

RUY ÁVILA WOLFF

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS EM ÁREAS
DE PRODUÇÃO DE OSTRAS NAS ÁGUAS DA BAÍA SUL (SC) -
BRASIL**

Florianópolis
2007

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

Ruy Ávila Wolff

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS EM ÁREAS
DE PRODUÇÃO DE OSTRAS NAS ÁGUAS DA BAÍA SUL (SC) - BRASIL**

**Orientador: Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Jaime Fernando Ferreira**

TESE DE DOUTORADO

Área de concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais

Florianópolis, abril de 2007

**“ALIAÇÃO DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS EM ÁREAS
DE PRODUÇÃO DE OSTRAS NAS ÁGUAS DA BAÍA SUL (SC) – BRASIL”**

RUY ÁVILA WOLFF

Tese submetida ao Curso de Doutorado em Geografia, área de concentração, Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Programa de Pós-Graduação em Geografia 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**.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 13/04/2007

Dr. Jarbas Bonetti Filho (Presidente e Orientador - GCN/UFSC)

Dr. Joel Pellerin (Membro - GCN/UFSC)

Dr. Elpidio Beltrame (AQI/UFSC)

Dr. Gilberto Caetano Manzoni (Membro-UNIVALI)

Dr. Roque Alberto Sánchez Dalloto (Membro - UNISUL)

Florianópolis - 2007

Dedico este trabalho aos produtores de moluscos do Estado de Santa Catarina que encontraram na maricultura uma possibilidade de permanecerem ligados ao mar

AGRADECIMENTOS

Ao final deste período de estudos, há muitos a quem agradecer. Para alguns, agradecer simplesmente não seria suficiente. Vou mencionar os que mais contribuíram para que este trabalho chegasse ao fim. Portanto agradeço:

Inicialmente ao CNPq, pelos três anos de bolsa no Brasil e a CAPES, pela bolsa de um ano de doutorado sanduíche na França.

Ao orientador Professor Dr. Jarbas Bonetti, por ter aceitado orientar um agrônomo produtor de ostras e conduzir este trabalho a uma guinada importante nos objetivos iniciais para chegar aos resultados obtidos.

Ao Professor Dr. Jaime Fernando Ferreira, co-orientador, pelas leituras e sugestões. À professora Carla Bonetti e à colega de doutorado Bianca Alves Dias, que tantas dúvidas ajudaram a esclarecer e tantas vezes estiveram abertas a discutir meu trabalho e por sua disposição de acompanhar os trabalhos de campo. E aos outros colegas do Laboratório de Oceanografia Costeira da UFSC que, de uma forma ou de outra, contribuíram.

Ao Dr. Philippe Gouletquer, que me recebeu na estação IFREMER de La Tremblade – França, e em especial a Olivier Le Moine, que me acompanhou e orientou durante minha estada no Laboratório Ambiental de Pertuis Charente, LERPC. Ao M. Jean Prou, chefe do LERPC. Aos outros pesquisadores do LERPC que deram ouvidos às minhas dúvidas e que gentilmente esclareceram aspectos do funcionamento da estação e das pesquisas em desenvolvimento: Patrick Soletchnik, Daniel Razet e Stéphane Robert. À Mme. Marianne Perez e ao M. Guy Jouinot, diretores do Lyceé de la Mer de Bourcefranc e ao nosso vizinhos, Anne e Rene Cuine, que nos acolheram carinhosamente durante a estada na França.

À Cristina que, além de suportar o mau humor nos momentos mais difíceis, foi sempre uma palavra de incentivo e carinho, e aos meus dois *filhotes* que, apesar de demandarem maior presença em suas vidas, compreenderam a minha ausência neste período. E a todos os familiares pelo apoio e o acompanhamento atento ao desenvolvimento do trabalho. Aos meus sócios da Fazenda Marinha Atlântico Sul que entenderam a necessidade de realização desta etapa da minha formação, permitindo o meu afastamento temporário e apoiando os trabalhos de campo realizados nas instalações da empresa na Costeira do Ribeirão. Aos companheiros maricultores que continuam na defesa de uma maricultura ecologicamente viável e socialmente justa.

RESUMO

Esta tese tem por objetivo avaliar a variação de parâmetros oceanográficos e suas possíveis conseqüências sobre o cultivo de ostras na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, enfatizando a influência da temperatura, salinidade e turbidez como riscos zootécnicos e o aporte da rede de drenagem fluvial como risco sanitário ao cultivo de moluscos. Também é discutido o modelo de monitoramento adotado na França, um dos líderes da produção mundial de ostras, visando encontrar maneiras de gestão mais adequadas para a área em estudo que é, atualmente, a região de maior produção de ostras *Crassostrea gigas* do Brasil. Para isso são caracterizadas as variações de temperatura, salinidade e turbidez da água na baía Sul da Ilha de Santa Catarina e áreas adjacentes e avaliadas suas implicações para o cultivo de ostras. O modelo hidrológico do Arcview foi aplicado para estimação de escoamento superficial das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina. Com relação aos parâmetros oceanográficos foi verificado que, nos anos de temperaturas mais elevadas, a mortalidade de ostras foi maior, confirmando os estudos realizados em outras partes do mundo. Entretanto, não foram observadas variações de salinidade e turbidez que pudessem estar relacionadas às mortalidades. A utilização do modelo hidrológico permitiu a simulação de escoamento superficial das bacias hidrográficas que drenam para as baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina. A simulação operada com o modelo, a utilização de sondas multiparâmetros de aquisição contínua de dados e a realização de monitoramento parcial da temperatura, complementado por avaliações estatísticas, além de outras metodologias experimentadas, demonstraram a necessidade de um programa de monitoramento sistemático do ambiente das baías da Ilha de Santa Catarina, para o pleno desenvolvimento da maricultura.

ABSTRACT

This thesis aims to evaluate the variation of the oceanographic parameters and their possible consequences on the oysters' farming near Santa Catarina Island, emphasizing temperature, salinity and turbidity influence as zoo technical risks and the contribution of the fluvial drainage network as sanitary risk to the mollusks' growth. The monitoring model adopted in France, one of the oysters' world production leaders, is also discussed, seeking to find more proper management ways for the area under study, currently the region of the highest production of *Crassostrea gigas* in Brazil. For that purpose, temperature, salinity and turbidity variations are characterized in the South Bay waters of Santa Catarina Island and surrounding areas, and their implications for the oysters' growth are evaluated. The Arcview hydrologic model was applied in order to estimate the hydrographic basins around Santa Catarina Island's North and South Bays. In relation to the oceanographic parameters, it was verified that during the higher-temperature years there was higher oysters' death rate, confirming the studies carried out in other parts of the world, however variations in salinity and turbidity, which could be related to such deaths, have not been observed. The utilization of the hydrologic model allowed the simulation of the superficial drainage of the hydrographic basins that drain to Santa Catarina Island's North and South Bays. The simulation operated with the model, the utilization of multiparameter depth gauges of continuous data acquisition and the temperature partial monitoring, complemented by statistical evaluations, besides other experimented methodologies, demonstrated the need for an environmental systematic monitoring program of Santa Catarina Island's Bays, for the total development of sea farming.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Ilha de Santa Catarina e sua localização na porção central do litoral do Estado. Localidade do Ribeirão da Ilha na baía Sul.....	31
FIGURA 2 – Municípios abrangidos pelas bacias hidrográficas que drenam para as baías Norte e Sul – SC.....	32
FIGURA 3 - Área na qual concentra-se o cultivo de ostras na baía Sul da Ilha de Santa Catarina (SC).....	33
FIGURA 4 – Bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina.....	36
FIGURA 5 – Velocidade média integrada para a coluna d’água estimada para a componente de maré M2 quatro e dez horas (respectivamente) após a preamar na desembocadura sul. Fonte: Melo <i>et al.</i> (1997)	38
FIGURA 6 - Histórico da avaliação de coliformes fecais na carne de ostras na Costeira do Ribeirão. A linha a cima em NMP=100 representa o limite máximo aceito pela legislação vigente. Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul para ostras retiradas da área da Costeira do Ribeirão (FMAS, 2006).	43
FIGURA 7 – Taxa média de crescimento populacional dos municípios da Região Metropolitana de Florianópolis na década de 90 (1991/2002)	48
FIGURA 8 - Localidades da região da Grande Florianópolis onde se deu o início da maricultura.....	49
FIGURA 9 – Restaurante especializado em ostras e frutos do mar no Ribeirão da Ilha.	50
FIGURA 10 – Pequenos empreendimentos criados a partir do início da maricultura no Ribeirão da Ilha.	50
FIGURA 11 - Evolução da produção de ostras no Estado de Santa Catarina.	54
FIGURA 12 - Evolução da Produção de mexilhões em Santa Catarina.....	55
FIGURA 13 - Produção de mexilhões por municípios em Santa Catarina no ano de 2005.	55
FIGURA 14 - Produção de ostras por municípios em Santa Catarina no ano de 2005.	56
FIGURA 15 - Estrutura de cultivo tipo fixa (em primeiro plano) e em <i>long line</i> ao fundo.	57

FIGURA 16 - Caixa adaptada para receber sementes de ostras de 1HD.....	58
FIGURA 17 - Lanternas para o cultivo de ostras.....	59
FIGURA 18 – Evolução da produção de ostras <i>Crassostrea gigas</i> (hüitre creuse) e <i>Crassostrea angulata</i> (hüitre plate) na França entre 1855 e 1990. Fonte – DELTREIL(2006) e Héral (1986).....	65
FIGURA 19 – Distribuição da produção francesa de moluscos por espécie. Fonte - Adaptado de CNC - Comite National de Conchyliculture. Disponível em: http://www.cnc-france.com . Consultado em: 12 de setembro de 2006.	66
FIGURA 20 - Produção francesa de ostras <i>C. gigas</i> por região.....	67
FIGURA 21 - Sistema de cultivo sobre mesa e <i>poche</i> de ostra, em áreas de <i>estran</i> na baía de Marennes Oléron, França.....	68
FIGURA 22 - Venda de ostras e outros frutos do mar em feira na cidade de Rennes na França.	69
FIGURA 23 - Estrutura de pesquisa do IFREMER na França Metropolitana	73
FIGURA 24 - Localização da Estação IFREMER de La Tremblade.....	74
FIGURA 25 - Trabalho de campo para avaliação da mortalidade de ostras criadas sobre mesas na baía de Marennes Oléron, FR. Ao fundo vê-se um barco da Estação IFREMER de La Tremblade utilizado para os trabalhos de campo.....	79
FIGURA 26 - Parte do Oceano Atlântico Sul e continente adjacente, com destaque para a plataforma continental sudeste e sul do Brasil. Fonte: CIMAS (2006).	95
FIGURA 27 - Modelo esquemático da estrutura oceanográfica na região sudeste-sul brasileira na época de verão (modificado de Matsuura, 1986).	97
FIGURA 28 - Circulação superficial no Oceano Atlântico Sul.	98
FIGURA 29 - Influência do Rio da Prata na salinidade superficial costeira obtida a partir de dados históricos. A seta amarela indica a cidade de Florianópolis e a seta preta indica a altura da costa onde a pluma de água doce pode alcançar na simulação.	100
FIGURA 30 – Equipamentos de aquisição contínua de temperatura da água.	103
FIGURA 31 – Séries temporais de temperatura do ar e da água e mortalidade de ostras.	106
FIGURA 32 - Temperatura média diária da água na Costeira do Ribeirão entre os anos de 2002 e 2006.....	107

FIGURA 33- Série temporal da temperatura da água na Costeira do Ribeirão. Dados adquiridos com auxílio de um <i>data logger</i> no período entre 04 de junho de 2002 e 14 de setembro de 2004.....	108
FIGURA 34 – Variações bruscas da temperatura durante a tendência geral de aquecimento da água.....	109
FIGURA 35 – Temperatura da água. Destaque 1: variação acentuada de temperatura. Destaque 2: variação diária de temperatura.	110
FIGURA 36 – Detalhe da queda acentuada da temperatura da água no mês de fevereiro de 2004	111
FIGURA 37 – Temperatura da água com destaque à variação acentuada da ocorrência em janeiro de 2006.....	113
FIGURA 38 – Variação de temperatura da água de 01 a 16 de dezembro de 2005. Notar que a cada cinco dias a temperatura varia entre 26°C e 19°C.....	114
FIGURA 39 – Variação da temperatura da água entre 10 e 16 de janeiro de 2006.	114
FIGURA 40 - Gráfico de dispersão dos dados de temperatura e a reta de regressão ajustada a estes dados.	116
FIGURA 41 – Série temporal da temperatura da água integrando os dois períodos de aquisição.	117
FIGURA 42 – Temperatura média dos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, para os anos de 2002/2003, 2003/2004, 2005:2006.	121
FIGURA 43 - Temperatura média dos anos de 2002/2003, 2003/2004, 2005:2006 por mês.	122
FIGURA 44 - Temperatura média dos anos de 2002/2003, 2003/2004, 2005:2006, por mês (intervalos de 14 dias)	123
FIGURA 45 - Temperatura média diária da água elaborada a partir dos dados dos <i>data loggers</i> e da simulação por regressão linear. A linha em vermelho corresponde ao intervalo de dados simulados.	124
FIGURA 46 - Temperatura média dos meses estudados representada para cada ano	126
FIGURA 47 Temperatura média (°C) mensal dos meses e estudados.....	127
FIGURA 48 - Temperatura média (°C) anual dos meses estudados por ano	127
FIGURA 49 - Temperatura média (°C) mensal por ano	128
FIGURA 50 – Imagem de satélite NOAA do dia 07 de janeiro de 2006.	130

FIGURA 51 – Imagem de satélite NOAA do dia 11 de janeiro de 2006.	131
FIGURA 52 – Imagem de satélite TSM NOAA do dia 16 de janeiro de 2006.....	132
FIGURA 53 - Variação sazonal da temperatura da água na Costeira do Ribeirão para o período entre 2001 e 2006.....	135
FIGURA 54 – Sonda multiparâmetro Ysi instalada na lateral de uma baleeira para aquisição de dados contínuos em cruzeiro (A). Detalhe das sondas multiparâmetro Ysi (B).	145
FIGURA 55 – Termo-salinômetro YSI (a) e ecobatímetro manual (b). Fonte: foto do o autor	146
FIGURA 56 - Pontos de amostragem e campanha de amostragem de parâmetros oceanográficos na baía Sul da Ilha de Santa Catarina.	147
FIGURA 57 - Parâmetros físico-químicos da coluna d'água na Costeira do Ribeirão da Ilha – Superfície, aquisição quinzenal.	149
FIGURA 58 - Temperatura, salinidade e turbidez entre superfície e fundo, aquisição quinzenal entre 18 outubro de 1999 a 8 de novembro de 1999.....	150
FIGURA 59 - Variação da temperatura, salinidade e turbidez no período entre novembro de 2004 e maio de 2005 na Costeira do Ribeirão da Ilha.....	151
FIGURA 60 – Parâmetros oceanográficos obtidos a cada 5 minutos pela sonda multiparâmetros de aquisição contínua, na localidade de Barro Vermelho, Ribeirão da Ilha.	152
FIGURA 61 - Avaliação da salinidade e turbidez da água de cultivo na Costeira do Ribeirão da Ilha - frequência diária de aquisição.....	153
FIGURA 62 - Distribuição espacial de parâmetros oceanográficos na baía Sul ...	154
FIGURA 63 – Distribuição espacial da salinidade entre as localidades da Costeira e do Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha em 07de outubro de 2005.	156
FIGURA 64 - Distribuição espacial da turbidez entre as localidades da Costeira e do Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha em 07de outubro de 2005.	157
FIGURA 65 - Distribuição espacial da temperatura entre as localidades da Costeira e do Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha em 07de outubro de 2005.	158
FIGURA 66 - Distribuição espacial da salinidade na foz do rio Cubatão em 05 de outubro de 2005.	160
FIGURA 67 – Distribuição espacial da Turbidez na foz do rio Cubatão em 05 de outubro de 2005.	161

FIGURA 68 - Distribuição espacial da temperatura na foz do rio Cubatão em 05 de outubro de 2005.	162
FIGURA 69 – Cobertura da área em estudo com as folhas das cartas topográficas do IBGE.....	173
FIGURA 70 – Imagem de satélite LANDSAT-7 gerada em 2000.....	174
FIGURA 71 – Representação da base vetorial do IPUF utilizada para a Ilha de Santa Catarina.	175
FIGURA 72 – Exemplo de discordância entre curvas de nível no limite entre as folhas do IBGE Florianópolis e Santo Amaro da Imperatriz.	177
FIGURA 73 Modelo Digital de Terreno da área continental adjacente às baías Norte e Sul.	180
FIGURA 74 – Modelo Digital de Terreno da Ilha de Santa Catarina.	181
FIGURA 75 – Diferentes possibilidades de direção de fluxo dentro de uma célula (ou <i>pixel</i>) e seus respectivos valores	182
FIGURA 76 – Fluxograma dos procedimentos para elaboração da bacia de drenagem e obtenção dos dados de escoamento superficial.....	184
FIGURA 77 – Áreas de Cultivo no Ribeirão da Ilha entre a Costeira do Ribeirão e o Barro Vermelho.	185
FIGURA 78 – Representação cartográfica dos valores de escoamento superficial médio mensal para as baías Norte e Sul.	187
FIGURA 79 – Representação cartográfica dos valores de escoamento superficial médio mensal detalhado para a baía	188
FIGURA 80 – Comparação entre a rede de drenagem produzida pelo modelo hidrológico do Arcview e a rede hidrográfica do IBGE	190
FIGURA 81 – Temperatura crítica de 19°C para ostras em Marennes-Oléron, França.....	194
FIGURA 82 Variação interanual da temperatura média diária do ar (em azul) e temperatura da água (em vermelho) de aquisição diária na Costeira do Ribeirão.	200
FIGURA 83 – Temperatura diária da água colhida com termômetro de mercúrio na Fazenda Marinha Atlântico Sul.....	202
FIGURA 84 – Mortalidade de ostras por lanterna e por data de amostragem	203
FIGURA 85 – Índice de conteúdo interno das ostras	204

FIGURA 86 – Percentual de ostras nas fases A, B, C e D, segundo Akaboshi (1979)	205
FIGURA 87 – Evolução da condição reprodutiva das ostras observadas durante o experimento.....	205
FIGURA 88 – Variação do Índice de condição interna das ostras ao longo do período estudado, Cada lanterna teve um período de observação diferente.....	206
FIGURA 89 – Temperatura da água entre outubro de 2005 e maio de 2006.....	207
FIGURA 90 – Mortalidade de ostras por lanterna entre novembro de 2005 e maio de 2006, nas duas avaliações.....	209
FIGURA 91 - Mortalidade acumulada de ostras por lanterna entre novembro de 2005 e junho de 2006.....	210
FIGURA 92 – ICI entre novembro de 2005 a maio de 2006.....	211
FIGURA 93 – Percentual de ostras repletas de material gamético entre novembro de 2005 e maio de 2006.....	211
FIGURA 94 – Percentual de ostras nas fases A, B, C e D, segundo Akaboshi (1979)	212
FIGURA 95 Mortalidade de ostras no período entre setembro de 2001 e outubro de 2002. Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul.....	213
FIGURA 96: Percentual de ostras nas fases A, B, C e D, segundo Akaboshi (1979).	214
FIGURA 97: Mortalidade de ostras <i>Crassostrea gigas</i> na baía Sul da Ilha de Santa Catarina no período entre julho de 2003 á maio de 2004	215
FIGURA 98 – Índice de conteúdo interno das ostras entre setembro de 2003 e maio de 2004.	216
FIGURA 99 – Percentual de ostras nas fases A, B, C, e D (Akaboshi, 1979) entre setembro de 2003 e maio de 2004.....	216
FIGURA 100 – Mortalidade acumulada de ostras para os verões de 2001/2002, 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006.....	217
FIGURA 101 - Temperatura média dos meses estudados (nov., dez., jan., fev., mar. e abr.) representada para os verões de 2002/2003, 2003/2004; 2004/2005 e 2005/2006.	218

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Dados climatológicos e temperatura da água do mar para Florianópolis no ano de 2002.....	46
QUADRO 2 - Diferenças entre o cultivo de ostras e de mexilhões cultivados na baía Sul da Ilha de Santa Catarina.....	57
QUADRO 3 - Classificação de área de cultivo quanto à <i>Escherichia coli</i>	76
QUADRO 4 - Enfoque multidisciplinar para definição de estuário.....	90
QUADRO 5 – Equipamentos utilizados para obtenção das séries temporais de temperatura da água e do ar.....	103
QUADRO 6 - Resultado da Análise de variância comparando os dados de temperatura entre os meses e os anos.....	118
QUADRO 7 – Teste de comparação entre médias segundo Tukey.....	120
QUADRO 8 Análise de variância para as temperaturas médias da água	124
QUADRO 9 Teste Tukey para comparação de temperatura média entre meses e anos	125
QUADRO 10 - Direção dos ventos predominantes entre dezembro de 2005 e fevereiro de 2006. Destaque em vermelho para os vendo do quadrante norte.....	133
QUADRO 11 - Variação de temperatura da água entre os dias 17 e 18 de janeiro de 2006 na localidade da Costeira do Ribeirão.....	134
QUADRO 12 – Escoamento superficial (m^3/s) para os rios do continente e os rios da Ilha de Santa Catarina, escalonados por ordem de importância.....	186
QUADRO 13 - Comparação entre resultados pretéritos e os obtidos nesta pesquisa.	191
QUADRO 14 – Temperaturas médias diárias acima de 26°C.....	201
QUADRO 15 – Mortalidade acumulada de ostras e período (em dias) de análise, por lanterna.....	206
QUADRO 16 – Temperaturas médias diárias acima de 26°C.....	208
QUADRO 17 – Mortalidade Acumulada de ostras para o período em dias.....	210

LISTA DE ABREVIATURAS

ACAS – Água Central do Atlântico Sul
ACSV - Voltametria de Redissolução Catódica
AMANI - Associação de Maricultores do Norte da Ilha
AMASI – Associação de Maricultores do Sul da Ilha
ASV - Voltametria de Redissolução Anódica
CAPEs - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CECA – Centro de Estudos da Cultura e Cidadania
Cfa - clima temperado húmido com Verão quente
CNCMB - Comitê Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves
CNEXO - Centre National pour l'Exploitation des Océans
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente
CREA – Conselho Regional de Engenharia, Agronomia e Arquitetura
DBO - Demanda Biológica de oxigênio
DCE - Directive Cadre sur l'Eau
EMOULA – Rede de Mexilhões
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FLORAM – Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis
FMAS - Fazenda Marinha Atlântico Sul
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer)
ISTPM - Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes
LCPC Laboratoire de Mollusques de Pertuis Charentais
LER-PC Laboratório de Recursos Ambientais de Pertuis Charentais
LGP - Laboratório de Genética e Patologia
LMM – Laboratório de Moluscos Marinhos
MOREST - Programa de Mortalidade Estival de Ostras
MPN – Número mais provável
OSTPM – Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes
PLDM - Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura
PMF – Prefeitura Municipal de Florianópolis

RAZLEC – Rede Hidrológica de Pertuis Charente

REMI – Rede de Controle Microbiológico

REMI - Rede Microbiológica (réseau de contrôle microbiologique des zones de production conchylicoles)

REMORA - Rede Moluscos de Rendimentos Aquícolas (réseau mollusques des rendements aquacoles)

REMOULA - Rede Regional de Monitoramento do Crescimento de Mexilhões (réseau moules)

REPAMO - Rede de Monitoramento de Patologia dos Moluscos (réseau de pathologie des mollusques)

REPAMO – Rede de Patologia de Moluscos (réseau de pathologie des mollusques)

REPER - Redede Pesquisa Ambiental (Recherche sur les Ecosystèmes des PERTuis charentais)

REPHY - Rede Nacional de Monitoramento do Fitoplâncton (réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines)

RESPEC - Rede de Monitoramento do Pertuis Charantais (REseau de Suivi des PERTuis Charentais)

RNO – Rede Nacional de Observação da Qualidade do Meio Marinho (réseau national d'observation de la qualité du milieu marin)

SIG - Sistema de Informação Geográfica

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí

UNL – Universidade Nacional do Litoral – Argentina

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE QUADROS.....	14
LISTA DE ABREVIATURAS.....	15
SUMÁRIO	17
1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 JUSTIFICATIVA.....	21
1.2 OBJETIVOS	25
1.2.1 OBJETIVO GERAL	25
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	26
1.3.1 ESCALA ESPAÇO-TEMPORAL DA PESQUISA	26
1.3.2 ESTRUTURA DA TESE.....	28
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS DE DRENAGEM.....	34
2.3 OCEANOGRAFIA DA BAÍA SUL	37
2.4 QUALIDADE AMBIENTAL E SANITÁRIA DAS BAÍAS NORTE E SUL	38
2.5 CLIMA LOCAL.....	44
2.6 USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA	46
2.7 A PRODUÇÃO DE OSTRAS	51

3 MODELO DE GESTÃO E MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE PRODUÇÃO DE MOLUSCOS NA FRANÇA 63

3.1	INTRODUÇÃO.....	63
3.2	O IFREMER - INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER 69	
3.3	AS REDES DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	73
3.4	ESTUDOS INTERDISCIPLINARES	81
3.5	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E MODELIZAÇÃO NUMÉRICA	84
3.6	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	85

4 ESTUDO DA TEMPERATURA DA ÁGUA NA BAÍA SUL E ÁREAS ADJACENTES À ILHA DE SANTA CATARINA 87

4.1	INTRODUÇÃO.....	87
4.2	OBJETIVOS	88
4.2.1	OBJETIVO GERAL.....	88
4.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	88
4.3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	89
4.3.1	A TEMPERATURA	91
4.3.2	CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO E DO SEU ENTORNO	95
4.4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	102
4.4.1	MEDIDA DA TEMPERATURA DA ÁGUA NA COSTEIRA DO RIBEIRÃO.....	102
4.4.1.1	EQUIPAMENTOS E SÉRIES TEMPORAIS	102
4.4.1.2	ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS	104
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	108
4.5.1	ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS DE TEMPERATURA DA ÁGUA	108
4.5.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	115
4.5.3	O FENÔMENO DA RESSURGÊNCIA	129
4.6	CONCLUSÕES.....	134

5 ESTUDO DA VARIAÇÃO DA SALINIDADE E TURBIDEZ NA BAÍA SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA 137

5.1	INTRODUÇÃO.....	137
-----	-----------------	-----

5.2	OBJETIVOS	143
5.2.1	OBJETIVO GERAL	143
5.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	144
5.3	MATERIAIS E MÉTODOS	144
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	148
5.5	CONCLUSÕES.....	163

6 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ENTORNO DAS BAÍAS NORTE E SUL SOBRE AS ÁREAS DE CULTIVO DE MOLUSCOS..... 166

6.1	INTRODUÇÃO.....	166
6.2	OBJETIVO GERAL	168
6.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	168
6.4	ANÁLISE ESPACIAL E SIG EM ÁREAS COSTEIRAS.....	168
6.5	MATERIAIS E MÉTODOS	172
6.5.1	BASE DE DADOS	172
6.5.1.1	BASE CARTOGRÁFICA DO CONTINENTE.....	172
6.5.1.2	IMAGEM DE SATÉLITE	174
6.5.1.3	BASE CARTOGRÁFICA DA ILHA DE SANTA CATARINA.....	175
6.5.1.4	DADOS METEOROLÓGICOS	176
6.5.1.5	MODELO HIDROLÓGICO.....	176
6.5.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	176
6.5.3	CARTOGRAFIA DAS ÁREAS DE CULTIVO	178
6.5.4	MODELO DIGITAL DE TERRENO – MDT.....	179
6.5.5	MODELO HIDROLÓGICO.....	182
6.6	RESULTADOS	185
6.7	DISCUSSÃO.....	189
6.8	CONCLUSÕES.....	192

7 AVALIAÇÃO DA MORTALIDADE DE OSTRAS E SUAS POSSÍVEIS RELAÇÕES COM A TEMPERATURA, SALINIDADE E TURBIDEZ..... 193

7.1	INTRODUÇÃO.....	193
7.2	OBJETIVOS	196

	20
7.2.1 OBJETIVO GERAL	196
7.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	196
7.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	197
7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	199
7.4.1 MORTALIDADE DE OSTRAS X TEMPERATURA, SALINIDADE E TURBIDEZ.	199
7.4.1.1 VERÃO DE 2004/2005	199
7.4.1.2 VERÃO DE 2005/2006	207
7.4.1.3 COMPARAÇÃO COM DADOS PRETÉRITOS	212
7.4.1.4 COMPARAÇÃO COM DADOS DE SALINIDADE E TURBIDEZ.....	218
7.5 CONCLUSÕES.....	220
8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	223
9 REFERÊNCIAS	228

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização dos ambientes aquáticos marinhos para o cultivo de animais e plantas é uma atividade relativamente recente no Brasil. O Estado de Santa Catarina foi pioneiro na produção comercial de moluscos. As experiências desenvolvidas pelo Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM-UFSC) na década de 1980 mostraram a viabilidade de cultivo de mexilhões e ostras (SILVEIRA Jr., 1989). A participação da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (EPAGRI) na divulgação dos resultados das pesquisas e na organização inicial dos parques aquícolas contribuiu para a expansão da atividade entre os trabalhadores das comunidades pesqueiras do litoral catarinense.

De uma alternativa à pesca artesanal, o cultivo de moluscos foi se transformando, aos poucos, em uma atividade econômica importante nas comunidades litorâneas, redutos da pesca artesanal. Estimulada pelos meios de comunicação como uma atividade promissora e por projetos de pesquisa e desenvolvimento, a atividade cresceu em número de produtores, em áreas de produção e em organização (OLIVEIRA NETO, 2005). Foram criadas associações de produtores e uma federação das associações, foram discutidas técnicas de cultivos, organizados cursos de formação de curta duração para os pretendentes às áreas de cultivo - então administradas pela EPAGRI, entre outras ações. As áreas de cultivo foram expandidas para vários municípios e sua produção ampliada, aumentando sua importância social e econômica, conforme evidenciado por Rosa (1997) através da caracterização sócio-econômica de 155 famílias e da técnica de produção em cinco comunidades que tradicionalmente cultivam mexilhões: Enseada de Brito (Município de Palhoça); Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis); Ganchos de Fora (Gov. Celso Ramos) e Canto Grande (Bombinhas). De acordo com a Epagri, no ano de 2004 o número de produtores do município de Florianópolis era de 63 miticultores e 96 ostreicultores - informações obtidas nas duas associações (AMASI e AMANI) (PMF, 2005).

Poucos anos se passaram para a produção se concretizar com números significativos. Foram produzidas 12.234 toneladas de mexilhões no ano de 2005 e

2.513 toneladas de ostras em 2004 (OLIVEIRA NETO, 2006). Nos anos seguintes, houve um recuo na produção de moluscos exigindo dos gestores públicos e pesquisadores relacionados à atividade uma reflexão sobre suas causas e procedimentos a serem adotados no futuro. O declínio da produção de mexilhões pode estar associado à extração excessiva de sementes dos bancos naturais, causando diminuição dos estoques nos anos seguintes (GARDINI, 2006).

Portarias do IBAMA (Nº 09 de 20/03/2003, Nº 54, de 03/10/03) coibiram abusos na extração de sementes, estabelecendo um período de defeso e regras mais rígidas para a extração de mexilhão dos bancos naturais. A instalação de coletores artificiais de sementes de mexilhões foi estimulada. Já o recuo da produção produção de ostras esteve relacionado inicialmente à oferta de sementes. Dificuldades técnicas do laboratório (LMM - UFSC) em fornecer sementes ao longo do ano, assim como as perdas por manejo inadequado das sementes nos cultivos, podem ser relacionadas a esta redução de produção. Associados à limitação da oferta de sementes, problemas de manejo, tanto de ostras como de mexilhões, contribuíram para desestimular a atividade, levando alguns produtores a desistirem da atividade neste período.

Por outro lado, a constatação de alguns maricultores da Enseada de Brito de que, sob alta densidade, os moluscos levam mais tempo para atingir o peso comercial, mostrou os reflexos dos cultivos sobre o ambiente e, em especial, sobre os resultados do próprio cultivo (SUPLICY,2004). Embora ainda não tenha sido observada a ocorrência de eutrofização¹ nas áreas de cultivo, a possibilidade deste impacto vir a ocorrer é real, sobretudo em áreas de baixa circulação e renovação de água, e se o aporte de efluentes urbanos enriquecidos não for controlado. Na Enseada de Brito, onde foi observado o aumento tempo de cultivo de mexilhões, houve também aumento de quantidade e da concentração de cultivos, que associados à baixa renovação de água e a diminuição da disponibilidade de algas (VINATEA, 2000), podem ajudar a explicar o aumento do tempo de produção do mexilhão.

¹ Eutrofização: situação que se apresenta quando é introduzido um excesso de nutrientes num habitat aquático, o que acaba provocando um crescimento exagerado de certas macro e microalgas. Quando os nutrientes se esgotam totalmente, as algas morrem e os decompositores bacterianos, que se alimentam das algas mortas, consomem o oxigênio que se encontra dissolvido na água, o que dá origem a uma forte demanda de oxigênio, chegando a eliminá-lo completamente do ambiente (VINATEA, 1997).

No processo de desenvolvimento da atividade, impulsionado pelas demandas da expansão da produção e da necessidade de regulamentação, se criou um debate sobre as necessidades do setor. De um lado observaram-se mudanças na percepção dos produtores sobre o ambiente: o mar, antigo ambiente da pesca, de extrativismo, do fundo do quintal e de depósito de resíduos, passa a ser encarado como ambiente de produção. Neste aspecto, a qualidade do ambiente de produção passa a ter maior importância. De certa maneira, a lógica da produção desperta nos produtores a importância da preservação do ambiente, especialmente a qualidade da água de cultivo. Estas mudanças de percepção trouxeram as questões ambientais à pauta das prioridades. Um ambiente limpo e com uso equilibrado acarretará bons resultados na produção. Temas como capacidade de suporte de ambiente e saneamento ambiental das baías se tornaram recorrentes nas discussões nas comunidades. Estas preocupações levaram os produtores do sul da Ilha a realizarem em 2005 um seminário local para discutir as condições ambientais na baía Sul, convidando instituições do poder público a se manifestarem sobre o tema. Mas o que se deve destacar é, principalmente, que o engajamento progressivo de populações litorâneas nas atividades de maricultura fez ampliar o sentido de preservação ambiental no interior das comunidades (LINS, 2004).

A consolidação do setor aquícola provocou, em diferentes escalas, uma maior preocupação com o quadro ambiental da costa de Santa Catarina, envolvendo técnicos da esfera municipal, estadual e federal, dos setores de fomentos e de proteção ambiental. Vinatea (2000), discutindo os depoimentos de maricultores e técnicos da UFSC e EPAGRI sobre as atitudes e percepções dos atores a respeito das relações homem/ambiente nas áreas de produção de moluscos, observou que os maricultores e os pescadores percebem as baías como meio de vida, como um 'ganha-pão', como 'uma riqueza', tal como eles mesmos se referiram. Quanto à percepção da situação ambiental do recurso natural costeiro, ambos os atores identificam o esgotamento dos estoques pesqueiros como sendo o principal problema; entretanto, "a totalidade dos maricultores, além do esgotamento do pescado, identificaram a poluição da água com efluentes domésticos como se tratando de um problema muito sério" (VINATEA, 2000). Esta percepção decorre do conhecimento que eles têm acerca da capacidade dos moluscos de acumularem, via filtração, substâncias poluentes de tipo orgânico e inorgânico. Já os técnicos entendem as baías Norte e Sul como fatores de

desenvolvimento de comunidades litorâneas e como recursos a serem preservados. Estão conscientes também de que a pesca e a maricultura são capazes de representar elementos de alteração ambiental, basicamente pelas técnicas de captura predatória da primeira e pela carga orgânica decorrente de práticas intensivas de cultivo da segunda, que ainda estão longe de serem atingidas.

Agregou-se às questões produtivas e ambientais, a qualidade do produto para o consumo. Os moluscos marinhos são animais filtradores que retiram da água as partículas de alimento e o oxigênio que circula entre as suas brânquias. Grande quantidade de água é filtrada por dia, retendo plâncton e outros materiais em suspensão na água, contaminados por elementos poluentes como metais pesados, vírus e bactérias patogênicas. A condição de filtradores associada ao consumo *in natura* dos moluscos marinhos, especialmente as ostras, impõem atenção especial à qualidade da água em que é desenvolvida a atividade, pois dela depende a qualidade do produto.

As preocupações ambientais e com a qualidade dos produtos têm levado a um número crescente de pesquisas. No aspecto contaminação por elementos traços nos sítios de cultivo de moluscos em Florianópolis, resultados de pesquisas têm mostrado baixos índices de presença destes elementos contaminantes (CURTIUS et al, 2003). Entretanto, no aspecto biológico, as preocupações são maiores devido à proximidade das áreas de cultivo com os centros urbanos e a falta de rede de coleta e de tratamento de esgotos.

Nos sistemas de cultivo, a taxa de mortalidade de ostras é maior no verão, o que tem levado os produtores a atribuir as mortalidades somente ao aumento excessivo da temperatura da água. Portanto, anos mais quentes teriam maiores mortalidades. Todavia, pesquisas desenvolvidas em outros países têm demonstrado que a interação patógenos, hospedeiros e ambiente é responsável pela ocorrência de taxas de mortalidade mais expressivas (SOLETCHNIK et al., 2006).

Assim, constata-se a importância de novos estudos e de uma política de monitoramento ambiental para o desenvolvimento da atividade da maricultura. Este trabalho insere-se nesta temática e visa contribuir para esta discussão através da caracterização de alguns parâmetros oceanográficos nas áreas de cultivo e das relações de dependência entre estes.

1.2 OBJETIVOS : AVALIAR OS PARAÂMETROS OCEANOGRÁFICOS EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE OSTRAS EM ÁGUAS DA BAÍA SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem por objetivo estudar a variação de parâmetros oceanográficos nas áreas de produção de ostras da baía Sul da Ilha de Santa Catarina

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar a atividade de cultivo de ostras na baía Sul da Ilha de Santa Catarina.
- Apresentar a experiência francesa de produção de ostras, discutindo especialmente os episódios de grande mortalidade e de desaparecimento de espécies lá ocorridos e a rede de monitoramento ambiental implantada e executada naquele país pelo IFREMER (*Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*).
- Caracterizar a variação da temperatura da água na baía Sul da Ilha de Santa Catarina e áreas adjacentes e avaliar suas implicações para o cultivo de ostras, buscando possíveis relações entre este descritor e os fenômenos de mortalidade relatados.
- Analisar as variações de salinidade e turbidez na baía Sul da Ilha de Santa Catarina, discutindo possíveis influências destes parâmetros oceanográficos para os cultivos de ostras.

- Aplicar o modelo hidrológico do Arcview para estimação de escoamento superficial das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina e discutir os impactos da vazão dos rios que compõem estas bacias sobre as áreas de cultivo de moluscos.
- Discutir a importância do monitoramento oceanográfico para desenvolvimento da atividade de cultivo de moluscos.

1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.3.1 ESCALA ESPAÇO-TEMPORAL DA PESQUISA

A pesquisa foi estruturada com recortes espaciais e temporais diferentes, visando obter uma idéia do comportamento da área de estudo quanto a aspectos particulares e gerais. Foram trabalhados dados com expressão espacial, obtidos em uma única campanha, mas em diferentes pontos, que permitiram visualizar as diferenças composicionais na coluna d'água ao longo da área sob uma única condição climato-oceanográfica. Foram também realizados estudos temporais, através de amostragens com freqüência diárias, semanais ou mensais.

No contexto mais amplo, foram incorporados dados das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul. Foi elaborado um SIG que produziu, com auxílio de um modelo hidrológico, dados de escoamento superficial bacias hidrográficas, abrangendo os municípios do entorno destas baías. Os resultados do modelo hidrológico foram utilizados para avaliação dos impactos fluviais sobre a baía Sul.

Os parâmetros oceanográficos analisados - temperatura da água, salinidade e turbidez - foram investigados em escalas espaciais e temporais diferentes.

A temperatura da água foi avaliada na escala espacial para a baía Sul utilizando os dados sazonais de superfície e fundo adquiridos por Silva (2002), em duas campanhas oceanográficas, uma realizada em janeiro e outra em agosto de 2001. Dentro da baía Sul, na localidade da Costeira do Ribeirão da Ilha, foram adquiridos dados através de uma sonda multiparâmetro, que se deslocou embarcada em uma baleeira sobre as áreas de cultivo entre a Costeira do Ribeirão e o Barro Vermelho. Esta sonda multiparâmetro também cobriu a área da

desembocadura do rio Cubatão, na margem oeste da baía Sul, permitindo a representação espacial contínua dos parâmetros por ela registrados.

Quanto à escala temporal, a variação da temperatura foi avaliada através de: dados sazonais coletados por Silva (2002) em janeiro e agosto de 2001; por dados utilizados por Pereira (2000) e produzidos pelo Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM – UFSC) adquiridos em intervalos de 15 dias entre agosto de 1998 e novembro de 1999; por campanhas realizadas na Costeira do Ribeirão entre novembro de 2004 e dezembro de 2005 com frequência semanal de aquisição de dados; por um *data logger* (Tidbit)² instalado na Costeira do Ribeirão com aquisição de dados de quatro em quatro horas, nos intervalos de tempo entre maio de 2002 e agosto de 2004 e fevereiro de 2005 a maio de 2006; por aquisição diária com termômetro de mercúrio pela Fazenda Marinha Atlântico Sul para os anos de 2001 a 2006; e por fim, por dados de uma sonda multiparâmetros instalada no Barro Vermelho, norte do Ribeirão da Ilha, durante campanha oceanográfica realizada em outubro de 2005, com dados adquiridos a intervalos de 5 minutos, durante seis dias. Ainda, como dados acessórios, foram coletados dados de média diária de temperatura do ar da estação meteorológica do aeroporto para o período de 2001 a 2006 e de precipitação diária e média mensal para o mesmo período.

A variabilidade espacial da salinidade e da turbidez foi analisada por dados produzidos por Silva (2002) para a baía Sul, adquiridos em duas campanhas oceanográficas, conforme já mencionado acima; e por dados adquiridos por uma sonda multiparâmetro instalada em uma baleeira que circulou pelas áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha (07 de outubro de 2005) entre a Costeira do Ribeirão e o Barro Vermelho, assim como nas proximidades da desembocadura do rio Cubatão (05 de outubro de 2005).

Para a análise da variabilidade temporal da salinidade e turbidez foram utilizados os dados de Ferreira (2006), adquiridos em intervalos de 15 dias entre agosto de 1998 e novembro de 1999; dados obtidos em campanhas realizadas na Costeira do Ribeirão entre novembro de 2005 e maio de 2006 com frequência quinzenal de amostragem; por coletas realizadas na costeira do Ribeirão entre novembro de 2004 e dezembro de 2005 com frequência semanal de aquisição de dados.

² Tidbit é um *data logger* de aquisição de temperatura da água, programado para aquisição de 4 em 4 horas.

Este conjunto de dados foi utilizado na elaboração de gráficos, representações espaciais e análises estatísticas, de modo a permitir uma avaliação do comportamento das variáveis em questão na área de estudo e fomentar a discussão sobre suas influências nas áreas de cultivo.

1.3.2 ESTRUTURA DA TESE

Procura-se discutir na tese a variação da temperatura, salinidade e turbidez em áreas de cultivo de ostras, considerando que estes parâmetros oceanográficos são importantes para o desenvolvimento dos moluscos e também podem estar relacionados aos processos de mortalidade de ostras no verão. Apresenta-se o modelo de gestão da produção de ostras na França e os programas de monitoramento do meio marinho, os quais visam controle da qualidade, de estoques de moluscos, sanitários e zootécnicos e a tecnologia por eles utilizada. Para discussão da variação de temperatura da água foi utilizado um modelo que permitiu a obtenção de dados para completar séries temporais de temperatura da água a partir da temperatura do ar. Para discutir a influência da salinidade sobre os cultivos, utilizou-se o modelo hidrológico do Arcview, que permitiu calcular, a partir de dados de precipitação e evapotranspiração, o escoamento superficial das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul. A tese está estruturada numa seqüência de temas visando permitir que o leitor tenha melhor compreensão do conjunto em discussão.

No capítulo **Caracterização da Área de Estudo**, é apresentada a área de estudo, sua localização e principais características quanto aos seus aspectos físicos e sócio-econômicos, discutindo-se a importância da maricultura dentro do contexto do Estado de Santa Catarina e a relevância da questão ambiental e seu monitoramento para o desenvolvimento da atividade.

O capítulo **Modelo de gestão e monitoramento das áreas de produção de moluscos na França** destaca, na experiência francesa de produção de ostras, os episódios de mortalidade massiva que resultaram no desaparecimento de duas espécies de cultivo e a rede de controle ambiental montada para monitoramento da atividade pelo IFREMER (*Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*).

