- Elaborar propostas de alocação de áreas para maricultura.

No caso do PLDM, além destas ações a implementação deve passar por um processo de aprovação governamental, para que o MPA possa licitar as áreas selecionadas (NOVAES, et al., 2010).

O processo de demarcação e licitação das áreas pode ser enquadrado na quinta etapa, que não possui nenhum objetivo diretamente associado ao uso de SIG e trata principalmente das ações político-institucionais, normativas e de campo.

A sexta e última etapa é de monitoramento e avaliação e para tal deve prever o levantamento sistemático de dados através de programas de monitoramento que permitam levantar os indicadores necessários para mensurar a eficiência da atividade e do processo de gestão. Em relação aos objetivos e ações específicas do uso do SIG, o monitoramento deve levantar indicadores que permitam acompanhar a produtividade e a qualidade sanitária dos parques aquícolas e permitir a

rastreabilidade dos produtos, além de favorecer a avaliação da eficiência do modelo de potencial.

O monitoramento de parâmetros sanitários realizado pela Epagri (SANTA CATARINA, 2010) auxiliou na avaliação do modelo de potencial ambiental. Na **Tabela 26** e na **Figura 120** percebe-se a eficiência do modelo na maioria dos pontos monitorados, porém existem incongruências associadas à dinâmica do ambiente, que só são perceptíveis através de uma análise temporal. O modelo de avaliação de potencial é estático temporalmente e representa uma variabilidade espacial instantânea. O monitoramento, por sua vez, é estático espacialmente e representa uma variabilidade temporal. O resultado apresentado demonstra uma condição em que ambos estão equivalentes em quase todos os pontos, porém segundo dados deste mesmo monitoramento, estas condições variam (**Quadro 4**).

4.4 Considerações finais.

Em dezembro de 2010 ocorreu, na Escócia, um workshop organizado pela FAO que reuniu especialistas de todo o mundo para discutirem o tema “*determinação da capacidade de suporte em aquicultura*”. O Brasil foi representado pelo Prof. Dr. Philip Conrad Scott, um dos primeiros pesquisadores do país a trabalhar com o uso de SIG na aquicultura. Segundo ele o objetivo do encontro foi “*enfrentar os novos tempos e esboçar as diretrizes de um comportamento desejável para os países aquícolas*” (SCOTT & FERREIRA, 2010) visto que o desenvolvimento da aquicultura mundial tem ocorrido de forma não planejada, desconsiderando questões fundamentais de origem ambiental, sócio-econômica e política, relacionadas à capacidade de suporte da atividade. Sobre este assunto a FAO publicou um relatório (SOTO, et al., 2008) definindo alguns princípios para a aplicação da Abordagem Eossistêmica da Aquicultura (*Ecosystem Approach for Aquacultura – EAA*), que tem por base: (i) a sustentabilidade ambiental, segundo a qual a aquicultura deve se desenvolver no contexto das funções e serviços ambientais (inclusive biodiversidade) sem causar degradação e afetar sua resiliência; (ii) equidade social, para melhorar o bem estar humano e trazer equidade para todos os interessados; e (iii) planejamento intersetorial, através da construção de políticas públicas de forma participativa (COSTA-PIERCE, 2008).

O Brasil deu seu primeiro passo nesta direção ao instituir uma estrutura governamental (SEAP-PR e MPA) e investir na construção de uma política pública voltada para a aquicultura. Nos últimos anos muito foi feito e o exemplo aplicado em Santa Catarina demonstra a capacidade técnica e a vontade política para que a maricultura se torne

um importante setor da economia, com uma solidez gerencial baseada na integração entre o meio físico e social.

Este desafio está no início, e há muita coisa pra ser feita. Scott e Ferreira (2010) afirmam que a implementação integral dos princípios do EAA dependem do estágio de desenvolvimento econômico, social e tecnológico, além das prioridades governamentais. Um dos gargalos levantados por eles é a carência de dados, que deve ser suprida através do desenvolvimento de modelos próprios, adequados à realidade de cada país. Em relação ao Brasil, ele associa as maiores dificuldades gerenciais à carência de uma legislação específica e ao excesso de burocracia no processo de licenciamento.