No capítulo **Estudo da temperatura da água na baía Sul e áreas adjacentes à Ilha de Santa Catarina** é realizado um estudo sobre as variações de temperatura das águas, avaliando suas possíveis implicações sobre os cultivos de ostras e sobre os fenômenos de mortalidade.

No capítulo **Estudo da variação da salinidade e da turbidez na baía Sul da Ilha de Santa Catarina** é desenvolvida uma análise das variações de salinidade e turbidez a partir da integração de dados pretéritos e outros obtidos ao longo desta pesquisa, visando melhor compor o quadro do comportamento destas variáveis na área, contribuindo para discutir possíveis influências destes parâmetros oceanográficos para os cultivos de ostras.

No capítulo **Avaliação dos impactos das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul sobre as áreas de cultivo de moluscos** foi processado o modelo hidrológico do Arcview para estimação de escoamento superficial destas bacias hidrográficas e discutidos os impactos da vazão dos rios do entorno das baías sobre as áreas de cultivo de moluscos.

No capítulo **Avaliação da mortalidade de ostras em função dos parâmetros oceanográficos: temperatura, salinidade e turbidez na baía Sul da Ilha de Santa Catarina** foram discutidas as possíveis influências destes descritores e suas inter-relações com o processo de mortalidade de ostras no verão.

Nas **Conclusões e Recomendações** é apresentada uma avaliação dos riscos ambientais estudados, são traçadas considerações sobre os problemas metodológicos enfrentados na execução de algumas etapas da tese e apresentadas propostas de encaminhamento de pesquisas futuras sobre o tema.

2 Caracterização da área de estudo

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, definida em três escalas espaciais, localiza-se no litoral central do Estado de Santa Catarina (Figura 1). Na menor escala, compreende a área das bacias hidrográficas que drenam para as duas baías formadas entre a Ilha de Santa Catarina e a área continental fronteiriça, abrangendo os municípios de Florianópolis, Governador Celso Ramos, Biguaçu, São José, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas, São Pedro de Alcântara e Antonio Carlos (Figura 2). Numa escala intermediária, os estudos se concentram na baía Sul da Ilha de Santa Catarina, principal área de produção de ostras *Crassostrea gigas* do Brasil. Na maior escala estudada, são focalizadas as áreas de cultivo de moluscos do distrito do Ribeirão da Ilha, na porção leste da baía Sul, onde a produção de ostras é mais concentrada (Figura 3).

As baías Norte e Sul estão representadas pelas Cartas Náuticas nº 1903 e 1904 da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN e pelas Cartas Topográficas do IBGE na escala 1:50.000 :

- Florianópolis – Folha SG – 22 – Z – D – V – 2 /1981
- Paulo Lopes – Folha SG – 22 – Z – D – V / VI – 3 /1981
- Biguaçu – Folha SG – 22 – Z – D – II– 4 /1974
- Canasvieiras – Folha SG – 22 – Z – D – III – 3 /1981
- Lagoa – Folha SG – 22 – Z – D – VI – 1 /1981

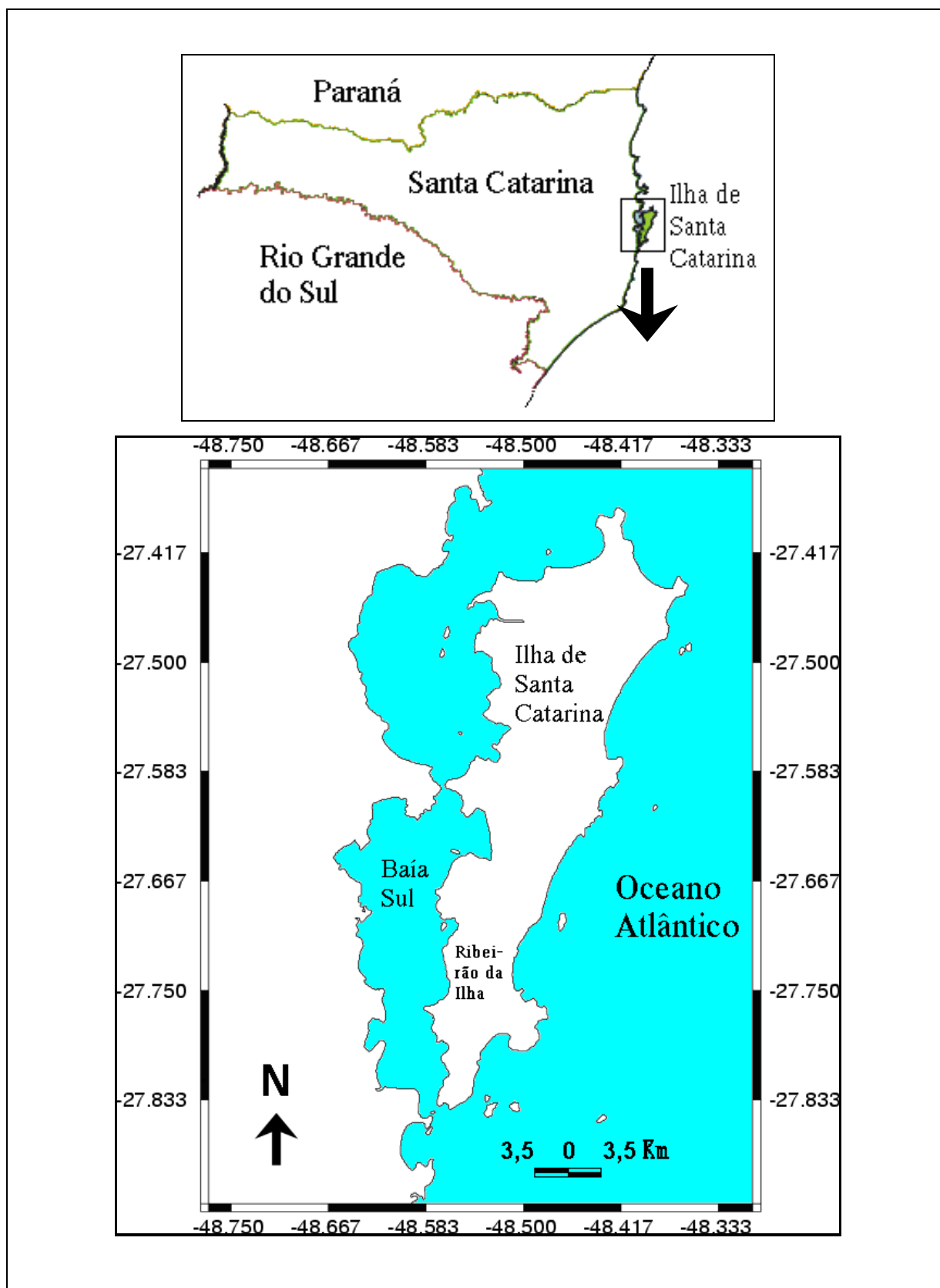


FIGURA 1 - Ilha de Santa Catarina e sua localização na porção central do litoral do Estado. Localidade do Ribeirão da Ilha na baía Sul.

Fonte: Adaptado de NOAA Coastline Extractor.

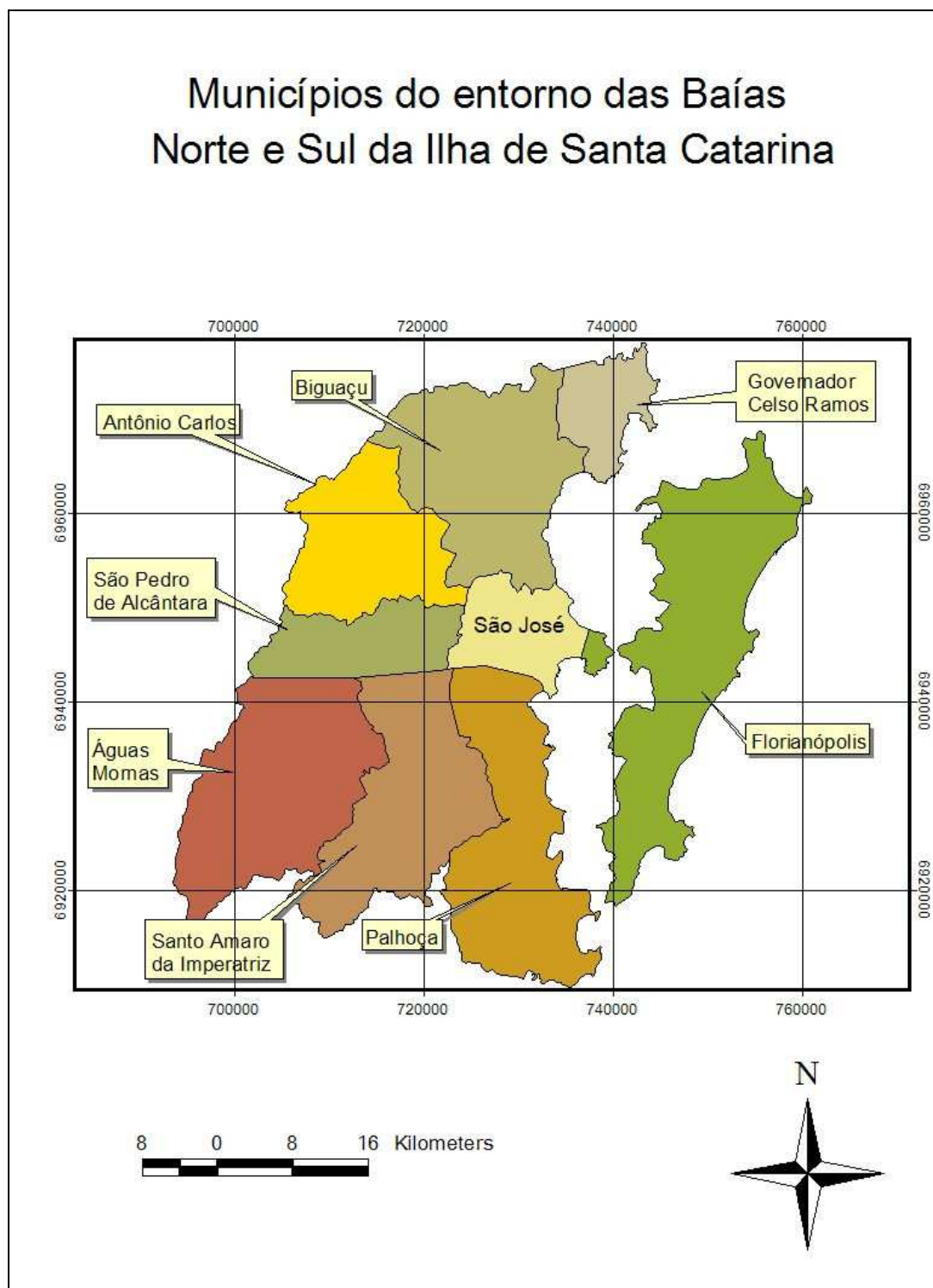


FIGURA 2 – Municípios abrangidos pelas bacias hidrográficas que drenam para as baías Norte e Sul – SC

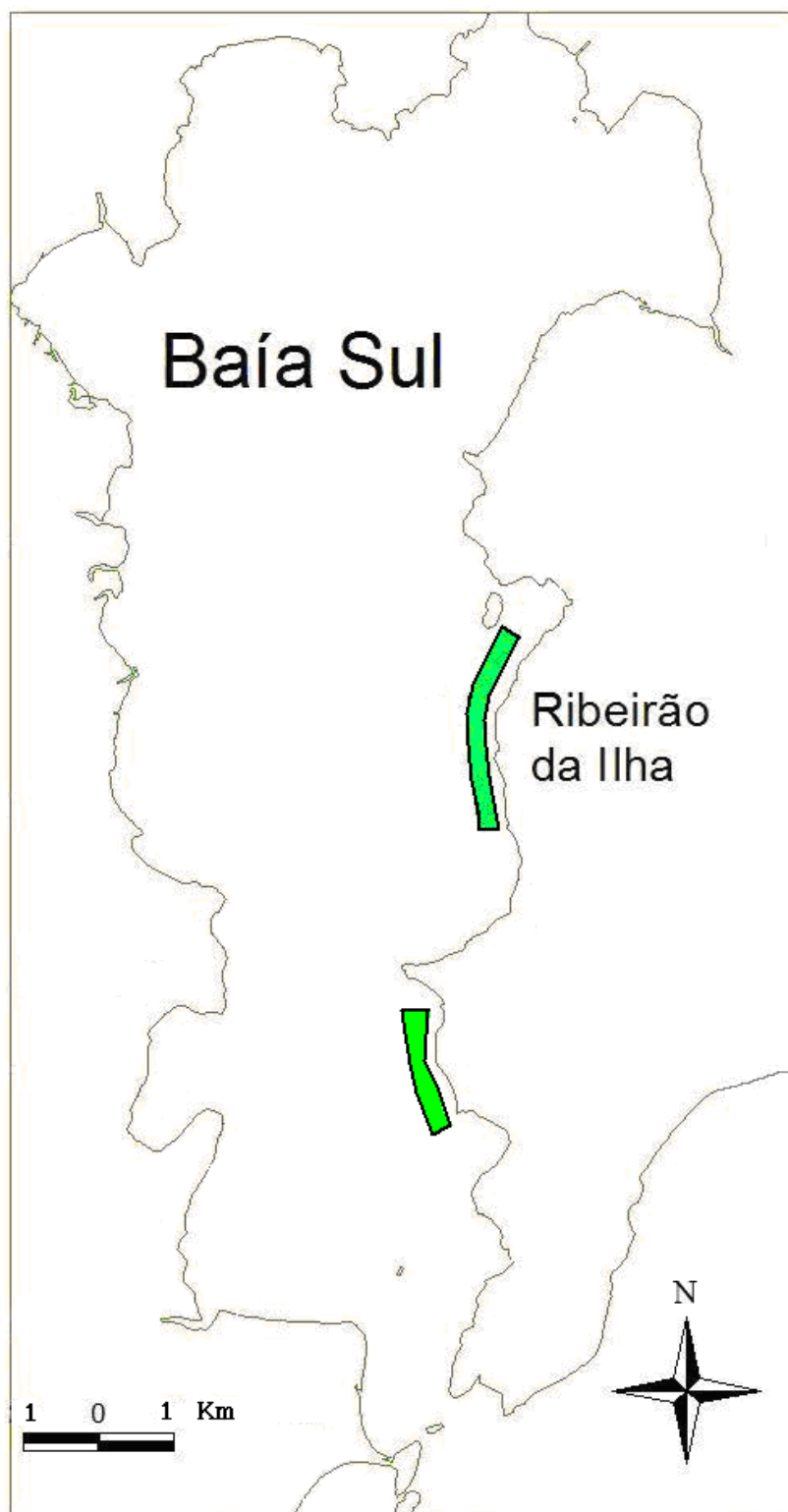


FIGURA 3 - Área na qual concentra-se o cultivo de ostras na baía Sul da Ilha de Santa Catarina (SC).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS DE DRENAGEM

A região litorânea central do estado, nas proximidades da Ilha de Santa Catarina, é caracterizada pela associação de duas unidades geológicas mais importantes: as elevações dos maciços rochosos, que compõem o embasamento cristalino e as áreas planas de sedimentação, delineando as denominadas serras litorâneas e planícies costeiras (CECCA, 1997). O relevo influencia a forma da linha de costa e a rede de drenagem das bacias hidrográficas. As planícies costeiras sedimentares, resultado dos processos erosivos do Quaternário, se formaram entre os maciços rochosos e a costa. Muitas vezes as formações cristalinas, promontórios rochosos e morros se prolongam sobre o mar formando costões, praias côncavas e enseadas protegidas dos fortes ventos e da agitação marítima, proporcionando boas condições para o cultivo e manejo de moluscos.

Na porção de relevo mais acidentado a oeste da área de estudo, destacam-se as serras com cristas que perdem altitude à medida que avançam em direção ao mar. Seus níveis variam entre 400 e 900 m de altitude (Serra do Tabuleiro) e superiores a 1.000 m (1.275 m - Morro do Cambirela) (EXTERCKOTER, 2006). A rede de drenagem que deságua nas baías Norte e Sul faz parte do sistema de drenagem da Vertente Atlântica, tendo como grande divisor de águas a Serra Geral, separando esta da Vertente do Interior. De maneira geral, os rios da Vertente Atlântica, que drenam os terrenos cristalinos e os terrenos sedimentares paleozóicos, apresentam ao longo de seu percurso um perfil bastante acidentado no curso superior, onde existe uma declividade acentuada, típica das encostas. Nas partes mais planas do curso inferior, onde cortam planícies aluviais, os perfis longitudinais assinalam baixas declividades, caracterizando-se, neste trecho, como rios de planícies (SANTA CATARINA, 1997).

Na área sobre o continente, influenciada pelas Serras Litorâneas, os rios drenam para leste, na direção do mar. Já na porção insular, o maciço rochoso do Ribeirão, no sul da Ilha, define a direção e a inclinação do curso dos pequenos córregos. A presença dos morros próximos ao mar permite a formação de rios de pequeno curso e de alta declividade, conhecidos por cachoeiras. Estes, geralmente de pequena extensão, atravessam transversalmente a comunidade do Ribeirão da Ilha, acumulando poucos resíduos no seu trajeto. Rios mais extensos, que

atravessam as planícies costeiras, geralmente mais densamente povoadas, sofrem maior influência da urbanização. Na baía Norte, os principais rios são o Biguaçu, no continente, e o rio Ratonés, na Ilha.

Na borda oeste da baía Sul, a bacia hidrográfica do rio Cubatão é a que possui maior densidade de drenagem e vazão, exercendo importante influência sobre os parâmetros oceanográficos desta baía (Figura 4). As bacias hidrográficas dos rios Pacheco, Massiambu, Grande, Aririu e Maruim são de menor importância em volume de vazão, porém o último chama atenção por atravessar áreas densamente urbanizadas, representando risco sanitário na sua desembocadura. Na porção leste da baía Sul, além dos pequenos córregos nascidos nas encostas íngremes, terminando diretamente no mar, as bacias hidrográficas mais importantes são de pequeno porte, caracterizadas como rios de planície. As bacias do rio Tavares, do rio Alto Ribeirão e do rio Ribeirão do Porto, são as de maior importância, sendo que as duas últimas apresentam potencial de risco sanitário a ser investigado por atravessarem área de urbanização recente sem sistema de tratamento de esgotos. A necessidade de monitoramento é ainda mais premente por estes rios desagüarem próximos às áreas de cultivo.

O Estado de Santa Catarina possui 516 km de linha de costa, caracterizada pela expressiva diversidade de paisagens compostas por estuários, lagoas, enseadas e baías. As baías Norte e Sul, localizadas na porção central da costa catarinense, são formadas por dois corpos d'água semi-confinados, separando a Ilha de Santa Catarina do continente (BONETTI, 1998). De formato alongado no sentido norte-sul e paralelo ao continente, estas baías possuem uma área de aproximadamente 399km² e comprimento de 52,5km (HORN FILHO, 2004). As águas das baías se comunicam com o oceano Atlântico pelo sul por uma estreita (cerca de 1 km de largura) e profunda passagem e, ao norte, por uma abertura mais ampla, de aproximadamente 11 km. Ao centro, uma aproximação entre a ilha e o continente restringe a comunicação entre os dois corpos de água, criando uma passagem estreita e profunda.

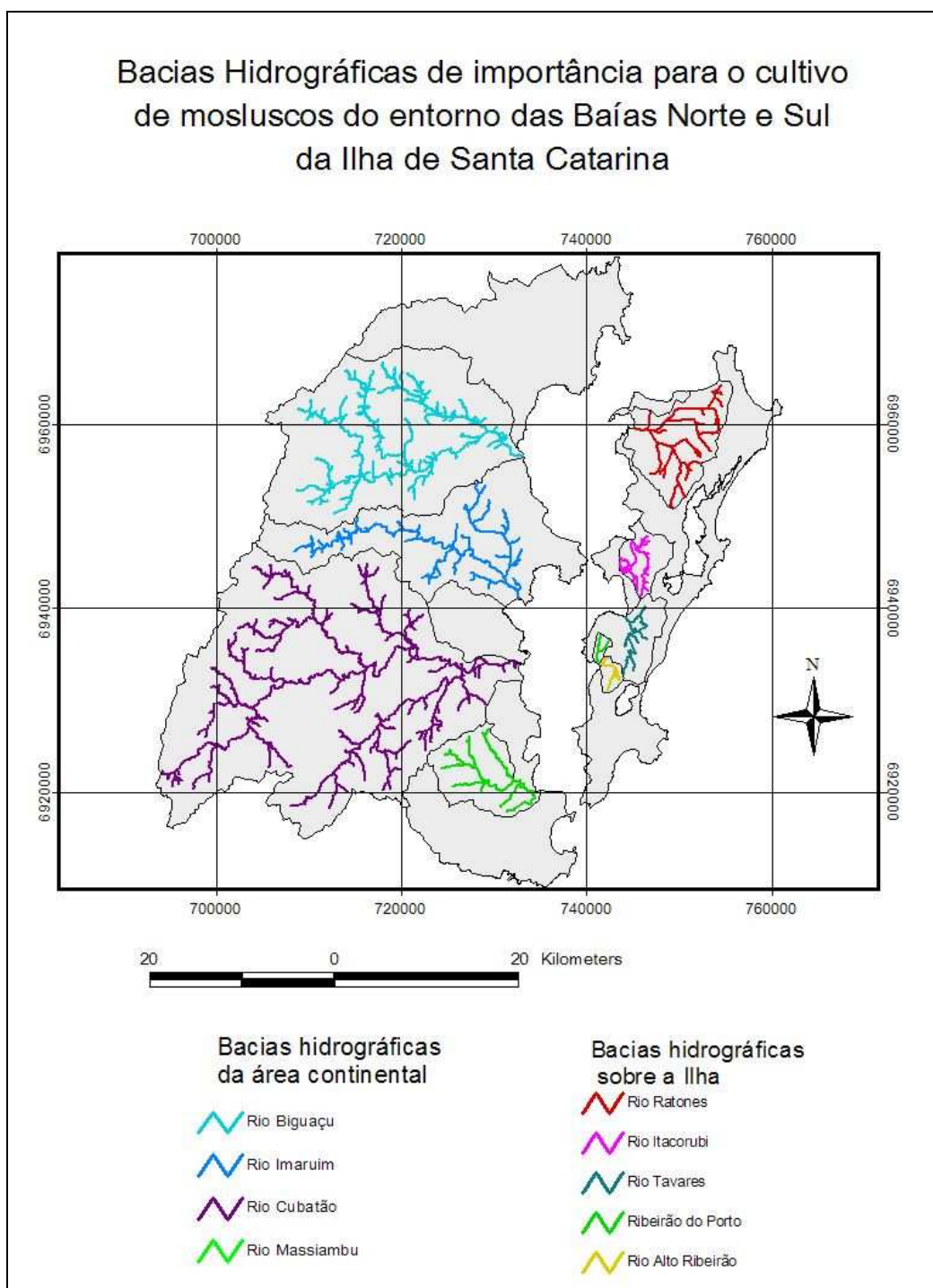


FIGURA 4 – Bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina.

2.3 OCEANOGRAFIA DA BAÍA SUL

De formato alongado e paralelo à linha de costa, a baía Sul possui 26 km de extensão no sentido norte-sul, variando entre 3 km e 9 km no sentido leste-oeste. De modo geral, o sistema é pouco profundo, raramente ultrapassando 5 metros. As maiores profundidades encontram-se associadas aos pontos de estrangulamento, localizadas nas extremidades norte (comunicação com a baía Norte) e sul (comunicação com o oceano) (BONETTI, 1998).

Os principais fatores responsáveis pelo movimento das águas no interior das baías são as correntes geradas pela oscilação de marés. Os ventos fortes predominantes e de eventos excepcionais também podem exercer influência sobre a hidrodinâmica, todavia, com caráter secundário. Estudos preliminares baseados no desenvolvimento de modelos numéricos (MELO, 1997; PRUDÊNCIO, 2003) mostram a existência de uma onda estacionária no centro da baía Sul, na altura da desembocadura do rio Cubatão (MELO, 1997), conhecida pelos pescadores locais como “tombo de maré” (Figura 5). O modelo Princeton Ocean Model (POM) utilizado por Prudêncio (2003) para as baías Norte e Sul, confirmou a formação da onda estacionária neste ponto. As áreas de maior intensidade de corrente de maré localizam-se no estreitamento central e principalmente nas proximidades da desembocadura sul da Baía. As correntes de maré apresentam-se ligeiramente mais intensas nos momentos de enchente de maré do que nas vazantes, inclusive na área do estreitamento central, onde a direção prioritária de escoamento se dá de sul para norte na vazante (PRUDÊNCIO 2003).

A baía Sul está sujeita ao aporte de águas provenientes de seis bacias hidrográficas do entorno (Figura 4), responsáveis por variações na salinidade de suas águas. De maneira geral, a salinidade varia entre 32 a 36 ppm na Caieira do Ribeirão da Ilha (RUPP, 2005)³, porém, em episódios pluviométricos extremos, pode ocorrer uma redução mais acentuada. Apesar dos aportes de água dos rios transportando material continental e das condições hidrodinâmicas propícias para sedimentação de material rico em nutrientes nos trechos mais abrigados, análises da coluna d'água não demonstram que este ambiente encontra-se enriquecido.

³ Dados coletados pontualmente anos de 2004 e 2005 para avaliação do desenvolvimento de vieiras (*Nodipecten nodosus*) no Litoral catarinense.

Influenciada pela presença sazonal das correntes das Malvinas e do Brasil e da Massa de Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a composição das águas e sua temperatura dentro das baías podem ser alteradas, condicionando a disponibilidade de nutrientes e as alterações bruscas nestes parâmetros.

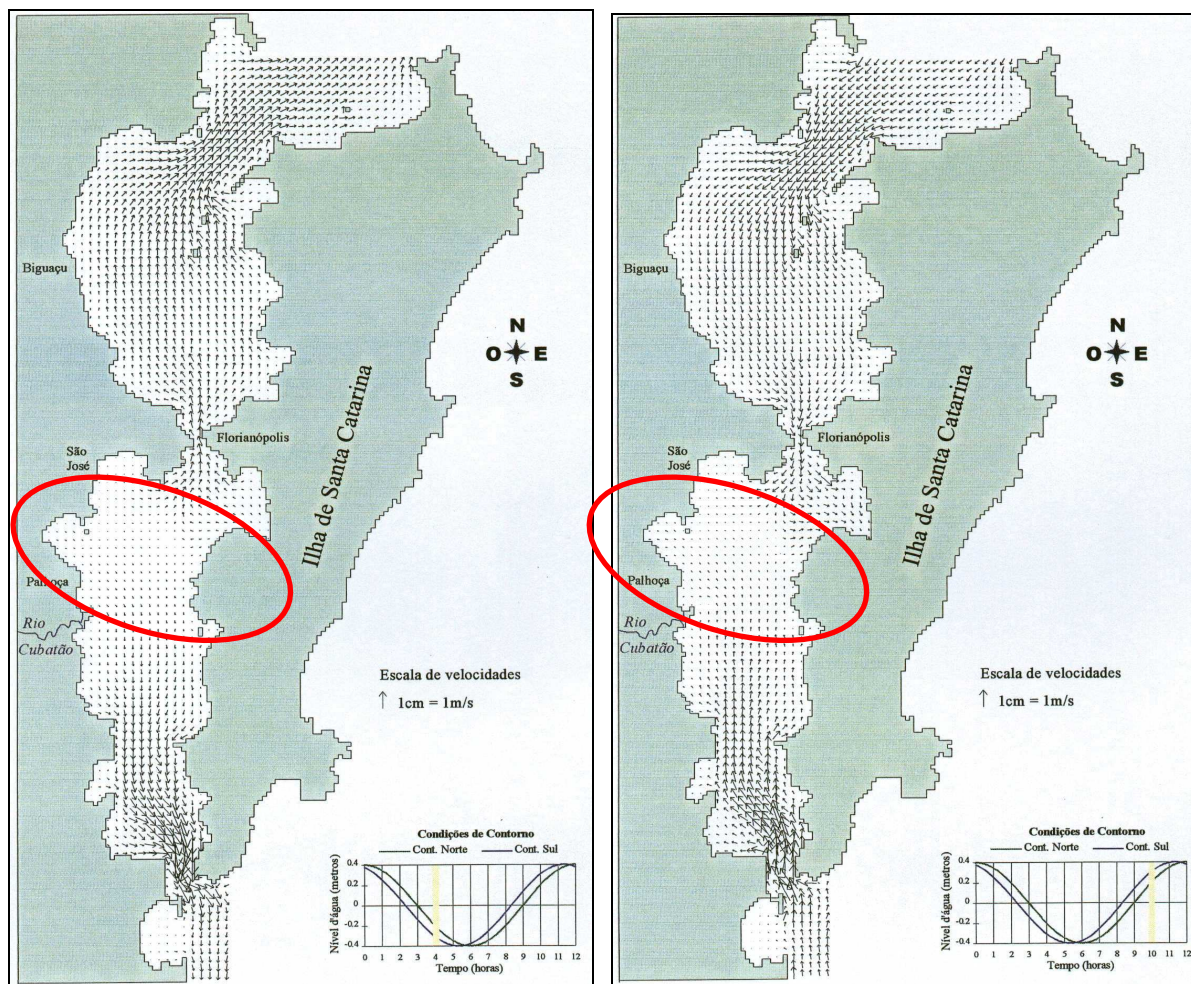


FIGURA 5 – Velocidade média integrada para a coluna d'água estimada para a componente de maré M2 quatro e dez horas (respectivamente) após a preamar na desembocadura sul. Fonte: Melo *et al.* (1997)

2.4 QUALIDADE AMBIENTAL E SANITÁRIA DAS BAÍAS NORTE E SUL

Como já vimos anteriormente, as baías Norte e Sul estão inseridas na Região Metropolitana de Florianópolis, entre a Ilha de Santa Catarina e o continente. No entorno destas baías estão situados os municípios que tiveram crescimento populacional acima da média no estado, nas últimas décadas. Estas baías têm sofrido diversas interferências como consequência do crescimento das

cidades de São José, Palhoça e especialmente Florianópolis. A construção de aterros sobre o mar para expansão urbana e ampliação da malha viária é uma dessas interferências de grande dimensão⁴.

Todavia, outras alterações menos visíveis e de difícil percepção acontecem diariamente. As construções nas encostas dos morros e sobre as praias, interferindo no processo de assoreamento das baías e a falta de tratamento adequado de esgoto sanitário para a maioria dos imóveis da região levam a uma degradação progressiva das condições ambientais destes corpos d'água, resultando em limitação de uso para atividades produtivas e de lazer. O crescimento das cidades do litoral não tem sido acompanhado pelo crescimento das redes de tratamento de esgoto urbano, levando seus usuários e o poder público a tentar encontrar soluções para estes problemas (CECCA, 1997).

As baías Norte e Sul recebem diariamente dos rios e córregos, efluentes das cidades do seu entorno. O movimento de correntes dentro das baías é especialmente influenciado pela oscilação das correntes de marés e ventos. Estas correntes são responsáveis pela dispersão de poluentes transportados pelos rios e também pela renovação de água dentro das baías, que se dá pelas aberturas que permitem a comunicação com o oceano Atlântico ao norte e ao sul das baías.

Segundo Silva (1989), na cronologia histórica que produziu sobre os serviços de esgoto em Florianópolis, os problemas sanitários da Ilha remontam ao século XVIII, quando os dejetos da cidade eram acumulados em barris ou cubos, e, à noite, transportados pelos escravos dos concessionários do serviço de esgoto até os locais de despejos, nas praias mais próximas e nos trapiches construídos para este fim. Duzentos anos mais tarde, em 1988, apenas 47,40% da população total de Florianópolis era atendida por uma rede de coleta de esgotos. Naquele momento, a cidade de Florianópolis ainda não possuía sistema de tratamento de esgotos, sendo os efluentes despejados diretamente nas baías.

De acordo com a Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM, 2006), no município de Florianópolis ainda predominam os tratamentos

⁴ As alterações da linha de costa da Ilha de Santa Catarina são conhecidas desde o final de século XVII, pelo aterro de pequenas áreas sobre o mar (GÜTTLER, 2006). Nos últimos 30 anos, foram construídos os aterros da Beira Mar Norte no início da década de 1980, da baía Sul em meados da década de 1990, o aterro de São José na década de 2000 e o aterro da via expressa do continente iniciado no ano de 2006, alterando de forma significativa o traçado da linha de costa e ecossistemas locais.

individuais de resíduos domésticos. Apenas 51,6% da população urbana (dados de 1999) é atendida por sistema de recolhimento e tratamento de esgotos. A implantação dos sistemas de tratamento de esgoto Insular, de Potecas no continente, de Canasvieiras, da Lagoa da Conceição e de Santo Amaro da Imperatriz, ajudou a mitigar os impactos sobre as baías. A região central entre as duas baías é de ocupação mais antiga e conseqüentemente a mais populosa, sofrendo de maneira mais intensa os efeitos da urbanização.

Apesar de melhorias com a instalação do sistema de tratamento de esgotos na área central da cidade de Florianópolis e em alguns bairros mais afastados, a situação das baías continua preocupante, pois a ampliação da rede de captação e tratamento de esgotos não caminha na mesma velocidade que o crescimento das cidades do seu entorno, podendo levar as baías, em poucos anos, à condição de impróprias para diversas atividades produtivas e de lazer.

Segundo relatório do Ministério Público de Santa Catarina, a situação do estado em relação ao esgoto sanitário é muito precária. Dos 293 municípios do estado, apenas 22 deles (8%) são atendidos com serviços de esgoto, índice este inferior à média nacional que é de 19% (CREA 2006).

Com o início da produção de moluscos nas proximidades de Florianópolis, foram realizados vários levantamentos para avaliar a condição das águas para fins de aqüicultura. Entretanto, as avaliações sobre a poluição nas baías, na sua maioria, têm sido realizadas de maneira pontual no espaço e geralmente muito limitada na escala temporal. De modo geral, os resultados apontam para problemas de contaminação fecal e alertam para a presença de alguns metais pesados que podem vir a ser um risco no futuro, se não forem tomadas providências, como mostram os trabalhos discutidos a seguir. A distribuição dessa poluição não se dá de maneira homogênea no interior das baías, sendo necessário nestas avaliações o conhecimento mais amplo sobre o funcionamento do sistema, correntes e transporte de sedimentos para permitir conclusões mais seguras.

Alguns trabalhos, mesmo que utilizando metodologias diferentes na investigação sobre metais pesados nas proximidades de Florianópolis, concordam quanto à sua ocorrência nestes locais, ressaltando que os mesmos são encontrados sempre em quantidades muito inferiores aos padrões aceitos nas

resoluções do CONAMA⁵ (BENATO, 1999; SÁENZ ISLA & BAINY, 2000; MELLO *et al.*, 2005).

Benato (1999), pesquisando traços de metais pesados em tecido de peixes das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina e do manguezal do Itacorubi, concluiu que apesar de detectado o descarte de resíduos de clínicas radiológicas, hospitais, laboratórios de análises clínicas e maternidades na rede pluvial que chega às baías, não encontrou resquícios dos metais pesados cádmio, chumbo e cromo em tecido muscular de peixes, indicando que estes elementos ainda não atingiram o topo da cadeia trófica. Todavia, a autora alerta para o crescimento do volume de dejetos químicos despejados nos efluentes da região central da Ilha.

Claudino (2003), investigando a presença de metais pesados na água superficial da baía Norte da Ilha de Santa Catarina, próximo às pontes que ligam a Ilha ao continente, utilizando a técnica de Voltametria de Redissolução Anódica (ASV) para a determinação do zinco e chumbo e a Voltametria de Redissolução Catódica (ACSV) para detecção do cobre, identificou a presença destes metais em valores muito abaixo das normas estabelecidas na resolução N° 20 do CONAMA⁶. Este trabalho está de acordo com os trabalhos de Mello (2003) e Pozebon (1998).

Silva (2002), estudando variáveis oceanográfico-sedimentares, chama atenção para a importância dos sedimentos de fundo como acumuladores de poluentes, pois parte dos resíduos urbanos eliminados nas baías são depositados no fundo, vindo a alterar a vida bentônica, e em consequência, a cadeia trófica local.

Logullo (2005), pesquisando a qualidade da água dos rios que deságuam na baía Sul na localidade de Ribeirão da Ilha, próximo à Tapera, analisa a contaminação por coliformes fecais na água de algumas áreas de cultivo bem como na carne de ostras. Para os rios Ribeirão do Porto e Alto Ribeirão, responsáveis por 80% da vazão dos rios estudados, foi determinado o potencial de contaminação através da descarga orgânica (DBO) lançada diariamente nestes rios. Analisando amostras de água e ostras em 2 cultivos foi detectada a presença de coliformes

⁵ A resolução número 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabelece critérios para classificação das águas quanto à salinidade e quanto à qualidade exigida para seus diversos usos.

⁶ A Resolução do CONAMA N° 20 foi substituída pela Resolução do CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a nova classificação dos corpos de água e novas diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

(mais especificamente de *Escherichia coli*). O trabalho mostra também uma variação muito grande na condição sanitária destes ambientes. Entretanto, a importância destes rios para o aporte de água na baía é limitada em função da reduzida capacidade de vazão.

Os resultados do levantamento da qualidade da água realizado pela EPAGRI entre os meses de setembro a dezembro de 2005, apresentados durante seminário⁷ no Ribeirão da Ilha, mostraram a presença de coliformes fecais em áreas de cultivo⁸ na Tapera, no Barro Vermelho e nas proximidades da Caieira da Barra do Sul. Na localidade do Barro Vermelho foi também detectada a presença de *Salmonella*, mas não foi encontrado *Staphylococcus* em nenhuma destas análises (SANTOS, 2005).

As Fazendas Marinhas Ostravagante e Ostraviva realizam análise microbiológica da carne da ostra. Além destas, a Fazenda Marinha Atlântico Sul (FMAS) controla a qualidade dos produtos que leva ao mercado realizando, desde 2001, análises microbiológicas com frequência semanal ou mensal na água de cultivo e na carne das ostras. Os dados disponíveis na Internet⁹ dizem respeito às análises de coliformes fecais em carne de ostras coletadas na área de cultivo na Costeira do Ribeirão, realizadas pelo laboratório do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFSC (Figura 6).

Estas análises demonstram que as ostras retiradas desta área de cultivo apresentam perfeitas condições de consumo. O limite máximo permitido pela Agência de Vigilância Sanitária de presença de coliformes fecais por grama de carne é de 100NMP/g, sendo que o resultado mais elevado apresentado na figura 5 foi de aproximadamente 30 NMP/g de coliformes em alguns períodos.

⁷ I Seminário sobre qualidade da água da baía Sul e saneamento básico em seu entorno, realizado no Ribeirão da Ilha nos dias 07 e 08 de dezembro de 2005.

⁸ Na referência da Epagri corresponde às áreas 6, 9 e 21

⁹ <http://ostras-gigas.com.br/portaldamaricultura.htm>

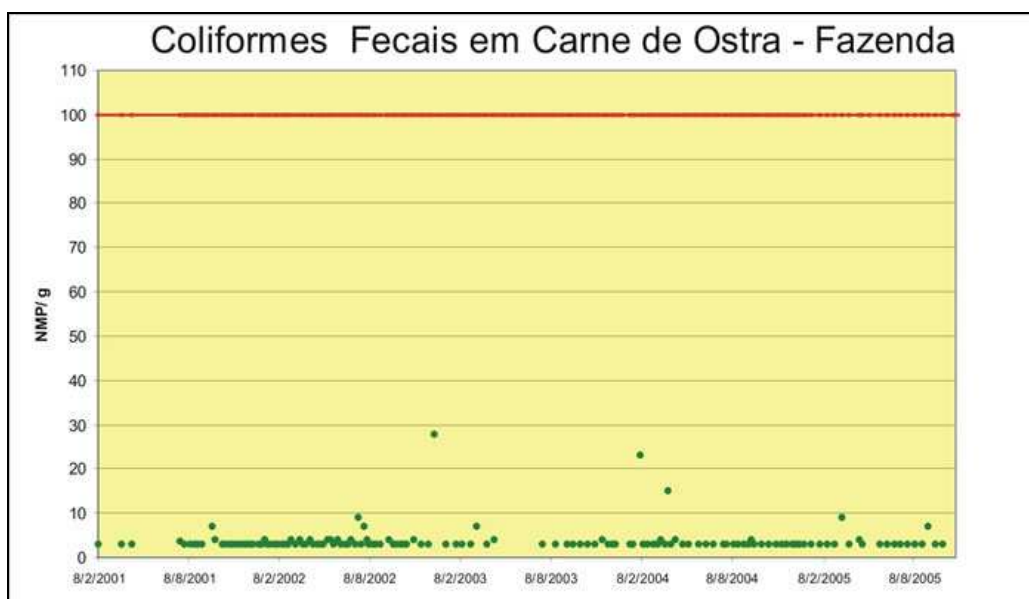


FIGURA 6 - Histórico da avaliação de coliformes fecais na carne de ostras na Costeira do Ribeirão. A linha a cima em NMP=100 representa o limite máximo aceito pela legislação vigente. Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul para ostras retiradas da área da Costeira do Ribeirão (FMAS, 2006)¹⁰.

Os trabalhos apresentados anteriormente apontam a presença de contaminação por despejos urbanos nas baías, especialmente por esgoto sanitário. Em contrapartida, laudos apresentados pela Fazenda Marinha Atlântico Sul demonstram que a ocorrência de contaminação por coliformes fecais nas ostras é sempre muito inferior ao estabelecido por lei como padrão para o consumo humano. Estas informações são importantes na medida em que indicam comportamentos diferentes no ambiente, em que algumas áreas estão mais sujeitas à ocorrência de poluição e outras menos. Esta avaliação mais precisa depende do conhecimento dos pontos de lançamento destes efluentes, da identificação do grau de contaminação de cada ponto de lançamento e de como estes efluentes estão se dispersando dentro das baías.

O meio marinho é dinâmico e a ocorrência de um episódio de contaminação em um determinado ambiente não implica na contaminação direta do seu entorno.

¹⁰ A figura 6 mostra os resultados de análises semanais de investigação da presença de coliformes fecais na carne de ostra *Crassostrea gigas*, cultivadas na área localizada na Costeira do Ribeirão (A13FPRIB), baía Sul da Ilha de Santa Catarina. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária em sua resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, estabelece como limite de máximo tolerância na carne de molusco para o consumo humano o número mais provável (NMP) igual a 100 coliformes fecais por grama de carne de ostra. (FMAS, 2006)

As correntes promovidas especialmente pela oscilação da maré são responsáveis pela dispersão de águas mixohalinas dentro das baías. De maneira geral, são os rios e córregos os responsáveis pelo aporte e dispersão dos eventuais agentes de contaminação continentais (esgotos urbanos, agrotóxicos da agricultura e dejetos industriais) ao mar. Pequenos córregos ao longo da costa podem concentrar emissões de efluentes domésticos diretamente ao mar, todavia, em quantidades limitadas se comparadas aos efluentes oriundos de áreas de concentração urbana mais importante. Episódios de chuvas fortes também afetam diferentemente a dispersão das massas de água (água doce, nutrientes e poluentes). A profundidade e a forma da linha de costa também devem ser consideradas na dispersão de poluentes. Desta forma, podemos constatar que a contaminação por despejos urbanos existe, sendo necessário identificar as fontes, ponderar seu peso no contexto geral e avaliar o seu potencial de dispersão sobre as áreas de cultivo.

2.5 CLIMA LOCAL

A classificação de Köppen baseia-se em elementos climáticos como temperaturas médias anuais e totais pluviométricos, além da vegetação. São utilizadas letras para representação das variações do clima nas diferentes regiões. Para a região sul do Brasil o clima é classificado como Cfa, com chuvas bem distribuídas e verões rigorosos. As temperaturas médias variam entre 17°C e 19°C.

Para Strahler, o clima do sul do Brasil é classificado como clima subtropical úmido, sofrendo forte influência da Massa Tropical Atlântica responsável pelas fortes chuvas durante o verão. A penetração das frentes polares ocorre com maior frequência no inverno, dando origem às chuvas frontais resultantes do encontro da massa de ar quente com a fria. As chuvas são bem distribuídas durante o ano inteiro, com alto índice médio de pluviosidade anual, sem a ocorrência de estação seca.

No verão, devido ao aumento do gradiente de pressão entre os continentes e o oceano, ocorre a intensificação dos ventos alísios de nordeste que transportam umidade para a América do Sul. No inverno, as massas de ar frio com alta pressão e baixas temperaturas penetram sobre o continente, podendo causar geadas ao sul de 30°S. Em alguns casos pode ocorrer a penetração de frentes frias em latitudes

menores que 25°, podendo chegar à região amazônica. A variabilidade anual de precipitação sobre o continente sul-americano envolve fenômenos de escala global. Influenciada pela intensificação do Jato Subtropical, a precipitação no sul do Brasil tende a ser acima da média nos anos de El-Niño, ocorrendo especialmente entre o período de novembro a fevereiro. Durante os meses de junho a dezembro, a precipitação tende a ser abaixo da média (TASCETTO, 2006)

Estudando as massas de ar que influenciam o tempo na região sul, Monteiro e Furtado (1995), a partir de uma abordagem dinâmica para avaliação do clima entre Porto Alegre e Florianópolis, caracterizaram o regime climático a partir da análise das médias mensais de temperatura, precipitação, ventos, pressão atmosférica e umidade relativa do ar de estações meteorológicas entre estas duas cidades. Neste estudo, os autores constataram que as maiores pressões atmosféricas estão relacionadas às entradas de massas polares, ocasionando as baixas temperaturas no inverno. A umidade relativa do ar se mantém elevada durante todo o ano (acima de 80%), com exceção do mês de dezembro, quando sofre uma diminuição. As precipitações são mais intensas no verão e a direção predominante do vento em Florianópolis é NE, sendo que a intensidade dos ventos é ligeiramente maior durante os meses de setembro a dezembro.

A aquicultura marinha nas proximidades da Ilha de Santa Catarina é fortemente dependente das variações climáticas locais. Além das variações sazonais da temperatura da água, mais quentes no verão e mais frias no inverno, a passagem de frentes frias altera por vezes abruptamente a temperatura do ar, causando reflexos na direção dos ventos e das correntes oceânicas, alterando as massas de água que circulam no exterior das baías. Estas oscilações, que são mais intensas no inverno, também ocorrem no verão, interferindo no processo reprodutivo das ostras. No inverno, quando a temperatura da água atinge em média 18°C, o crescimento das ostras é potencializado. O melhor momento para iniciar o cultivo introduzindo as sementes de ostras depende muito do período do ano e da temperatura da água. A maior incidência de chuvas durante o verão pode agravar o estado de fragilidade em que se encontram as ostras durante o processo reprodutivo. Os ventos de Nordeste, que sopram forte na primavera e no verão, podem aumentar os níveis de material em suspensão na coluna d'água, contribuindo também para o enfraquecimento das ostras.

Os descritores apresentados no Quadro 1 apontam para o mês de junho como o mês de menores intensidade de temperaturas, precipitação e incidência de ventos. Nos meses de verão a temperatura média diária do ar (29,7°C) e a temperatura da água do mar (27,7°C) dentro da baía Sul são mais altas, assim como a incidência de ventos e a precipitação pluviométrica são mais intensas. Apesar da existência de um padrão entre inverno frio e verão quente, nos últimos anos as variações dentro da mesma estação têm sido observadas, com temperatura da água permanecendo quente durante mais tempo do que o habitual.

QUADRO 1 – Dados climatológicos e temperatura da água do mar para Florianópolis no ano de 2002.

DESCRITOR	MÁXIMO	MÊS	MINIMO	MÊS
Temperatura média diária do Ar (°C)	29,7	março	11,9	Junho
Precipitação média diária (mm)	231,00	Janeiro	39	Junho
Velocidade média do Vento (m/s)	50	Dezembro	3	Junho
Temperatura da Água (°C)	27,7	Dezembro	15,4	Junho

Fonte: Estação Meteorológica da Base Aérea de Florianópolis e Campanha de coleta de dados do autor

2.6 USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA

O desembarque de aproximadamente seis mil imigrantes portugueses no período entre 1748 e 1756 deu início ao povoamento colonial do interior da Ilha de Santa Catarina, que anteriormente havia sido ocupada por diversos grupos indígenas como atestam a presença de Sambaquis e de restos arqueológicos de aldeias Itararé e Guarani. Nossa Senhora do Desterro, já estabelecida anteriormente como vila, viu a fundação de várias Freguesias nos seus arredores como N. Sra. da Conceição da Lagoa e a de N. Sra. das Necessidades e Santo Antonio (1755), N. Sra. da Lapa do Ribeirão (1809) e a freguesia da Santíssima Trindade detrás do Morro (1835). Neste período, entre as principais atividades econômicas destacaram-se: a construção naval e a marinharia, as técnicas de construção de engenho, de carros-de-boi, a olaria de cerâmica utilitária e decorativa, a renda-de-bilro, a manufatura de tecidos e a pesca que, embora fosse

pouco significativa economicamente, era muito praticada como atividade de subsistência. Somente a caça da baleia se notabilizou como atividade rentável no século XVIII, mas era monopólio da Coroa Portuguesa (GÜTTLER, 2005).

No século XIX, a economia local baseava-se no plantio da mandioca e da cana de açúcar para a produção de farinha e cachaça nos engenhos e alambiques para auto-abastecimento das fazendas, sendo o excedente comercializado no mercado da cidade de Florianópolis (HUBENER, 1979). A pesca, apesar de sempre ter existido na região, sempre foi praticada artesanalmente, com pequenas embarcações muitas vezes em canoas de um tronco só, por vezes com uso de propulsão à vela, outras por baleeiras maiores com motor, mas nunca perdeu o caráter artesanal. Muitos pescadores artesanais chegaram a trabalhar na pesca “embarcada” industrial, sediada em Florianópolis, Itajaí, Rio Grande e mesmo Santos (SILVA, 1992).

O ambiente do interior das baías era propício ao fundeio de embarcações e também para a pesca artesanal. O desenvolvimento de Desterro se deu até o início do século XX dependente da agricultura familiar, da pesca artesanal, da atividade comercial ligada ao porto, e ainda dos importantes contingentes militares e da função administrativa (CABRAL, 1972).

Transformações ocorridas no decorrer do século XX conduziram à decadência das atividades portuárias, da agricultura familiar e da pesca tradicional. O desenvolvimento de navios com maior calado aliado à construção da ponte Hercílio Luz e o advento dos motores a combustão enfraqueceram as atividades portuárias. O processo de urbanização e a conexão da capital catarinense ao resto do Brasil com a construção da BR 101, assim como as normas sanitárias para industrialização da farinha entre outros fatores, também contribuíram para o esvaziamento das atividades econômicas do século anterior, mudando drasticamente as características da Ilha.

Em poucos anos, a partir da década de 1960, influenciadas especialmente pelo aumento populacional, Florianópolis e as cidades próximas sofreram as conseqüências do desenvolvimento urbano, observadas na composição de sua população predominantemente urbana, das atividades econômicas voltadas ao comércio, administração e turismo, nos impactos ambientais decorrentes deste crescimento, especialmente na ocupação de encostas, mangues e praias, e na destinação de resíduos urbanos e esgoto sanitário.

Em 45 anos, a população de Florianópolis passou de 98.520 habitantes em 1960 para 396.778 habitantes em 2005 (Estimativa IBGE, 2004). Às atividades tradicionais de agricultura e pesca, administração pública, foram agregadas, pouco a pouco, atividades do setor terciário como turismo, setor tecnológico (MOURA & KLEINKE, 1999), serviços, lazer e ensino superior. A prática do veraneio levou as pessoas a comprarem terrenos a beira mar, provocando uma enorme transformação no uso destas áreas costeiras (CECCA, 1997). O crescimento das cidades com o aumento da população, do número de ruas e moradias não foi acompanhado pelo aumento proporcional dos serviços públicos, em especial, do número de moradias atendidas por sistemas de tratamento de esgotos. Atualmente, estima-se que a população dos municípios do entorno das duas baías seja de aproximadamente 711 mil habitantes (IBGE, 2004). A Figura 7 compara a taxa de crescimento populacional de alguns municípios da Região Metropolitana de Florianópolis na década de 1990.

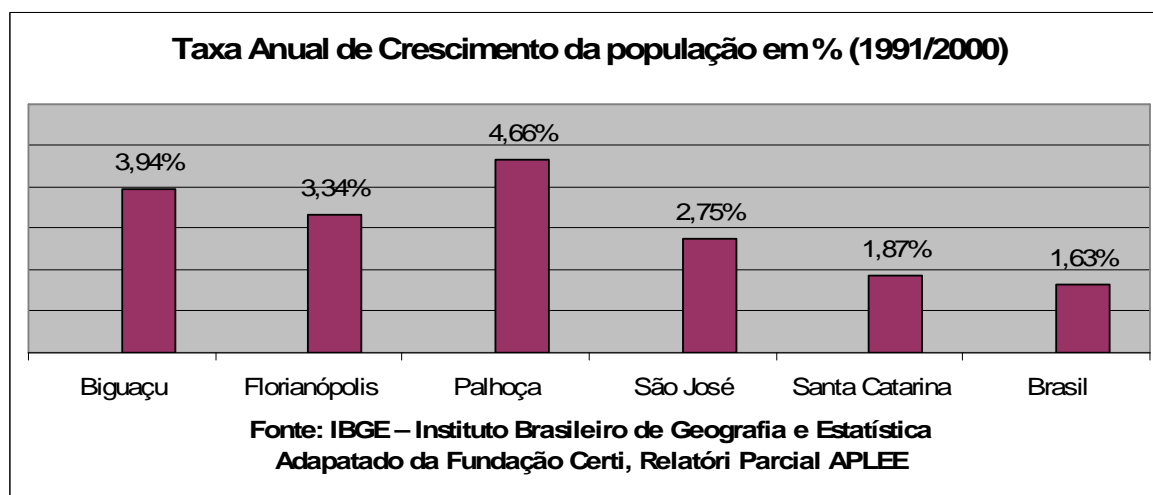


FIGURA 7 – Taxa média de crescimento populacional dos municípios da Região Metropolitana de Florianópolis na década de 90 (1991/2002)

Fonte – Fundação Certi

Neste contexto de crescimento urbano do entorno das baías Norte e Sul, surge, em meados da década de 1980, a produção de moluscos nas localidades de Santo Antônio de Lisboa, na baía Norte e no Ribeirão da Ilha e Enseada de Brito, ambos na baía Sul (Figura 8).

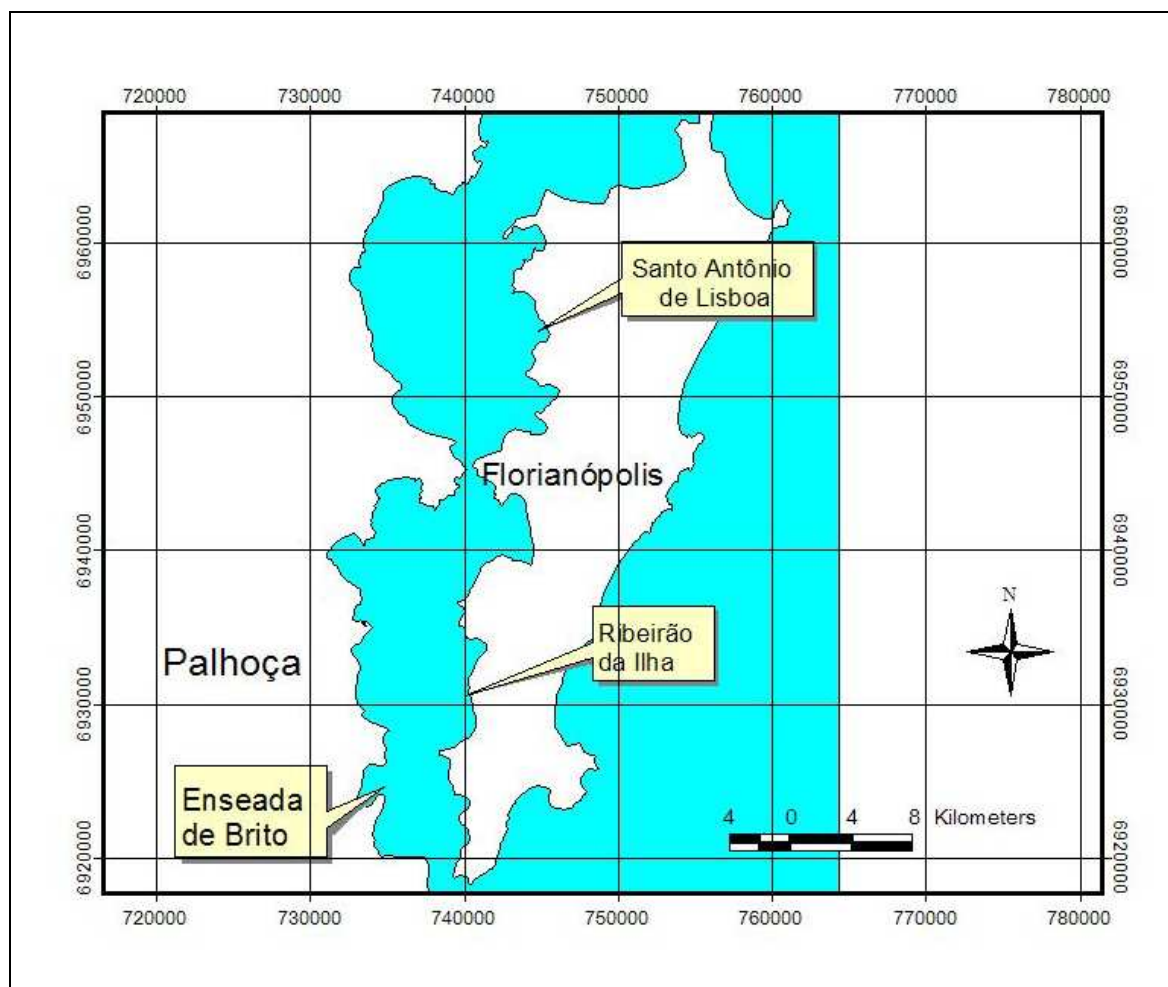


FIGURA 8 - Localidades da região da Grande Florianópolis onde se deu o início da maricultura.

O distrito do Ribeirão da Ilha localiza-se na porção sul da Ilha, na borda leste da baía Sul, a 30 km do centro da cidade de Florianópolis. Espremido ao longo de 16 km, entre o mar e o maciço montanhoso do sul da Ilha, apresenta pouco espaço para desenvolvimento de grandes aglomerações urbanas. Pouco populosa, esta comunidade originalmente acostumada à pesca de subsistência hoje tem como principais atividades econômicas a maricultura (ostras e mexilhões) e o turismo (pousadas, restaurantes e passeios).

A maricultura desencadeou um processo de mudanças importantes no aspecto econômico e social nas comunidades produtoras. A instalação de ranchos e de pequenas empresas de produção, postos de venda de moluscos e insumos para a atividade e restaurantes, movimentou a economia local (Figuras 9 e 10). O crescimento da atividade demonstra que a maricultura tem sido favorável à geração de postos de trabalho e renda direta e indireta. A estrutura produtiva do Ribeirão da Ilha, por exemplo, apresentou uma série de mudanças que favoreceram a melhoria da qualidade de vida local. (MACHADO, 2002).



FIGURA 9 – Restaurante especializado em ostras e frutos do mar no Ribeirão da Ilha.



FIGURA 10 – Pequenos empreendimentos criados a partir do início da maricultura no Ribeirão da Ilha.

A instalação da maricultura teve como objetivo inicial proporcionar aos moradores das áreas costeiras, ligados à pesca artesanal decadente, uma atividade complementar de renda. A maricultura tem demonstrado seu potencial econômico e social, e despertado interesse pelos espaços de produção, colocando pescadores, veranistas, empreendedores turísticos, moradores da orla, entre outros, frente a frente na disputa por estes espaços ao longo de toda a costa catarinense.

2.7 A PRODUÇÃO DE OSTRAS

A produção comercial de moluscos no Brasil é uma atividade relativamente recente apesar de serem conhecidas algumas experiências anteriores de cultivo de espécies aquáticas marinhas nas águas da costa brasileira.

Poli (2004) relata que as primeiras referências ao cultivo de ostras no Brasil são da década de 1930, do entusiasta Comandante Alberto Augusto Gonçalves. Porém, somente a partir da década de 1970 pesquisas de cultivo de ostras tiveram início no litoral brasileiro.

No Rio de Janeiro, na década de 1970, por iniciativa do Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva, foi desenvolvido o Projeto Cabo Frio com o objetivo de demonstrar que as águas da ressurgência poderiam ser utilizadas para produção de energia, fabricação de gelo, fertilização de áreas marítimas e cultivo de fitoplâncton, zooplâncton, alevinos, peixes e camarões. O projeto teve como resultado, entre vários outros, o domínio do processo de criação controlada de ostras e mexilhões (IEAPM, 2006). Todavia, o Projeto Cabo Frio se limitou a algumas experiências que levaram à constatação de que seria possível o cultivo das ostras na costa brasileira.

Experiências de cultivo de ostras nativas (*Crassostrea rhizophorae*) foram realizadas em varias regiões do Brasil. Poli (2004) cita experiências de cultivo de *Crassostrea rhizophorae* ou *C. brasiliiana* durante a década de 1970 no Ceará e na região de Cananéia, em São Paulo. Santa Catarina, em 1971, desenvolveu projetos de captação de sementes de ostras no estuário do rio Ratones. Na Universidade Federal da Bahia, em 1972, experiências de cultivo foram desenvolvidas no projeto Viabilidade do cultivo – bioecologia de ostras, na cidade

de Jaribatuba. Desta década em diante, vários estados promoveram pesquisas com moluscos como Paraná e Sergipe. Financiados pela Agência Canadense de Desenvolvimento - CIDA, foram iniciados projetos de desenvolvimento da atividade na Bahia, Maranhão, Rio Grande do Norte, Espírito Santos e Santa Catarina, através da Universidade de Victoria da British Columbia e da Universidade Federal de Santa Catarina. A introdução da espécie *Crassostrea gigas*, em 1974, pelo Instituto de Pesquisas da Marinha, pelo Instituto de Pesca de São Paulo em 1975 e pelo Instituto de Biologia da Universidade da Bahia em 1981 (POLI, 2004), mostram as tentativas de desenvolvimento da atividade no Brasil.

Os primeiros resultados promissores de cultivo de ostras foram obtidos em Cananéia/SP, com as ostras nativas. Em Santa Catarina, as primeiras colheitas de moluscos na localidade de Santo Antônio de Lisboa motivaram os pescadores locais ao cultivo. Desde então, o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa universitária, de extensão rural e o envolvimento das comunidades tradicionais de pescadores artesanais, permitiu o crescimento e aprimoramento da atividade, permitindo o início da produção comercial de moluscos.

Influenciados pelo êxodo rural e o crescimento urbano da cidade de Florianópolis, muitos moradores das áreas mais tradicionais da Ilha optaram por ter uma atividade profissional com ganho fixo, como soldados da Polícia Militar ou mesmo vigias noturnos ou funcionários públicos. Empregados na cidade, mantiveram a pesca artesanal como atividade de complementação de renda, praticada nos fins de semana, nos horários fora do trabalho, nos fins de tarde e nos períodos do ano de pesca da tainha e do camarão. Foram, na sua maioria, estes moradores, meio trabalhadores urbanos, meio pescadores, que se embrenharam na aventura de “produzir” moluscos¹¹.

A população “tradicional” desta região incluía na dieta alimentar, além do peixe, o mexilhão, a ostra nativa e o berbigão, moluscos extraídos dos costões rochosos ou do substrato arenoso no fundo das áreas mais rasas. Mas foi somente a partir da década de oitenta, após alguns resultados favoráveis de pesquisa ao

¹¹ Muitas das informações aqui apresentadas decorrem da experiência pessoal do autor que exerceu a atividade de maricultor no Ribeirão da Ilha entre os anos de 1996 a 2003, tendo ajudado a fundar a Fazenda Marinha Atlântico Sul, empresa da qual é associado e a Federação das Associações de Maricultores de Santa Catarina em 1999. No período em que foi membro da diretoria da Federação, o autor teve a oportunidade de conhecer de perto as condições de vida e de produção de boa parte dos maricultores de Santa Catarina, incluindo os seguintes municípios Penha, Palhoça, Governador Celso Ramos, São Francisco do Sul, Bombinhas.

cultivo de ostras e mexilhões, que a maricultura passou a se constituir numa atividade econômica, inicialmente como complemento da renda familiar.

As características ambientais e sócio-culturais favoreceram a instalação da atividade na costa catarinense. O litoral recortado, formado por baías e enseadas protegidas dos ventos e das ondas foi motivo não somente para a instalação dos primeiros povoados, como para o desenvolvimento da pesca artesanal e mais recentemente, o surgimento dos cultivos marinhos. Às condições favoráveis do meio, somou-se a presença da população "nativa" habituada à "lida no mar", parcialmente excluída do processo de urbanização desta região.

A transição da pesca extrativista para uma forma de cultivo que exige certos cuidados para obtenção de bons resultados, acarretou algumas mudanças importantes de mentalidade. Apesar de familiar, por ser uma atividade no mar, espaço bem conhecido por todos, a produção de moluscos provocou entre os maricultores uma mudança na maneira de perceber o ambiente em que vivem. O mar passou a ser visto, não mais como o "fundo do quintal"¹², o local de depósito de dejetos da casa, mas começou a ser valorizado como ambiente de lazer, de beleza e de produção (FERREIRA, 1998). As características da produção de moluscos exigem um ambiente limpo, com águas de qualidade assegurada.

Por este motivo, cada vez mais o tema "qualidade" vem contribuindo para a mudança de mentalidade desta comunidade tradicional que passou à produção de moluscos. O conhecimento de novas técnicas adequadas ao cultivo, bem como a organização associativa, passaram a ser uma necessidade, pois agora não se trata simplesmente de extrair algo do ambiente (peixes, mexilhões, ostras), mas de produzir nas melhores condições propiciadas por este ambiente.

O estado de Santa Catarina tem se configurado como o maior produtor de moluscos cultivados (ostras, mexilhões e vieiras) do Brasil. A produção nacional de moluscos no ano de 2005¹³ foi de 14.9000 ton. e a produção catarinense neste mesmo período foi de 14.175,5 ton, portanto 95,1% da produção brasileira, destacando desta maneira a importância da produção catarinense de moluscos

¹² A maioria das casas antigas da Freguesa do Ribeirão tem sua fachada principal voltada para a estrada. Os fundos da casa eram voltados para o mar, onde eram despejados os dejetos domésticos. Com a urbanização, a implantação de serviço de coleta de lixo e a valorização do mar como área de lazer e mais recentemente de produção de moluscos, as casas mais novas, são voltadas para o mar, valorizando a paisagem e a proximidade com a água.

¹³ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros – Estatística de 2005.
In:http://200.198.202.145/seap/Dados_estatisticos/boletim2005a%28tabela%29.pdf

para o Brasil, assim com para as comunidades que dependem dela para seu sustento.

A estatística de produção comercial de moluscos cultivados no estado, realizada pela EPAGRI, teve início na década de 1990, quando a produção de mexilhões foi de 190 toneladas e a de ostras, em 1992, de 48.000 dúzias. Houve um crescimento vertiginoso na década de 90, chegando a produzir em 2003, 2.031 toneladas de ostras (Figura 11) e no ano de 2000, foram produzidas 11.364,9 toneladas de mexilhões (Figura 12).

Nos anos seguintes a 2003, a produção de ostras teve uma diminuição motivada especialmente pela falta de oferta de sementes, mas também pela falta de conhecimento adequado de manejo destas sementes, provocando perdas significativas por parte dos produtores.

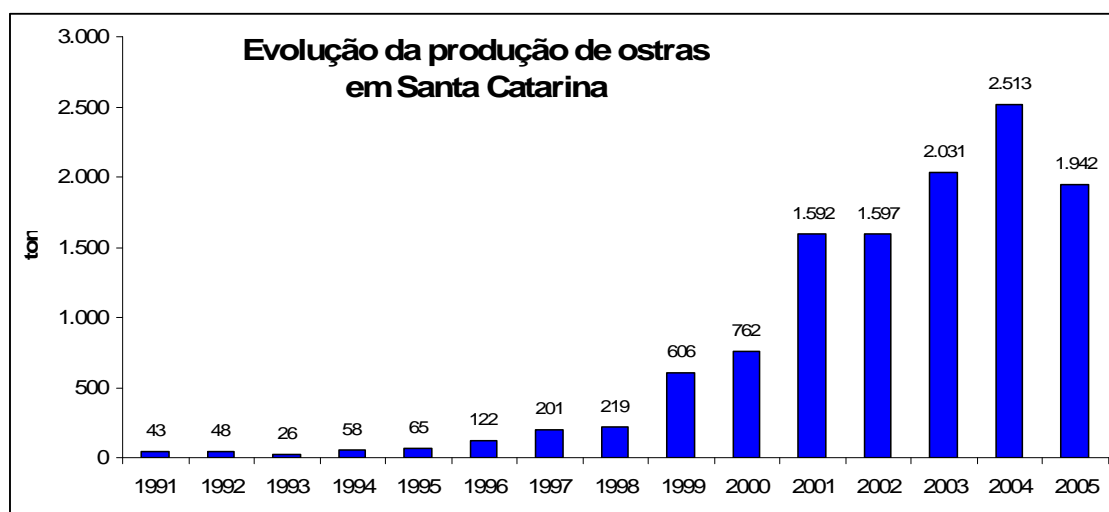


FIGURA 11 - Evolução da produção de ostras no Estado de Santa Catarina.

Fonte: OLIVEIRA NETO, 2006.

No ano de 2000, a produção de mexilhões atingiu seu limite para as condições postas e a partir deste ano, houve uma diminuição significativa na produção (Figura 12). A redução da produção, neste momento, esteve relacionada à falta de controle sobre a retirada de sementes dos bancos naturais, fornecedores de sementes para os cultivos de todo o estado. Episódios como este tem ajudado a conscientizar parte dos produtores para a necessidade de um maior controle ambiental sobre a produção, para evitar riscos de perdas econômicas e ambientais irreversíveis.

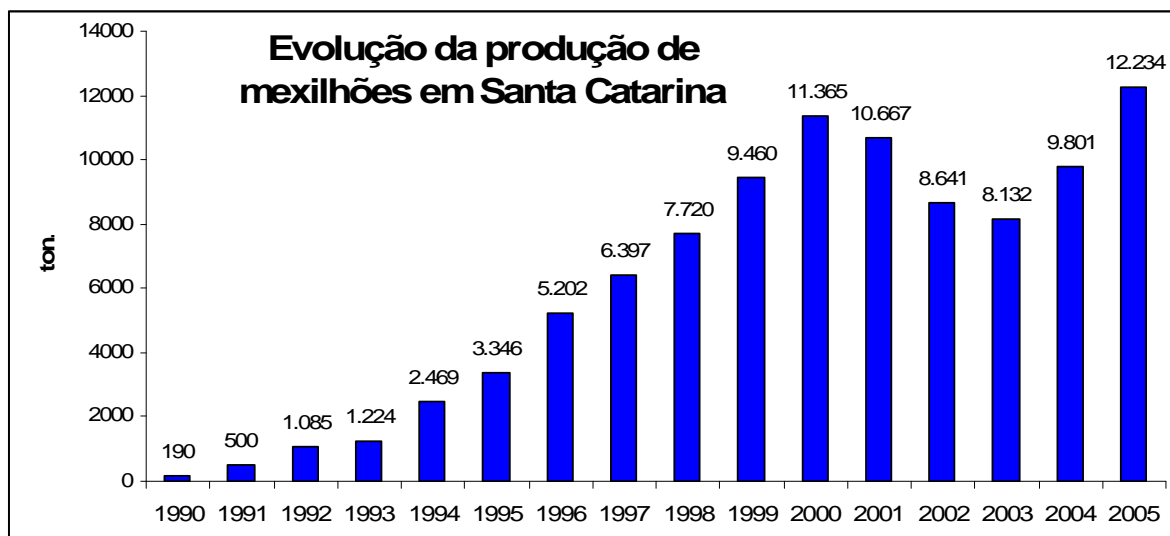


FIGURA 12 - Evolução da Produção de mexilhões em Santa Catarina.

Fonte: OLIVEIRA NETO, 2006.

A maior produção de mexilhões se encontra no município de Palhoça, sendo a de ostras em Florianópolis (Figuras 13 e 14), ambos na baía Sul da Ilha de Santa Catarina, demonstrando a importância deste ambiente para a produção catarinense de moluscos.

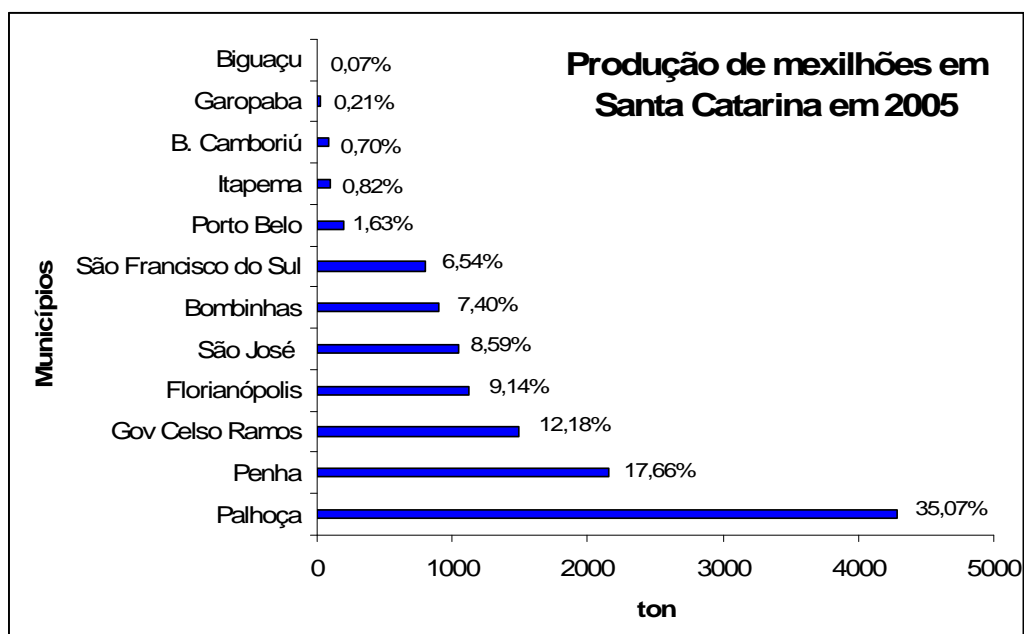


FIGURA 13 - Produção de mexilhões por municípios em Santa Catarina no ano de 2005.

Fonte: OLIVEIRA NETO, 2006.

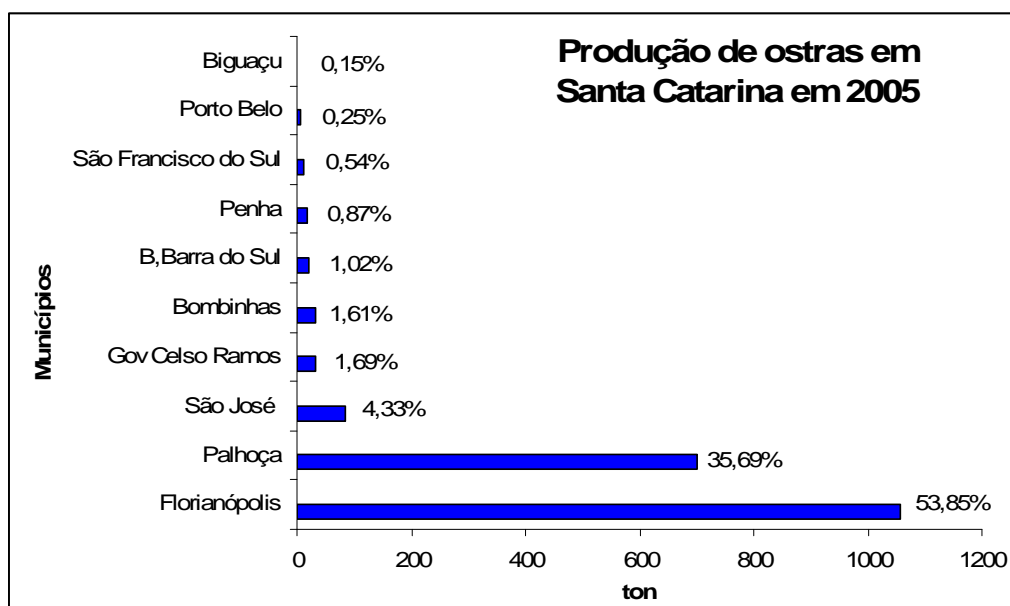


FIGURA 14 - Produção de ostras por municípios em Santa Catarina no ano de 2005.

Fonte: OLIVEIRA NETO, 2006.

O sistema de cultivo desenvolvido nas comunidades produtoras de ostras e mexilhões utilizava estruturas fixas, conhecidas por parreiras (Figura15). Nas áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha, poucos produtores mantêm o uso este tipo de estrutura de produção. Grande parte dos cultivos utiliza atualmente o sistema de *long lines*, que consiste em cabos estendidos, atados a estruturas de fundeio (poitas), com tamanho variando entre 50 m e 100 m, amarrados a estruturas de flutuação (bóias). Os flutuadores da superfície sustentam as lanternas de ostras ou as cordas de mexilhões.



FIGURA 15 - Estrutura de cultivo tipo fixa (em primeiro plano) e em *long line* ao fundo.

O cultivo de ostras se diferencia do cultivo de mexilhões por vários aspectos, como mostra o Quadro 2:

QUADRO 2 - Diferenças entre o cultivo de ostras e de mexilhões cultivados na baía Sul da Ilha de Santa Catarina

Diferenças	Ostras	Mexilhões
Espécie	<i>Crassostrea gigas</i>	<i>Perna perna</i>
Obtenção de semente	Laboratório da UFSC	Meio ambiente (costões e coletores)
Forma preferencial de comercialização	<i>In natura</i>	Beneficiada e <i>In natura</i>
Meio de transporte para comercialização fora do Estado	Aéreo preferencialmente	Preponderantemente terrestre
Custo de implantação	Mais alto	Mais baixo
Preço de mercado dos produtos <i>in natura</i>	Mais alto	Mais baixo
Mão de obra para o manejo	Mais intensa	Menos intensa

O sistema de cultivo de ostra consiste em levar sementes¹⁴ de ostras para a água em estruturas de telas, permitindo a passagem da água e a retenção dos moluscos (Figura 16).

¹⁴ Semente é o termo técnico usado para designar ostras nos estágios iniciais, acima de 1HD.



FIGURA 16 - Caixa adaptada para receber sementes de ostras de 1HD.

O tamanho da malha das estruturas (berçários, lanterna intermediárias ou definitivas) depende do tamanho das ostras. O Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina é o único produtor regular de sementes de ostras cultivadas no Brasil com volume suficiente para atender a demanda atual do cultivo comercial. A melhoria nas condições de manejo no laboratório (LMM-UFSC) permitiu o fornecimento de sementes de ostras de menor tamanho (sementes entre 1HD e 5HD¹⁵) aos produtores, reduzindo seu custo¹⁶. Os produtores que adquirem as menores sementes, utilizam caixas com malhas menores que 1HD, com flutuadores laterais para permanecerem nos primeiros centímetros da coluna d'água, permanecendo amarradas às estruturas de cultivo. Em aproximadamente um mês, o crescimento dessas sementes é suficiente para realização do primeiro manejo. As pequenas ostras são retiradas destas caixas e peneiradas. As maiores sementes são transferidas para lanternas conhecidas por berçários, de malha um pouco mais larga. As menores sementes voltam para o mar nas caixas de malha mais fina. Este procedimento é realizado em intervalos de um a dois meses, dependendo das condições de crescimento. As sementes são consideradas ostras adultas depois de passarem pelas lanternas intermediárias,

¹⁵ HD é uma medida da malha da peneira, onde 1HD significa uma peneira cuja malha possui abertura diagonal de 1 mm. Todavia, as sementes denominadas de 1HD podem ter altura maior que 1mm pois têm forma alongada e não esférica.

¹⁶ BASTOS, 2003.

para as definitivas de malha maior. Nas lanternas definitivas (Figura 17), as ostras passam por um período de engorda até serem selecionadas para o mercado.



FIGURA 17 - Lanternas para o cultivo de ostras.

Os avanços na organização da maricultura são percebidos na esfera federal com a criação, em 2003, da Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca (SEAP) que passou a assumir a responsabilidade pela ordenação dos parques aquícolas em todo o Brasil. Este esforço culminou com a elaboração de instruções normativas e decretos-lei substituindo os anteriormente em vigor, estabelecendo novas regras para autorização de uso de corpos d'água de domínio da União para fins de aqüicultura.

O arcabouço legal que define e ordena a atividade de aqüicultura no país é constituído por uma série de leis, decretos, instruções normativas e portarias das quais as mais importantes estão relacionadas a seguir:

1. DECRETO Nº 1.694, de 13 de novembro de 1995. Cria o Sistema Nacional de Informação da Pesca e Aquicultura – SINPESQ e dá outras providências.
2. DECRETO Nº 4.895 de 25 de novembro de 2003. Autorização do uso de corpos d'água da União para Aquicultura.
3. DECRETO Nº 5.069, de 05 de maio de 2004. Dispõe sobre a composição, estruturação, competências e funcionamento do Conselho Nacional de Aquicultura e Pesca - CONAPE, e dá outras providências.
4. INSTRUÇÃO NORMATIVA INTERMINISTERIAL, Nº 06 de 31 de maio de 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.
5. DECRETO Nº 5.377, de 23 de fevereiro de 2005. Aprova a Política Nacional para os Recursos do Mar PNRM.
6. INSTRUÇÃO NORMATIVA INTERMINISTERIAL Nº 7, de 28 de abril de 2005. Estabelece diretrizes para implantação dos parques e áreas aquícolas em razão do art. 19 do Decreto no 4.895, de 25 de novembro de 2003.
7. DECRETO Nº 5.564, de 19 de outubro de 2005. Institui o Comitê Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves - CNCMB, e dá outras providências.
8. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 17, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre critérios e procedimentos para formulação e aprovação de Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura -PLDMs, 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.
9. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 105, de 20 de julho de 2006. Estabelece regras de ordenamento pesqueiro para a extração de mexilhões *Perna perna* (LINNAEUS, 1758) de estoques naturais e os procedimentos para instalação de empreendimentos de malacocultura em Águas de Domínio da União no Litoral Sudeste e Sul do Brasil.
10. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 3, de 3 de fevereiro de 2006. Institui o Comitê Estadual e os Comitês Locais para os Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura - PLDMs no Estado de Santa Catarina, de que dispõe o art.2º, inciso V, § 2º, da Instrução Normativa SEAP/PR Nº 17, de 22 de setembro de 2005, da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República.

Esta legislação traz no seu bojo algumas definições consideradas de maior interesse para este trabalho. São elas:

Parques aquícolas: definidos como *“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 aqüicultura”;

Áreas aquícolas: *“espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, destinado a projetos de aqüicultura, individuais ou coletivos”;*

Faixas ou áreas de preferência: como *“aquelas cujo uso será conferido prioritariamente a determinadas populações, na forma estabelecida neste Decreto”* (Decreto Nº 4.895 de 25/11/2003).

Os parques aquícolas são, portanto, áreas selecionadas ao longo do litoral, destinadas prioritariamente ao uso para aqüicultura, onde estarão inseridas as áreas de cultivo, podendo ser prioritárias ou não. Dentro dos parques aquícolas podem ser autorizados, nos espaços intermediários entre as áreas de cultivo, outros usos que não sejam incompatíveis com a maricultura.

As áreas de cultivo são as áreas destinadas às estruturas de produção. Dentro destas áreas, em que se desenvolvem os cultivos de moluscos, é necessário entender melhor o funcionamento do sistema marinho local e conhecer alguns indicadores físico-químicos e biológicos da água para melhor entender fenômenos como a mortalidade de ostras durante o verão, período de ocorrência mais freqüente, bem como melhor selecionar sítios, dentro dos parques aquícolas, mais adequados à instalação das áreas de cultivo em função dos riscos sanitário, zootécnico e potencial de produção.

Apesar do processo de legalização das áreas de cultivo ter avançado nos últimos anos, do ponto de vista legal a atividade não dá segurança ao produtor. O registro ainda provisório de aqüicultor e a falta de uma definição mais clara quanto à concessão das áreas de cultivo, confere à atividade um caráter provisório, dificultando acesso a crédito e a um planejamento de médio e longo prazo.

Porém, o grande desafio hoje na produção de moluscos é assegurar ao consumidor um produto de qualidade. Assegurar a qualidade significa levar um produto à mesa dos consumidores livre de substâncias ou patógenos que possam causar danos à saúde. Para que isto seja possível, é necessário o desenvolvimento de programas de monitoramento ambiental, especificamente voltado para avaliação da qualidade da água e dos produtos da aqüicultura, visando o estabelecimento de um zoneamento aquícola condizente também com a realidade ambiental das águas de nossa costa.

Neste sentido, a aqüicultura que deve ser buscada e praticada é a do cultivo ideal, conforme proposta de Vinatea Arana (1999), a ser produzido em unidades de produção sustentáveis, com a participação da comunidade na gestão dos recursos, contando com um marco legal coerente e com respaldo tecnológico pela pesquisa. Por esta proposta, o cultivo deve ser encarado do ponto de vista ecológico como um sistema, considerando as relações entre o todo e as partes. Deve também poupar energia e a mão de obra exigida deve continuar grande, promovendo o emprego. A produção ainda deve, para este autor, ser realizada através de auto-gestão, para propiciar a distribuição de renda. A análise econômica dos cultivos deve seguir critérios de economia ecológica, onde se contabilizem também os ganhos sociais e ambientais. O cultivo ideal exige ética e que lembremos que as gerações futuras serão herdeiras de tudo aquilo que façamos com a sociedade e com o meio ambiente.

3 MODELO DE GESTÃO E MONITORAMENTO DAS ÁREAS DE PRODUÇÃO DE MOLUSCOS NA FRANÇA

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma discussão sobre a experiência francesa de produção de moluscos e a estrutura de pesquisa e de monitoramento do meio marinho adotada pelo Estado francês para assegurar a qualidade e a sustentabilidade da produção de moluscos no país.

A ocorrência de dois episódios de mortalidade massiva de ostras (no início e em meados do século passado), dizimando quase a totalidade da população deste molusco, mostrou a necessidade do monitoramento de diversos parâmetros bióticos e abióticos para avaliação da qualidade da água, evolução e saúde dos estoques, bem como da qualidade dos produtos da aquicultura. A produção brasileira de moluscos marinhos e, em especial, a catarinense, é ainda incipiente e poderá evitar prejuízos sociais, econômicos e ambientais se souber avaliar as experiências anteriores. Por isso a importância de conhecer a experiência francesa, atualmente o maior produtor e consumidor europeu de ostras *Crassostrea gigas*, produzindo cerca de 120 mil toneladas por ano.

A tradição francesa de extração, cultivo e consumo de ostras é muito antiga. Segundo Grelon (1978), relatos históricos mostram que as ostras francesas eram muito apreciadas em Roma no período do Império Romano. Durante a ocupação romana na Gália, parte da produção da região de Charente Maritime era transportada a Roma para satisfazer o paladar de luxo dos habitantes do alto escalão do Império. Essa elite era muito sensível à variação de paladar e se dispunha a importar ostras de longe. Para que estas ostras suportassem o longo transporte entre o litoral francês e Roma, elas eram previamente submetidas a “castigo”, ou seja, para se habituarem a viver fora da água, eram embaladas em caixas pressionadas pela tampa de modo a manterem as valvas bem fechadas, evitando a perda de água intervalvar; e eram comercializadas preferencialmente no inverno, quando as baixas temperaturas ajudam a diminuir o seu metabolismo e aumentar o período de conservação.

Durante muito tempo a comercialização das ostras foi baseada na coleta ou “pesca a pé”, como se costuma dizer ainda hoje. Somente a partir do século XVII foi constituído um sistema de produção de ostras nas planícies de maré da costa Atlântica e posteriormente, dentro de tanques especialmente preparados para tal. Papy (1941) relata uma descrição bem precisa das “*claires*”¹⁷ da Baía de Marenne Oléron em 1688, mostrando que o esverdeamento da ostra plana já era feito naquela época. No contexto da produção francesa de ostras, o ano de 1850 é uma data que marca o início da coleta de sementes de ostra para produção (GRELON, 1978), considerado o início da ostreicultura moderna, ou seja, a passagem de uma atividade exclusivamente coletora, para uma atividade produtora, quando as sementes passaram a ser coletadas e cultivadas (HERAL, 1986)¹⁸. Os métodos de captação de ostras em madeira foram trazidos da Itália entre 1853 e 1859. Em 1852 foi instituída a primeira Regulamentação das Explorações sobre Domínio Público Marítimo, permitindo um desenvolvimento das culturas sobre as zonas entre marés, denominadas “*estran*”¹⁹.

Em 1860, com o crescimento da atividade por falta de ostras planas para o cultivo, foi realizada a primeira introdução de ostras portuguesas (*Crassostrea angulata*) na baía de Arcachon, espalhando-se rapidamente por outras regiões de produção.

Em 1923 um decreto proibiu o avanço desta espécie para o norte do país, pois sua rápida adaptação causou problemas para o desenvolvimento da ostra plana (*Ostrea edulis*). Por razões que não puderam ser explicadas, ocorreu de 1920 a 1922, uma mortalidade massiva de ostras planas, num primeiro momento impedindo a reprodução das ostras e num segundo, matando os reprodutores. Esta espécie voltou a se desenvolver mais tarde, todavia, a ostra portuguesa já havia suplantado em quantidade esta espécie.