O uso de SIG na gestão aquícola já é uma realidade e pode ser considerado indispensável nas políticas públicas. Deve estar direcionado por estratégias de gestão costeira que definam processos decisórios participativos que legitimem o ordenamento da atividade e socializem as responsabilidades. As iniciativas governamentais de alguns países têm mostrado que já é possível se apropriar dos métodos de avaliação de áreas, avaliação de potencial e seleção de áreas, desenvolvidos nas pesquisas aplicadas dos últimos vinte anos, mas para isso é preciso aproximar estas pesquisas dos métodos operacionais de gestão.

Esta aproximação deve ser feita através da padronização de alguns objetivos e ações em relação às etapas de implementação dos instrumentos de gestão costeira e para isso é necessário que haja uma terminologia comum, adequada a cada uma. O SIG deve ser utilizado como instrumento para caracterizar o domínio espacial, avaliar o potencial, selecionar as áreas de cultivo e monitorá-las, com objetivo de gerar informações necessárias ao processo decisório. Deve ser utilizado com consciência de suas limitações, como um dos meios de gerar informações para auxiliar o processo democrático de gestão aquícola.

Através de uma proposta de uso da terminologia, sistematização das etapas executivas e procedimento metodológico o autor espera que a presente tese tenha contribuído para a ampliação das possibilidades de utilização do SIG na gestão da maricultura.

4.5 Sugestão para estudos futuros.

Os resultados e considerações apresentados nesta tese demonstraram a necessidade da continuidade nas investigações a respeito do uso do SIG para gestão da maricultura, com foco em políticas públicas. A seguir são apresentadas algumas sugestões:

- A legislação brasileira é complexa e bem munida de instrumentos de gestão, sejam estes setoriais ou multissetoriais. Alguns destes instrumentos, como o

zoneamento, possuem interfaces comuns entre diversos setores e podem ser compatíveis técnica, espacial e temporalmente. A responsabilidade de implementação das políticas públicas que contêm estes instrumentos está distribuída entre diferentes órgãos nas três esferas de governo, que em alguns casos não estão integrados operacionalmente. Isto faz com que surjam conflitos setoriais em relação ao uso do espaço, seja ele de qualquer natureza. Desta forma seria interessante investigar a real necessidade da existência de tantos instrumentos com o mesmo objetivo (gestão do espaço geográfico), com focos setoriais e não integrados, e propor uma maior integração, prática e operacional, entre eles.

- A complexidade da dinâmica costeira e marinha é tão grande que para utilizarmos amostras de parâmetros de natureza física, química e biológica com objetivo de avaliar o potencial de áreas para maricultura, são necessárias campanhas de levantamento de dados com distribuição espacial adequada e temporalmente representativa. Estas campanhas, dentro das políticas públicas no Brasil, são pouco viáveis economicamente. Desta forma, é necessário evoluir nas pesquisas aplicadas à modelagem e uma sugestão é implementar um modelo de avaliação de potencial que integre aspectos hidrológicos, de uso e ocupação do solo e oceanográficos, considerando fatores sócio-econômicos, políticos, legais, logísticos e ambientais, com base no acoplamento de modelos meteorológicos, hidrológicos e hidrodinâmicos costeiros e oceânicos.
- A representação dos fenômenos e resultados de modelos no ambiente aquático deve ser alvo de pesquisa na área de cartografia temática. O tema levantado pela pesquisadora Elen Couclelis sobre o uso ou não de limites é de suma importância na geração de informação para o processo decisório. Assim, sugiro que formas de visualização e representação, inclusive em 3D, sejam alvo de pesquisa com foco nos processos cognitivos e didáticos adotados em processos participativos.

- O processo de apropriação do espaço, seja para atividades humanas ou para conservação e preservação, ocorre através da sua discretização. Tanto as geotecnologias quanto os dados georreferenciados, com destaque para os modelos digitais de elevação e as imagens de satélite de alta resolução, evoluíram de tal sorte que hoje já é possível, tecnicamente, ordenar o espaço de forma normativa utilizando mapas em escalas diversas. Sendo assim, uma outra área interessante de pesquisa seria a do ordenamento territorial, com foco nas políticas públicas e na espacialização da legislação. Seria válida uma investigação para avaliar o potencial deste aparato técnico e tecnológico na elaboração das leis. O novo código ambiental, por exemplo, poderia estar munido de um extenso mapeamento das Áreas de Preservação Permanente – APP, em escalas diversas, de forma que não fosse necessário aplicar conceitos que juridicamente podem criar controvérsias.