Na costa atlântica, a ostreicultura conheceu um forte crescimento até 1960, quando aconteceu uma segunda onda de mortalidade da ostra, agora a ostra

¹⁷ Claire: sistema de tanque em terra para finalizar o processo de engorda da ostra, onde existe a alga *Navicula bleu* (*Navicula ostrearea*) responsável pela coloração esverdeada das brânquias das ostras e o gosto de nozes.

¹⁸ As informações abaixo sobre a história do cultivo de ostras no Sudoeste da França foram retiradas em sua maior parte de HÉRAL, M., L'ostreiculture française traditionnelle. In: Barnabé, G. (Ed.), **Aquaculture**, vol 1. Tech. & Doc. Lavoisier, Paris, 1986, pp. 345–390.

¹⁹ Estran: termo usado para designar o substrato da zona entre maré da costa francesa, local onde são cultivadas as ostras sobre mesas. A oscilação de maré pode ter uma amplitude de até oito metros na costa sudoeste da França, onde a maré baixa expõe os terrenos cobertos de sedimentos finos (lamosos), em que são instaladas as estruturas de cultivo.

portuguesa (*Crassostrea angulata*). Nas grandes áreas de produção como na baía de Marenne Oléron, o crescimento das ostras diminuiu e a mortalidade aumentou.

De 1966 a 1969, a ostra portuguesa foi atacada pela doença das brânquias e de 1970 a 1973, uma mortalidade massiva fez desaparecer a espécie *Crassostrea angulata* da costa francesa.

A introdução da *Crassostrea gigas* ainda em 1967, pela importação de ostras do Pacífico, permitiu o desenvolvimento da produção até 1972, quando foi constatado um novo momento de aumento dos estoques e baixo rendimento da produção. Neste mesmo período, a ostra plana *Ostrea edulis* foi atacada por duas doenças parasitárias, *Marteilia refringens* (1974) e *Bonamia ostreae* (1979). Desta maneira, em 1984 a ostra *Crassostrea gigas* passou a representar 98% da produção de ostra francesa (100.000 toneladas) cultivada sobre uma superfície de 20.000 ha. (HÉRAL, 1986 e DELTREIL, 2006) (Figura 18).

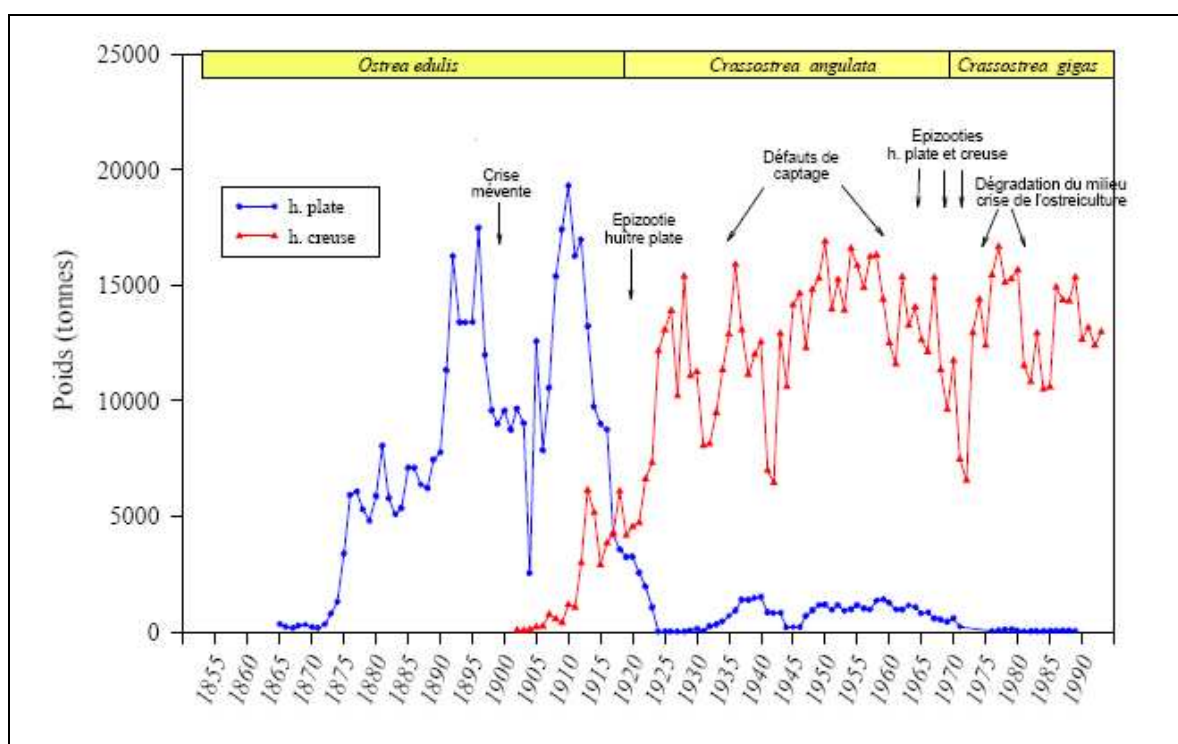


FIGURA 18 – Evolução da produção de ostras *Crassostrea gigas* (hüître creuse) e *Crassostrea angulata* (hüître plate) na França entre 1855 e 1990. Fonte – DELTREIL(2006) e Héral (1986).

Os dois principais eventos de mortalidade massiva de ostras na França culminaram em momentos em que os volumes de produção das espécies cultivadas atingiram os níveis mais elevados, como aparece na Figura 18,

mostrando uma provável superação da capacidade de suporte do ambiente de produção. Assim, a experiência francesa nos adverte para a importância da cautela e do constante monitoramento do ambiente e dos estoques de ostras para prevenir doenças e episódios de mortalidade massiva.

Hoje, a produção francesa de ostras está baseada na tradição cultural de saber produzir, mas também de saber consumir: uma tradição gastronômica que se repete todos os anos nas festas de fim de ano, quando as ostras são servidas como entrada fina nas ceias de natal e de ano novo. As ostras são comercializadas em todo o território francês, mesmo distante do litoral em cidades como Paris, Lyon e Clermont Ferrand.

Em 2005 a produção de ostras *C. gigas* atingiu 128.000 ton., representando 66,5% da produção total de moluscos daquele ano (CNC, 2006) (Figura 19).

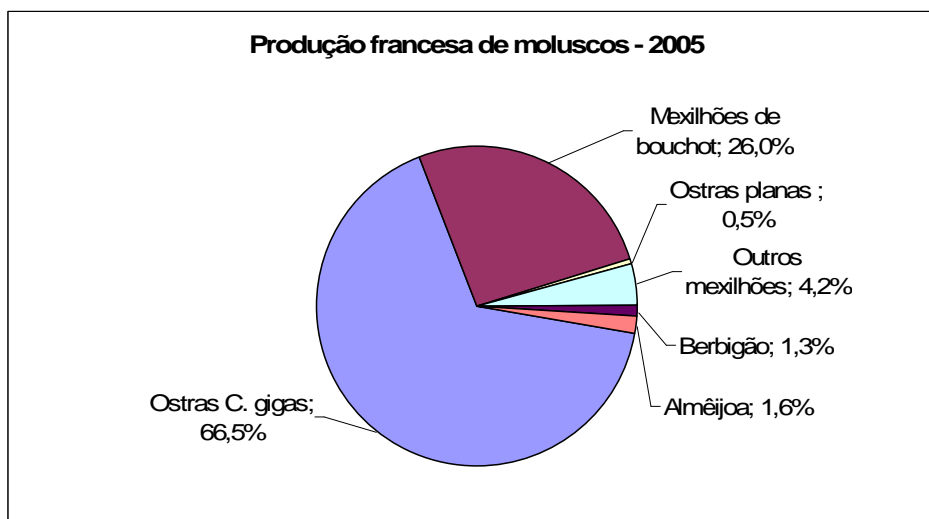


FIGURA 19 – Distribuição da produção francesa de moluscos por espécie. Fonte - Adaptado de CNC - Comité National de Conchyliculture. Disponível em: <http://www.cnc-france.com>. Consultado em: 12 de setembro de 2006.

A atividade movimenta a economia de pequenas e médias cidades ao longo da costa atlântica oeste e da costa atlântica da Mancha, bem como na região mediterrânea. Algumas regiões são destaques na produção da *Crassostrea gigas*: Poitou Charente (27,5 mil ton), Normandia – Mar do Norte (27 mil ton) e Bretagne-Sud (21,5 mil ton), conforme dados coletados em 2001 (IFREMER, 2006a) (Figura 20).

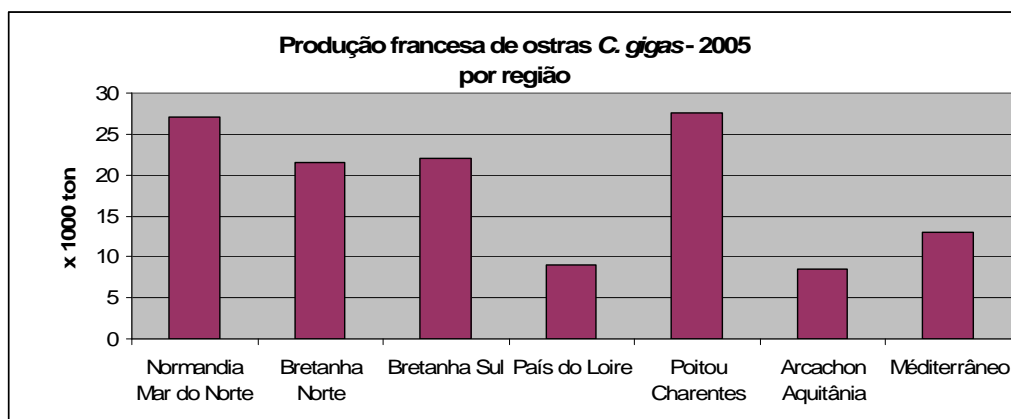


FIGURA 20 - Produção francesa de ostras *C. gigas* por região.

Fonte: Adaptado de CNC Comité National de Conchyliculture.

Disponível em: <http://www.cnc-france.com/>. Consultado em 12 de setembro de 2006.

A baía de Marennes Oléron, com 100.000 ton de estoque de biomassa de ostra (*Crassostrea gigas*) e uma produção anual 30.000 a 40.000 ton/ano, é a maior área de produção de ostras da Europa (SOLETCHNIK, 2000). Santa Catarina, o estado que concentra a maior produção de ostras no Brasil, produziu apenas 2.513 toneladas de ostras em 2004 (OLIVEIRA NETO, 2006), ou seja, uma produção muito pequena se comparada à quantidade de moluscos produzidos na França. A produção de moluscos representa assim um peso sócio-econômico primordial nas regiões costeiras francesas, sendo a atividade sustentada e otimizada pela pesquisa desenvolvida principalmente pelo IFREMER.

A ostreicultura francesa conheceu historicamente uma sucessão de fases de desenvolvimento, de exploração e de crises marcantes seguidamente ligadas à super exploração dos estoques ou ao aparecimento de doenças, mas também devido à sobrecarga do meio natural.

As condições ambientais e o sistema de cultivo imprimem um ritmo próprio ao desenvolvimento dos moluscos, sendo necessários de 3 a 4 anos para produzir uma ostra, dependendo do local e das técnicas de cultivo empregadas. A produção tem início com a captação das sementes no ambiente natural. Para isto, são instalados coletores artificiais que servem de substrato para fixação das ostras. A produção de sementes em laboratório existe, porém responde a um volume muito pequeno do total das ostras produzidas. A forma mais tradicional de produção de ostras se dá nas zonas entre marés, conhecidas por “*estran*”, mas o cultivo suspenso também é praticado. No cultivo sobre o chão, ou «*à plat*», os moluscos

são cultivados sobre o solo nas zonas de variação de maré ou mesmo em águas profundas. Neste caso, são usadas dragas para recolhimento dos moluscos. O cultivo sobre mesas é praticado somente em terrenos que emergem em períodos de maré baixa. As ostras são depositadas em «*poches*» (bolsas de malha plástica) sobre estruturas de ferro (mesas) a distancias variadas do chão (10 cm a 70 cm), conforme ilustrado na Figura 21. No cultivo suspenso, as ostras permanecem constantemente imersas dentro de “*poches*” ou caixas, amarradas a estruturas flutuantes (*long line*) ou a estruturas fixas, sem tocar o fundo (MARTEIL, 1979). Na região Poitou Charente, para melhorar a qualidade da carne e agregar valor ao produto, as ostras são terminadas em “*claires*”, tanques pouco profundos, ricos em fitoplâncton.



FIGURA 21 - Sistema de cultivo sobre mesa e *poche* de ostra, em áreas de *estran* na baía de Marennes Oléron, França.

No sistema de cultivo sobre mesas, submetido a grandes variações de maré, o tempo de submersão das ostras cultivadas e a temperatura da água parecem ser os principais fatores responsáveis pelo longo período necessário ao crescimento e engorda das ostras se comparados à região produtora de ostras no sul do Brasil, onde uma ostra atinge tamanho comercial em cerca de oito meses.

A ostreicultura é um verdadeiro patrimônio cultural francês. O hábito de produzir e consumir “como os reis”, difundido ao longo dos séculos, exerce hoje papel

fundamental na economia de pequenas e médias cidades da costa atlântica e mediterrânea e para o mercado de feiras e restaurantes espalhados por todo o território francês (Figura 22).



FIGURA 22 - Venda de ostras e outros frutos do mar em feira na cidade de Rennes na França.

A sustentabilidade da atividade está fortemente ligada ao desenvolvimento da pesquisa no campo das doenças, da genética, da avaliação e monitoramento ambiental nas regiões de cultivo e ao trabalho integrado de diversas áreas do conhecimento para esclarecimento das questões em pauta.

O Instituto Francês de Pesquisa e Exploração do Mar – IFREMER é responsável pelo desenvolvimento de pesquisas marinhas nas mais variadas áreas, sendo o estudo da zona costeira e dos recursos aquícolas (especialmente a conchicultura) os temas que nos interessam aprofundar.

3.2 O IFREMER - INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

O Instituto Francês de Pesquisa para Exploração do Mar – IFREMER exerce um papel fundamental no que diz respeito ao ambiente marinho, buscando aprofundar o conhecimento sobre os oceanos e seus recursos, o monitoramento do meio marinho e do litoral e o desenvolvimento sustentável das atividades marítimas²⁰.

²⁰ As informações apresentadas sobre o IFREMER foram compiladas durante meu estágio no Laboratório LERPC, pertencente a esta Instituição, entre 2004/2005. Muitas delas estão disponíveis

O IFREMER, enquanto instituição, surgiu da fusão do ISTPM (*Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes*) e do CNEXO (*Centre National pour l'Exploitation des Océans*), em 1982. O ISTPM, criado em 1918 com a denominação de OSTPM (*Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes*), esteve inicialmente ligado à pesca de arenque e de atum. Em 1923, passa a realizar o controle sanitário da produção de ostras na França (IFREMER, 2005). Em 1953, a partir da reestruturação da instituição, passa a denominação de ISTPM, tendo como principais missões: a pesquisa, o conselho técnico (para decisões do Estado) e os controles sanitários e técnicos. Em 1969 é implantada a sede de Nantes, no litoral atlântico e os centros de pesquisa próximos às áreas de produção de ostras. O CNEXO foi criado oficialmente em 1967 como estabelecimento público de caráter industrial e comercial, tendo a missão de desenvolver o conhecimento dos oceanos, os estudos e as pesquisas voltadas à exploração dos recursos contidos na superfície, na massa de água, no seu solo e no seu subsolo (IFREMER, 2005).

Em 1972, o CNEXO participou da instalação da Rede Nacional de Observação (RNO), marco inicial das redes de investigação e monitoramento do mar, administradas atualmente pelo IFREMER. O CNEXO tinha a responsabilidade de coordenação dos programas de pesquisa e desenvolvimento dos organismos públicos concernentes à oceanografia.

A sede social do IFREMER está localizada em Issy-les-Moulineaux, nos arredores de Paris e as estações e laboratórios de pesquisa distribuem-se ao longo da costa na região da Mancha - Mar do Norte, na Bretanha, nas regiões atlântica e mediterrânea e nos territórios de ultramar. As estações são constituídas por laboratórios e centros de pesquisa, cada qual especializado em uma área de atuação.

A estação IFREMER de La Tremblade, situada no centro da principal área produtora de ostras da França, é constituída pelos laboratórios: Recursos Ambientais de Pertuis Charentais (LER-PC), Laboratório de Moluscos (LCPC) e o Laboratório de Genética e Patologia (LGP). Este último é o laboratório de referência para doenças de moluscos da União Européia.²¹

no site da instituição <http://www.ifremer.fr/>, que foi consultado inúmeras vezes na redação desta tese.

²¹ Foi neste laboratório que tive a oportunidade, graças a uma bolsa de estágio doutoral no exterior (sandwich) concedida pela CAPES, de permanecer por um ano, julho de 2004 a junho de 2005,

O histórico do Instituto demonstra uma longa tradição de pesquisa institucional na área marinha, que foi acompanhando as preocupações econômicas dos setores produtivos e a crescente problemática ambiental despertada especialmente a partir da década de 1960.

Atualmente, o IFREMER tem por missão conhecer, avaliar e otimizar os recursos oceânicos e permitir sua exploração sustentável, melhorar os métodos de monitoramento, de previsão de evolução, de proteção e de otimização do meio marinho e costeiro e contribuir para o desenvolvimento do meio marítimo. Seis grandes temas, divididos em programas pluri-disciplinares, cobrem a totalidade das atividades de pesquisa e de estudo, de desenvolvimento tecnológico, de monitoramento, de avaliação e de valorização desenvolvidas pelo instituto:

- grandes equipamentos a serviço da oceanografia;
- monitoramento, uso e exploração das zonas costeiras;
- monitoramento e otimização dos recursos aquícolas;
- recursos pesqueiros, exploração sustentável e valorização;
- exploração e exploração dos fundos oceânicos e de sua biodiversidade;
- circulação e ecossistemas marinhos, mecanismos, evolução e previsão.

No que concerne o estudo da zona costeira, o objetivo é a compreensão dos processos e a construção de ferramentas de observação, de representação e de modelização, permitindo um monitoramento e uma previsão da qualidade das águas, dos produtos e dos ecossistemas costeiros, assim como o desenvolvimento das aplicações sobre forma de instrumentos de ajuda à gestão da zona costeira, em resposta aos atores sócio-econômicos. Quatro programas estão ligados ao tema zona costeira e são focados na segurança sanitária e na gestão da costa:

- dinâmica e saúde dos ecossistemas costeiros e estuarinos;
- ambiente costeiro, saúde e segurança do consumidor;
- monitoramento e avaliação do estado das águas litorâneas;
- desenvolvimento sustentável e gestão integrada das zonas costeiras.

Dentro deste tema, as pesquisas se voltam especialmente para os poluentes crônicos, em particular os poluentes orgânicos e microbiológicos e para a análise e

monitoramento dos ecossistemas devido ao enriquecimento das águas por nitrogênio. O uso de tecnologias mais eficientes de monitoramento ambiental (equipamentos automáticos em três dimensões, em tempo real) aumenta a capacidade de intervenções em caso de acidentes.

O monitoramento ambiental é a chave para a leitura e interpretação do ambiente e sua evolução. A avaliação constante dos ecossistemas costeiros naturais e o conhecimento das espécies presentes são fundamentais para o desenvolvimento de alternativas de cultivo de novas espécies. Os episódios de mortalidade de ostras ocorridos no passado, dizimando as espécies então produzidas comercialmente, colocam a pesquisa de novas espécies cultiváveis como uma alternativa importante a eventuais acidentes.

Com relação aos recursos aquícolas, o objetivo do IFREMER é adaptar tecnologias para o desenvolvimento de uma aquicultura capaz de produzir e manter sustentavelmente um aporte de proteínas provenientes da pesca e da aquicultura, observando a qualidade para o consumo, a melhora da sobrevivência dos estoques e a adaptação dos sistemas de cultivo, respeitando o meio ambiente e sendo compatível com os outros usos do mar. Dois programas estão ligados a este tema:

- sustentabilidade dos sistemas de produção: tem como objetivo dar espaço à aquicultura no quadro do desenvolvimento da zona costeira;
- qualidade dos processos e dos produtos: colocar no mercado espécies que respondam às necessidades dos consumidores e desenvolver técnicas de criação integradas, atendendo as necessidades de saúde e de bem estar do consumidor.

No tocante à produção de moluscos, especialmente ostras e mexilhões, tem sido dada ênfase aos riscos para o consumo (algas tóxicas, patógenos, poluentes, etc.), havendo uma cobrança mais forte da sociedade em matéria de segurança alimentar. A adaptação a novas normas européias mais restritas tem levado a atividade a uma maior artificialização (hatchery, tanques de depuração, seleção genética, etc.) e uma exigência a mais em matéria de qualidade das águas costeiras (AGROPOLIS MUSEUM, 2006).

Especializada no tema “conchyliculture” a estação atua no controle de doenças e no monitoramento de diversos aspectos da produção e comercialização de moluscos, especialmente ostras e mexilhões. Dentro dos laboratórios das

estações IFREMER se desenvolvem os grandes programas de pesquisa e monitoramento ambiental que passamos a descrever a seguir.

3.3 AS REDES DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

As redes de monitoramento são redes nacionais e regionais com a finalidade de acompanhamento do patrimônio natural, monitoramento sanitário e assistência à gestão dos ecossistemas e da produção de moluscos.

Os laboratórios das estações de pesquisa do IFREMER são os pontos destas redes onde ocorrem o monitoramento ambiental e as análises laboratoriais. As estações de pesquisa estão instaladas nas principais regiões litorâneas e costeiras da França Metropolitana e de Ultramar (Figura 23).

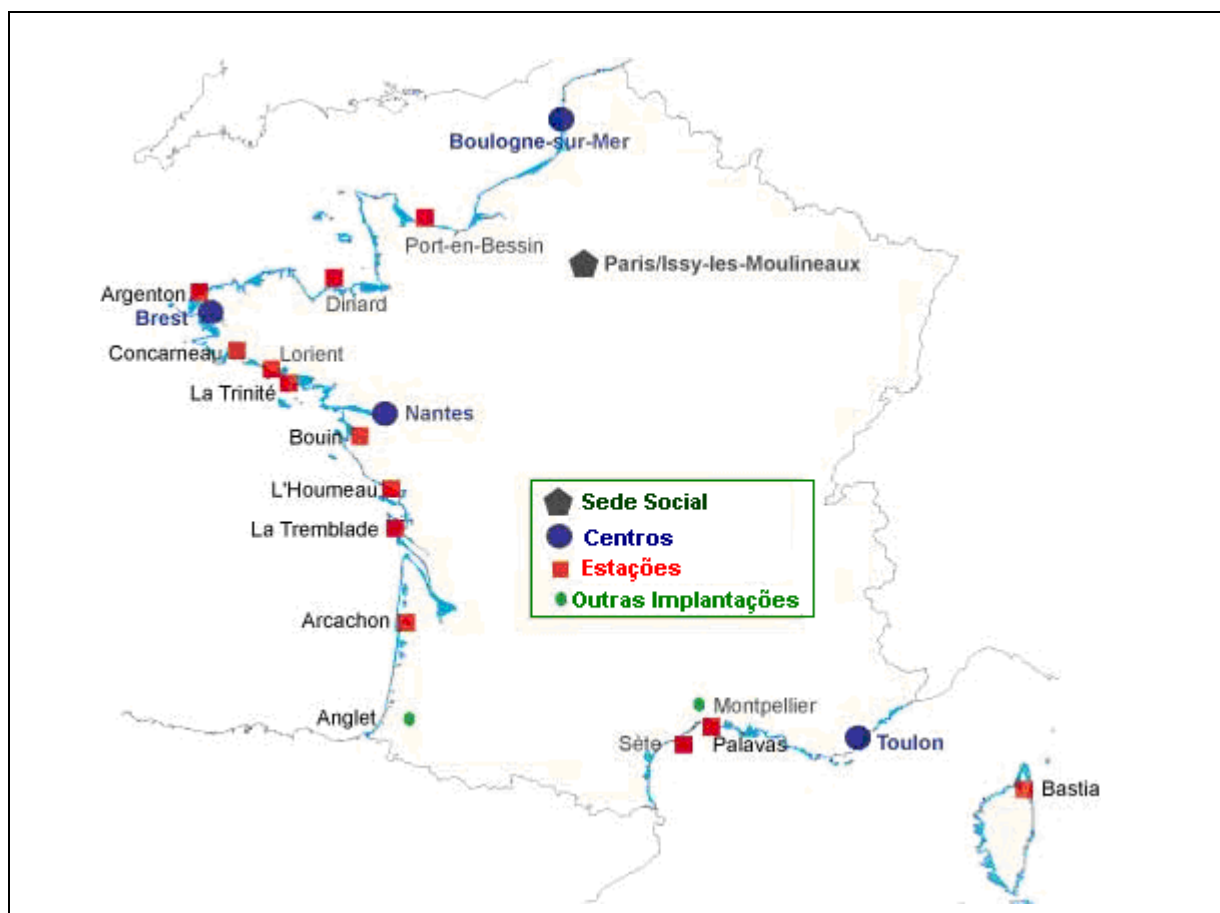


FIGURA 23 - Estrutura de pesquisa do IFREMER na França Metropolitana

Fonte: Adaptado de: IFREMER- <http://www.ifremer.fr/francais/implant/france.htm>

O Laboratório de Recursos Ambientais de Pertuis Charente - LERPC é responsável, no âmbito de suas competências geográficas, pelo funcionamento de diversas destas redes (Figura 24).

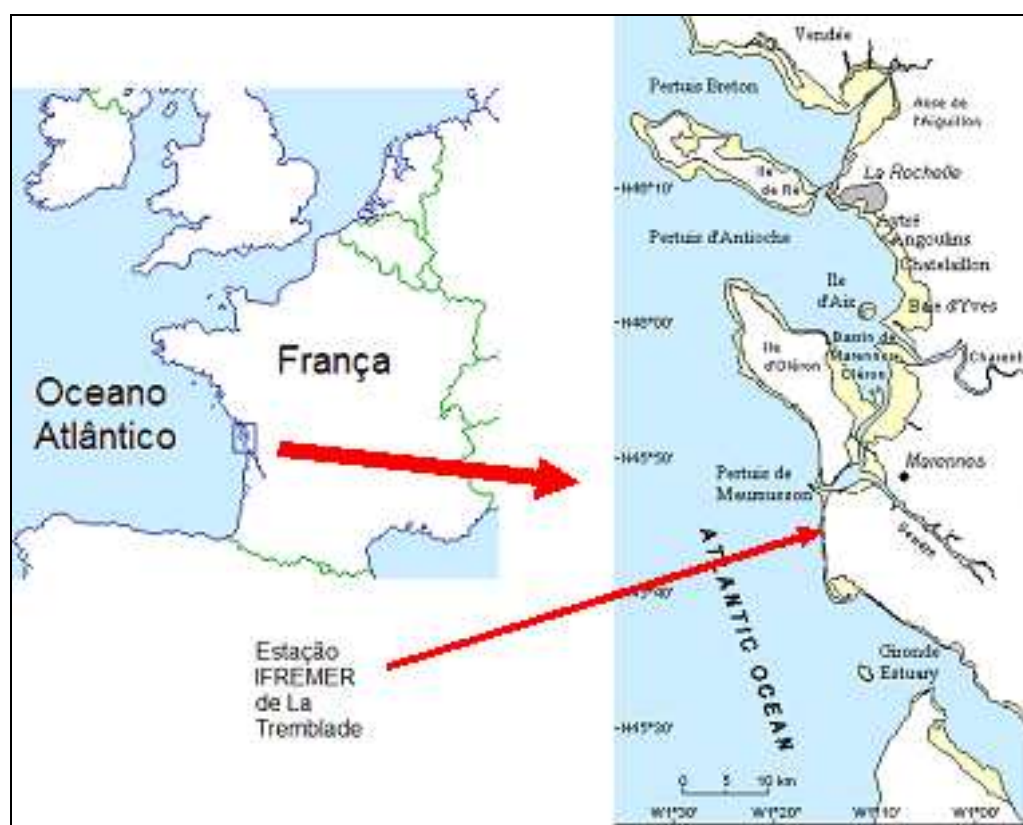


FIGURA 24 - Localização da Estação IFREMER de La Tremblade

Fonte: <http://www.ifremer.fr/lerpc/PGSauriau/indexmarinpertuisdatabase.htm>

No âmbito nacional, duas redes assumem o papel do monitoramento da qualidade das águas nas áreas de produção de moluscos através do monitoramento microbiológico pela Rede Microbiológica (REMI), que monitora a qualidade microbiológica das zonas de produção de moluscos (germes de origem fecal); a Rede Nacional de Monitoramento do Fitoplâncton (REPHY) monitora e detecta a proliferação de espécies de fitoplâncton tóxicas e ficotoxinas, bem como as populações naturais de fitoplâncton e sua evolução; e a Rede Nacional de Observação (RNO) avalia os níveis de contaminação química e de parâmetros

gerais da qualidade da água do meio e o monitoramento dos efeitos microbiológicos dos contaminantes. Duas outras redes nacionais são também dedicadas à produção de moluscos: a Rede Moluscos de Rendimento Aquícola – REMORA, que acompanha o crescimento e a performance dos cultivos de ostras *C. gigas*; e a Rede de Monitoramento de Patologia dos Moluscos (REPAMO), que acompanha a saúde dos moluscos marinhos e as causas de sua mortalidade.

No âmbito regional, geridas exclusivamente pelo LERPC, estão outras duas redes, a REMOULA, rede regional de monitoramento do crescimento de mexilhões (*Mytilus edulis*) que acompanha o desempenho dos cultivos de mexilhões dentro da região de Pertuis Charente, e a RESPEC, que constitui parte da Rede HYDRO, cobrindo a baía de Marenne Oléron. Estas redes que integram o programa REPER (Rede de Pesquisa Ambiental) monitoram os principais parâmetros que caracterizam as massas de água destes ambientes.

Estas redes permitem um acompanhamento atualizado e complexo do setor produtor de moluscos (“conchylicolle”), abrangendo os principais problemas inerentes à produção. São monitorados diversos parâmetros que permitem uma visão ampla dos fenômenos que ocorrem nas áreas de produção, permitindo a proposição de alterações preventivas no processo de produção. Este tipo de monitoramento permite, por exemplo, avaliar se a quantidade de alimentos na água do mar é suficiente para os moluscos (importante para os estudos de capacidade de suporte do meio); se as algas unicelulares tóxicas podem ser nocivas à saúde humana ou dos moluscos e quando estas aparecem no meio ambiente (“maré vermelha”); avaliar os riscos de poluição de origem agrícola, doméstica ou industrial, para proteger a saúde dos consumidores. O conjunto destas redes permite melhor compreender fenômenos biológicos tais como a mortalidade atípica e as variações de crescimento, ajudando a preservar as espécies autóctones existentes, fragilizadas pela monocultura de ostras *C. gigas*. As redes contribuem também para diminuir os riscos de doenças, pelo acompanhamento sanitário dos estoques, bem como diminuir os riscos de transferência de doenças e de parasitas provocados pelos intercâmbios nacionais e internacionais.

A seguir é apresentada uma descrição mais detalhada de cada uma destas redes.

REMI - réseau de contrôle microbiologique des zones de production conchyloles

A rede de controle microbiológico das zonas de produção de moluscos foi criada com o propósito de classificar as zonas de produção e manter o monitoramento sanitário. Compreende dois dispositivos, um de monitoramento regular e outro de alerta quando o resultado do monitoramento ultrapassa os limites estabelecidos pelas normas que definem as classes de qualidade, expondo a área à risco de contaminação (<http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/remi/remi.htm>).

As áreas de produção, conforme definidas na Norma de 21 de maio de 1999 relativa à classificação de salubridade e à vigilância das zonas de produção e das zonas de coleta de moluscos vivos (Ministère de l'agriculture et de la pêche, 1999) são classificadas a partir do resultado obtido pelo IFREMER nas redes de monitoramento ambiental REMI (microbiológico) e RNO (quanto aos teores de mercúrio, cádmio e chumbo). Nas zonas classificadas como A, sem restrições para o cultivo e o consumo, 90% das amostras obtidas em um ano de monitoramento devem ter valores inferiores a 300 coliformes fecais e 230 *E. coli* por 100 g de carne e de líquido intervalvar, sem que nenhum valor obtido seja superior a 1000 (Quadro 3); e que a contaminação média expressa por quilograma de carne fresca de molusco não exceda a 0,5 mg de mercúrio total; 2 mg de cádmio ; 2 mg de chumbo.

QUADRO 3 - Classificação de área de cultivo quanto à *Escherichia coli*

Número de <i>E. coli</i> (100 g C.L.I.) ⁻¹ (carne e líquido intervalvar)				
Categoria	230	1000	4600	46000
A	Superior ou igual a 90%	Inferior ou igual a 10%	0%	
B	Superior ou igual a 90%		Inferior ou igual a 10%	0%
C	Superior ou igual a 90%			
D	Inferior ou igual a 10%			

Fonte: adaptado do Site

http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/classement_zones/class_zones.htm

REPHY - réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines

A rede de monitoramento de fitoplâncton e ficotoxinas é uma rede nacional que tem por objetivo observar as espécies fitoplantônicas das águas costeiras e controlar a ocorrência de 'marés vermelhas', de florescências excepcionais e de proliferação de espécies tóxicas ou nocivas da fauna marinha; com ênfase no monitoramento das espécies produtoras de toxinas perigosas para os consumidores de moluscos.

As amostragens são realizadas quinzenalmente durante os períodos normais e, em períodos de risco, a frequência passa a ser semanal. Observações dos 10 últimos anos definem a cada ano as zonas e os períodos de risco para uma família de toxinas. São realizadas amostragens de água para identificação de espécies fitoplanctônicas (identificação de espécies tóxicas e nocivas) e amostragem de carne de moluscos para monitoramento de ficotoxinas (IFREMER, 2006b).

RNO – réseau national d'observation de la qualité du milieu marin

A Rede Nacional de Observação da qualidade do meio marinho tem por objetivo avaliar os níveis e as tendências de contaminação química do litoral e parâmetros gerais da qualidade do meio, integrando medidas dos efeitos biológicos dos contaminantes. Nas amostragens, moluscos bivalves como ostras e mexilhões são utilizados como indicadores quantitativos de contaminação.

A diretiva europeia no âmbito da água, DCE (*La Directive Cadre sur l'Eau*), de outubro de 2000, define um quadro para a gestão e a proteção das águas por grandes bacias hidrográficas no plano europeu. Nesta diretiva é dada prioridade à proteção do meio ambiente, enfatizando a não degradação da qualidade das águas e esperando uma melhora no estado geral das águas subterrâneas, litorâneas e costeiras em 2015. Esta diretiva previa para o ano de 2006 a instalação das redes de monitoramento ambiental, ampliada no âmbito geográfico e na quantidade de elementos investigados, exigindo do IFREMER uma adaptação às novas regras. (*Ministère de l'Écologie et du Développement Durable*, 2004)

O monitoramento da RNO está baseado em programas como o de monitoramento dos parâmetros gerais da qualidade da água, no qual são analisados os seguintes parâmetros: salinidade, sais nutritivos (nitratos + nitritos, amônia, fósforo), clorofila *a* e os feopigmentos; e, em alguns locais especiais, ainda

são medidos oxigênio dissolvido, silicatos, material em suspensão, turbidez, entre outros.

O monitoramento dos contaminantes é realizado prioritariamente sobre as matrizes integradoras organismo e sedimento. As amostragens são realizadas duas vezes por ano, investigando a presença dos seguintes contaminantes em seres vivos (RNO 2006):

- Metais: prata (Ag), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb), vanádio (V), zinco (Zn);
- Organoclorados: DDT, DDD, DDE, Lindane (γ -HCH), α -HCH, policlorobifenóis (congêneres 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180);
- Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP): Naftaleno, mono, di, tri e tetra metilnaftalenos, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, mono e dimetil fluorenos, fenantreno, antraceno, mono, di e trimetils fenantrenos/antracenos, fluoranteno, pireno, mono e dimétis pirenos/fluorantenos, benzo[a]antraceno, trifenileno, creseno, mono e dimetil criseno, benzofluorantenos, monometil benzofluorantenos, benzo[e]pireno, benzo[a]pireno, perileno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[g,h,i]perileno, indeno[1,2,3-cd]pireno;
- Heterociclos sulfurados: dibenzotiofeno; mono, di e trimetil dibenzotiofeno, benzonaftotiofenos, monometil benzonaftotiofenos

REMORA – réseau mollusques des rendements aquacoles

A Rede Moluscos de Rendimento Aqüícola avalia o crescimento e a desempenho dos cultivos de dois lotes de ostras de *Crassostrea* por ano, desde 1993, em 45 estações de coleta nas principais regiões produtoras de ostras da França. Nove estações amostrais são monitoradas pelo LERPC, onde são avaliadas as tendências geográficas e cronológicas da sobrevivência, do crescimento e da qualidade das ostras (Figura 25).



FIGURA 25 - Trabalho de campo para avaliação da mortalidade de ostras criadas sobre mesas na baía de Marennes Oléron, FR. Ao fundo vê-se um barco da Estação IFREMER de La Tremblade utilizado para os trabalhos de campo.

REPAMO – réseau de pathologie des mollusques

A Rede de Monitoramento de Patologia dos Moluscos monitora o estado de saúde dos moluscos do litoral francês para prevenir a introdução e a propagação de agentes patógenos exóticos, os de declaração obrigatória, e estudar os meios de diminuição dos impactos dos agentes patógenos já presentes, observando sua evolução. Onze laboratórios realizam o monitoramento de dados ambientais e zootécnicos, sendo coordenados pelo Laboratório de Genética e Patologia do IFREMER de La Tremblade.

REMOULA – réseau moules

É uma rede regional encarregada do monitoramento do crescimento, da mortalidade e da qualidade de mexilhões (*Mytilus edulis*). Sob responsabilidade do LERPC, este programa acompanha o desenvolvimento de seis áreas de produção, monitoradas trimestralmente no litoral de Charente Maritime.

RAZLEC – réseau hydrologique de Pertuis Charente

A Rede Hidrobiológica RAZLEC, criada em 1997, atua exclusivamente na bacia de Marennes Oléron monitorando cinco pontos de amostragem bimensal, no fundo e na superfície, analisando os parâmetros T°, Sal, O₂, Turb, NH₄, NO₂, NO₃, PO₄, Si(OH)₄, Clorofila *a*, Feopigmentos. Esta rede foi ampliada geograficamente com a criação da Rede de monitoramento do Pertuis Charantais (RESPEC).

Estas redes instalaram recentemente sondas multiparâmetros com diferentes taxas de aquisição de dados, permitindo a obtenção de dois tipos de informações:

- dados de alta frequência: adquirindo dados de temperatura, salinidade, pressão, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, e clorofila-*a* a cada 5 minutos nas desembocaduras das bacias hidrográficas, com o objetivo de monitorar a variação da descarga de água doce e a variabilidade temporal destes parâmetros; são também usadas sondas do tipo NKE no porto do rio Lay e na desembocadura do rio Sèvre para avaliação, a cada 15 minutos, da temperatura e da salinidade, registrando assim a influência do aporte de água destes rios;
- dados de baixa frequência: adquirindo mensalmente dados de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, Mat. em Suspensão, NH₄, NO₂, NO₃, PO₄, Si(OH)₄, clorofila-*a*, com o objetivo de monitorar a variabilidade espaço temporal.

A base de dados produzida no RAZLEC permite estudar a evolução espaço temporal das principais características hidrobiológicas que refletem o aporte continental proveniente das bacias hidrográficas do entorno e a capacidade trófica deste ambiente, diretamente correlacionados à capacidade de produção. Os dados RAZLEC são a base para diferentes programas do IFREMER. Como, por exemplo, o de modelização de massas de água da plataforma continental e as pesquisas sobre mortalidade de verão em ostras da bacia de Marennes Oléron.

3.4 ESTUDOS INTERDISCIPLINARES

Além das redes de monitoramento, existem diversos programas de pesquisa nacionais (ORE, REPER, MOREST, PNEC, Água de Lastro), tanto regionais quanto locais, desenvolvidos pelo LERPC, especialmente dentro dos temas meio ambiente e recursos aquícolas. Estes programas atendem demandas específicas para cada região. Pode-se citar como exemplo o Programa MOREST (Programa de Mortalidade Estival de Ostras) e o Programa REPER (Pesquisa sobre o ecossistema Pertuis Charantais).

O programa MOREST, instituído após diversos episódios de mortalidade de ostras *Crassostrea gigas* ocorridos no início da década de 90 em vários locais de produção da costa atlântica da França, teve início em 2001 sob forma de um projeto interdisciplinar envolvendo equipes do IFREMER e de várias instituições de pesquisa, tais como o CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*), o Museu Nacional de História Natural, universidades, estruturas regionais ou departamentais de desenvolvimento aquícola e os profissionais do setor. Seu objetivo é estudar e compreender o fenômeno de mortalidade de verão em ostras *C. gigas* relatados na literatura e ocorridos nas áreas de cultivo na França.

O enfoque interdisciplinar tem sido valorizado na prática, pois os resultados de estudos de aspectos parciais do ambiente não permitem a obtenção de resultados mais contundentes e conclusivos. A interdependência dos diversos fatores bióticos e abióticos dos ecossistemas interfere nas condições de produção e reprodução dos organismos aquáticos, afetando os resultados econômicos de produção. Tentar compreender estas interações tem sido um desafio posto em prática nos estudos interdisciplinares.

Neste contexto, o Programa MOREST tem utilizado dados dos monitoramentos ambientais para completar as pesquisas de avaliação de mortalidade de ostras. Desde então, vários estudos foram realizados em torno do tema. Os resultados dos estudos sobre mortalidade de ostras iniciados em 1996 pelo LERPC mostraram evidências do efeito da proximidade do sedimento, definido no modelo “*plate table*” na baía de Marennes Oléron. Este serviu como modelo de estudo para o “desafio MOREST”, iniciado entre 2001 e para o DYNAMO (*Dynamics of North Atlantic Models*), realizado entre 2002 e 2004, integrando a ostra e seu ambiente.

No balanço do Desafio MOREST: Mortalidades estivais de ostra *Crassostrea gigas*, de 2006, alguns resultados são apresentados como conclusões dos anos de pesquisa sobre o assunto. As investigações têm mostrado a forte interação entre o meio ambiente, a ostra e os patógenos oportunistas. A interação destes três fatores principais explica a maioria das mortalidades observadas no campo e os casos descritos na literatura. Foi constatada uma hierarquia de fatores que conduzem às mortalidades, mas nenhum destes fatores isoladamente explica a mortalidade de verão, sendo necessária a combinação deles para sua ocorrência. A condição trófica, o esforço de reprodução, a temperatura da água e o estresse interferem diretamente na sobrevivência das ostras. O enriquecimento trófico induz um esforço de reprodução, que constitui um risco a partir da temperatura de 19°C (nas condições de produção na França), e sob condições de existência de um estresse associado à proximidade do fundo seriam responsáveis pelo aumento da mortalidade. Um fator genético de resistência à mortalidade foi identificado, sendo que algumas famílias seriam mais resistentes que outras, permitindo o melhoramento genético. Estudos do mecanismo de reprodução mostram que ostras geneticamente sensíveis produzem um esforço maior de gametogênese (formação de gametas) representando maior suscetibilidade com o aumento da temperatura (SOLETCHNIK *et al*, 2006).

Os mecanismos de defesa da ostra estão ligados ao esforço de reprodução. A gametogênese é mais importante em ostras sensíveis, que promovem uma desova parcial no início do verão com o aumento da temperatura. Isto acusa um estresse detectado por respostas moleculares, explicando as desovas parciais. A proximidade do solo aumenta o estresse provocado pelo efeito sedimento (amônia e sulfatos) que, por sua vez, induz a desovas parciais, que parecem favorecer a proliferação de vibrios e o risco de infecção das ostras. As ostras resistentes são menos sensíveis ao aumento de temperatura e desovam massivamente mais tarde. Por outro lado, os agrotóxicos podem representar um fator de risco complementar, pois enfraquecem o sistema imunológico das ostras e modificam a composição fitoplânctônica do meio, fonte de alimento destes moluscos filtradores. Pesquisas têm demonstrado o impacto da temperatura sobre a velocidade e a intensidade de ocorrência da primeira reprodução. Ostras de um ano morrem mais rapidamente em ambientes que aquecem mais rapidamente, mas em ambientes menos quentes, as ostras de 2 anos morrem mais. As mortalidades de ostras têm sido associadas à

presença de vários patógenos potenciais, especialmente bactérias do grupo do *Vibrio splendidus* e *Vibrio aestuarianus*, bem como ao vírus herpes, OsHV, à temperaturas superiores à 20°C.

O acompanhamento do trabalho realizado no Laboratório LERPC junto ao programa MOREST foi de fundamental importância para este trabalho de pesquisa. Os resultados obtidos a partir de pesquisa tão ampla e fundamentada em inúmeros trabalhos de campo, e a partir da colaboração de muitos especialistas, mostraram-nos a importância de um monitoramento ambiental muito mais amplo do que o que temos hoje nas baías da Ilha de Santa Catarina para que se possa avaliar de maneira mais detalhada os fatores que causam episódios de mortalidade estival de ostras.

O programa REPER – Observatório de pesquisa sobre os ecossistemas Pertuis Charentais - é outro estudo multidisciplinar que busca uma compreensão dos diferentes processos que ocorrem no meio ambiente. Tem por objetivo estudar, dentro de um enfoque multidisciplinar integrado, a evolução do ecossistema Pertuis Charentais sobre o efeito das práticas de utilização do meio a longo termo e as mudanças naturais numa ótica de gestão sustentável da zona costeira. O IFREMER é o grande responsável pelo observatório REPER, através de suas redes operacionais, mas este integra também outros observatórios, envolvendo a Universidade de La Rochelle e outras instituições regionais.

Alguns temas são enfatizados nas pesquisas do observatório:

- qualidade da água (contaminantes orgânicos, metálicos e microbiológicos), tema integrados às redes RESPEC e HYDROBIOLOGICA;
- dinâmica sedimentar (monitoramento cartográfico do sistema de drenagem da várzea);
- produção primária (aportes continentais de nutrientes nitrogenados, produtores primários e rede trófica);
- invertebrados (influência de práticas culturais sobre a capacidade trófica e monitoramento das espécies introduzidas);
- vertebrados (Linguado: alimentos de Pertuis Charentais; avifauna: pássaros migratórios: impactos sobre processos ecológicos);
- determinantes sócio-econômicos da atividade na zona costeira;
- instrumentação, modelização e base de dados.

Este último tema, desenvolvido especialmente pelo laboratório de recursos ambientais – LERPC, é comum a todos os demais. O trabalho principal consiste na obtenção de dados, na sua representação espacializada e na sua organização em forma de banco de dados para posteriores análises.

3.5 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E MODELIZAÇÃO NUMÉRICA

O IFREMER desenvolveu, como instrumento de espacialização de dados, o Sistema de Informações Geográficas – SIG, utilizando-se do ArcView e suas extensões que permitem colocar sobre uma mesma base geográfica um conjunto de dados georeferenciados, como: batimetria, cadastro de produtores, carta de fundo, etc. (BACHER, 2000).

O SIG tem se tornado um valioso instrumento de ajuda às decisões pelo seu caráter transversal e interdisciplinar, permitindo o cruzamento de informações de natureza diversa, desde que tenha a mesma dimensão espacial.

A utilização de modelos numéricos para simulação de cenários tem também servido para a análise de ambientes estuarinos, como o exemplo do modelo MARS, utilizado por Stanisiere et al. (2004) na detecção dos impactos sanitários da estação de tratamento de esgoto de Fouras, próxima a La Rochelle, na França.

Os Laboratórios de Recursos Ambientais – LER se dedicam à instrumentação, modelização e base de dados que são de interesse comum à maioria dos programas e pesquisas desenvolvidos nos laboratórios. Buscam determinar a evolução de certas características do meio ambiente para melhor compreender sua dinâmica e complexidade através da obtenção de medidas de parâmetros ambientais e hidrobiológicos. Para isto são realizadas: aquisição de dados com uso de sondas multiparâmetros, aquisição contínua de temperatura, aquisição de dados espacializados, acoplagem de dados e posição geográfica, espacialização de dados ambientais e avaliação batimétrica.

3.6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O desenvolvimento da produção de ostras na França exigiu, do poder público daquele país, maiores cuidados com a produção e comercialização dos produtos marinhos, especialmente animais filtradores como os moluscos, que acumulam em seu corpo os poluentes contidos na água, filtrados por suas brânquias.

O esforço desenvolvido no sentido de compreender os processos biológicos dos animais de cultivo para evitar grandes perdas econômicas tem mostrado, ao longo dos anos de pesquisa, que as interações animal-meio ambiente são determinantes no seu desenvolvimento, especialmente quando a intervenção antrópica está presente.

A evolução tecnológica dos últimos tempos tem permitido avanços significativos na obtenção de dados ambientais através de uso de sondas multiparâmetros e de aquisição contínua de diversos indicadores da condição do meio aquático para a produção. No contexto dos avanços tecnológicos, as possibilidades de representação espacializada de dados obtidos em campanhas de amostragens pelas sondas multiparâmetros possibilitam a interpretação destes e sua representação em diversas escalas. O cruzamento destes dados com levantamentos biológicos permite uma melhor compreensão do funcionamento dos ambientes e do comportamento dos animais neles inseridos. Como resultado da intensificação das ações antrópicas sobre a zona costeira, os riscos zootécnicos para a produção de moluscos bem como os riscos sanitários, especialmente para o consumidor, têm sido uma preocupação constante. As pesquisas atualmente desenvolvidas na França, sobre mortalidade de ostras, investigam a fragilidade do sistema imunológico destes moluscos submetidos à presença de contaminantes químicos. Outro aspecto do desenvolvimento tecnológico nestas pesquisas é a utilização de modelos numéricos para simulação de processos hidrodinâmicos associados a movimentação de nutrientes ou poluentes sobre áreas de produção.

Neste sentido, as pesquisas e a aquisição de dados refletem as preocupações sobre os riscos aos quais estão submetidos animais de cultivo (risco zootécnico) e consumidores (riscos sanitários), exigindo um controle cada vez mais preciso e localizado destes.

Um aspecto contraditório tem sido observado com o desenvolvimento das técnicas de monitoramento e de investigação no contexto da aqüicultura nas águas da costa francesa: o aumento da ocorrência de episódios de afloramento de algas tóxicas no litoral francês se deve ao aprimoramento das técnicas de pesquisa e aos monitoramentos mais freqüentes? Ou são fenômenos naturais recorrentes não identificados anteriormente por falta de monitoramento? Ou ainda, se o aumento da ação antrópica no continente e seus reflexos sobre o ambiente marinho costeiro? Muitas destas questões ainda não têm respostas conclusivas

A experiência francesa pode servir de exemplo para se evitar os episódios de mortalidade como o ocorrido com a ostra plana e a portuguesa. O desenvolvimento da tecnologia de controle e monitoramento ambiental marinho adotado atualmente pelo IFREMER mostra as possibilidades e o desafio que teremos de enfrentar para assegurar a qualidade dos produtos obtidos da aqüicultura marinha no Brasil, assim como a manutenção da qualidade ambiental das áreas de cultivo. O monitoramento ambiental é, sem dúvida, necessário para avaliar a qualidade do meio marinho para produção de moluscos, assim como para certificar a qualidade dos produtos da aqüicultura. As variações sazonais das condições ambientais seguem padrões e as alterações destes padrões podem explicar mudanças no comportamento reprodutivo, no desenvolvimento e crescimento dos moluscos, indicando muitas vezes o sucesso ou o fracasso de uma atividade econômica. Neste sentido, a implementação de um programa de monitoramento das condições ambientais e do desenvolvimento das populações de moluscos em Santa Catarina pode ajudar a compreender melhor as interações entre animais e meio ambiente e ajudar no aprimoramento dos sistemas de cultivo e de exploração da atividade.

Essas discussões são baseadas no estágio de doutorado sanduíche por mim desenvolvido no laboratório ambiental (LERPC – IFREMER) de La Tremblade. Durante este período tive a oportunidade de acompanhar diversos trabalhos de campo, pesquisas em andamento e trabalhos de laboratório. A verificação de que a pesquisa e o monitoramento caminham juntos e que somente o trabalho de equipes interdisciplinares pode avançar na compreensão de processos que envolvem tamanha complexidade, como as inter-relações entre animais marinhos e meio ambiente.

4 ESTUDO DA TEMPERATURA DA ÁGUA NA BAÍA SUL E ÁREAS ADJACENTES À ILHA DE SANTA CATARINA

4.1 INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes para a distribuição geográfica dos animais e plantas, agindo como um fator limitante à reprodução, ao crescimento e à distribuição de organismos. A variação de temperatura nos ambientes aquáticos interfere nos ciclos anuais dos organismos, acelerando ou reduzindo a velocidade do metabolismo interno, e na reprodução. Se comparada aos ambientes terrestres, as variações de temperatura da água se dão mais lentamente que em terra devido ao seu elevado calor específico, que previne as rápidas variações de temperatura no ambiente.

As variações das condições oceanográficas, resultantes dos processos de interação ar-mar podem ser estudadas a partir de três escalas: variação diurna; variação sazonal e variação anual (MATSUURA,1986). De maneira geral, as oscilações de temperatura da superfície do mar podem também sofrer variações sazonais, anuais e diárias. Nas águas superficiais, a radiação do sol e a condução de calor da atmosfera são responsáveis pelo seu aquecimento diário. Cada região do planeta apresenta um padrão de variação sazonal de acordo com as condições locais. Lima *et al.* (1996) encontraram para a plataforma continental sul do Brasil (31°S a 35°S) uma variação sazonal da temperatura da superfície do mar entre 12°C e 14°C no inverno e 21°C e 24°C no verão. Nas águas profundas inferiores a 2000m, que representam algo em torno de 60% da área dos oceanos, a temperatura varia muito pouco, estando abaixo dos 3°C (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002).

Um fator importante na variação da temperatura superficial dos oceanos está relacionado à latitude. O equador recebe mais calor por unidade de área que os pólos, porque o ângulo de incidência da irradiação solar é maior em pequenas latitudes do que em regiões polares (SCHMIEGELOW, 2004). A variação sazonal de temperatura superficial das águas oceânicas é menor quando próximo ao equador, e máxima quando se aproxima de 40° de latitude, norte ou sul, diminuindo em direção aos pólos. As variações são maiores no hemisfério norte, influenciadas pela maior porção continental comparada à quantidade de água (que, por possuir

alto calor específico, minimiza as variações). Mesmo no hemisfério sul, nas regiões costeiras rasas, as oscilações sazonais de temperatura das águas superficiais podem variar em até 15°C entre as estações do ano (SCHMIEGELOW, 2004). As variações diárias estão mais diretamente ligadas à incidência solar sobre a superfície do mar.

A variação da temperatura da água na baía Sul está relacionada às condições atmosféricas locais: incidência solar e frequência de frentes frias, além da circulação oceânica, que exerce um papel fundamental no transporte de massas de água que dominam sazonalmente a plataforma continental adjacente à Ilha de Santa Catarina. Tais massas de água apresentam características próprias de salinidade, temperatura e densidade, o que permite sua identificação. A sazonalidade de sua aproximação da costa, assim como a de correntes marinhas, contribui significativamente na variação da temperatura das águas. Anomalias na regularidade destas variações sazonais também são observadas na região. A ocorrência esporádica do fenômeno da ressurgência durante o verão e a incursão da pluma de águas mais frias e menos salinas provenientes do Rio da Prata durante o inverno são resultado da complexa dinâmica dos processos oceanográficos que ocorrem nesta porção sudoeste do Atlântico Sul, contribuindo para a dinâmica do padrão de temperatura da água costeira.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever e discutir as variações de temperatura da água da baía Sul em diferentes escalas temporais avaliando os principais fatores que interferem nesta variação: correntes marinhas, variação sazonal e diária da temperatura atmosférica e o fenômeno da ressurgência.

4.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o comportamento da temperatura da água da baía Sul da Ilha de Santa Catarina;
- avaliar o comportamento da temperatura da água nas áreas de cultivo de ostras da Costeira do Ribeirão da Ilha e suas variações sazonais, anuais e diárias;

- avaliar a influência das correntes marinhas sobre a variação da temperatura da água na baía Sul da Ilha de Santa Catarina;
- discutir a ocorrência do fenômeno da ressurgência na plataforma continental da região Sul do Brasil e sua influência sobre as variações de temperatura no interior da baía Sul da Ilha de Santa Catarina.

4.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As áreas preferenciais para o desenvolvimento de projetos de aquicultura são geralmente abrigadas de ventos, de fortes correntes marinhas e da ação das ondas. Áreas com estas características permitem com maior facilidade a instalação das estruturas de cultivo e seu manejo. Estas áreas se localizam normalmente próximas à costa e encontram-se sob constante influência continental, via de regra pelo aporte de água dos rios. Muitas destas áreas se encaixariam na definição de Pritchard (1967) para estuários: *“um corpo de água semi-fechado que tem uma livre conexão com o oceano aberto, dentro do qual a água marinha sofre considerável diluição pelo aporte de água continental”*²². Neste conceito o autor não considera a ação da maré. Elliot & McLusky (2002) se aprofundam na definição de estuário, mostrando que existem muitos outros fatores a serem considerados nesta definição. Mas o que se pretende aqui é mostrar que nas áreas costeiras existe um gradiente de salinidade, de temperatura e de turbidez determinado pelas descargas dos rios, diferentemente das águas oceânicas que são relativamente homogêneas. As águas costeiras, de características muito diferentes, transportam nutrientes e materiais em suspensão, responsáveis pelo enriquecimento do ambiente. Assim, quanto aos aspectos composicionais, as baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina mostram características de estuário, como as apresentadas no Quadro 4. Apesar da denominação de baías, que também não se encaixa numa definição mais clássica para a área, o ambiente semi-confinado, gradiente de salinidade, a influência de marés, transporte de sedimento, entre outros permitem dizer que se

²² “An estuary is a semi-enclosed coastal body of water which has a free connection with the open sea and within which sea water is measurably diluted with fresh water derived from land drainage.”

trata de um ambiente que pelo menos apresenta em seu interior algumas características de estuário.

QUADRO 4 - Enfoque multidisciplinar para definição de estuário.

Discipline	Character	Mechanism of definition
Physical	Physiography Marine-based hydrographic processes	Abrupt break between estuary and open coast Penetration of tides (then subdivide by tidal regime) Penetration of marine waves Presence of density-driven currents Sea-derived sediment transport
Chemical	Salinity Sensitivity	Reduced from seawater but greater than freshwater To nutrient enrichment
Biological	Community type	Penetration of marine plankton Presence of recognized sea-fishes Migration route for diadromous fishes Presence of 'estuarine' community
Environmental quality	Classification	Based on biology, aesthetics, chemistry and with estuarine features
Management	Sea fisheries Transition waters	Inland penetration of species 'widely recognized as marine' Based on differences (by default—neither marine nor freshwaters)
Legal	With a recognized hinterland Area widely regarded as 'estuarine' Receiving a catchment	Based on a catchment with a recognized coastline and transition area Within a degree of precedence, an area regarded as such both by expert judgement and public perception As the area where a river discharges
Conservation	Support of estuarine important biotopes and populations	As an area notable for its functioning (e.g. as for wading birds) or typical biotopes (e.g. saltmarshes, seagrass beds)

Fonte: ELLIOTT & MCLUSKY (2002)

Levando em conta o objetivo deste trabalho, ou seja, discutir a variação de parâmetros ambientais propícios ao cultivo de moluscos, algumas características do ambiente marinho devem ser analisadas com maior atenção. Segundo Stewart (2004), a temperatura, a salinidade e a densidade são parâmetros físico-químicos da água marinha que permitem não somente uma análise das possibilidades e dos fenômenos que ocorrem em uma determinada área do oceano, mas também permitem que esta análise seja comparada com estudos realizados em outras áreas. Isso é possível já que estes parâmetros podem ser medidos através de unidades e de equipamentos padronizados, em estudos cuja metodologia seja devidamente explicitada. Diversos descritores são analisados em estudos oceanográficos, sendo a temperatura, salinidade, turbidez e densidade os mais comuns. Estes, no contexto abiótico, permitem identificar massas de água de diferentes origens, sob a influência de diversas correntes. No aspecto biótico, permitem avaliar condições para produção e reprodução de espécies aquáticas.

Para caracterizar e compreender as condições ambientais dentro das baías para produção de moluscos foram analisados os seguintes parâmetros oceanográficos na pesquisa: temperatura, salinidade e turbidez. Estes elementos são de grande importância para a aquicultura, uma vez que oscilações acentuadas destes parâmetros podem interferir nos processos fisiológicos dos organismos aquáticos, provocando redução de crescimento e mesmo mortalidade (SELLERS & STANLEY, 1984).

4.3.1 A TEMPERATURA

A temperatura da água é um descritor de grande importância na análise das condições ambientais para cultivo de moluscos. É o principal fator que controla a atividade de animais e plantas, agindo como fator importante nos processos reprodutivos de crescimento e atua sobre a distribuição geográfica dos organismos aquáticos.

Mexilhões e ostras cultivados em Santa Catarina suportam uma ampla variação de temperatura, que pode variar de 5°C a 30°C. No processo reprodutivo em mexilhões de cultivos, a desova é normalmente estimulada por estresse ambiental, resultado de chegada de frentes frias que conduzem massas de água com diferentes temperaturas e salinidades (MANZONI, 2005).

Segundo Akaboshi (1979), a ostra japonesa se desenvolve bem em águas com temperaturas entre 11°C e 25°C e salinidade entre 14 e 35‰. Entretanto, podemos verificar que ostras de cultivo sobrevivem às temperaturas de verão no litoral de Santa Catarina, que pode atingir 29°C.

Bougrier et al. (1995) destacam a importância dos índices de consumo de oxigênio (que revela a perda energética) e de clareamento (que demonstra o aproveitamento de alimento) para a avaliação de áreas potenciais para o cultivo. Seu estudo realizado em laboratório com ostras da baía de Marennes-Oléron, (França) visa estabelecer os índices de clareamento e consumo de oxigênio de *Crassostrea gigas* estatisticamente com relação a dois fatores: tamanho da ostra e temperatura. Os autores afirmam, para ostras produzidas nas condições desta baía, que as taxas de ambos indicadores dependem da temperatura da água do mar. Os índices de clareamento aumentaram com o aumento da temperatura, até

um máximo de 19° C, além do qual a taxa começou a decrescer. Por outro lado, o consumo de oxigênio aumentou por todo o espectro de temperaturas testadas. Nas condições de produção na França, este valor de 19° C é considerado como a temperatura crítica mínima para indução da desova. Em aquicultura, as áreas para cultivos são escolhidas baseadas no potencial nutricional do sistema e na energia necessária para os animais. Um conhecimento das funções fisiológicas de absorção de alimentos e perdas metabólicas pode informar, embora de maneira incompleta, sobre o possível sucesso de cultivar tais espécies em tal área. Assim, através dos cálculos energéticos pode-se saber se o animal vai crescer ou morrer, como aconteceu com metade das ostras durante o experimento de aclimação em 32° C. Esta temperatura estaria acima do limite térmico das *C. gigas*, confirmando as observações de Le Gall e Raillard (1988) que a estimularam em 30°C.

A temperatura da água afeta também a reprodução de outros organismos aquáticos que aumentam em número no verão ampliam a presença de *fouling*²³. Um levantamento ecológico realizado por Neptune et al (2000) em Florianópolis para avaliar a presença do poliqueta em ostras cultivadas na mesma região, registrou que 81,7% das ostras analisadas apresentavam túneis e/ou bolhas produzidas por *P. websteri*, e que o grau de infestação estava diretamente relacionado com o aumento da temperatura da água durante os meses de dezembro a janeiro, período de reprodução do poliqueta (Neptune et al (2000)

Ibbotson (2002), estudando a infestação por poliquetas do gênero *Polydora* em ostras *C. gigas* de cultivo experimental do Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos (LCMM/UFSC), observou a ocorrência do anelídeo perfurador *Polydora* sp. (*Polychaeta: Spionidae*) em todos os meses amostrados. As larvas dos poliquetas espionídeos estiveram presentes no plâncton durante todos os meses estudados, com picos de densidade em junho e julho em águas mais frias. A menor concentração de larvas planctônicas foi obtida no final do verão, com valores médios de densidade de 17,65 larvas/m³. Já o principal pico, encontrado em meados de junho, apresentou valores médios de 4557,57 larvas/m³.

Sabry et al (2003), estudando a incidência de parasitas de ostras em cultivos da Ponta do Sambaqui em Florianópolis, verificaram a elevada prevalência de *Polydora websteri* em *Crassostrea gigas* durante todo o período experimental

²³ Conjunto de organismos aquáticos que se fixam em substratos rígidos no meio aquático como cascos de embarcações, rochas e estruturas de cultivo.

(agosto a maio). A incidência de tubos produzidos por *Polydora* em ostras *Crassostrea risophora* foi menor do que em *Crassostrea gigas* em agosto e ausente em novembro. A autora sugere que a menor incidência de *Polydora* na ostra nativa esteja relacionada à menor temperatura da água em agosto e setembro.

Brown, (1988) estudando índice de condição, a razão peso de carne seca/peso de concha e a razão peso de carne/volume e taxa de sobrevivência de ostras *Crassostrea gigas* no Canadá, verificou que a razão peso de carne seca /peso de concha foi um índice mais apropriado para avaliar a condição das ostras. A disponibilidade de alimentos e a temperatura da água foram os principais fatores afetando o crescimento. Esta razão foi equivalente em áreas com baixa salinidade, nas quais o crescimento das ostras foi lento e em áreas de alta salinidade e abundância de alimentos em que o crescimento das ostras é mais rápido. A correlação entre estes dois índices de condição foi pobre na área pesquisada.

Segundo Costil et al. (2005) mortalidades massivas de ostras do Pacífico são registradas desde os anos 1950 em diferentes países, incluindo o Japão e os Estados Unidos, mas não foi possível encontrar o agente causal destas mortalidades. Elas estiveram associadas com áreas de grande produtividade, altos níveis de nutrientes e temperatura da água excedendo a 20°C e coincidindo com o período de desova. Os autores conduziram experimentos entre fevereiro de 2000 e agosto de 2001, na baía de Veys, na Normandia, visando dois objetivos: estudar a variabilidade espaço-temporal de mortalidades e performances biológicas de ostras adultas e fazer uma discussão preliminar da influência de fatores ambientais, particularmente a temperatura, na mortalidade e performance biológica de ostras. No que concerne à mortalidade, esta mostrou uma grande variância sazonal na baía de Veys, e as taxas mais altas foram registradas de julho a outubro (ou seja, no período de verão e outono) nos dois anos estudados.

A variação da temperatura da água se dá na escala temporal e espacial. A diferença vertical da temperatura da água permite a formação de camadas chamadas termoclinas, que são mais freqüentes nas regiões tropicais, podendo surgir nas regiões de médias latitudes, sazonalmente, muito próximas à superfície no período da tarde e desaparecendo à noite. As variações de temperatura alteram também a densidade, a viscosidade e a solubilidade de oxigênio (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002). A distribuição da temperatura da superfície da água do mar é zonal. É mais quente perto do Equador e mais fria perto dos pólos

(STEWART, 2004). Varia horizontalmente com a latitude e verticalmente com a profundidade.

Os corpos d'água sofrem variação natural da temperatura em função da sazonalidade e de oscilações diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial pode ser influenciada principalmente pela latitude, estação do ano e período do dia (BRASIL, 1995).

A temperatura d'água é um parâmetro físico que permite conhecer a massa de água. Sua medida permite a determinação do campo densidade e, assim, a identificação das correntes marítimas (AMINOT, 1983). Também é importante na medida em que sua alteração interfere tanto nos processos físico-químicos na água, como nos processos fisiológicos dos animais que vivem neste meio. A elevação da temperatura da água aumenta as taxas de reações químicas, podendo diminuir a solubilidade dos gases, permitindo o aumento de trocas gasosas entre a coluna d'água e o sedimento, com a conseqüente liberação de gases que podem ser tóxicos (como o metano, gás sulfídrico e amônia). Interfere também na solubilidade do oxigênio na água. Assim, maiores níveis de oxigênio são encontrados em águas mais frias, e uma menor oxigenação em águas mais quentes, acelerando e reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos.

Os moluscos bivalves são organismos aquáticos que tem seu metabolismo regulado pelo meio externo. A velocidade de suas reações metabólicas está ligada à variação da temperatura. Pode-se dizer que o aumento da temperatura da água acelera o ritmo dos processos metabólicos destes organismos, aumentando o ritmo da respiração, da nutrição, da reprodução e da movimentação. O fator externo mais comumente relacionado ao desenvolvimento de eventos reprodutivos de invertebrados marinhos é a mudança na temperatura da água do mar. No entanto, outros parâmetros ambientais como salinidade e luz são também de grande importância na reprodução dos invertebrados marinhos, regulando ciclos reprodutivos por mecanismos internos, controlados por condições ambientais favoráveis (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002). Períodos muito longos de altas temperaturas induzem ao processo de desova continuado, levando as ostras a um estado de estresse fisiológico, o que pode estar associado às mortalidades de verão em ostras.

4.3.2 CARACTERIZAÇÃO OCEANOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO E DO SEU ENTORNO

A ilha de Santa Catarina está inserida na plataforma continental sudeste brasileira (PCSE), descrita em Kampel (2003). A PCSE (Figura 26), que compreende a porção da plataforma continental localizada entre o Cabo de São Tomé (22°S) e o Cabo de Santa Marta (28°40' S) apresenta a parte mais larga em frente à cidade de Santos (230 km) e a parte mais estreita nas proximidades de Cabo Frio (50 km) e do Cabo de Santa Marta (70 km). Com topografia suave e isóbatas paralelas à linha de costa, apresenta a quebra da plataforma continental entre as profundidades de 120 a 180 m (KAMPEL, 2003). A plataforma continental sul (28,5°S – 34°S) se estende desde o cabo de Santa Marta até a zona de convergência subtropical, onde as correntes do Brasil e das Malvinas se encontram.

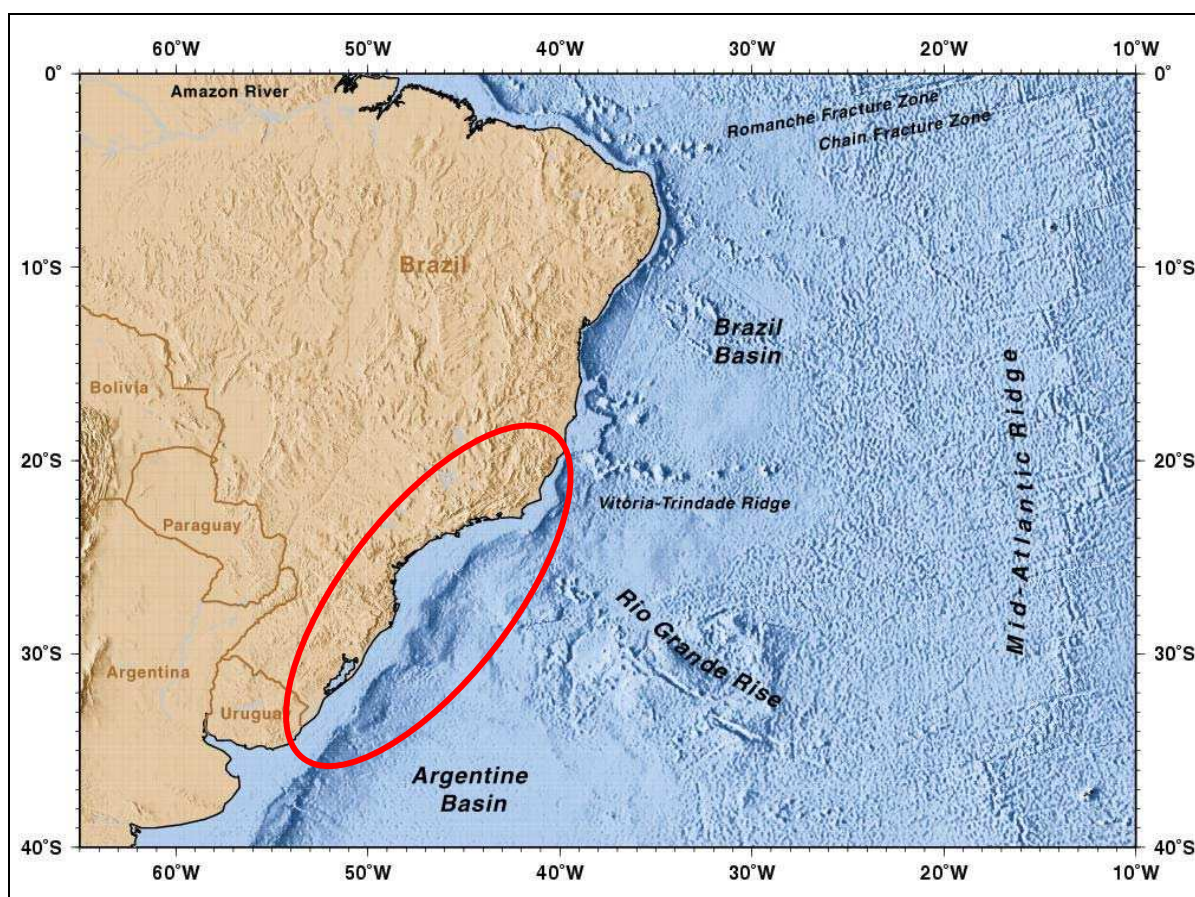


FIGURA 26 - Parte do Oceano Atlântico Sul e continente adjacente, com destaque para a plataforma continental sudeste e sul do Brasil. Fonte: CIMAS (2006).

A posição em que a Ilha de Santa Catarina se encontra (27°S) recebe influência de elementos ora com características tropicais (quentes), ora subtropicais e temperados, com variações de temperatura média do ar entre 10,7°C e 28,5°C no inverno e temperatura máximas e mínimas da água variando de 30,53°C a 14,98°C entre verão e inverno.

Conforme assinalado anteriormente, as variações das condições oceanográficas são resultantes dos processos de interação ar-mar (MATSUURA, 1986). Nesta região, os elementos que mais influenciam as variações de temperatura na atmosfera e na água do mar estão relacionados à alternância na dominância de massas de ar atmosférico e à ação de massas de água e correntes marinhas.

O clima na Ilha de Santa Catarina, apresenta características controladas pela atuação das massas de ar Polar marítima (Pa) e Tropical marítima (Ta) do Atlântico. De acordo com os critérios do modelo de classificação de Strahler, o clima nesta região é do subtipo subtropical úmido. Segundo E. NIMER (*apud* MENDONÇA, 1997), está inserida na região de clima temperado de categoria subquente, com temperatura média oscilando entre 18 e 15°C no inverno e entre 26 e 24° C no verão. A temperatura média anual é de 20.4°C.

A direção dos ventos exerce forte influencia sobre o resultado da interação ar-mar, provocando alterações na direção de correntes e mesmo na mistura das águas superficiais.

No verão, os ventos predominantes sopram do quadrante norte associados à massa de ar Tropical Atlântica (MONTEIRO, 2001). Os ventos do quadrante sul, também freqüentes, são os mais velozes, com rajadas de até 80 km/h, estando associados à atuação da massa Polar Atlântica (MONTEIRO & FURTADO, 1995). O encontro das massas Tropical Atlântica (Ta) e Polar Atlântica (Pa) dá origem à frente fria Polar Atlântica (FPA) que, no seu deslocamento, ocasiona bruscas mudanças no tempo atmosférico em qualquer estação do ano. No inverno, a passagem da FPA é sucedida por ondas de frio das massas polares, que baixam consideravelmente as temperaturas. O mesmo efeito no verão tem ação amenizadora (MENDONÇA, 1997).

As variações da temperatura da água do mar estão também associadas às condições atmosféricas que influenciam, através dos ventos, o transporte

superficial de Ekman, favorecendo a ressurgência de águas frias. Em termos sazonais, a alternância no domínio de correntes de Norte (Corrente do Brasil) ou de Sul (Corrente das Malvinas) também condiciona a temperatura superficial.

Matsuura (1986), estudando as variações da distribuição horizontal da temperatura e salinidade e a variação da distribuição vertical de temperatura na região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC), propõe uma caracterização da estrutura oceanográfica para este setor da plataforma continental do Brasil.

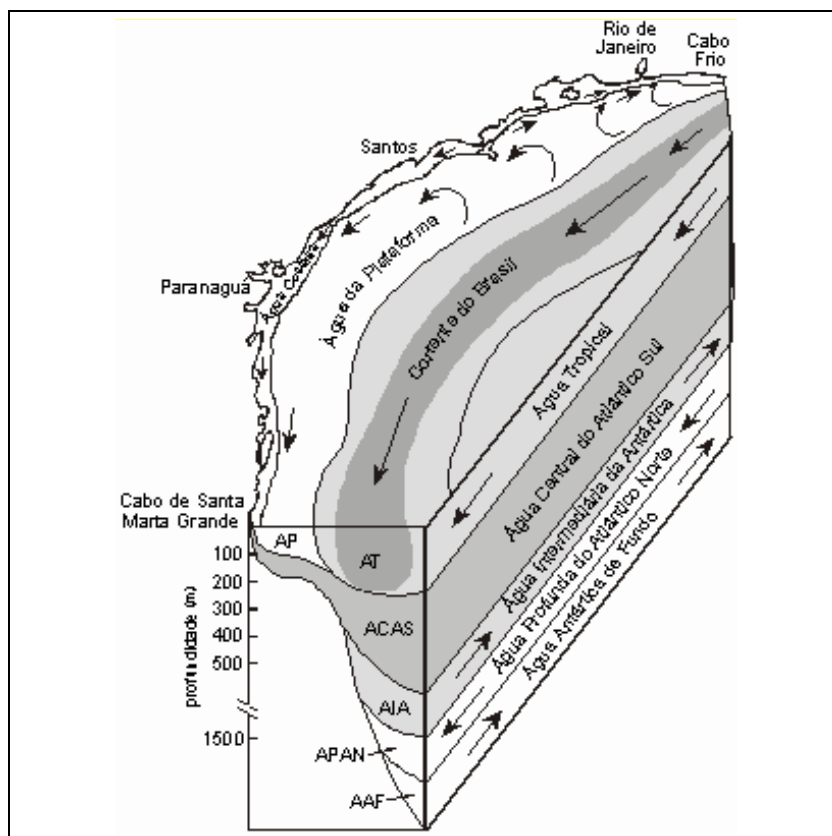


FIGURA 27 - Modelo esquemático da estrutura oceanográfica na região sudeste-sul brasileira na época de verão (modificado de Matsuura, 1986).

Fonte: http://cursos.unisantabr.br/oceanografia/correntes_marinhas.htm

A figura 27 mostra a estrutura oceanográfica na região sudeste-sul brasileira durante o verão. Destaca-se o movimento da Corrente do Brasil no sentido sul e da ACAS em direção ao continente. A ACAS é a massa de água responsável pelo resfriamento associado ao fenômeno de ressurgência na costa sudoeste-sul do Brasil. A circulação geral no Atlântico Sudoeste é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil em direção às altas latitudes ao longo da costa do continente sul americano e do fluxo da Corrente das Malvinas no sentido contrário. As correntes

do Brasil e das Malvinas encontram-se sobre a plataforma continental da Bacia Argentina, perto de 36° S, criando uma zona frontal que marca a divisão entre as águas sub-antárticas e sub-tropicais (LIMA et al, 1995).

A Corrente do Brasil, que se forma na zona equatorial, flui no sentido sudoeste, paralela ao talude continental. Sob a Corrente do Brasil, há a massa de Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que possui as mesmas propriedades da massa de água formada na convergência subtropical. Uma parte da ACAS penetra na camada inferior do mar sobre a plataforma continental na primavera-verão, formando uma marcante termoclina. Em alguns pontos da região entre Cabo Frio e Cabo de Santa Marta, dependendo da direção dos ventos predominantes, forma-se a ressurgência costeira, caracterizada pelo afloramento da massa de Água Central do Atlântico Sul. No outono inverno, a ACAS fica recuada, na altura da quebra da plataforma continental (MATSUURA, 1986).

No inverno existe um domínio das águas sub-antárticas na superfície do Atlântico Sudoeste. Tais águas são transportadas para norte através da Corrente das Malvinas, com temperaturas inferiores a 15°C e salinidades entre 33,7 ‰ e 34 ‰. No verão, as águas superficiais são influenciadas pela Água Tropical mais quente e mais salina ($T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36\text{‰}$), transportada pela Corrente do Brasil (BATISTA NETO et al, 2004) (Figura 28).

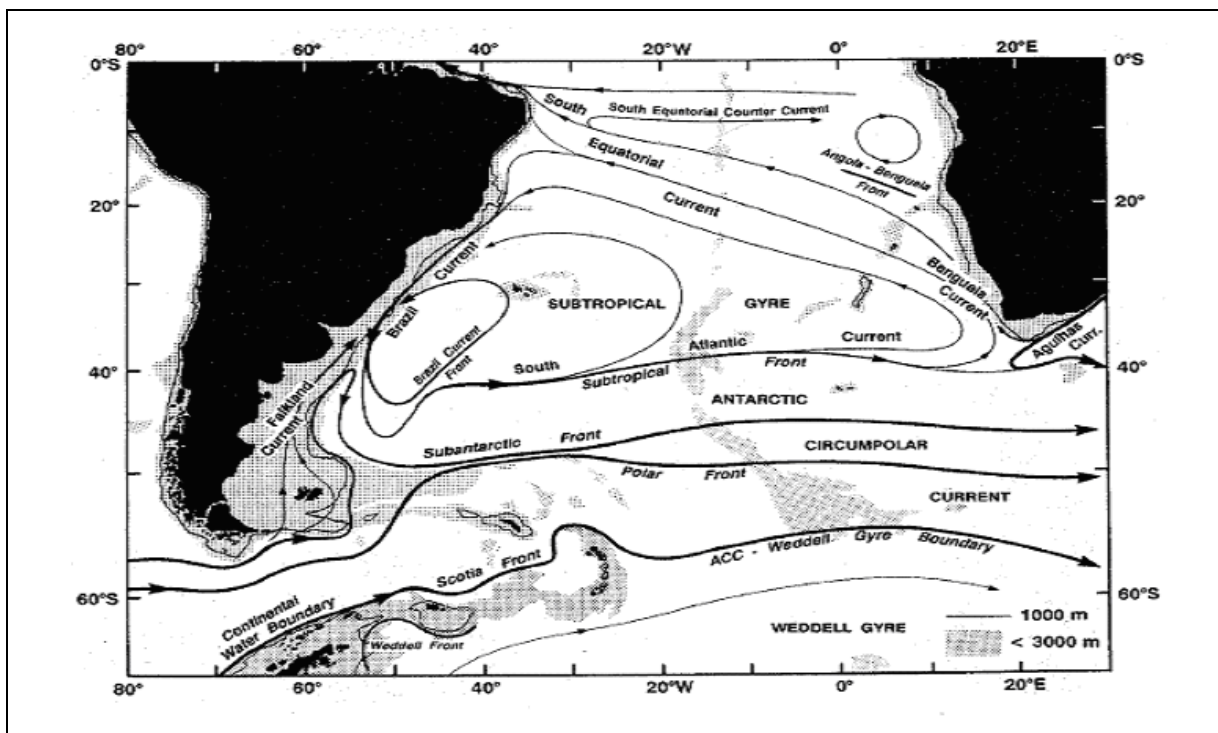


FIGURA 28 - Circulação superficial no Oceano Atlântico Sul.

Fonte: Peterson and Stramma (1991).

Lima et al (1995), utilizando relatórios marítimos de tempo do U. S. National Climatic Center e dados de três cruzeiros oceanográficos, mostram um padrão sazonal em que a interação entre os ventos, a circulação geostrófica e a variação em média escala da Corrente do Brasil produz fluxo na direção sul e para fora e sobre a plataforma continental durante o verão e fluxo no sentido norte durante o inverno.

Zavialova et al. (2002), avaliando dados medidos nos campos de corrente e temperatura da água, e de velocidade e sentido dos ventos na região da plataforma continental do Rio Grande do Sul, observaram uma alta variabilidade no fluxo de corrente. Tal variabilidade foi correlacionada com o estresse do vento local e um fluxo residual médio no sentido norte, com velocidade de poucos centímetros por segundo e uma estreita camada sub-superficial, estável e de baixa salinidade, à descarga fluvial, isolando fisicamente os níveis mais profundos das forçantes atmosféricas.

Além da ocorrência de uma variação sazonal na temperatura da água, Lentini *et al.* (2001) mostram a influência do fenômeno El Niño sobre as anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região Sudoeste do Atlântico e concluem que estas variações refletem as oscilações interanuais associadas aos períodos de forte ou moderada intensidade do fenômeno El Niño no Pacífico. É possível, também, que além da influência do Pacífico a anomalia na linha de costa Sudoeste do Atlântico esteja relacionada às variações da Temperatura da Superfície do Mar associadas ao giro Subtropical Atlântico ou a condições anômalas do sistema de alta pressão em larga escala de tempo (LENTINI et al, 2001).

A velocidade e intensidade dos ventos podem também influenciar na dinâmica das correntes superficiais no sul do Brasil, interferindo na variação da temperatura e da salinidade de vasta área da plataforma continental. Pimenta *et al.* (2005) utilizaram o modelo POM para simulação do papel dos ventos e da descarga fluvial na dinâmica da pluma do rio da Prata. Os autores sugerem que a distribuição de baixa salinidade é muito mais sensível à direção dos ventos do que à descarga fluvial. Os ventos de sudoeste são capazes de advectar o sinal de baixa salinidade ao longo da costa. Já os ventos de nordeste demonstram ser eficientes

na erosão da pluma, que é destacada da costa pela deriva de Ekman²⁴. Uma intrusão anormal da pluma de baixa salinidade em direção a baixas latitudes pode ser o resultado da posição original da pluma acoplada a eventos persistentes de fortes ventos de sudoeste. Piola *et al.* (2000) mostram que as plumas de água doce do Rio da Prata podem ser transportadas a latitudes abaixo de 27°S durante o inverno e 32°S durante o verão.

A Figura 29 mostra a simulação da pluma de água doce que pode chegar próximo a de latitude 25° influenciada pela frequência dos ventos do quadrante sudoeste durante o inverno.

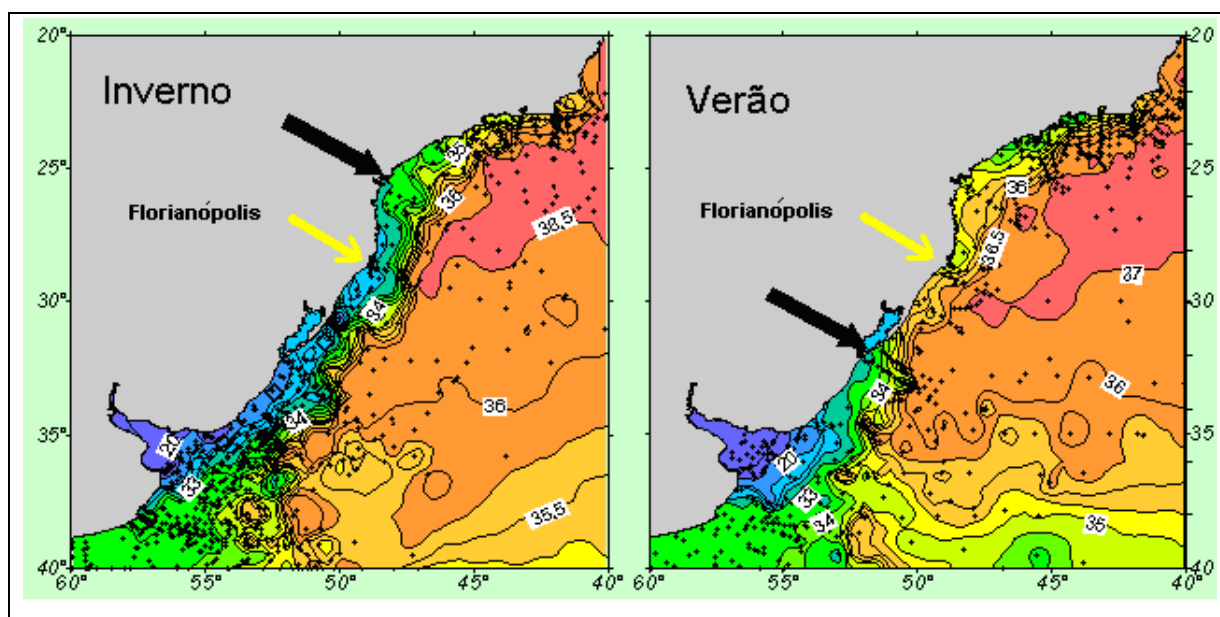


FIGURA 29 - Influência do Rio da Prata na salinidade superficial costeira obtida a partir de dados históricos. A seta amarela indica a cidade de Florianópolis e a seta preta indica a altura da costa onde a pluma de água doce pode alcançar na simulação.

Fonte: CASTRO FILHO (2005)

Lentini *et al.* (2000) estimaram que as amplitudes anuais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) podem variar entre 4°C e 13°C ao longo da plataforma continental no Oceano Atlântico Sudoeste. Os autores destacam que a maior parte dessa variação é devida ao aumento do transporte da Corrente do Brasil durante o

²⁴ O transporte de Ekman é o fluxo de massa causado pelo efeito do vento integrado da superfície até o fundo da camada de Ekman. O transporte médio é 90° à esquerda no hemisfério sul, sendo este efeito de particular interesse perto da costa. Dada a condição de fluxo normal zero, caso o transporte de Ekman afaste as águas superficiais do continente, este fluxo pode ser compensado pela ressurgência costeira.

verão e das Malvinas no inverno, o que contribuiria para as grandes amplitudes de TSM encontradas na região adjacente ao Rio da Prata.