4.6 Referências bibliográficas

AUSTRÁLIA, G. O. W. **Site Assessment for Land-based, Temperate Marine Aquaculture, from Shark Bay to South Australian Border, Western Australia.** p.99. Western Australia. Disponível em: <http://www.fish.wa.gov.au/docs/op/op003/fop003.pdf>, 2002.

AUKLAND. Auckland Regional Council. **Mapping Potential Aquaculture Management Areas in the Auckland Region–Stage 2Management.** p.1-37. Auckland, 2002.

BRASIL. Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura em Águas da União. Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca da Presidência da República. Disponível em [http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/didaq/Documentos em pdf/pdf8 - programa nacional de desenvolvimento da maricultura.pdf](http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/didaq/Documentos%20em%20pdf/pdf8%20programa%20nacional%20de%20desenvolvimento%20da%20maricultura.pdf), 2005.

BRASIL. Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca da Presidência da República. **Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina.** p.318. Brasília, 2008.

COSTA-PIERCE, B. A. Sustainable Ecological Aquaculture Systems: The Need for a New Social Contract for Aquaculture Development. **Marine Technology Society Journal**, v. 44, n. 3, p. 88-112. doi: 10.4031/MTSJ.44.3.3, 2010.

CORDELL, E.; NOLTE, D. Feasibility of using remote sensing to identify the aquaculture potential of coastal waters. Recon Technologies Inc., Bend, Oregon, USA. **Anais...** p.79-79. Vancouver: Aquacult. Int. Congr., 1988.

COUCLELIS, H. People manipulate objects (but cultivate fields): beyond the raster-vector debate in GIS. **Theory and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space.** p.65–77. Berlin: Springer. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/7165q34v52844602.pdf>, 1992.

COUCLELIS, H. Towards an operational typology of geographic entities with ill-defined boundaries. In: P. A. Burrough; A. U. Frank (Eds.); **Geographic Objects with Indeterminate Boundaries.** p.45–55. London: Taylor and Francis, 1996..

DE GRAAF, G.; MARTTIN, F., AGUILAR-MANJARREZ, J. e JENNESS, J. Geographic information systems in fisheries management and planning. **Technical Manual.** Food and Agriculture Organizations of the United Nations – FAO. Roma, 2003.

LOITZENBAUER, E. **Interfaces da gestão integrada de recursos hídricos e da zona costeira: uma aplicação na bacia**

hidrográfica do Rio Tramandaí. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS. Dissertação. 2010.

FREITAS, D. M. D.; TAGLIANI, P. R. A. Spatial Planning of Shrimp Farming in the Patos Lagoon Estuary (Southern Brazil): An Integrated Coastal Management Approach. **Journal of Coastal Research**, v. 47, p. 136-140, 2007.

JENNESS, J.; DOOLEY, J.; AGUILAR-MANJARREZ, J. e RIVA, C. African Water Resource Database. GIS-based tools for inland aquatic resource management. **Technical Paper**. Food and Agriculture Organizations of the United Nations – FAO. Roma, 2007.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. **Geographical Information Systems in aquaculture development and management from 1985 to 2002: an assessment**. p. 1-17. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2004.

KAPETSKY, J. M.; AGUILAR-MANJARREZ, J. **Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture** (J. M. Kapetsky & J. Aguilar-Manjarrez, Eds.). **FAO Fisheries Technical Paper**. p.140. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.

MEADEN, G. J. Where should trout farms be in Britain? **Fish Farmer**, v. 10, n. 2, p. 33–35, 1987.

MOONEYHAN, W. Determining aquaculture development potential via remote sensing and spatial modelling Applications of remote sensing to aquaculture and inland fisheries. Report of the ninth UN/FAO international training course in cooperation with the Government of Italy. **FAO Rome RSC Series**. v. 27, p.217–247, 1985..

NOVAES; A. L. T., VIANNA, L. F.; SANTOS A. A.; SILVA, F. M.; & SOUZA, R. V. D. Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura de Santa Catarina. **Panorama da Aqüicultura**, v. 21, p. 52-58, 2010.

OLSEN, S.; LOWRY, K.; TOBEY, J. A manual for assessing progress in coastal management. **Coastal management report**. v. 2211, p.1–61. Rhode Island, 1999.

POLETTE, M.; SILVA, L. P. GESAMP, ICAM e PNGC-Análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, p. 27–31. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2003.

SCOTT, P. & FERREIRA, J. G.. Abordagem Ecosistêmica da Aquicultura: Uma Nova Cultura. **Panorama da Aqüicultura**, v. 21, p. 46-49, 2010.

SOTO, D.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; & HISHAMUNDA, N.. **Building an ecosystem approach to aquaculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008.

VIRGINIA. **Shellfish aquaculture vulnerability model**. p.68. Richmond. Disponível em: http://www.deq.virginia.gov/wqs/documents/SHELL_Aquacult_Vulnerabil_APR2008.pdf, 2007.

4.7 Anexos

4.7.1 Anexo 1: Quadro orientado para obtenção do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC. (Fonte: BRASIL, 2004)

ZONAS	CRITÉRIOS DE ENQUADRAMENTO	METAS AMBIENTAIS
	DE ÁREAS	
1 Zona que mantém os ecossistemas primitivos em pleno equilíbrio ambiental, ocorrendo uma diversificada composição funcional capazes de manter, de forma sustentada, uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptada, podendo ocorrer atividades humanas de baixos efeitos impactantes.	<ul style="list-style-type: none">• ecossistema primitivo com funcionamento íntegro• cobertura vegetal íntegra com menos de 5% de alteração• ausência de redes de comunicação local, acesso precário com predominância de trilhas, habitações isoladas e captação de água individual• ausência de cultura com mais de 1 ha (total menor que 2%)• elevadas declividades, (média acima de 47%, com riscos de escorregamento• baixadas com drenagem complexa com alagamentos permanentes/freqüentes.	<ul style="list-style-type: none">• manutenção da integridade e da biodiversidade dos ecossistemas• manejo ambiental da fauna e flora• atividades educativas.
2 Zona que apresenta alterações na organização funcional dos ecossistemas primitivos, mas capacitada para manter em equilíbrio uma	<ul style="list-style-type: none">• ecossistema funcionalmente pouco modificado• cobertura vegetal alterada	<ul style="list-style-type: none">• manutenção funcional dos ecossistemas e proteção aos recursos hídricos para o

comunidade de organismos em graus variados de diversidade, mesmo com a ocorrência de atividades humanas intermitentes ou de baixo impacto, em áreas terrestres, a zona pode apresentar assentamentos humanos dispersos e pouco populosos, com pouca integração entre si.

- entre 5 e 20% da área total
- assentamentos nucleados com acessos precários e baixos níveis de eletrificação e de caráter local
- captação de água para abastecimento semi-coletivas ou para áreas urbanas
- áreas ocupadas com culturas, entre 2 e 10% da área total (roças e pastos)
- declividade entre 30 e 47%
- baixadas com inundação.

abastecimento e para a produtividade primária, por meio de planejamento do uso, de conservação do solo e saneamento simplificado

- recuperação natural
- preservação do patrimônio paisagístico
- reciclagem de resíduos
- educação ambiental.

3 Zona que apresenta os ecossistemas primitivos parcialmente modificados, com dificuldades de regeneração natural pela exploração ou supressão, ou substituição de alguns de seus componentes pela ocorrência em áreas de assentamentos humanos com maior integração entre si.

- ecossistema primitivo parcialmente modificado
- cobertura vegetal alterada ou desmatada entre 20 e 40%
- assentamento com alguma infra-estrutura, interligados localmente (bairros rurais)
- culturas ocupando entre 10 e 20% da área
- declividade menor que 30%
- alagadiços eventuais
- valor do solo baixo.

- manutenção das principais funções do ecossistema
- saneamento e drenagem simplificados
- reciclagem de resíduos
- educação ambiental
- recuperação induzida para controle da erosão manejo integrado de bacias hidrográficas
- zoneamento urbano, turístico e pesqueiro.