Em escala local, no interior da baía Sul, durante o período de primavera e verão, há possibilidade de grandes variações de temperatura das águas provocadas especialmente pela ocorrência de ressurgência na costa adjacente. Este fenômeno é bem conhecido para o litoral do Rio de Janeiro, na região de Cabo Frio, onde a configuração das isotermas, isohalinas e isopicnais sugere o afloramento da termoclina e da ACAS com o estabelecimento de uma frente de ressurgência costeira, típica desta região, principalmente no período de verão (KAMPEL, 2003). Matsuura (1986), em pesquisa na plataforma continental sul e sudeste, demonstra a ocorrência de ressurgência no litoral de Cabo Frio e dá indícios da presença deste fenômeno também no litoral catarinense. Na plataforma continental sul, na costa do Rio Grande do Sul (31°S e 35°S), no verão, a combinação da quebra da plataforma e do transporte de Ekman causado pelos ventos do quadrante Norte pode resultar no aumento do fenômeno e forte intrusão da ACAS sobre a plataforma. No inverno, o transporte de Ekman na direção da costa causado pelos ventos do quadrante Sul resultam em fluxo de corrente para o fundo e para fora da plataforma (LIMA et al, 1995).

Com exceção das proximidades de Florianópolis, uma das poucas pesquisas visando a avaliação das oscilações de temperatura da água em áreas de cultivo de ostras em Santa Catarina se deu na Armação de Itapocoroy, litoral norte de Santa Catarina. Foi desenvolvida no período entre janeiro de 1999 e dezembro de 2000, tendo-se verificado que a ocorrência de ventos mais fortes se deu na primavera-verão e os ventos de menor intensidade durante o inverno. Durante a primavera os ventos foram predominantemente de quadrante leste (maior intensidade 54,9 km/h em outubro 1999), mudando no verão para o quadrante nordeste. Os maiores valores de temperatura da água registrados nesta pesquisa foram de 28°C a 30°C no verão e os menores valores no inverno, 14°C. Não foi detectada a presença da ACAS, pois não foi registrada nenhuma diminuição abrupta de temperaturas da água durante os períodos mais quentes, especialmente no verão (MARENZI, 2002).

Em síntese, a variação da temperatura das águas dentro da baía Sul está diretamente relacionada à alternância sazonal das correntes do Brasil e a das Malvinas. Esta última flui misturada às águas do Rio da Prata, provocando ainda

variações nas condições de salinidade e, eventualmente, também de temperatura da água. As variações também ocorrem devido à oscilação da radiação solar, nas escalas sazonal e diária. Naturalmente, têm-se maiores temperaturas superficiais no verão e menores no inverno e, da mesma forma, durante o dia as temperaturas são superiores às dos períodos noturnos. As variações interanuais também ocorrem, influenciadas especialmente pelo fenômeno El Niño. Ainda que de maneira esporádica na primavera e verão, sob a ação prolongada dos ventos do quadrante norte, a ocorrência do fenômeno de ressurgência costeira contribui para quedas abruptas da temperatura da água dentro da baía Sul, como será mais explorado nos dados trabalhados a seguir.

4.4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.4.1 MEDIDA DA TEMPERATURA DA ÁGUA NA COSTEIRA DO RIBEIRÃO

4.4.1.1 EQUIPAMENTOS E SÉRIES TEMPORAIS

A série temporal de temperatura da água analisada neste item foi obtida em um único ponto, variando temporalmente. A temperatura foi obtida a partir de dois medidores automáticos de temperatura (*data loggers*) e de um termômetro de leitura manual devidamente calibrado²⁵, sendo todas as medidas obtidas em uma área de cultivo de ostras na Enseada da Costeira do Ribeirão a uma profundidade 50 cm da superfície. A série temporal de temperatura obtida com os *data loggers* foi adquirida em dois períodos diferentes: de 04/06/2002 a 14/09/2004 e entre 28/11/2005 e 19/05/2006. Para elaboração de dados simulados de temperatura da água por análise de regressão foi utilizada a temperatura média diária do ar da Estação Meteorológica da Base Aérea de Florianópolis, que fica localizada a poucos quilômetros do ponto de coleta, e a temperatura média diária da água obtida pelo *data logger*. O Quadro 5 apresenta a relação dos dados de temperatura e os equipamentos utilizados na pesquisa.

²⁵ Dados cedidos pela Fazenda Marinha Atlântico Sul.

QUADRO 5 – Equipamentos utilizados para obtenção das séries temporais de temperatura da água e do ar.

EQUIPAMENTO	PERÍODO		Taxa de aquisição
	Início	Fim	
Stow Away Tidbit Logger	04/06/2002	14/09/2004	4 horas
Período sem aquisição	15/09/2004	27/11/2005	-----
Optic Stow Away Temp Logger	28/11/2005	19/05/2006	1 hora
Termômetro de leitura manual	09/2001	03/2006	Leitura diária às 9:00h
Estação automática da Base Aérea de Florianópolis	09/2001	03/2006	Média diária de temp. do ar

Para obtenção da série temporal de aquisição automática e contínua foram utilizados dois *data loggers* diferentes instalados na mesma área em períodos distintos. A primeira série temporal foi adquirida com o auxílio de um *StowAway Tidbit Logger* (Figura 30). Este equipamento é completamente selado com epóxi suportando uma profundidade de até 330m. Tem capacidade de armazenamento de 32.520 medidas de temperatura, com intervalo de amostragem que pode variar entre 0,5 segundo a 9 horas, permitindo um tempo de gravação de três a quatro anos. Apresenta precisão do tempo de ± 1 minuto por semana à temperatura de $+20^{\circ}\text{C}$, permitindo o registro de temperatura entre -5°C a $+37^{\circ}\text{C}$.



FIGURA 30 – Equipamentos de aquisição contínua de temperatura da água.

Este equipamento foi instalado na Enseada da Costeira do Ribeirão (Coordenadas UTM: $x=740.071$; $y=6.929.802$) em 04 de junho de 2002, permanecendo até setembro de 2004, quando foi retirado da água para leitura. Os

dados foram recuperados com auxílio do programa *Onset Logbook for Windows* versão 2.04 e exportados para uma planilha no formato Excel.

O *data logger* foi programado para aquisição de dados a um intervalo de quatro horas, produzindo 5004 dados de temperatura da água durante o período. Em setembro de 2004, após a recuperação dos dados, o equipamento foi reintroduzido na água para continuidade das leituras. Por esgotamento da bateria interna, que é selada, o equipamento parou de funcionar, sem possibilidade de recuperação dos dados a partir de setembro de 2004.

A segunda série temporal de aquisição automática foi obtida com auxílio de um equipamento semelhante, porém com maior capacidade de armazenamento de dados. Foi utilizado um *Optic StowAway Temp Logger* (Figura 30). Este equipamento pode ser instalado até 33m de profundidade, possui bateria recarregável de fábrica e permite o funcionamento por até 6 anos. Uma memória de 8Kb permite armazenar até 7.943 dados de temperatura. A precisão é de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ e trabalha numa escala entre -4°C e $+37^{\circ}\text{C}$. Este equipamento foi programado para aquisição de dados a intervalo de uma hora, permitindo o registro de 4868 dados de temperatura da água. Foi instalado na área de cultivo da Enseada da Costeira do Ribeirão em 28 de outubro de 2005 e retirado para leitura em 19 de maio de 2006.

A série temporal de temperatura da água obtida com auxílio de um termômetro manual foi obtida na mesma área pela Fazenda Marinha Atlântico Sul. As leituras de temperatura da água foram obtidas com o uso de um termômetro manual (coluna de mercúrio, graduação externa, comprimento de 300mm, escala entre -10 e 50°C) nas manhãs de segunda à sexta-feira, no horário entre 7 e 9 horas da manhã. Esta série temporal refere-se ao período entre agosto de 2001 e abril de 2006. Estes dados, apesar de menos precisos e com intervalos irregulares de aquisição, apresentam uma série temporal mais longa. Foram usados para comparar com os dados obtidos nos *StowAway dataloggers*.

4.4.1.2 ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS

Para análise das séries temporais de temperatura da água foram utilizados tratamentos estatísticos de regressão para a criação da curva de tendência da

temperatura da água em função da temperatura do ar e a ferramenta Análise de Variância (ANOVA) para comparação das temperaturas entre os meses de um mesmo ano, entre os meses de diferentes anos e entre os anos. Posteriormente, os dados de temperatura foram comparados aos dados de mortalidade de ostras.

A Figura 31 representa as séries temporais de temperatura da água e do ar e as séries temporais de avaliação de mortalidade de ostras, que correspondem aos traços horizontais. Os traços verticais representam os anos dos experimentos e coleta de dados de temperatura. Os pontos de cruzamento entre os traços verticais e horizontais produziram os pontos de contato que permitiram a integração dos dados.

A temperatura do ar foi usada para a elaboração da curva de tendência (regressão) da temperatura da água para os períodos onde não haviam dados obtidos pelos *data loggers*. A partir da análise de regressão, foram criados dados de temperatura da água para o período entre 14/09/2004 e 15/09/2004. A análise de regressão linear utilizou o método dos "quadrados mínimos" para ajustar uma linha em um conjunto de observações. Através deste método é possível analisar como uma única variável dependente é afetada pelos valores de uma ou mais variáveis independentes. A série temporal da temperatura do ar foi obtida na Estação Meteorológica da Base Aérea de Florianópolis, localizada no Aeroporto Hercílio Luz (xUTM=742.521; yUTM 6.937.386). Os dados de temperatura média diária do ar foram transcritos de meio analógico para uma planilha eletrônica no software Excel.

Os dados de mortalidade de ostras no verão de 2001/2002 2003/2003 foram produzidos pela Fazenda Marinha Atlântico Sul, cedidos para esta tese. Os dados de mortalidade de 2004/2005 e 2005/2006 foram produzidos especificamente para a tese na mesma área da Fazenda Marinha.

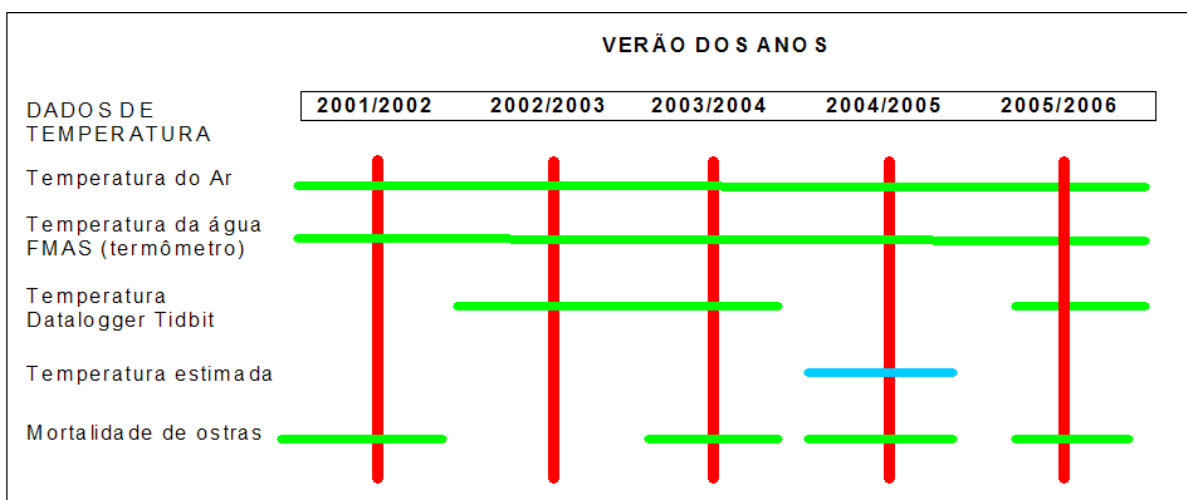


FIGURA 31 – Séries temporais de temperatura do ar e da água e mortalidade de ostras.

Fonte: organograma elaborado pelo autor

A Figura 32 mostra a série temporal completa da temperatura média da água, obtida com o uso dos dois *data loggers* e da simulação da temperatura da água a partir da temperatura do ar.

As médias de temperatura da água foram calculadas a partir dos dados do *data logger*. Para o período entre 15 de setembro de 2004 e 27 de outubro de 2005, a média de temperatura foi estimada através da elaboração de uma equação obtida a partir da análise de regressão dos dados.

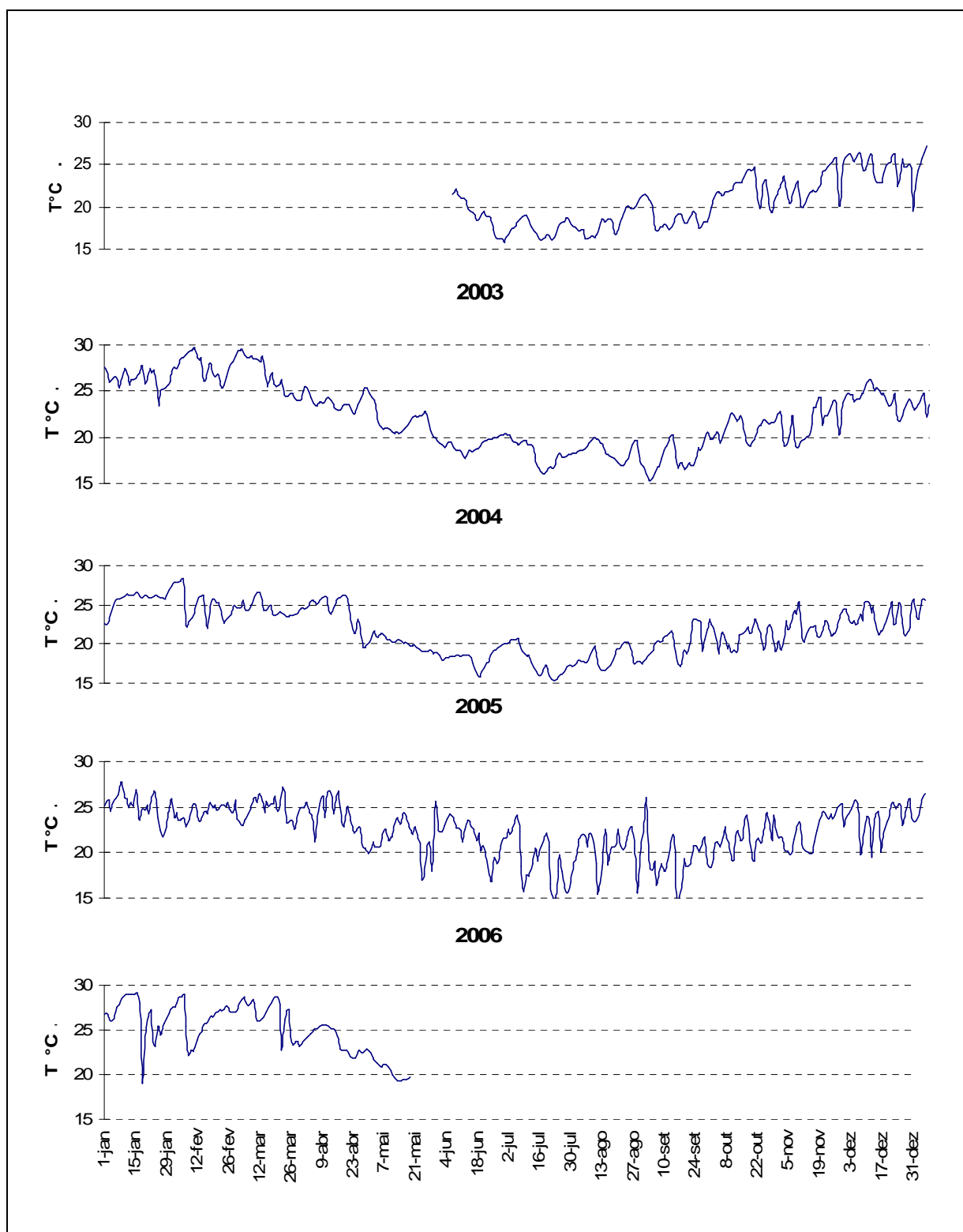


FIGURA 32 - Temperatura média diária da água na Costeira do Ribeirão entre os anos de 2002 e 2006.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS DE TEMPERATURA DA ÁGUA

A série temporal n° 1 de temperatura da água, adquirida com o auxílio do *StowAway Tidbit Logger* no período entre 04 de junho de 2002 e 14 de setembro de 2004, está representada na Figura 33. A linha de tendência mostra períodos ascendentes e descendentes, indicando as variações sazonais de temperatura da água no período. De maneira geral, a temperatura aumenta a partir de julho/agosto e passa a se resfriar a partir de fevereiro/março. A temperatura mínima registrada neste período foi de 14,98°C em 20/7/2004, às 8:00h da manhã, e a máxima de 30,53°C em 9/2/2003 às 16:00h.

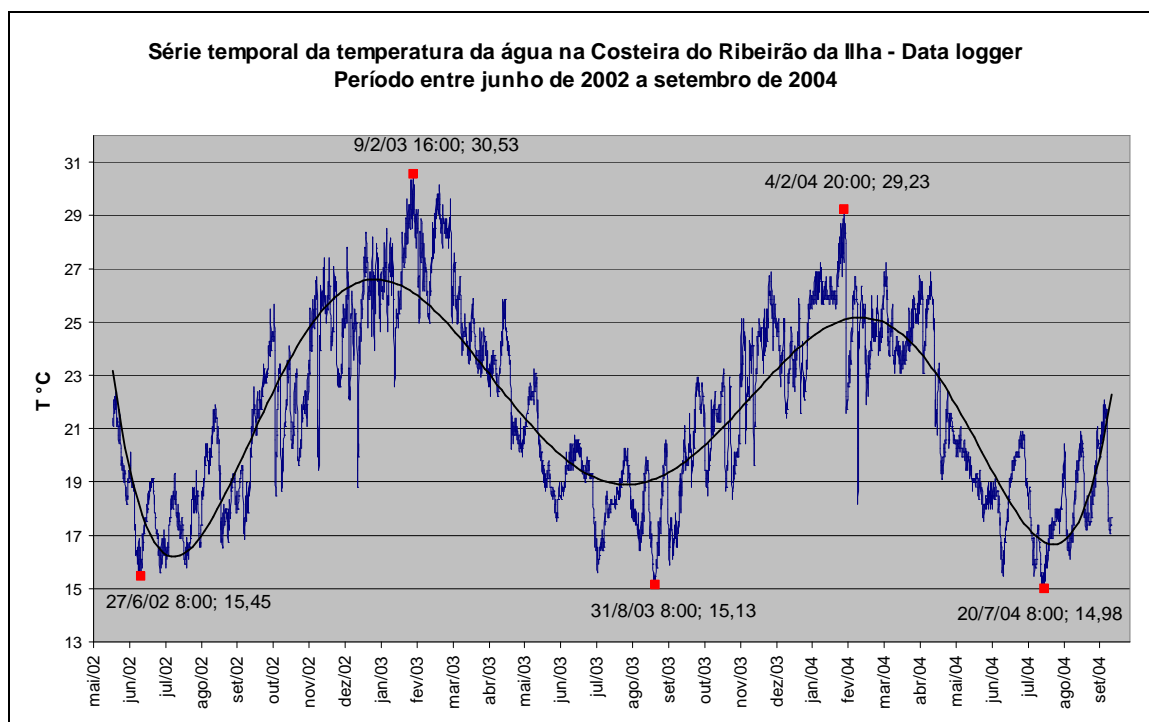


FIGURA 33- Série temporal da temperatura da água na Costeira do Ribeirão. Dados adquiridos com auxílio de um *data logger* no período entre 04 de junho de 2002 e 14 de setembro de 2004.

Além do sinal sazonal, as temperaturas variam diariamente devido à oscilação diuturna da radiação solar. Todavia, durante o período de aquecimento das águas, a partir de julho/agosto, verifica-se o aumento da amplitude diária. Além desta tendência, ocorrem períodos de aquecimento que podem variar de 2 a 7 dias, quando são interrompidos por um brusco declínio da temperatura da água. Na

Figura 34 são destacados alguns destes padrões: entre os dias 16 e 17 de outubro a temperatura sofreu um decréscimo de 6,86°C em 28 horas; entre os dias 21 e 22 de outubro, a temperatura variou de 26,71°C a 19,94 °C e entre os dias 24 e 25 de outubro, variou de 25,14°C a 18,80°C.

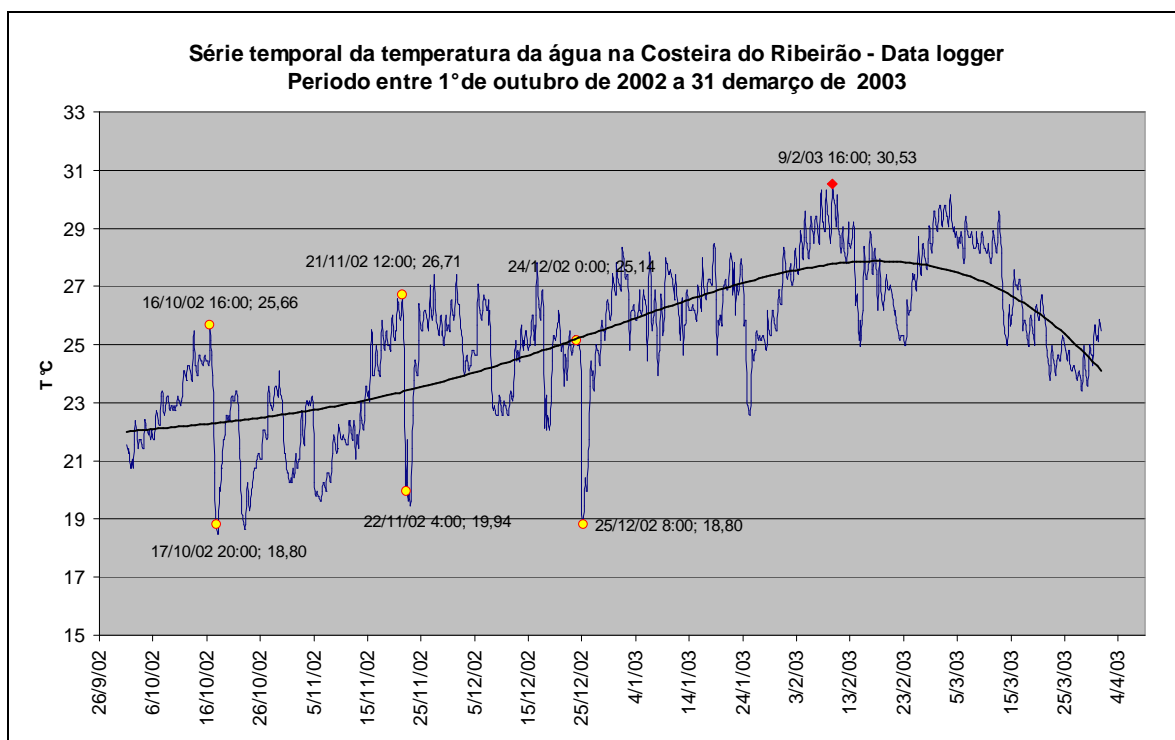


FIGURA 34 – Variações bruscas da temperatura durante a tendência geral de aquecimento da água.

Da mesma maneira, porém com tendência oposta, a partir do mês de fevereiro, depois de se atingir as temperaturas mais elevadas, inicia-se o período de resfriamento da água. O padrão geral neste período é de queda da temperatura, ou seja, de resfriamento gradual. Porém, o resfriamento também ocorre intercalado por períodos de queda brusca de temperatura e com períodos de aquecimento diário até o mês de abril (destaque 1 da Figura 35). Com a chegada das primeiras frentes frias do inverno, a partir do mês de abril/maio, o declínio passa a ser contínuo e com menor amplitude de variação diuturna. Desta maneira, a ocorrência de resfriamento brusco da temperatura da água é observada durante todo o ano, sendo que no período entre agosto e fevereiro esta oscilação brusca ocorre quando

há uma tendência geral de aumento de temperatura e entre fevereiro e agosto, quando há uma tendência de redução da temperatura da água. Os picos de temperatura durante o verão podem ocorrer nos meses de janeiro e fevereiro e no inverno as temperaturas mais baixas ocorrem entre agosto e setembro. O destaque 2 da Figura 35 mostra a variação diuturna da temperatura da água, influenciada especialmente pelo aquecimento solar, com tendência de queda.

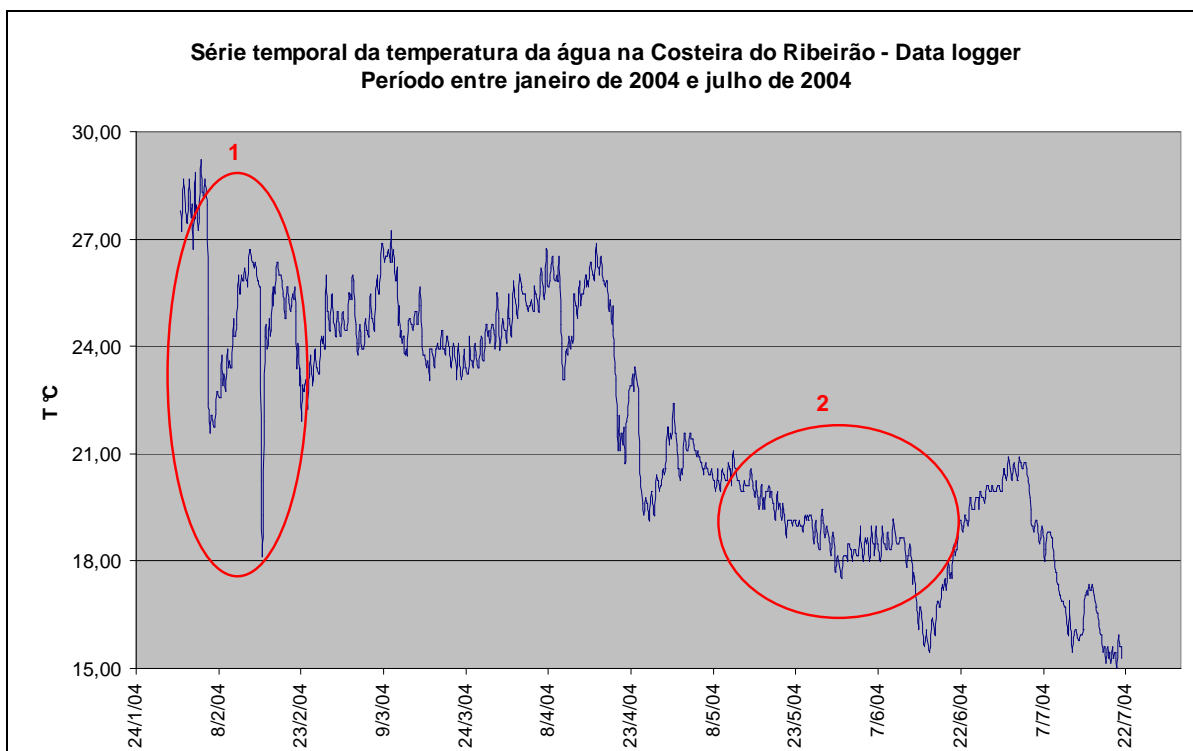


FIGURA 35 – Temperatura da água. Destaque 1: variação acentuada de temperatura. Destaque 2: variação diária de temperatura.

A Figura 36 apresenta com detalhe o decréscimo acentuado de temperatura da água em menos de 24 horas (corresponde à ampliação do destaque 1 da figura 18). No dia 05 de fevereiro de 2004, às 12:00h, a temperatura atingiu o valor máximo de 28,68°C, passou a declinar rapidamente, atingindo uma temperatura de 21,57°C, ou seja, 7,11°C de diferença em 24 horas. No dia 15 de fevereiro de 2004 às 12:00h, a temperatura foi de 25,66°C, sofrendo queda acentuada, atingindo a mínima de 18,16°C 16 horas depois.

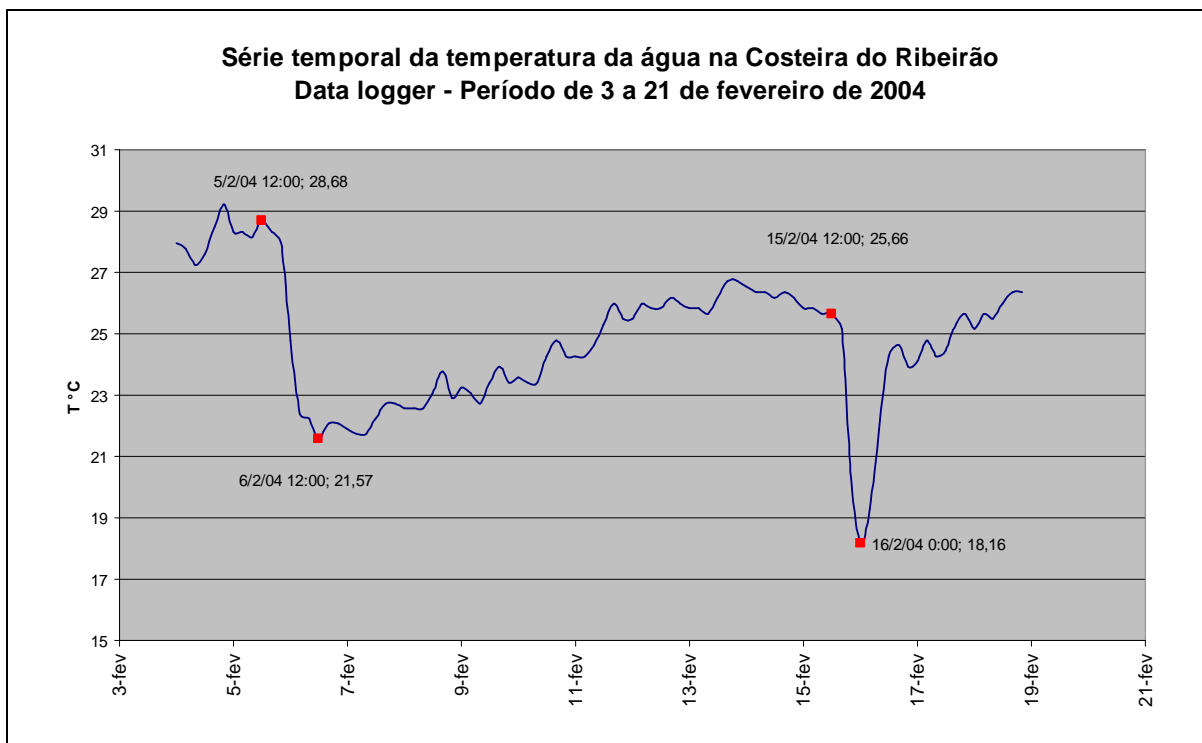


FIGURA 36 – Detalhe da queda acentuada da temperatura da água no mês de fevereiro de 2004

Conforme dito anteriormente, este tipo de oscilação térmica brusca da água é freqüente durante o ano inteiro e pode estar associada à passagem de frentes frias (a Frente Polar Atlântica). Estas frentes estão associadas à dinâmica de circulação atmosférica, sendo independentes dos padrões oceanográficos associados à alternância no domínio de correntes e massas d'água. Estes últimos podem se superpor à temperatura induzida pela radiação solar incidente, atenuando ou amplificando o valor final de temperatura da água.

No verão a corrente do Brasil, de águas mais quentes, desloca-se de norte para sul. No inverno, a corrente do Brasil é empurrada para norte pela corrente fria das Malvinas, que atua na costa com maior intensidade neste período do ano, baixando as temperaturas da água. Assim, a tendência de resfriamento das águas no inverno resulta da somatória da menor radiação solar nesta época do ano com a presença de águas mais frias trazidas pela Corrente das Malvinas.

As quedas abruptas de temperatura da água parecem estar associadas às passagens das frentes frias e conseqüente domínio da massa de ar Polar Atlântica. Todavia, notadamente no verão, podem estar também relacionadas ao fenômeno de ressurgência, que ocorre esporadicamente na Costa Sul e Sudoeste do Brasil após períodos prolongados de ventos soprando de nordeste. Conforme já assinalado, este fenômeno pode ser explicado pelo transporte de Ekman (relacionado à força de Coriolis) que empurra a camada superficial da água da Costa Sul do Brasil para a esquerda quando o vento predominante é de nordeste (SOUZA, 2000). O afastamento desta parcela de água quente durante o período de verão para longe da costa faz com que ocorra um movimento ascendente da camada mais fria e profunda (localmente associada à massa d'água ACAS - Água Central do Atlântico Sul), rica em nutrientes inorgânicos (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002).

A série temporal nº 2 de temperatura da água (Figura 37) apresenta os dados adquiridos entre 28 de outubro de 2005 e 19 de maio de 2006 com o uso de um *Optic StowAway Temp Logger*. Esta série temporal de dados possui um período de aquisição mais curto que a anterior, porém com uma frequência de aquisição maior, de hora em hora, permitindo um melhor detalhamento da variação da temperatura ao longo do dia. Estes dados de 2005/2006 apresentam comportamento semelhante à série de 2002/2004 anteriormente descrita. Verifica-se, a partir do início da série, um aumento gradual da temperatura da água intercalado com quedas bruscas de temperatura (destaque 1). Após o período de pico de temperatura, em janeiro, a tendência passa a ser de declínio da temperatura, mas ainda com oscilações grandes causadas por quedas bruscas da temperatura até os meses de abril/maio, quando as oscilações passam a ser menos intensas e mais contínuas. O destaque 2 da figura 38 indica a grande queda de temperatura no dia 16 de janeiro de 2006 de 30,06°C para 18,54°C, um declínio de 11,52°C em 12h, possivelmente associado ao afloramento da ACAS.

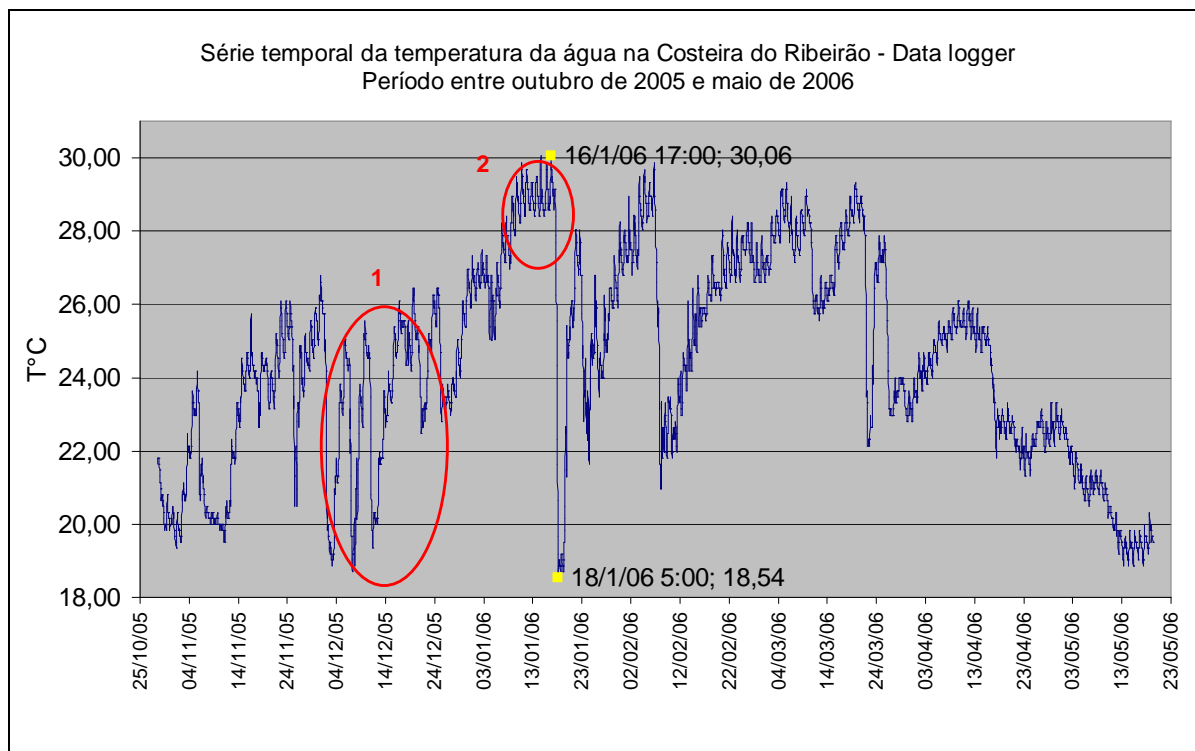


FIGURA 37 – Temperatura da água com destaque à variação acentuada da ocorrida em janeiro de 2006

As figuras 38 e 39 mostram com detalhe as oscilações de temperaturas no tempo e as amplitudes destas oscilações.

A figura 38 apresenta o destaque ampliado dos dados de temperatura da água para um intervalo de tempo de 15 dias em dezembro de 2005 (destaque 1 da figura 37). As variações térmicas de aproximadamente 8°C ocorreram num intervalo de 4 a 5 dias, repetidas por três vezes seguidas. Vale ressaltar que estas variações de grande amplitude, no contexto geral de temperaturas elevadas, podem interferir no metabolismo das ostras afetando seu desenvolvimento, especialmente se estiverem em período reprodutivo. O aspecto notadamente mais perceptível é a variação do Índice de Condição, com perda significativa de peso dos moluscos provocada pela desova. Este padrão pode estar associado à ocorrência da entrada periódica da massa de ar Polar Atlântica na região também durante o verão.

A figura 39 apresenta o detalhe 2 da figura 37. A variação de temperatura da água num período de 5 dias é de apenas 2°C, aproximadamente. Esta variação é devida essencialmente às oscilações diárias de temperatura, provocadas pela incidência dos raios solares. Variações térmicas desta amplitude são facilmente assimiladas pelas ostras.

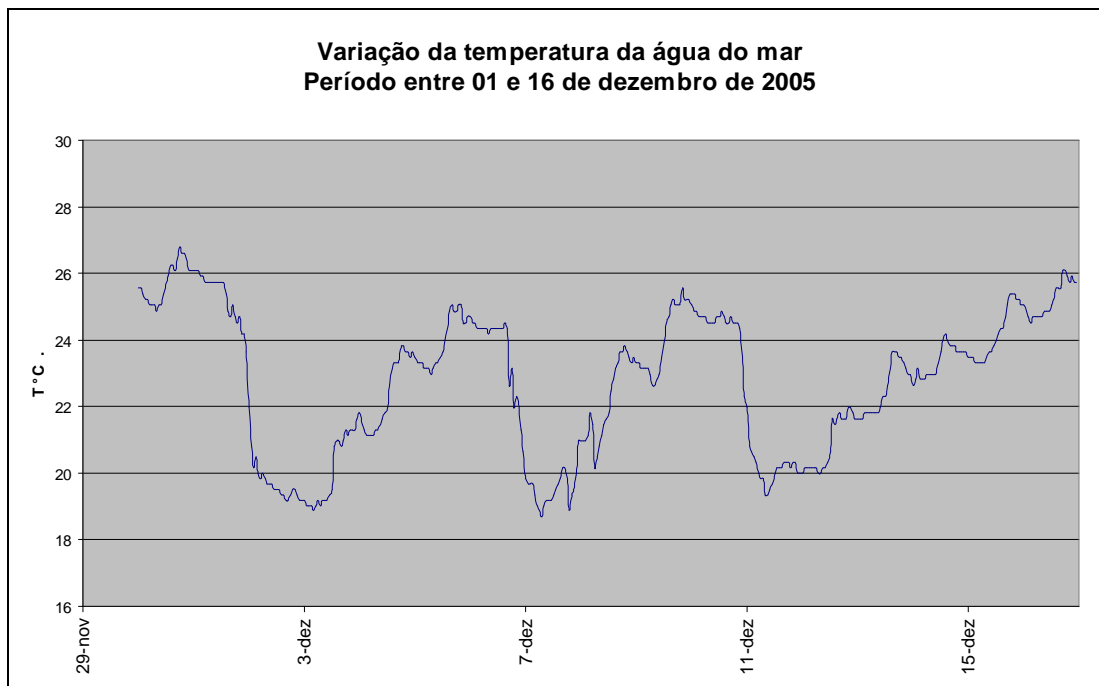


FIGURA 38 – Variação de temperatura da água de 01 a 16 de dezembro de 2005. Notar que a cada cinco dias a temperatura varia entre 26°C e 19°C.

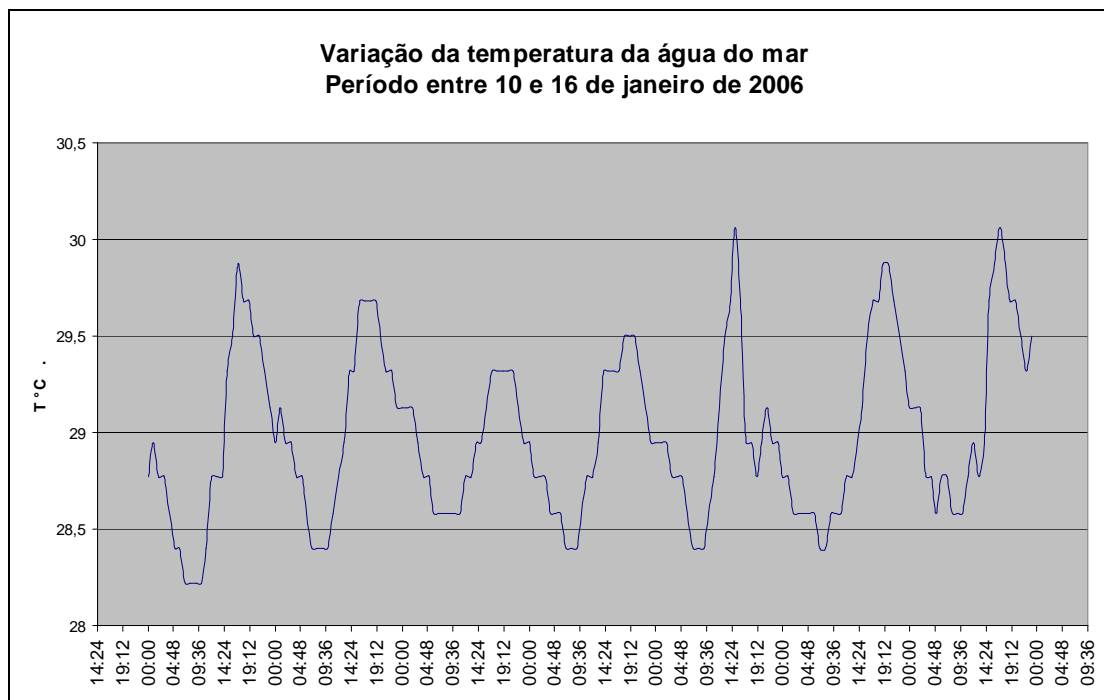


FIGURA 39 – Variação da temperatura da água entre 10 e 16 de janeiro de 2006.

4.5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

4.5.2.1 PREPARAÇÃO DOS DADOS

Para suprir a ausência de dados de temperatura da água do período entre setembro de 2004 e outubro de 2005, quando os dados não foram adquiridos devido ao esgotamento da bateria do equipamento, estes foram calculados através da análise de regressão visando a simulação da temperatura da água. Estes dados, apesar de não indicarem condições extremas de temperatura, permitem simular um cenário de temperaturas médias para o período, possibilitando assim a comparação das temperaturas médias entre os anos.

Conforme apresentado na metodologia, na análise de regressão linear foram utilizados os dados de temperatura média do ar da Estação Meteorológica da Base Aérea do período entre setembro de 2002 a março de 2006 e a temperatura média da água do período entre 04/06/2002 e 14/09/2004. A temperatura média da água foi calculada com o uso da tabela dinâmica do Excel para os valores de temperatura da primeira série temporal, que correspondem ao período entre 04/06/2002 e 14/09/2004, com amostras de 5005 valores de temperatura da água, para uma frequência de 4 em 4 horas. A relação entre duas variáveis pode ser analisada através de um gráfico de dispersão. Assim, a partir dos dados de temperatura média da água e do ar, foi elaborado um gráfico no Excel, calculada a linha de tendência e a equação que representa esta linha ($y = 0,7912x + 5,3022$) (Figura 40).

O coeficiente de determinação ($r^2 = 0,82$) indica que 82% da variabilidade da temperatura da água pode ser descrito pela variabilidade da temperatura do ar. Já o Coeficiente de Correlação de Pearson $r = 0,91$ indica uma correlação linear positiva significativa ($p < 0,05$ utilizando teste F).

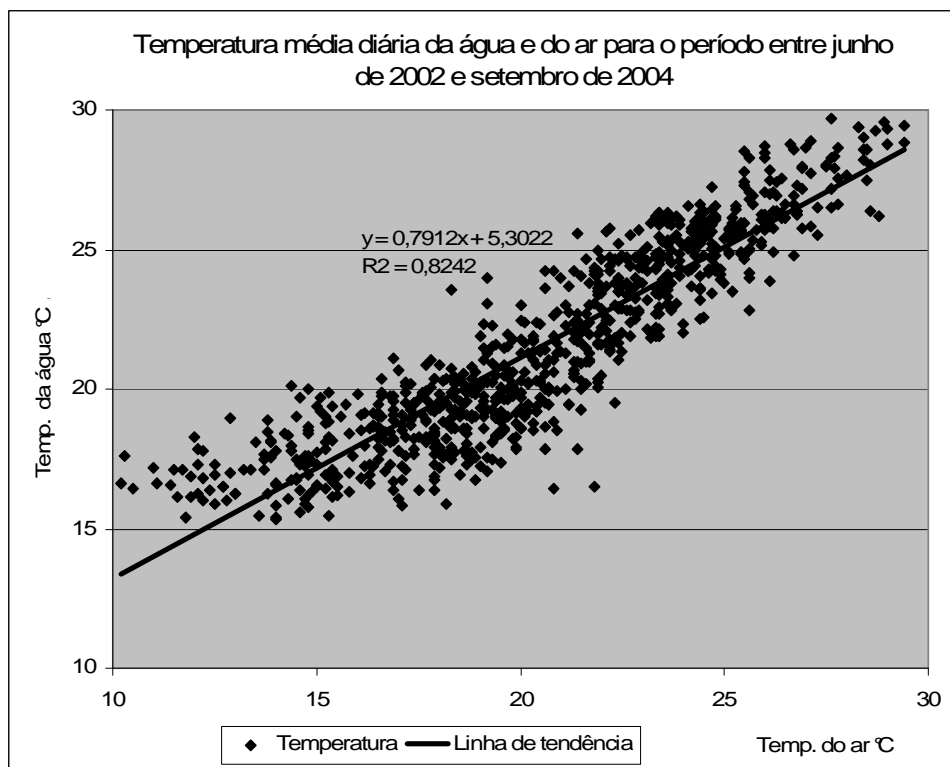


FIGURA 40 - Gráfico de dispersão dos dados de temperatura e a reta de regressão ajustada a estes dados.

4.5.2.2 COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA ENTRE OS ANOS

A primeira série temporal de dados do *data logger* foi obtida com frequência de aquisição de 4 horas e a segunda série temporal com frequência de 1 hora. Para compatibilizar os dados, foi necessário recriar a segunda série temporal selecionando somente os dados a intervalos de quatro em quatro horas. Neste sentido, os dados de data e temperatura da água da segunda série temporal foram decompostos em dia, mês, ano e temperatura da água na planilha do Excel. Com o uso da tabela dinâmica, estes dados foram agrupados por dia e selecionados somente os dados de temperatura da água dos horários 00:00; 04:00; 08:00; 12:00; 16:00; 20:00, tendo como resultado uma tabela com valores de temperatura de quatro em quatro horas, como na primeira série temporal de dados de temperatura da água.

Foi criada, assim, uma série temporal de temperatura da água com intervalo de aquisição de dados quatro em quatro horas para o período entre 04/06/2002 a 14/09/04 e 28/10/2005 e 19/5/2006, apresentada na Figura 41.

Através da análise de variância (ANOVA), efetuada no programa STATISTICA, foram comparados os dados de temperatura da água entre os meses (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril) e entre os anos (2002, 2003, 2004, 2005 e 2006). Foram eliminados os dados de temperatura da água dos dias 29, 30 e 31 de cada mês, a fim de permitir a comparação com os dados do mês de fevereiro, de 28 dias. Para maior detalhamento das análises, os dados foram agrupados em um conjunto de 14 casos, correspondendo à metade do mês, sendo, por exemplo, “nov” representativo dos primeiros 14 dias de novembro e “nov2” correspondendo aos outros 14 dias do mês, seguindo-se o mesmo procedimento para os outros meses. O resultado da análise de variância está apresentado no Quadro 6.

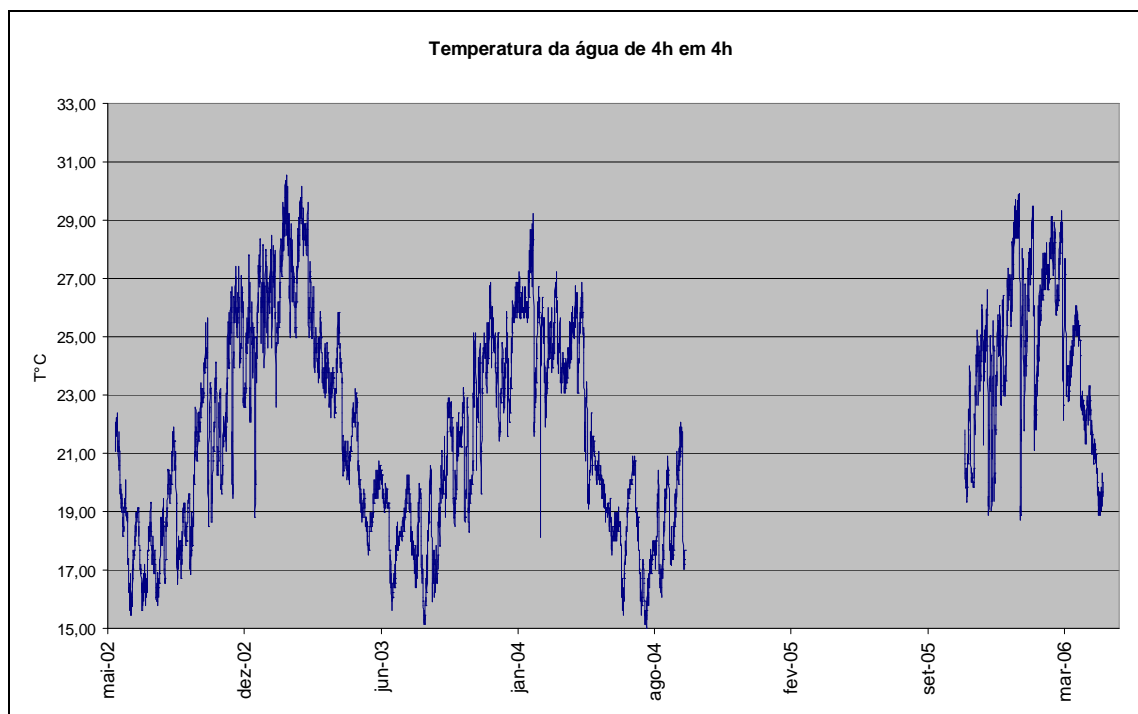


FIGURA 41 – Série temporal da temperatura da água integrando os dois períodos de aquisição.

QUADRO 6 - Resultado da Análise de variância comparando os dados de temperatura entre os meses e os anos.

	SS	gl	MS	F	p
Interceção	1868507	1	1868507	881721,5	0,00
ANO	645	2	322	152,1	0,00
MÊS	7546	11	686	323,7	0,00
MÊS e ANO	1971	22	90	42,3	0,00
Erro	6332	2988	2		

Os valores calculados de “p” para ANO, MÊS, MÊS e ANO, foram inferiores a 0,05 portanto, as médias entre este conjunto de dados são estatisticamente diferentes ou, pelo menos, um conjunto de dados possui média estatisticamente diferente.

Uma vez verificada a diferença entre os tratamentos, foi aplicado o teste Tukey para identificar quais conjuntos de dados são diferentes entre si. O teste Tukey compara as médias das amostras para o intervalo de confiança de 95%. Os pares considerados semelhantes estão descritos no (Quadro7). As Figuras 42, 43 e 44 permitem uma melhor visualização dos resultados da tabela obtida pelo teste Tukey. Para verificar a regularidade entre as temperaturas médias de cada período de cada mês (por exemplo: nov e nov2) para os anos de 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 foram comparados os valores de cada mês para os três anos.

Os valores de temperatura são estatisticamente semelhantes para o início de novembro (nov) para os três anos. Na segunda quinzena de novembro (nov2), os valores são iguais somente para os anos de 2002 e 2005. A primeira quinzena de dezembro (dez) é semelhante para os anos de 2002 e 2004, porém este período é semelhante também a vários outros meses, como: dez2 de 2002, mar2 de 2003, abr 2003, abr2 de 2003, jan de 2004, fev2 de 2004, mar de 2004, mar2 de 2004 abr de 2004, nov2 de 2002, dez2 de 2002, jan2 de 2006, e abr de 2006. Na primeira quinzena de janeiro, os três anos são diferentes estatisticamente entre si. Para a segunda quinzena de janeiro (jan2), os anos de 2003 e 2004 são semelhantes. Isto ocorre também para a segunda quinzena de fevereiro (fev2), onde as médias de temperatura são estatisticamente iguais para os anos de 2003 e 2005. As primeiras quinzenas de fevereiro (fev), de março (mar) e de abril (abr) e as segundas quinzenas de março (mar2) e de abril (abr2) são estatisticamente diferentes. Estes dados permitem concluir que, para o período estudado, as

temperaturas apresentaram semelhanças em pelo menos uma quinzena entre os meses de novembro, dezembro e janeiro. Nos meses de fevereiro, março e abril, as temperaturas se comportaram de maneira diferente para estes três anos, com exceção da primeira quinzena de fevereiro. Podemos observar com estes resultados que as temperaturas de fevereiro a abril variam de ano para ano. Para a produção de ostras, quando o verão se prolonga, implica em aumento do número de manejos das lanternas, no aumento da mortalidade de ostras e na variação da data para introdução de sementes para a safra do ano seguinte. O conhecimento destas variações pode ajudar a evitar perdas maiores na produção.

As Figuras 42, 43 e 44 apresentam os gráficos da análise estatística realizada no programa STATISTICA. A figura 43 apresenta a média de todos os valores de temperatura por ano, permitindo concluir que o verão de 2003/2004 foi o mais frio dos três. A figura 44 apresenta a média de temperatura dos três anos para os períodos de 14 dias (nov, nov1, dez, dez1, jan, jan1, fev, fev1, mar, mar1, abr, abr1). Através destes dados pode-se observar que a temperatura média da água nestes três anos teve um aumento no início de em novembro, se estabilizando até meados de dezembro. Após este período, a temperatura aumenta, se mantendo elevada até o final de fevereiro, quando inicia seu declínio. O final de fevereiro apresentou a temperatura mais elevada.

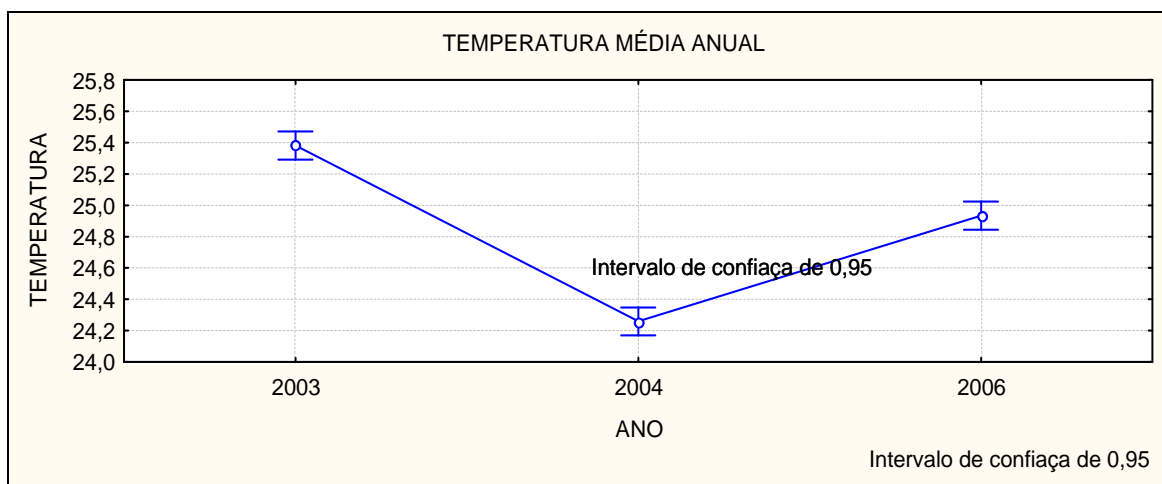


FIGURA 42 – Temperatura média dos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, para os anos de 2002/2003, 2003/2004, 2005:2006.

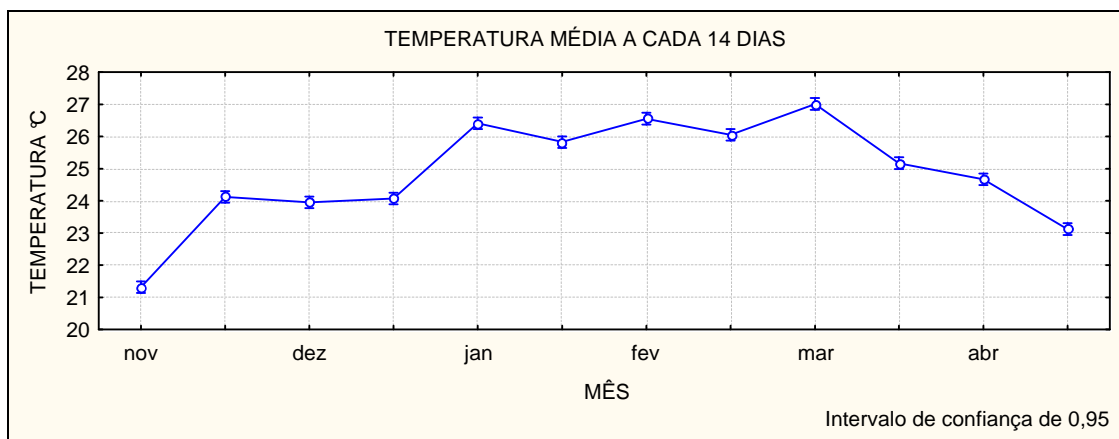


FIGURA 43 - Temperatura média dos anos de 2002/2003, 2003/2004, 2005:2006 por mês.

As curvas de temperatura média anual apresentadas no gráfico da figura 45 delineiam um comportamento geral similar entre, qual seja: novembro com tendência de aquecimento, entre janeiro e março as temperaturas estão mais altas e a partir de final de fevereiro passam a diminuir. Apesar de apresentarem no mês de novembro valores médios muito próximos, a partir de então, as curvas traçam comportamento diferente a cada ano. Em azul (2002/2003), a temperatura média no final de fevereiro e meados de março apresentou-se muito mais elevada do que nos outros anos, indicando um verão mais quente. Em vermelho (2003/2004), a variação do menor valor médio de temperatura para o mais elevado foi inferior aos demais anos, indicando um ano mais regular, apesar de oscilações de menor intensidade entre final de janeiro e abril. Em verde, (2005/2006), fica bem nítida no final de novembro uma forte redução da temperatura, e no mês seguinte, ocorre um aumento mais acentuado da temperatura média (inclinação da reta). Estas oscilações entre valores de temperatura da água ocorrem no momento em que as ostras já estão prontas para a desova, provocando em muitos casos, desovas consecutivas e conduzindo os animais a estresse.

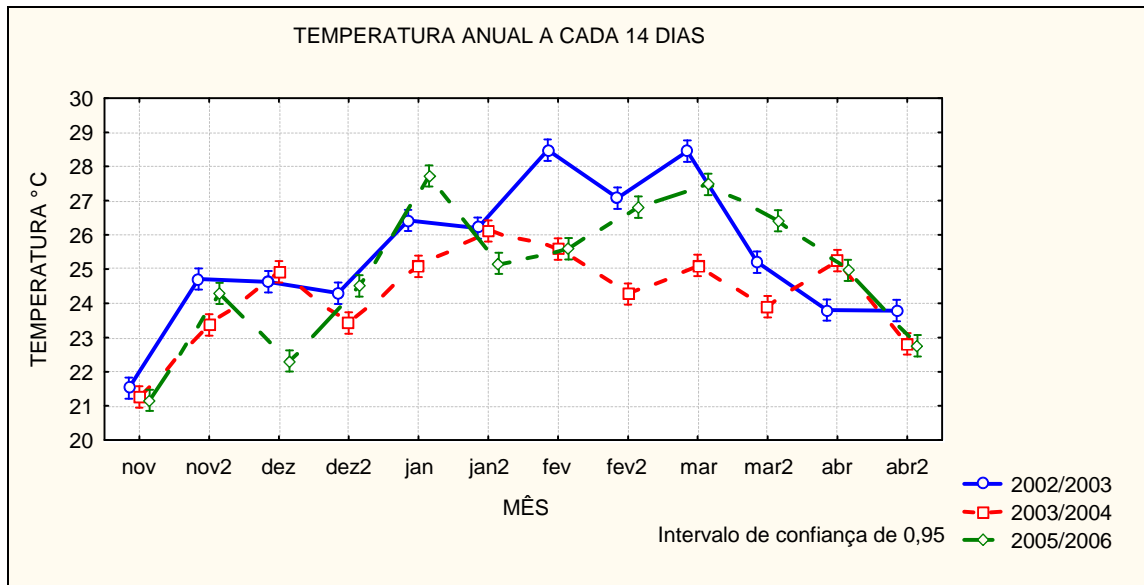


FIGURA 44 - Temperatura média dos anos de 2002/2003, 2003/2004, 2005:2006, por mês (intervalos de 14 dias)

Foi também elaborado um gráfico com a série temporal de temperatura média diária da água a partir dos dados obtidos dos dois *data loggers* a uma frequência de aquisição de 4h (Figura 45). As duas séries temporais obtidas pelos *data loggers*, a primeira de 6/4/2002 a 09/14/04 e a segunda de 28/10/05 a 19/5/06, não cobrem todo o período de estudo. Entre setembro de 2004 e outubro de 2005, conforme dito anteriormente, existe um intervalo sem dados medidos. Para suprir a ausência de dados neste período foi simulada uma série temporal de temperatura da água do mar, conforme metodologia apresentada, a partir dos dados de temperatura média da água e das temperaturas médias do ar (Estação Meteorológica da Base Aérea).

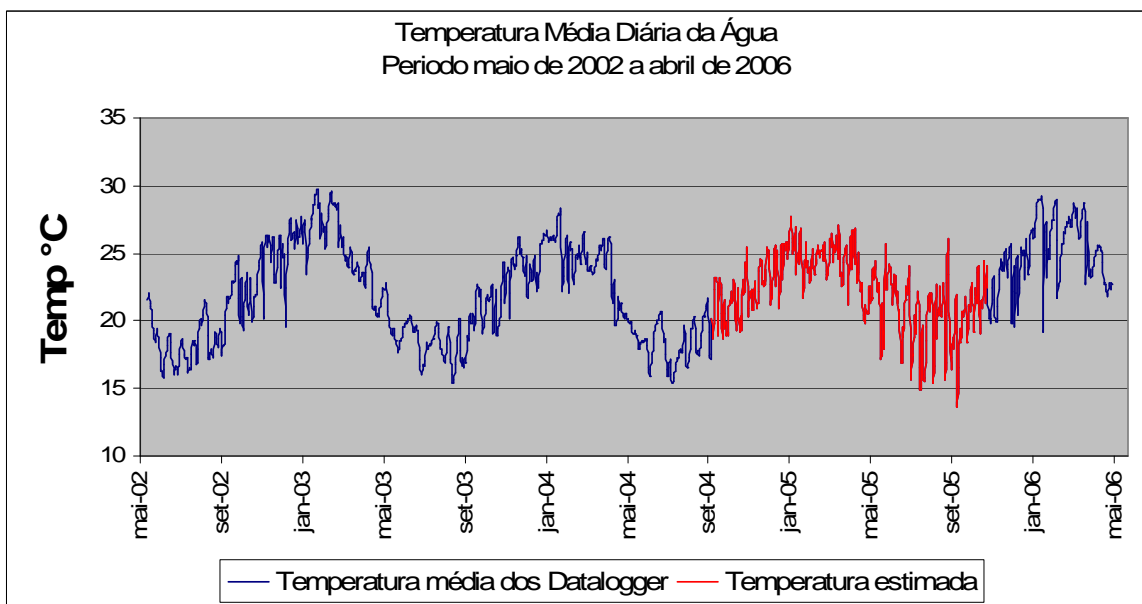


FIGURA 45 - Temperatura média diária da água elaborada a partir dos dados dos *data loggers* e da simulação por regressão linear. A linha em vermelho corresponde ao intervalo de dados simulados.

O quadro 8 apresenta o resultado da análise de variância que compara a temperatura média entre os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril dos anos de 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006.

QUADRO 8 Análise de variância para as temperaturas médias da água

	SS	gl	MS	F	P
Intercepção	408026,6	1	408026,6	153819,7	0,000000
ANO	201,8	3	67,3	25,4	0,000000
MÊS	1037,6	5	207,5	78,2	0,000000
MÊS e ANO	197,8	15	13,2	5,0	0,000000
Erro	1718,9	648	2,7		

Os valores calculados de “p” para ANO, MÊS, MÊS e ANO foram inferiores a 0,05, portanto as médias entre este conjunto de dados são estatisticamente diferentes, ou pelo menos um conjunto de dados possui média estatisticamente diferente. Uma vez verificada a diferença entre os tratamentos, foi aplicado teste Tukey para identificar quais os conjuntos de dados são diferentes entre si. O teste Tukey compara as médias das amostras para o intervalo de confiança de 95%. Os pares considerados semelhantes estão descritos no Quadro 9. Os valores

destacados em amarelo representam os valores onde as médias mensais são estatisticamente semelhantes. Utilizando-se as médias de temperatura, as variações extremas são menos acentuadas, permitindo observar semelhança de comportamento térmico entre os mesmos meses de novembro, dezembro, janeiro e abril. Os meses de fevereiro e março de 2003 apresentaram médias mensais diferentes dos meses de fevereiro e março de 2004 e 2005. Somente em 2006 os meses de fevereiro e março foram estatisticamente semelhantes ao ano de 2003. Pode-se concluir que mesmo com os dados calculados a partir das médias mensais, que mascaram os extremos de temperatura, houve diferença entre os meses de fevereiro e março entre os anos de 2003, 2004 e de 2005.

QUADRO 9 Teste Tukey para comparação de temperatura média entre meses e anos

ANO	MÊS	2002	2002	2003	2003	2003	2003
		nov	dez	jan	fev	mar	abr
2002	nov		0,235773	0,000017	0,000017	0,000017	0,997539
2002	dez	0,235773		0,004931	0,000017	0,000031	0,998078
2003	jan	0,000017	0,004931		0,118107	0,999974	0,000019
2003	fev	0,000017	0,000017	0,118107		0,879437	0,000017
2003	mar	0,000017	0,000031	0,999974	0,879437		0,000017
2003	abr	0,997539	0,998078	0,000019	0,000017	0,000017	
2003	nov	0,979357	0,000220	0,000017	0,000017	0,000017	0,105831
2003	dez	0,733232	1,000000	0,000230	0,000017	0,000018	1,000000
2004	jan	0,000020	0,590330	0,995019	0,000159	0,421570	0,007669
2004	fev	0,007047	0,999996	0,190690	0,000017	0,003086	0,594852
2004	mar	0,186867	1,000000	0,007279	0,000017	0,000041	0,995527
2004	abr	0,912195	0,999999	0,000057	0,000017	0,000018	1,000000
2004	nov	0,999095	0,001303	0,000017	0,000017	0,000017	0,280465
2004	dez	1,000000	0,828862	0,000017	0,000017	0,000017	1,000000
2005	jan	0,001411	0,999251	0,430222	0,000018	0,014281	0,308903
2005	fev	0,210818	1,000000	0,005977	0,000017	0,000035	0,997054
2005	mar	0,059510	1,000000	0,032519	0,000017	0,000212	0,940624
2005	abr	0,999078	0,995304	0,000018	0,000017	0,000017	1,000000
2005	nov	1,000000	0,014391	0,000017	0,000017	0,000017	0,714555
2005	dez	1,000000	0,739805	0,000017	0,000017	0,000017	1,000000
2006	jan	0,000017	0,001317	1,000000	0,258921	1,000000	0,000018
2006	fev	0,000017	0,013618	1,000000	0,054378	0,999345	0,000025
2006	mar	0,000017	0,000020	0,999152	0,968302	1,000000	0,000017
2006	abr	0,990987	0,999627	0,000022	0,000017	0,000017	1,000000

As Figuras 46, 47 e 48, 49 permitem melhor visualização dos resultados da análise de variância realizada comparando a temperatura média mensal dos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril dos anos de 2002/2003 a 2005/2006.

A Figura 46 permite concluir que as temperaturas médias do ano de 2005 foram as mais baixas.

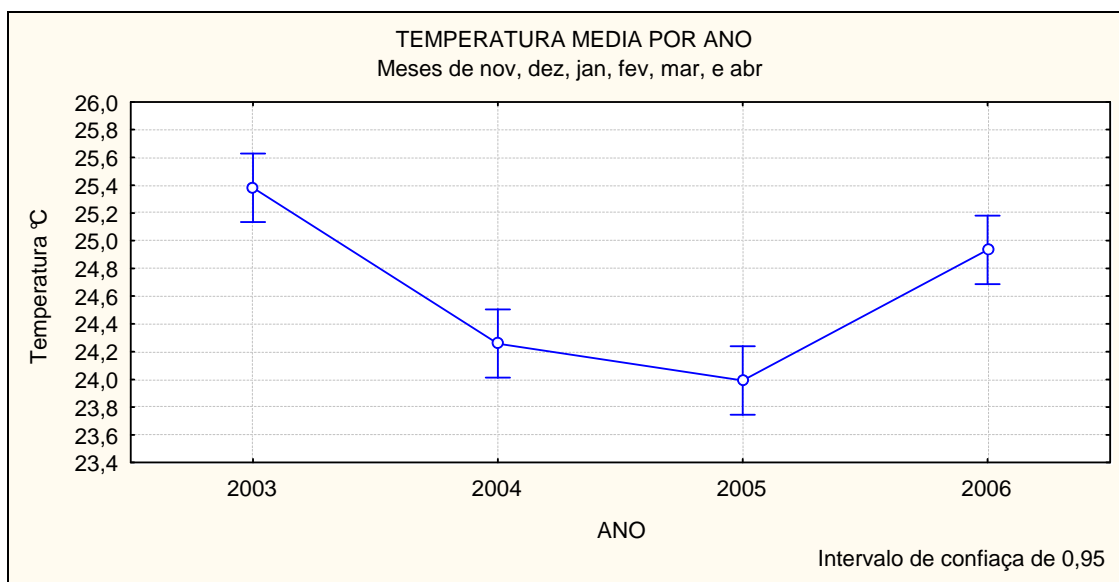


FIGURA 46 - Temperatura média dos meses estudados representada para cada ano

Na Figura 47, para os meses de janeiro, fevereiro e março as temperaturas médias apresentaram valores muito próximos, sendo as mais elevadas para os anos estudados.

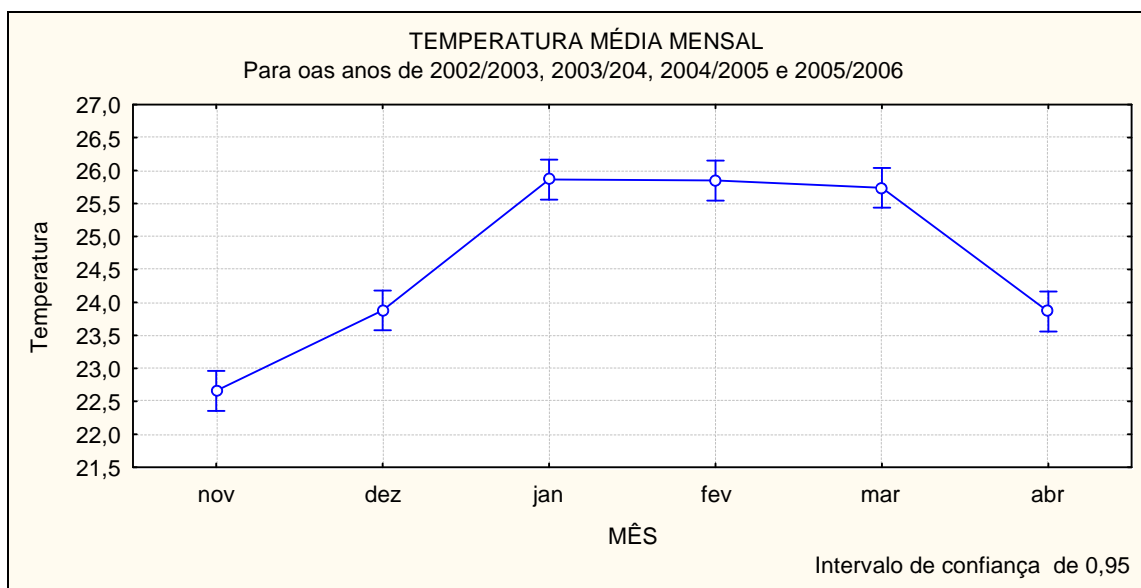


FIGURA 47 Temperatura média (°C) mensal dos meses e estudados

A figura 48 permite observar uma variação da média das temperaturas médias especialmente entre os meses de fevereiro dos quatro anos avaliados. O ano de 2002/2003 foi o de temperaturas médias mais elevadas. Os meses de novembro e de abril não apresentam grandes variações se comparados com os mesmos meses dos diferentes anos. Pode-se concluir que os meses mais quentes apresentam certa variação nas temperaturas médias entre os diferentes anos.

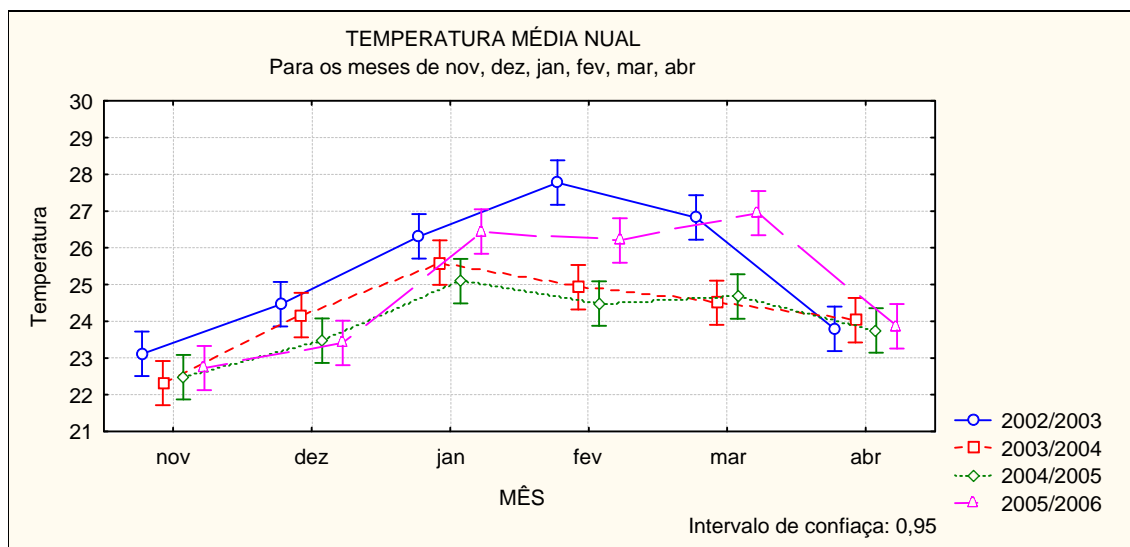


FIGURA 48 - Temperatura média (°C) anual dos meses estudados por ano

A Figura 49 apresenta gráfico da temperatura média mensal, incluindo os dados obtidos pela simulação. As curvas indicam que nos meses de novembro, dezembro e abril a temperatura média esteve muito próxima nos quatro anos em estudo. Entretanto, nos meses de janeiro, fevereiro e março, a temperatura média nos quatro anos no mesmo mês variou, indicando que a partir de dezembro as oscilações de ano para ano tem sido mais importantes e que os anos de 2004 e 2005 tiveram temperaturas médias inferiores aos outros anos.

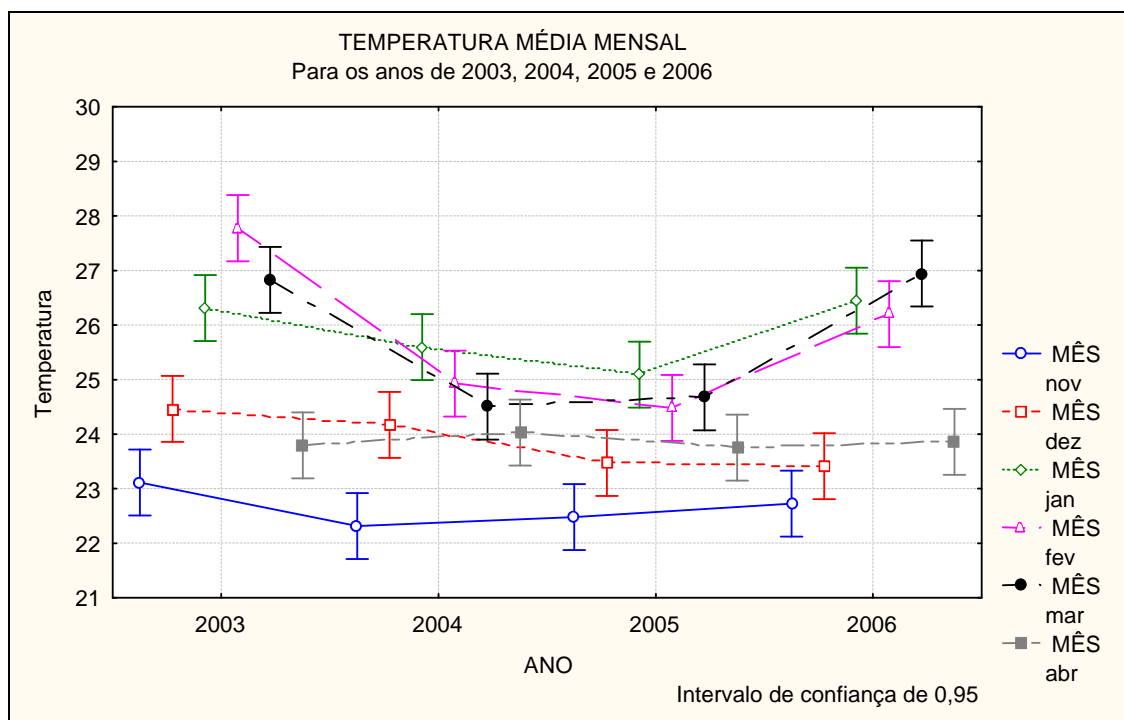


FIGURA 49 - Temperatura média (°C) mensal por ano

4.5.3 O FENÔMENO DA RESSURGÊNCIA

As alterações de temperatura mais significativas verificadas dentro da baía Sul se deram durante o período mais quente do ano. Apesar de, nesta época do ano, coincidentemente, a plataforma continental catarinense ser banhada pela Corrente do Brasil, que transporta águas quentes e salinas, as temperaturas mais elevadas encontradas localmente neste período devem-se à maior radiação solar incidente. Por se tratar de um ambiente de baixa profundidade e semi-confinado, com limitada troca com o sistema oceânico, a renovação da água dentro das baías se dá de maneira restrita. Altera este padrão o surgimento episódico de uma massa de água fria associada à ressurgência no interior da baía Sul, geralmente transportada pelo vento sul, que provoca o empilhamento de água contra a costa.

Os limites geográficos impostos especialmente na baía Sul pela presença de um estreitamento no canal sul e em sua porção norte dificultam a livre circulação e troca entre as águas internas e externas. Desta forma, a condição térmica das águas interiores, em alguns períodos do ano, pode ser diferente da condição térmica das águas do oceano adjacente. As mudanças ocorridas fora das baías podem levar algum tempo para serem sentidas no seu interior, especialmente durante a primavera e verão, quando as águas atingem os extremos mais elevados. A ocorrência do fenômeno da ressurgência na costa exposta pode provocar variação térmica de grande proporção em curto intervalo de tempo no interior das baías, embora com defasagem de alguns dias.

Silveira Jr. et al. (2006), observando a temperatura da água da baía Sul no período entre 01 de setembro a 31 de março dos anos entre 2001 e 2005, constataram a queda da temperatura superficial da água associada à passagem de frentes frias. Todavia, verificaram que as variações mais acentuadas estiveram associadas a períodos posteriores à incidência do vento nordeste, especialmente durante a primavera e verão. No interior das baías, os períodos de temperaturas mais elevadas da água estão associados aos ventos norte e nordeste e as quedas mais bruscas de temperatura foram observadas associadas à passagem de frente

fria. Segundo o autor da pesquisa, o fenômeno da ressurgência observado após os períodos de vento nordeste só teria força para entrar na baía após a entrada de uma frente fria, que empurra a massa de água fria para dentro da baía através do estreito canal sul, baixando bruscamente a temperatura da água.

A ocorrência da ressurgência provoca a ascensão vertical da água Central do Atlântico Sul (ACAS), de temperatura em torno de 18°C. A massa de água fria consegue penetrar na baía após a ocorrência de uma frente fria com vento sul, que, ao contrário do vento nordeste, tem capacidade de empilhar a água contra a costa, forçando a entrada mais rápida dentro da baía Sul, provocando choque térmico que pode ser da ordem de 11°C como observado para o ano de 2006.

As figuras a seguir mostram uma seqüência de imagens do Satélite NOAA entre os dias 07, 11 e 16 de janeiro de 2006. Nestas imagens pode ser observada a ocorrência da ressurgência na costa sul do Brasil, nas proximidades da Ilha de Santa Catarina.

A primeira imagem (figura 51), do dia 07 de janeiro de 2006, mostra a temperatura em torno da Ilha de Santa Catarina na faixa entre 24°C e 27°C. Neste dia, a temperatura da água da baía Sul atingiu 27°C, basicamente a mesma registrada fora da baía. O vento nordeste teve início no dia 06 de janeiro.

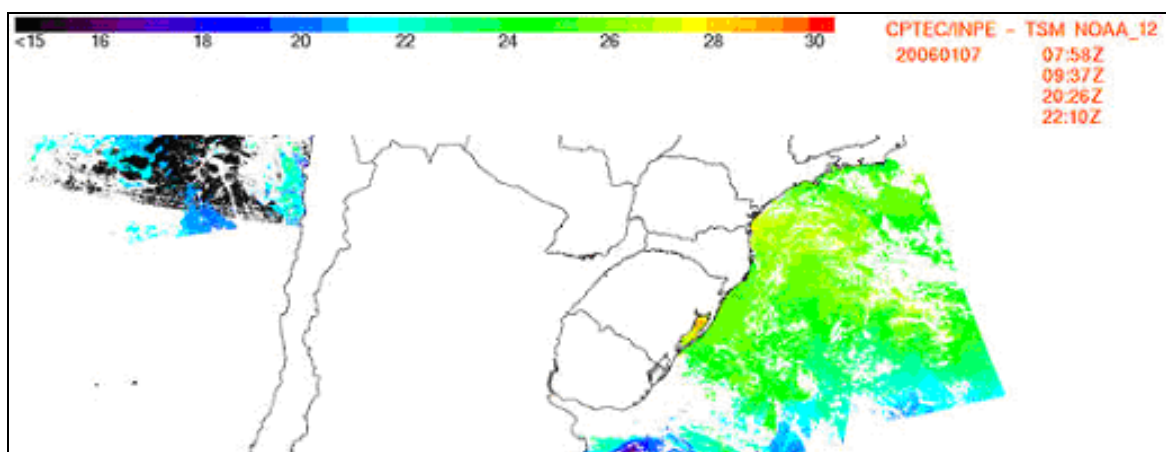


FIGURA 50 – Imagem de satélite NOAA do dia 07 de janeiro de 2006.

Na figura 52 tem-se a imagem do satélite NOAA do dia 11 de janeiro de 2006. Pode-se observar uma tonalidade azul nas proximidades da Ilha de Santa Catarina, indicando a presença de uma massa de água com temperaturas em torno de 22°C, indicando o início do fenômeno de ressurgência, ao lado de uma massa de água com tonalidade verde e amarela, oscilando entre 24°C a 28°C. Neste dia a temperatura da água dentro da baía Sul era de 29°C, mostrando uma grande diferença de temperatura entre os dois setores.

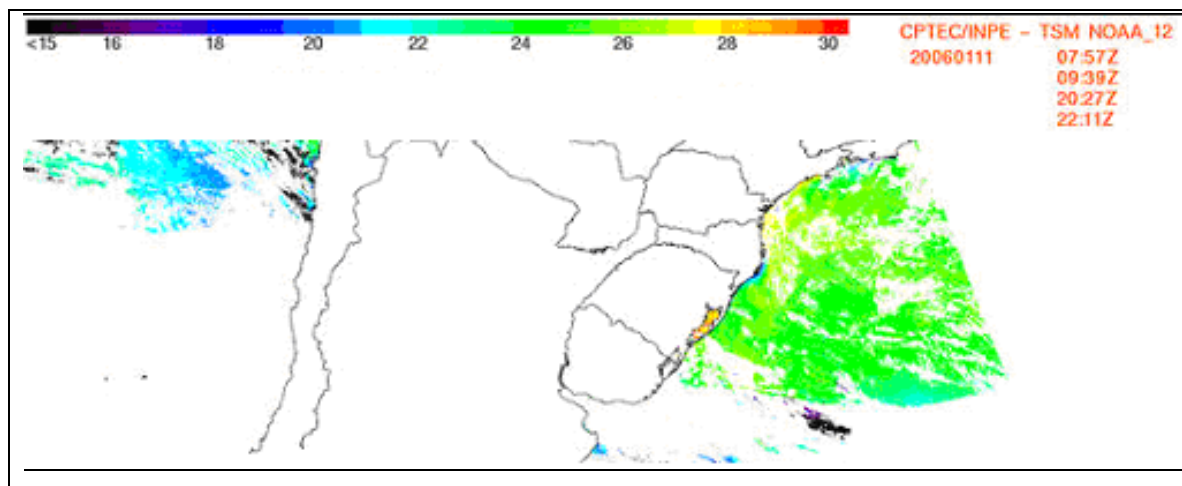


FIGURA 51 – Imagem de satélite NOAA do dia 11 de janeiro de 2006.

Na figura 53, a imagem de satélite NOAA de 16 de janeiro de 2006 evidencia o fenômeno da ressurgência atuando nas proximidades da Ilha de Santa Catarina. As tonalidades amarelas e avermelhadas indicam a presença de águas à temperatura entre 28°C a 30°C. Posicionadas ao lado desta, ocorrem águas representadas por uma tonalidade azul, correspondendo a uma temperatura entre 21°C e 22°C, provavelmente proveniente da massa de Águas Central do Atlântico Sul (ACAS). Segundo SCHMIEGELOW (2004), no verão a temperatura desta massa d'água varia entre 22 e 24°C. Neste dia, a temperatura da água

dentro da baía Sul às 17:00h era de 30,06°C, o maior valor registrado naquele verão.

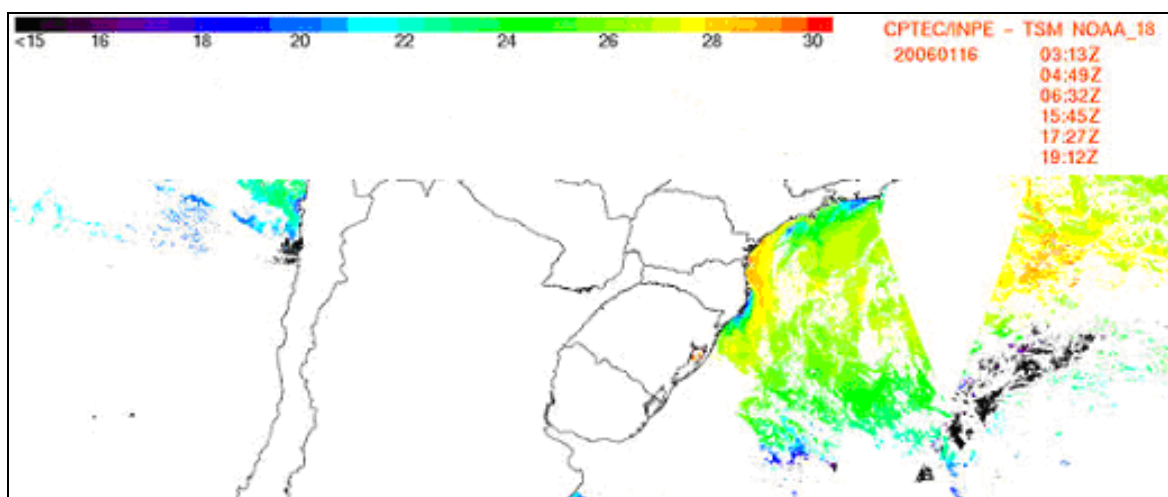


FIGURA 52 – Imagem de satélite TSM NOAA do dia 16 de janeiro de 2006.

No dia 16 já é possível perceber o início da queda de temperatura no interior da baía, e provavelmente havia iniciado também a mudança da direção do vento para o quadrante sul, o que fica mais explícito no dia 17 de janeiro (Quadro 9). Do dia 06 de janeiro ao dia 16 de janeiro, os ventos de quadrante norte (360°) transportaram a massa de água quente da superfície para leste, permitindo o afloramento de águas mais frias da ACAS na costa oceânica.