4 Zona que apresenta os ecossistemas primitivos significativamente modificados pela supressão de

- ecossistema primitivo muito modificado

- recuperação das principais funções do ecossistema/

componentes, descaracterização dos substratos terrestres e marinhos, alteração das drenagens ou da hidrodinâmica, bem como pela ocorrência em áreas terrestres de assentamentos rurais ou periurbanos descontínuos interligados, necessitando de intervenções para sua regeneração parcial.

5 Zona que apresenta a maior parte dos componentes dos ecossistemas primitivos, degradada ou suprimida e organização funcional eliminada devido ao desenvolvimento de áreas urbanas e de expansão urbana contínua, bem como atividades industriais, de apoio, terminais de grande porte, consolidados e articulados.

- cobertura vegetal desmatada ou alterada entre 40 e 50% da área
- assentamentos humanos em expansão relativamente estruturados
- infra-estrutura integrada com as áreas urbanas
- glebas relativamente bem definidas
- obras de drenagem e vias pavimentadas
- valor do solo baixo a médio.
- ecossistema primitivo totalmente modificado
- cobertura vegetal remanescente, mesmo que alterada, presente em menos de 40% da área, descontinuamente
- assentamentos urbanizados com rede de área consolidada
- infra-estrutura de corte
- serviços bem desenvolvidos
- pólos industriais
- alto valor do solo.

- monitoramento da qualidade das águas
- conservação ou recuperação do patrimônio paisagístico
- zoneamento urbano, industrial, turístico e pesqueiro
- saneamento ambiental localizado.
- saneamento ambiental e recuperação da qualidade de vida urbana, com reintrodução de componentes ambientais compatíveis
- controle de efluentes
- educação ambiental
- regulamentação de intervenção (reciclagem de resíduos) na linha costeira (diques, molhes, piers, etc)
- zoneamento urbano/industrial
- proteção de mananciais.

4.8 Apêndices

4.8.1 Apêndice 1: Classificação das referências pesquisadas no GisFish

Referências	Assunto	Objetivo aplicado	Termo empregado no resultado	Forma de aquicultura	Modelo de dados	Técnica de AMC	Tomada de decisão	Condição de incerteza
Abdullah, A. Y., 2008	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Potencial	Interior	Raster	Soma ponderada Booleana e soma		Determinístico
Manjarrez, J. et al, 1993	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Interior e costeira	Raster	Soma ponderada Booleana e soma		Determinístico
Manjarrez, J. et al, 1998	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Aguilar-Manjarrez, J., 1996	Avaliação de potencial e seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada, AHP e MOLA	Grupo	Determinístico
Alarcon, J. F. et al, 2001	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Costeira e Maricultura	Raster			
Ali, C. Q. et al, 1991	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Arnold, W. S. et al, 2000	Avaliação de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Vetor	Booleana		Determinístico
Auckland Regional	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Maricultura	Vetor			

Council, 2002

Bakelaar, C. N. et al, 2008	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Booleana Booleana, soma ponderada e AHP Booleana e soma ponderada		Determinístico
Barroso, G. F., 2004	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster			Determinístico
Beltrame, E., 2003	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster			Determinístico
Benetti, D. D. et al, 2001	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Maricultura	Vetor e Raster			
Beveridge, M. C. M. et al, 1994	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Interior, costeira e maricultura	Raster	Booleana e soma ponderada Soma ponderada		Determinístico
Buitrago, J. et al, 2005	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster		Grupo	Determinístico
Carswell, B. et al, 2006	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Costeira	Vetor e Raster			
Center for Coastal Resources Management, 2007	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Potencial	Costeira e Maricultura	Vetor	Soma ponderada Soma ponderada	Grupo	Determinístico
Cordell, E. V. et al, 1988	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Maricultura	Raster			Determinístico
De Graaf, G. J. et al, 2002	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Interior	Raster			
Du, N. et al,	Avaliação de	Selecionar	Adequação	Interior	Raster	Soma	Referenciada	Determinístico

2008	potencial	áreas				ponderada e AHP	
Freitas, R. R. et al, 2008	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Costeira	Raster	Booleana, soma ponderada e AHP	
Giap, D. H. et al, 2003	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada	Determinístico
Gordon, C. et al, 1991	Avaliação de potencial	Avaliar áreas	Potencial	Interior	Vetor		Determinístico
Government of Western Australia, 2002	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Costeira	Vetor		
Guneroglu, A. et al, 2005	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Booleana	Determinístico
Hassen, M. B. et al, 2001	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Costeira	Raster	Booleana, Soma ponderada e AHP	
Hossain, M. S. et al, 2007	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada	Determinístico
Hunter, D. C. et al, 2007	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada	Determinístico
Hunter, D. C. et al, 2007	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Potencial	Maricultura	Raster	Soma ponderada	Determinístico
Kam, S. P. et al, 2008	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada	Determinístico
Kapetsky, J.	Avaliação de	Avaliar	Adequação	Interior	Raster	Soma	Determinístico

McD. et al, 1988	áreas e avaliação de potencial	áreas e selecionar áreas					ponderada	
Kapetsky, J. McD. et al, 1990	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Kapetsky, J. McD. et al, 1991	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Potencial	Interior	Vetor	Soma ponderada		Determinístico
Kapetsky, J. McD. et al, 1998	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Kapetsky, J. McD. et al, 2007	Avaliação de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Maricultura	Vetor e Raster	Booleana e soma ponderada		Determinístico
Kapetsky, J. McD. et al, 2008	Avaliação de áreas	Avaliar o potencial	Potencial	Maricultura	Vetor	Booleana		Determinístico
Karthik, M. et al, 2005	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Costeira	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Mcintosh, D. et al, 2000	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Interior	Vetor	Booleana		Determinístico
Meaden, G. J., 1987	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada	Grupo	Determinístico
Meaden, G. J., 1999	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação and Potencial	Costeira e Maricultura	Raster	Soma ponderada	Grupo	Determinístico
Mooneyhan, W., 1985	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster	Booleana e soma ponderada		Determinístico

Parker, M. R. et al, 1998	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Potencial	Maricultura	Vetor e Raster	Booleana Booleana e soma ponderada		Determinístico
Pavasovic, S., 2004	Avaliação de potencial	Avaliar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Paw, J. N. et al, 1992	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação and Potencial	Costeira	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Pérez, O. M. et al, 2002	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Perez, O. M. et al, 2005	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Perez, O. M. et al. 2003	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Adequação	Maricultura	Vetor	Soma ponderada		Determinístico
Perez, O. M. et al. 2003	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Radiarta, I. N. et al, 2003	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura		Soma ponderada e AHP	Grupo e referenciada	Determinístico
Radiarta, I. N. et al, 2008	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster			Determinístico
Ragbirsingh, Y. et al, 2005	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Adequação	Interior Costeira e				Determinístico
Rivero, J. C. M. et al, 2006	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Maricultura	Vetor			
Ross, L. G. et al, 1993	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada	Referenciada	Determinístico
Ross, L. G. et al, 1995	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster	Soma ponderada, AHP e		Determinístico

Ross, L. G., 1990	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Interior	Raster	MOLA Soma ponderada		Determinístico
Salam, A. M. et al, 1996	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Costeira	Raster	Soma ponderada, AHP e MOLA		Determinístico
Salam, A. M. et al, 2000	Seleção de áreas	Selecionar áreas Avaliar áreas e selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster	MOLA Soma ponderada e AHP		Determinístico
Salam, A. M. et al, 2002	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster	Soma ponderada e AHP		Determinístico
Salam, A. M. et. al, 2003	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster	Soma ponderada e AHP	Referenciada	Determinístico
Salam, Abdus M. et al, 2005	Avaliação de potencial	Avaliar áreas	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada e AHP		Determinístico
Scott, P. C. et al, 1998	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada e AHP		Determinístico
Scott, P. C. et al, 1999	Seleção de áreas	Avaliar o potencial	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada e AHP		Determinístico
Scott, P. C. et al, 2001	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Potencial	Costeira	Raster	Soma ponderada	Grupo	Determinístico

Scott, P. C. et al, 2002	Avaliação de potencial	Avaliar o potencial	Potencial	Interior, costeira e maricultura	Raster	Soma ponderada	Grupo	Determinístico
Shepherd, D. P., 2009	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Potencial	Maricultura	Vetor	Booleana		Determinístico
Silva G. C. et al, 1999	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada e MOLA		Determinístico
Simms, A., 2002	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Costeira				
Tagliani, P. R. A., 2007	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Adequação	Maricultura	Raster	Soma ponderada e AHP		Probabilístico
Van Brakel, M. L. et al, 2003	Avaliação de potencial	Avaliar áreas	Adequação	Interior	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Völcker, C. M. et al, 2008	Avaliação de potencial e seleção de áreas	Avaliar o potencial e selecionar áreas	Adequação	Costeira	Raster	Soma ponderada e AHP		Determinístico
Wibowo, A. et al, 1994	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Costeira	Vetor e Raster			
Windupranata, W. et al, 2006	Avaliação de potencial	Selecionar áreas	Potencial	Maricultura	Raster	Soma ponderada		Determinístico
Xu, R. et al, 2006	Avaliação de áreas	Avaliar áreas	Avaliação	Maricultura				
Zuñiga, S. et al, 2007	Seleção de áreas	Selecionar áreas	Adequação	Costeira	Vetor	Booleana		Determinístico

4.8.2 Apêndice 2: Índice de limites dos descritores

Natureza	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	IL	Uso de limite
Peso	0,035	0,155	0,074	0,025	0,222	0,051	0,018	0,108	0,312	1,000		
Entidade												
Pista de ventos médios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Regime de ondas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Correntes residuais meteorológicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Correntes residuais astronômicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Grau de confinamento das bafas	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0,645	SIM
Batimetria	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1,448	NÃO
Distância fluvial (distância da foz dos rios)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Drenagem pluvial urbana (distância dos pontos de descarga pluvial urbana)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Drenagem pluvial não urbana (distância dos pontos de descarga pluvial não-urbana)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO

Potencial poluidor grande (distância das atividades com potencial poluidor hídrico alto)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1		
Potencial poluidor médio (distância das atividades com potencial poluidor hídrico médio)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Potencial poluidor pequeno (distância das atividades com potencial poluidor hídrico pequeno)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Agrotóxicos (distância da foz dos rios em cujas bacias há uso de agrotóxicos)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Fundeadouros (Distância dos fundeadouros)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Pesca (Distância dos locais de pesca)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Navegação (Distância das rotas de navegação)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO

Mergulho (Distância dos locais de mergulho)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Surf (Distância dos locais de surf)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Balneários (Distância dos locais de balneário)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Marinas (Distância das marinas)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Sistema viário (Distância do acesso ao sistema viário)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Aeroportos (Distância dos aeroportos)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Acesso à praia (Distância dos acessos às praias)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Acesso à informação (Distância das universidades e instituições de apoio e pesquisa)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Centros consumidores (Distância dos centros consumidores)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
												1,289	NÃO

Indústrias de beneficiamento (Distância das indústrias de beneficiamento)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1		
Áreas pré-existentes (Distância das áreas de cultivo pré-existentes)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Densidade de áreas (Densidade de áreas de cultivo)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1,289	NÃO
Insumos básicos (Distância dos fornecedores de insumos básicos)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,727	NÃO
Sementes de ostras (Distância dos fornecedores de sementes de ostra)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Sementes de mexilhões (Distância dos fornecedores de sementes de mexilhão)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Áreas de sombra	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Pista de ventos extremos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,18	NÃO
												2	NÃO

Bancos naturais de ostras (Distância dos bancos naturais de ostra)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1		
Bancos naturais de mexilhões (Distância dos bancos naturais de mexilhão)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1,289	NÃO
Unidades de conservação	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1,289	NÃO
Instrução Normativa IBAMA nº 105/2006 (BRASIL, 2006)	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0,229	SIM
Temperatura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,254	SIM
Salinidade	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Oxigênio dissolvido - OD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
pH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Turbidez	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Textura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Matéria orgânica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Carbonato biodetrítico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO
Razão Carbono/Enxofre – C/S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	NÃO