QUADRO 10 - Direção dos ventos predominantes entre dezembro de 2005 e fevereiro de 2006. Destaque em vermelho para os vendo do quadrante norte.

Fonte: Estação Meteorológica da Base Aérea de Florianópolis.

Data	VENTOS	Data	VENTOS	Data	VENTOS
	Direção predominante		Direção predominante		Direção predominante
1/12/2005	180	1/1/2006	360	1/2/2006	90
2/12/2005	180	2/1/2006	270	2/2/2006	360
3/12/2005	360	3/1/2006	180	3/2/2006	360
4/12/2005	360	4/1/2006	180	4/2/2006	360
5/12/2005	360	5/1/2006	90	5/2/2006	360
6/12/2005	180	6/1/2006	360	6/2/2006	180
7/12/2005	180	7/1/2006	360	7/2/2006	180
8/12/2005	360	8/1/2006	360	8/2/2006	270
9/12/2005	360	9/1/2006	360	9/2/2006	360
10/12/2005	180	10/1/2006	360	10/2/2006	180
11/12/2005	180	11/1/2006	360	11/2/2006	180
12/12/2005	90	12/1/2006	360	12/2/2006	180
13/12/2005	90	13/1/2006	360	13/2/2006	180
14/12/2005	90	14/1/2006	360	14/2/2006	180
15/12/2005	360	15/1/2006	360	15/2/2006	90
16/12/2005	360	16/1/2006	360	16/2/2006	360
17/12/2005	270	17/1/2006	180	17/2/2006	360
18/12/2005	90	18/1/2006	360	18/2/2006	180
19/12/2005	270	19/1/2006	360	19/2/2006	180
20/12/2005	180	20/1/2006	360	20/2/2006	180
21/12/2005	180	21/1/2006	360	21/2/2006	270
22/12/2005	360	22/1/2006	180	22/2/2006	180
23/12/2005	360	23/1/2006	180	23/2/2006	180
24/12/2005	180	24/1/2006	90	24/2/2006	360
25/12/2005	180	25/1/2006	360	25/2/2006	270
26/12/2005	90	26/1/2006	180	26/2/2006	180
27/12/2005	90	27/1/2006	90	27/2/2006	180
28/12/2005	90	28/1/2006	360	28/2/2006	360
29/12/2005	360	29/1/2006	90		
30/12/2005	360	30/1/2006	180		
31/12/2005	360	31/1/2006	180		

A entrada de água fria dentro da baía Sul se deu somente depois da mudança do vento. A partir das 17:00h do dia 16/01 tem início o declínio da temperatura da água, sendo que entre o dia 17/01 às 14:00h e o dia 18/01 às 5:00h da manhã a temperatura oscilou de 29,13° C a 18,54°C, um declínio de 10,59°C em 15 horas (Quadro 10).

QUADRO 11 - Variação de temperatura da água entre os dias 17 e 18 de janeiro de 2006 na localidade da Costeira do Ribeirão

DATA	TEMPERATURA DA ÁGUA	DATA	TEMPERATURA DA ÁGUA
17/1/06 6:00	28,95	17/1/06 18:00	26,96
17/1/06 7:00	28,77	17/1/06 19:00	26,26
17/1/06 8:00	28,77	17/1/06 20:00	25,91
17/1/06 9:00	28,58	17/1/06 21:00	25,56
17/1/06 10:00	28,77	17/1/06 22:00	24,34
17/1/06 11:00	28,95	17/1/06 23:00	22,31
17/1/06 12:00	29,13	18/1/06 0:00	21,64
17/1/06 13:00	29,13	18/1/06 1:00	20,64
17/1/06 14:00	29,13	18/1/06 2:00	19,67
17/1/06 15:00	28,40	18/1/06 3:00	19,19
17/1/06 16:00	27,86	18/1/06 4:00	18,87
17/1/06 17:00	27,67	18/1/06 5:00	18,54

Apesar da circulação das baías Norte e Sul ter como principal agente as correntes de maré, a direção dos ventos parece exercer papel importante nas trocas de água entre a baía Sul e o oceano. Conseqüentemente, este agente influencia igualmente as variações de temperatura da água, principalmente durante o verão, dada a ocorrência da ressurgência na costa catarinense.

4.6 CONCLUSÕES

A variação sazonal da temperatura da água na Costeira do Ribeirão da Ilha é bem definida, como pode ser observado no gráfico a seguir (Figura 53). As temperaturas aumentam a partir de julho/agosto e resfriam a partir de março/abril. As oscilações também ocorrem diariamente. A incidência de sol aquece as águas superficiais, atingindo seu maior valor no final da tarde dos dias mais quentes do verão.

As variações de temperatura da água foram avaliadas para o período de verão, pois estas variações ocorrem com amplitudes maiores neste período e estas variações muito acentuadas podem estar agravando o quadro de debilidade das ostras devido ao seu período reprodutivo, resultando uma maior mortalidade destes animais nesta estação.

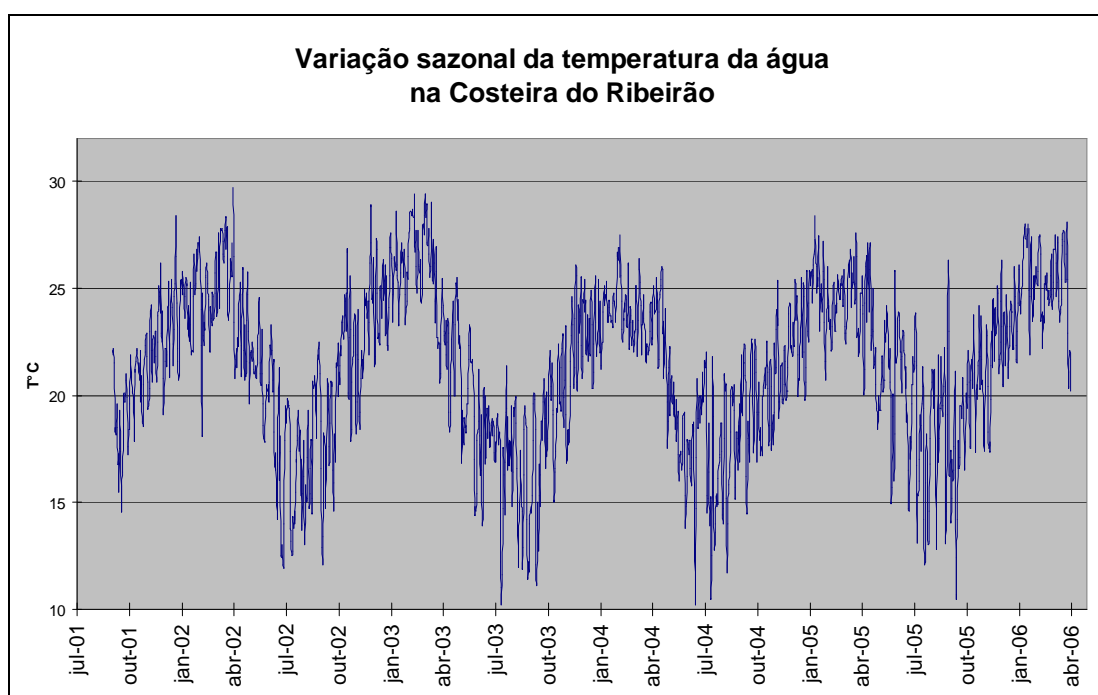


FIGURA 53 - Variação sazonal da temperatura da água na Costeira do Ribeirão para o período entre 2001 e 2006.

Fonte: dados da Fazenda Marinha Atlântico Sul.

A análise de regressão para simular dados de temperatura da água a partir de temperatura do ar, com o objetivo de suprir dados ausentes em um período intermediário da série temporal, associada à análise estatística realizada com os dados obtidos pelo *dataloger* e completados pela simulação, permitiram concluir que existem consideráveis diferenças de temperatura entre os anos e entre os meses de ano para ano, que estão diretamente relacionadas ao comportamento

atmosférico global. Em anos de ocorrência do fenômeno do El Niño as precipitações costumam ser mais intensas na costa sul do Brasil, podendo interferir também na temperatura da água. As temperaturas da superfície do Pacífico Equatorial durante os eventos de La Niña, independente da estação do ano, estão significativamente associadas a temperaturas abaixo da normal no Atlântico Sudoeste. Durante os eventos de El Niño, influências significativas com temperaturas acima da normal no Atlântico Sudoeste foram observadas no Verão (simultânea) e no Outono (defasada de um trimestre) (SILVA, 2004).

Mas as variações de temperatura de maior amplitude ocorrem nos meses mais quentes, entre dezembro e início de março, provocadas pela ocorrência do fenômeno de ressurgência na costa catarinense, introduzidas na baía Sul após a virada do vento de nordeste para sul. Neste momento, parece que as águas frias penetram nas baías com maior intensidade, influenciadas pelo empilhamento das águas na costa. Estas observações devem ser melhor estudadas através de medidas de temperatura e correntes durante a ocorrência do fenômeno na costa catarinense.

A redução da temperatura da água durante o verão é favorável ao desenvolvimento das ostras, entretanto, variações acentuadas, em curto período de tempo e repetidas vezes podem levar a um grande esforço reprodutivo e exaurir os estoques energéticos do molusco, levando ao seu esgotamento e ao aumento da mortalidade de verão. O efeito deste fenômeno sobre a produção de ostras deve ser mais estudado.

5 Estudo da variação da salinidade e turbidez na baía Sul da Ilha de Santa Catarina

5.1 INTRODUÇÃO

Na composição das águas marinhas, os íons mais importantes são: cloro, sódio, sulfatos, magnésio, cálcio e potássio. Eles correspondem a 99,28% do peso dos materiais dissolvidos. Apesar das oscilações de salinidade da água do mar, a relação entre estes íons permanece praticamente constante, possibilitando a medida da salinidade a partir da determinação da concentração de um único íon, o cloro (PEREIRA & SOARES-GOMES, 2002)

A salinidade pode ser avaliada por dois métodos diferentes, o método volumétrico e o método condutimétrico. O método condutimétrico define a salinidade em termos de condutividade, ou a capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica, medida pelo salinômetro.

Os sensores de condutividade são muito precisos e relativamente fáceis de usar se comparados ao método volumétrico. A salinidade pode ser relacionada com a condutividade da água do mar utilizando uma equação que relaciona a condutividade de uma amostra de água do mar a 15°C e pressão atmosférica à condutividade padrão de “Copenhagen”, dando como resultado a salinidade em função da condutividade (STEWART, 2004). Atualmente, a salinidade pode ser medida com equipamentos tipo sonda CTD (**c**onductivity, **t**emperature, **d**epth) que permite uma precisão de 0.3 ms/m (0.002 ‰). Os CTD medem também a pressão (profundidade) e a temperatura.

Pela influência que exerce sobre a água do mar, a salinidade permite identificar as massas de água de origem diferentes, acompanhar sua mistura na costa ou nos estuários (AMINOT, 1983).

Ambientes com salinidade entre 18‰ e 32‰ permitem um melhor desempenho no crescimento das ostras *Crassostrea gigas*, sendo que em salinidade menores, diminui a velocidade de crescimento (POLI, 2004).

Diferentemente das áreas oceânicas, em ambientes costeiros de transição tais como estuários, lagunas e baías, a ocorrência de bruscas variações de parâmetros físico-químicos da coluna da água, como salinidade e turbidez, pode ser significativa, implicando em limitações ou risco ao desenvolvimento de determinadas espécies. A água dos rios e as águas salinas do oceano se misturam nestes ambientes pela ação dos fluxos fluviais, das correntes de marés e dos ventos. Em sistemas rasos, as ondas formadas pelo vento local ajudam na mistura de água doce com a água salgada podendo promover a ressuspensão do material fino sedimentado no fundo, aumentando a disponibilidade de diversos compostos na coluna d'água e diminuindo a penetração da luz.

Muitos estudos têm sido realizados em outras partes do mundo sobre os parâmetros físico-químicos da água marinha e sua correlação com a produção aquícola. Ao compararem a variação sazonal do fitoplâncton e sua influência no crescimento de ostras cultivadas em duas baías do sul do Chile, Toro *et al.* (1999), referem-se aos parâmetros físico-químicos da coluna de água mostrando que as variações de temperatura e de salinidade, embora influenciem na quantidade de fitoplâncton e, portanto, na disponibilidade de alimentos para as ostras, variam principalmente na camada superficial da coluna d'água, ficando praticamente estáveis em maiores profundidades. Os autores chamam a atenção para uma correlação negativa entre o crescimento das ostras e o montante de material particulado inorgânico em suspensão na coluna d'água, mostrando o importante papel da composição de seston no crescimento das ostras.

DESLOUS-PAOLI *et al.* (1992), estudando os efeitos do comportamento alimentar da *Crassostrea gigas* em biosedimentação de matéria particulada natural, mostram que os palpos labiais nestas ostras servem não somente para reduzir o volume total do muco que envolve as partículas rejeitadas no processo de alimentação da ostra mas também para rejeitar o excesso de material consumido, indicando que bivalves podem rejeitar preferencialmente MIP²⁶ como pseudofezes em experimentos de laboratório. A ação dos palpos labiais sobre o

²⁶ MIP (material inorgânico particulado) e MOP (matéria orgânico particulado) são constituintes do material particulado total (MPT) em suspensão na coluna d'água.

material particulado em suspensão na coluna d'água seleciona preferencialmente o MOP para a ingestão, rejeitando maiores parcelas de MIP. Assim, em ambientes de alta turbidez, ou seja, alto teor de material particulado em suspensão na coluna d'água, a presença de altos valores de MIP pode causar dificuldades no processo de seleção das partículas pelos palpos labiais das ostras, sobrecarregando-as neste processo e criando condições para maior fragilidade e conseqüente mortalidade.

Investigando a importância da descarga fluvial e fontes autóctones para a dieta de bivalves filtradores de material em suspensão (*Cerastoderma edule*, *decussatus de Fitas*, *Mytilus galloprovincialis*) na Ría de Arosa, no noroeste da Espanha, PAGE *et al.* (2003) constataram que a fonte alimentar destes moluscos tem origem nos *blooms* fitoplantônicos, especialmente durante a primavera, sugerindo que em períodos em que a população fitoplantônica é limitada, os microbentons ressuspensos na coluna d'água devem sustentar os moluscos bivalves. Observaram também que o aporte de MOP e CID²⁷ do rio foi uma fonte menor de carbono na alimentação dos moluscos se comparado a valores de ¹³C encontrados na literatura. Dessa forma, a disponibilidade de alimento para os moluscos pode estar relacionada à presença de material em suspensão na água.

Para as proximidades da Ilha de Santa Catarina, os ventos predominantes de Sul e Nordeste ressuspendem o sedimento de fundo depositado nos bancos rasos existentes nas baías Norte e Sul. Desta forma, MIP e MOP tendem a aumentar na coluna d'água, disponibilizando por um lado uma maior quantidade de alimentos, mas por outro, sobrecarregando as ostras no processo de alimentação pela seleção de partículas, impondo um gasto adicional de energia. Este processo pode ser particularmente danoso no verão, quando as ostras já estão fragilizadas pelo processo reprodutivo induzido pelo aumento da temperatura.

Entretanto, é muito difícil avaliar isoladamente parâmetros físico-químicos da água marinha e produtividade de moluscos, especialmente a *Crassostrea*

²⁷ Carbono Inorgânico Dissolvido

Gigas. Foi observado durante a pesquisa que o fenômeno de mortalidade e também a produtividade das ostras estão associados a um conjunto de fatores cujo monitoramento combinado é fundamental para o desenvolvimento da atividade de maricultura.

Como já foi discutido na caracterização da área de estudo, as baías de Florianópolis, no aspecto físico-químico, podem ser consideradas ambientes estuarinos. Localizadas entre a Ilha e o continente, configuram-se como ambientes semi confinados abastecidos por aporte de água dos rios, que drenam pelas bacias hidrográficas da região. Ligadas ao oceano por passagens estreitas entre a Ilha e o continente, os canais de comunicação com o mar aberto localizados ao norte e ao sul das baías, e unidas por uma passagem entre as duas baías na região central, sua renovação é bastante restrita.

Ambientes como os baías Norte e Sul estão sujeitos a grandes oscilações de salinidade, influenciando diretamente na vida e sobrevivência de organismos aquáticos.

Na baía Sul, a principal descarga fluvial é proveniente do rio Cubatão, sendo na baía Norte proveniente do rio Biguaçu. Outros diversos rios de menor porte contribuem para a redução da salinidade no interior das baías em períodos de pluviosidade mais acentuadas, especialmente durante a primavera e o verão. A vazão dos rios de menor porte tem ação mais localizada.

A descarga fluvial nas baías é a principal responsável pela ocorrência de episódios de redução da salinidade neste ambiente. Alterações abruptas de salinidade e aumento de turbidez das águas, podem, se somados aos processos metabólicos e reprodutivos que ocorrem nas ostras durante os meses mais quentes, agravar o quadro de resistência ao estresse neste período, contribuindo para aumento de mortalidade de verão.

Estudos desenvolvidos pelo IFREMER através do programa MOREST-Mortalidade de Verão (IFREMER 2003) têm demonstrado que as maiores mortalidades na baía de Marenne Oléron ocorrem em animais de um ano de vida, (os mais jovens para o sistema de cultivo francês) em condições de temperaturas

elevadas (acima de 19°C) e em período de reprodução. Mas é a interação de diversos fatores de risco que levam à mortalidade massiva de verão. Além dos fatores temperatura e reprodução, a abundância de alimentos (que aumenta a intensidade de reprodução), o fator genético, a proximidade dos sedimentos de fundo e o aporte de água doce das bacias hidrográficas (que aumenta a disponibilidade de nutrientes, de matéria orgânica para o sedimento e de outras moléculas, fonte potencial de estresse) são considerados importantes fatores de risco para o cultivo de ostras.

Em 2003, na baía de Veys a vazão estimada dos rios na primavera e verão teve correlação com mortalidade de ostras, assim como em 2002 em Marennes Oléron. Análises históricas mostraram também esta tendência, associando pluviometria anual e mortalidade (IFREMER, 2003).

O aporte de água doce pela forte vazão se traduz em transporte de nutrientes, de material em suspensão e contaminantes químicos. Assim, a tentativa de identificar causas associadas à mortalidade de ostras tem levado pesquisadores a investigar diversos parâmetros simultaneamente. As condicionantes ambientais são também focos das investigações.

Soletchnik, Lambert & Costil (2005), comparando cultivo de ostras sobre o substrato e sobre mesa em Marenne Oléron, mostram o forte efeito da proximidade do fundo para a sobrevivência de ostras.

Ao compararem duas espécies de ostras na Baía de Chesapeake, Virgínia, Estados Unidos, com relação à salinidade, Calvo et al. (2000) realizaram experimentos de cultivo de *Crassostrea ariakensis* e *Crassostrea virginica* em condições de baixa, média e alta salinidade (respectivamente, < 15‰, 15-25‰, > 25‰) examinando a sobrevivência, crescimento e suscetibilidade a doenças das duas espécies. Os autores demonstram respostas diferentes das duas espécies frente à salinidade, o que pode indicar a importância do monitoramento deste parâmetro. A *Crassostrea ariakensis* mostrou tolerância a todas as salinidades e baixa suscetibilidade a doenças com altas taxas de sobrevivência e crescimento, contrariamente à *Crassostrea virginica*, na área estudada.

HERNÁNDEZ , et al (1998) em experimento de seis meses para avaliar o crescimento de *Crassostrea rhizophorae* Guildig, 1828, na Ilha de Cubagüa, Venezuela, avaliando temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido em duas profundidades, perto da superfície e a 6 metros, chamam a atenção para os valores de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, que não apresentam variações que afetassem o crescimento das ostras, salvo pelo efeito da ressurgência durante o mês de fevereiro.

A turbidez é medida pela dificuldade de penetração da luz em um corpo d'água e está relacionada à quantidade de material em suspensão na água, afetando assim, a condição de outros parâmetros que dependem da luz, como a atividade fotossintética. Por outro lado, o diâmetro do material em suspensão pode também influenciar na eficiência alimentar de organismos filtradores como os moluscos.

O material em suspensão na coluna d'água é constituído de partículas finamente divididas, que podem ser tanto orgânicas como inorgânicas. O tamanho das partículas define a diferença entre material particulado e substância dissolvida na água (AMILLOT, 1983).

Avaliando o comportamento de filtração de mexilhões *Perna perna* expostos a variações naturais de disponibilidade de seston nas baías de Santa Catarina, Suplicy et al. (2003) verificaram que o conteúdo orgânico do seston (COS) diminui com o aumento da matéria particulada total (MTP). A taxa máxima de filtração (FR mg/l) medida individualmente, foi de 156,7 mg/h, quando a MTP foi de 33,9 mg/l e a COS foi 0,18 mg/l. Verificou-se também que a taxa de rejeição das partículas, apresenta uma forte relação com a matéria particulada total (MTP) e uma relação inversa com o conteúdo orgânico do seston (COS) (SUPLICY, apud MANZONI (2005).

A ocorrência de variações significativas de salinidade e aumento da turbidez no interior da baía Sul é relatada por produtores locais, relacionados á descarga fluvial em eventos pluviométricos extremos. A estratificação da coluna d'água nas primeiras horas após as chuvas deixaria a camada superficial menos

salina, devido à diferença de densidade entre as massas de água. Um episódio de choque de salinidade em ostras seria mais importante nas sementes de ostras, que são instaladas em caixas teladas sobrenadantes nos primeiros centímetros da lâmina d'água, especialmente durante o período de precipitações e poucas horas após. O processo de mistura se dá em função da ação das marés e dos ventos, que desfazem com facilidade a pouca estratificação da coluna d'água e retornam a coluna d'água à sua condição habitual verticalmente homogênea.

O aumento da turbidez nas águas das baías estaria relacionado ao aporte de água dos rios, principalmente em eventos pluviométricos mais intensos, e à ressuspensão dos sedimentos de fundo promovida pelos ventos nordeste e sul, em diferentes pontos das baías, responsáveis pela troca de nutrientes entre o sistema bentônico e a coluna d'água através dos processos de erosão do leito.

A variabilidade da salinidade e da turbidez na baía Sul ainda é pouco conhecida. Além das observações dos produtores locais e relatos pessoais sobre a ocorrência de variações abruptas de salinidade e turbidez, Silva (2002) avaliou a distribuição sazonal da salinidade no âmbito da baía Sul e Pereira (2000)²⁸ avaliou a variação temporal destes parâmetros (BESEN et al, 2005).

Estes dados e os dados obtidos em campanhas mais recentes com sondas multi-parâmetro serão utilizados na avaliação destas variáveis oceanográficas na baía Sul da Ilha de Santa Catarina.

5.2 OBJETIVOS

5.2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o comportamento dos parâmetros oceanográficos salinidade e turbidez no interior da baía Sul e discutir seus efeitos sobre os moluscos cultivados nesta área.

²⁸ Dados produzidos em parceria com a equipe de pesquisadores do Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC no âmbito do projeto do BMLP.

5.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os dados obtidos nas pesquisas de campo através de gráficos e mapas de distribuição espacial dos parâmetros estudados;
- comparar os dados obtidos com o resultado de trabalhos anteriores;
- avaliar o comportamento da salinidade e turbidez na baía Sul com vistas ao cultivo de moluscos.

5.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliação do comportamento da salinidade (‰) e da turbidez (NTU) no interior da Baía Sul, foram utilizados dados em diferentes escalas temporais e espaciais. Os dados pretéritos foram obtidos em pesquisas acadêmicas realizadas a partir de 1998. Trabalhos de campo complementares foram conduzidos para aquisição de novos dados. Alguns destes trabalhos foram realizados do âmbito do acordo de cooperação científica firmado entre o Laboratório de Oceanografia Costeira – LOC/UFSC e o IFREMER, que participou com técnicos e equipamentos (sondas multi-parâmetros de aquisição contínua) para a sua realização. As coletas também receberam apoio dos técnicos e funcionários da Fazenda Marinha Atlântico Sul. No âmbito deste convênio, foi realizada uma campanha oceanográfica entre 05 e 07 de outubro de 2005 de aquisição de dados da coluna d'água na Costeira do Ribeirão para avaliação da temperatura, salinidade e turbidez.

Na escala espacial, Silva (2002), analisou a distribuição de propriedades sedimentológicas de fundo e físico-químicas da coluna de água em 36 pontos amostrais (grade regular) no interior da baía Sul. Foram coletadas amostras de sedimentos superficiais de fundo e parâmetros físico-químicos da coluna de água, no verão (26 de janeiro de 2001) e no inverno (24 de agosto de 2001). Os parâmetros físico-químicos salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram determinados in situ com a utilização de uma Sonda Multiparâmetros marca

WTW. Os valores de turbidez foram obtidos em laboratório, através de um turbidímetro de bancada modelo LA MOTTE. Estes dados permitiram, na escala da baía Sul, avaliar sazonalmente a distribuição da salinidade e da turbidez.

Ainda na escala espacial, foram realizadas duas campanhas oceanográficas (05 e 07 de outubro de 2005) na baía Sul sobre as áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha entre a Costeira do Ribeirão e o Barro Vermelho e nas proximidades da desembocadura do rio Cubatão, limite oeste da baía, no município de Palhoça (Figura 56). Foi instalada uma sonda multiparâmetros YSI em uma baleeira de baixo calado, acoplada a um GPS. A embarcação navegou “em zig-zag” sobre as áreas de cultivo no Ribeirão da Ilha e nas proximidades da foz do rio Cubatão. (Figura 54) Os dados registrados simultaneamente pelo GPS e pela sonda multiparâmetros foram inseridos na mesma planilha para permitir espacialização destes parâmetros. No programa SURFER 8 (Golden Software) procedeu-se a interpolação dos dados pelo método de krigagem.

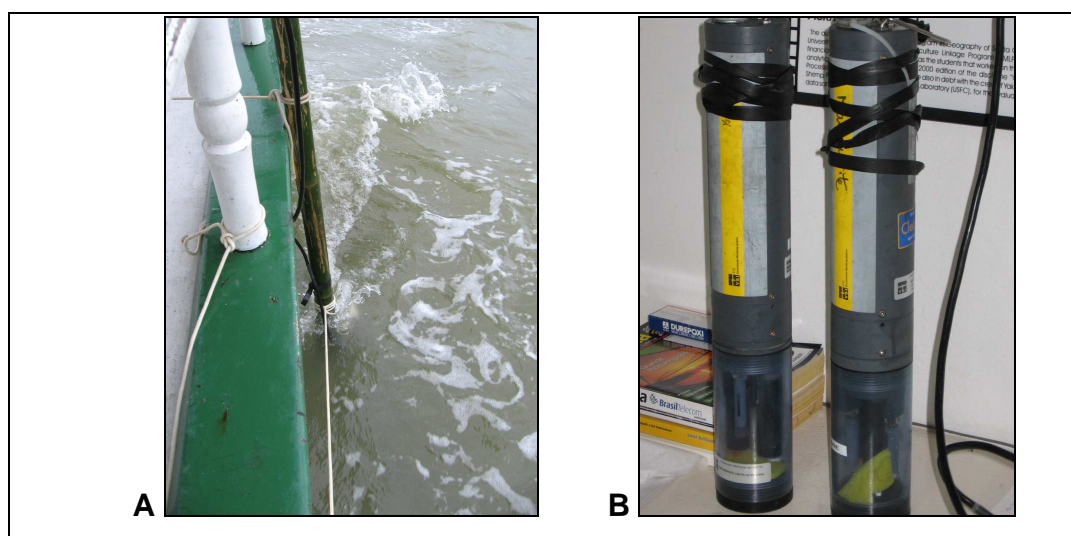


FIGURA 54 – Sonda multiparâmetro Ysi instalada na lateral de uma baleeira para aquisição de dados contínuos em cruzeiro (A). Detalhe das sondas multiparâmetro Ysi (B).

Simultaneamente, durante o percurso da campanha de barco com a sonda multiparâmetros, foram coletados dados de temperatura, salinidade e profundidade com equipamentos portáteis em 74 pontos localizados por um GPS Garmim de 12 canais. A temperatura e a salinidade foram obtidas no local, com o auxílio de um termo-salinômetro YSI e a profundidade foi averiguada com uso de um ecobatímetro digital manual (HONDEX OS-7) (Figura 55). Estes dados serviram para aferir os dados adquiridos pelas sondas multiparâmetro em modo contínuo.

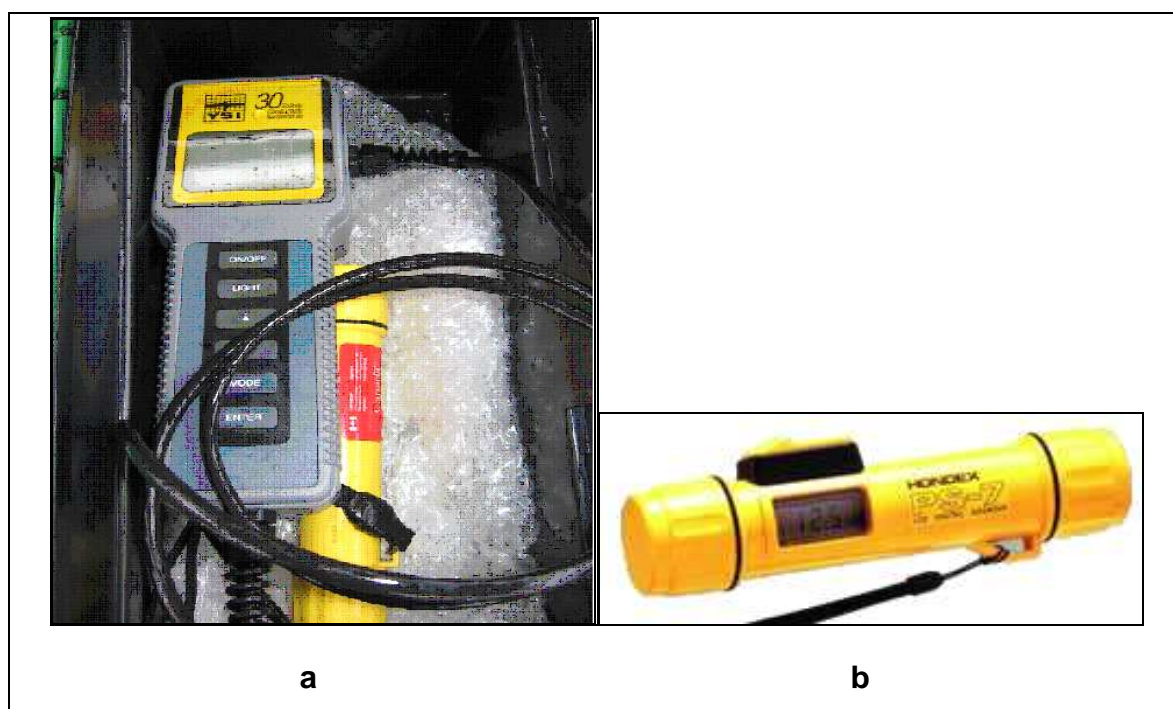


FIGURA 55 – Termo-salinômetro YSI (a) e ecobatímetro manual (b). Fonte: foto do o autor



FIGURA 56 - Pontos de amostragem e campanha de amostragem de parâmetros oceanográficos na baía Sul da Ilha de Santa Catarina.

Na escala temporal, os parâmetros salinidade e turbidez foram analisados a partir de dados descritos por Pereira (2000), adquiridos em intervalos de 15 dias entre agosto de 1998 e novembro de 1999 (Figura 57). Também foram utilizados dados obtidos em uma campanha realizada na Costeira do Ribeirão entre novembro de 2004 e dezembro de 2005, com frequência de aquisição semanal (Figura 59). Por fim, a análise temporal valeu-se de um experimento, efetuado na Costeira do Ribeirão, no período entre 10 de dezembro de 2005 e 29 de março de 2006, com amostragem diária de água em frascos plásticos conservadas em refrigeração até o momento das análises realizadas no Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC). As amostras foram analisadas com uso de um termosalinômetro e de um turbidímetro. Essas amostras foram coletadas durante os dias úteis da semana, havendo ausência de amostragem nos dias feriados e fins de semana (Figura 61).

A utilização de uma sonda multiparâmetros instalada na localidade do Barro Vermelho, no Ribeirão da Ilha, permaneceu por três dias adquirindo dados durante a campanha de outubro de 2005, com taxa de amostragem horária entre os dias 5 e 7 de outubro daquele ano. Os dados foram descarregados em computadores e posteriormente analisados em gráficos.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aquisições de dados através de sondas multiparâmetros e de outros instrumentos de campo e de laboratório compuseram o conjunto utilizado na caracterização da variação da salinidade e da turbidez na baía Sul, na foz do rio Cubatão e nas áreas de cultivo no Ribeirão da Ilha. Os resultados dos dados obtidos durante a pesquisa serão representados nas figuras a seguir. Os pontos de amostragem estão representados na Figura 56, apresentada acima.

Os primeiros dados analisados neste trabalho estão apresentados na Figura 57, representando salinidade, temperatura e turbidez da água na Costeira

do Ribeirão no período entre outubro de 1998 a novembro de 1999 (BESEN et al 2005). Estes dados, produzidos pelo Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC no âmbito do projeto BMLP, foram adquiridos em intervalos de 15 dias entre agosto de 1998 e novembro de 1999, na localidade da Costeira do Ribeirão (BESEN et al 2005).

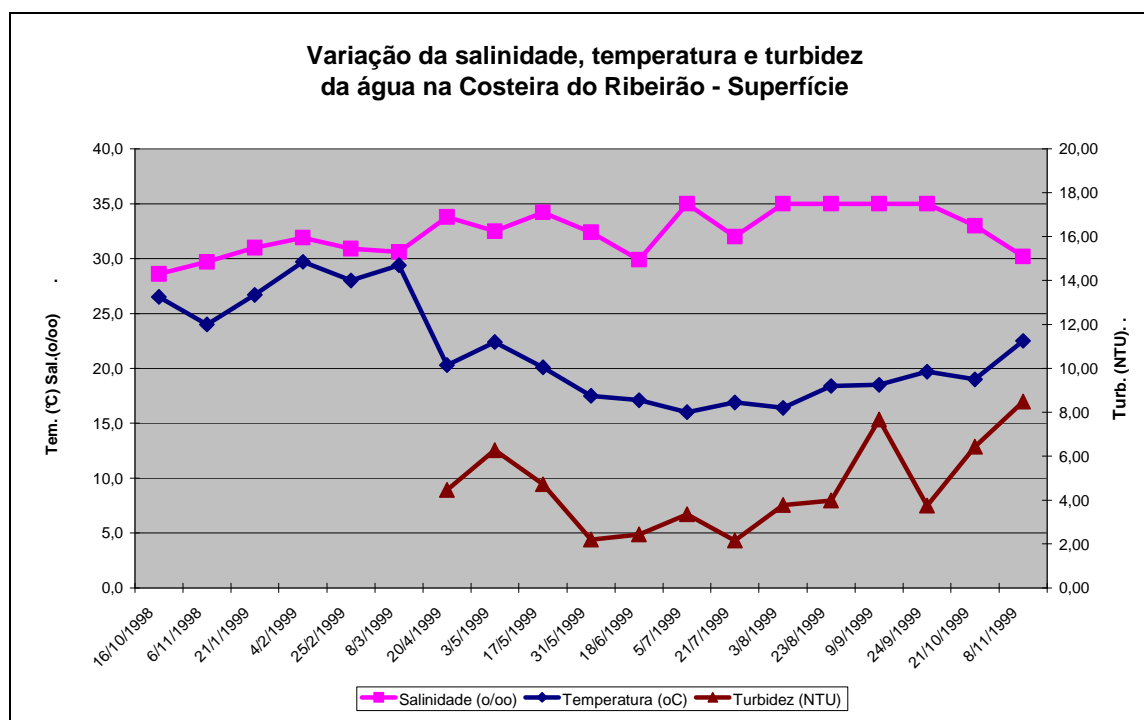


FIGURA 57 - Parâmetros físico-químicos da coluna d'água na Costeira do Ribeirão da Ilha – Superfície, aquisição quinzenal.

Na escala temporal anual (13 meses) a salinidade variou entre 28,6 e 35,0‰ na superfície e entre 28,7 e 36,0‰, próximo ao fundo. Na maior parte do ano, com exceção aos meses de outubro, novembro e julho, há a manutenção de altos valores de salinidade (superiores a 30‰). No verão, o aumento da pluviosidade deve influenciar, promovendo a pequena alteração verificada. No inverno, a diminuição da insolação e conseqüentemente da evapotranspiração e a ocorrências de frentes frias carregadas de chuvas podem também contribuir para a redução da salinidade. As correntes vindas do sul, especialmente a corrente das

Malvinas, que atinge a costa sul e sudoeste do Brasil, podem também atuar na redução de salinidade na região (PIMENTA, 2005).

Os valores de turbidez encontrados, todos abaixo de 10 NTU, mostram que essa propriedade regularmente apresenta baixos níveis. As amostragens quinzenais permitem avaliar de modo pontual a condição no momento da coleta do dado, não possibilitando detectar as eventuais variações entre as datas de coleta. Apesar de permitir criar um panorama da variação anual de turbidez e salinidade, este tipo de dado não pode ser conclusivo sobre estas variações e suas implicações no processo produtivo de moluscos.

Na comparação da salinidade e da turbidez entre superfície (50cm) e fundo (200cm) observam-se poucas diferenças. Isto se deve à baixa profundidade da baía e à eficiente mistura promovida pela maré e pelos ventos, que impedem a formação de estratificação. Assim, a água da baía compõe um conjunto verticalmente homogêneo.

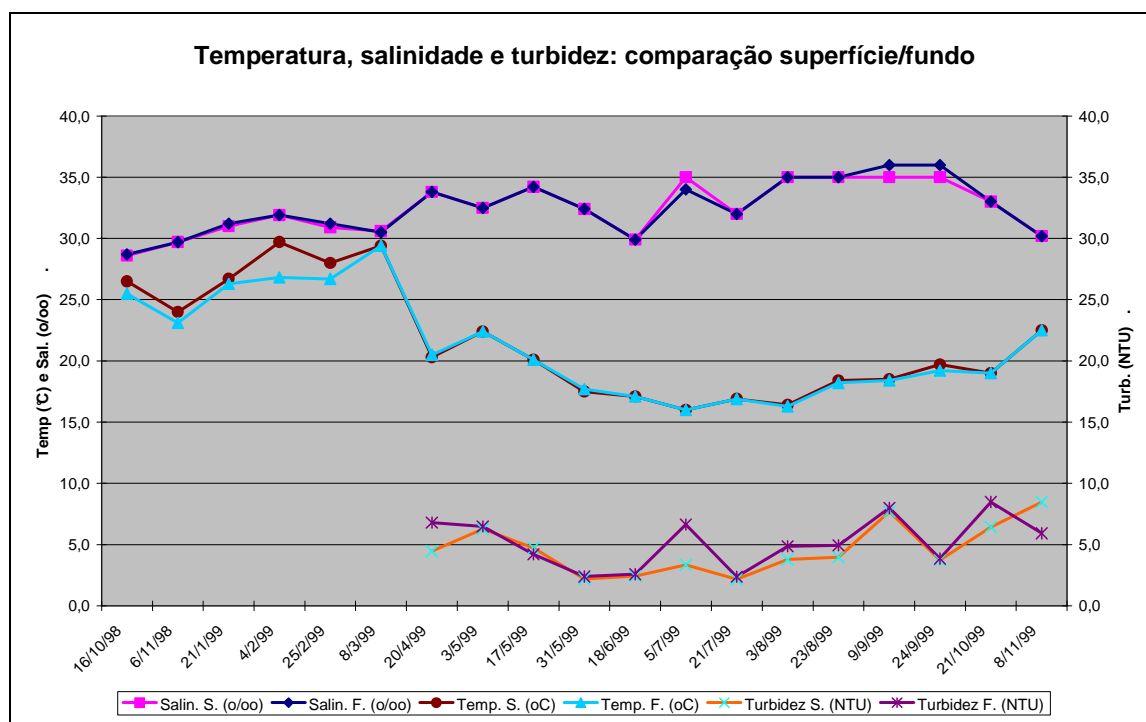


FIGURA 58 - Temperatura, salinidade e turbidez entre superfície e fundo, aquisição quinzenal entre 18 outubro de 1999 a 8 de novembro de 1999.

A figura a seguir (Figura 59) apresenta a variação temporal da temperatura, salinidade e turbidez da água do mar na Costeira do Ribeirão, no período entre novembro de 2004 e maio de 2005, com freqüência de aquisição semanal, sendo que os dados do dia 25 de março não foram obtidos.

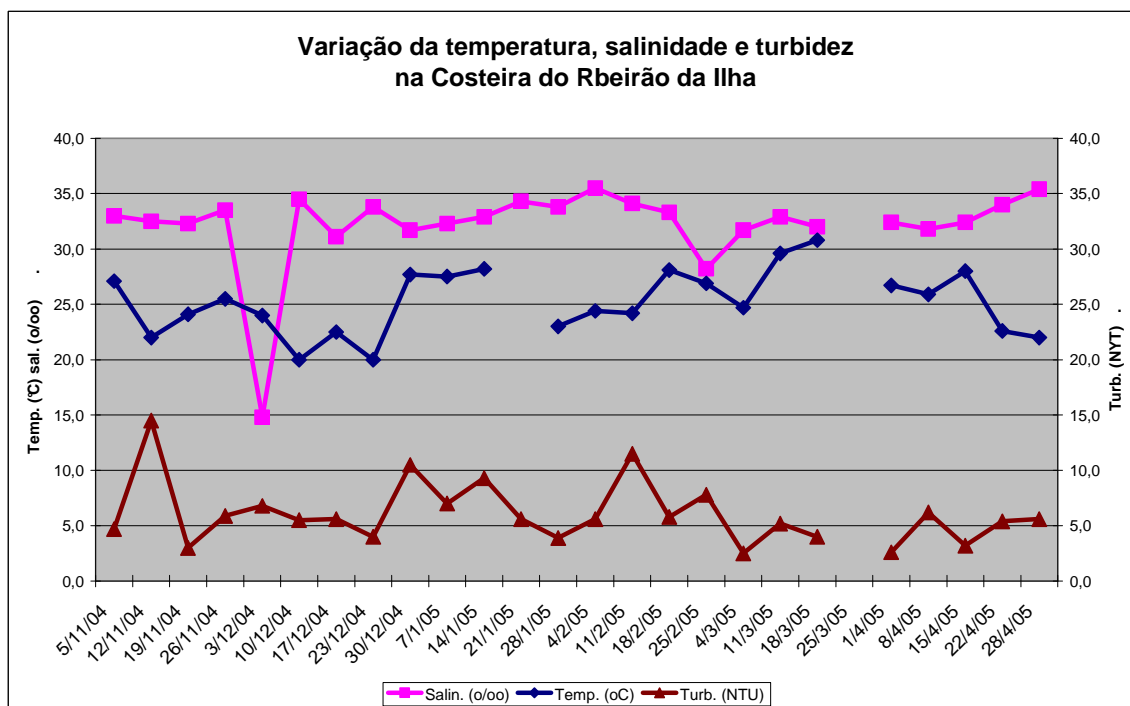


FIGURA 59 - Variação da temperatura, salinidade e turbidez no período entre novembro de 2004 e maio de 2005 na Costeira do Ribeirão da Ilha.

Estes dados apresentam freqüência de aquisição maior que os anteriores. Inicialmente pode-se observar uma maior variação nos três parâmetros avaliados. Apesar de a salinidade mostrar comportamento geral similar ao dos anteriormente apresentados, com salinidade variando entre 30‰ e 35‰, registrou-se uma queda considerável de salinidade do dia 26 de novembro, de 33,5‰ para 14,8‰ no dia 3 de dezembro. No mesmo período foi observado uma precipitação de 69mm na estação meteorológica mantida pelo Prof. Dr. Joel Pellerin (do Departamento de Geociências - UFSC, comunicação pessoal), localizada na Costeira do Ribeirão e de 46mm pela estação meteorológica da Base Aérea, um pouco mais distante, indicando que existe uma relação direta entre variação da salinidade e

precipitação no interior da baía e que a freqüência de dados interfere na acuidade da informação.

A Figura 60 apresenta os dados da sonda multiparâmetro YSI instalada em uma área de cultivo no Barro Vermelho, Ribeirão da Ilha. Podem-se observar nesta figura variações mais importantes de salinidade e em especial da turbidez. A salinidade se manteve em torno dos 30‰ na maior parte do tempo de coleta de dados. Somente nos dias 06 e 08 apresentou variação mais significativa, porém por um período muito curto (de algumas horas), provavelmente influenciada pela oscilação das correntes de maré. A variação da turbidez, por sua vez, sofreu variações significativas, chegando a atingir 40 NTU no dia 6. Esta elevação pode estar relacionada à presença de ventos de 20 km/h do quadrante sul, registrados neste dia. Sendo o local de baixa hidrodinâmica, pouca profundidade e fácil sedimentação, apresenta acúmulo de depósito no fundo, que podem ser facilmente colocados em suspensão na coluna d'água pela ação do vento.

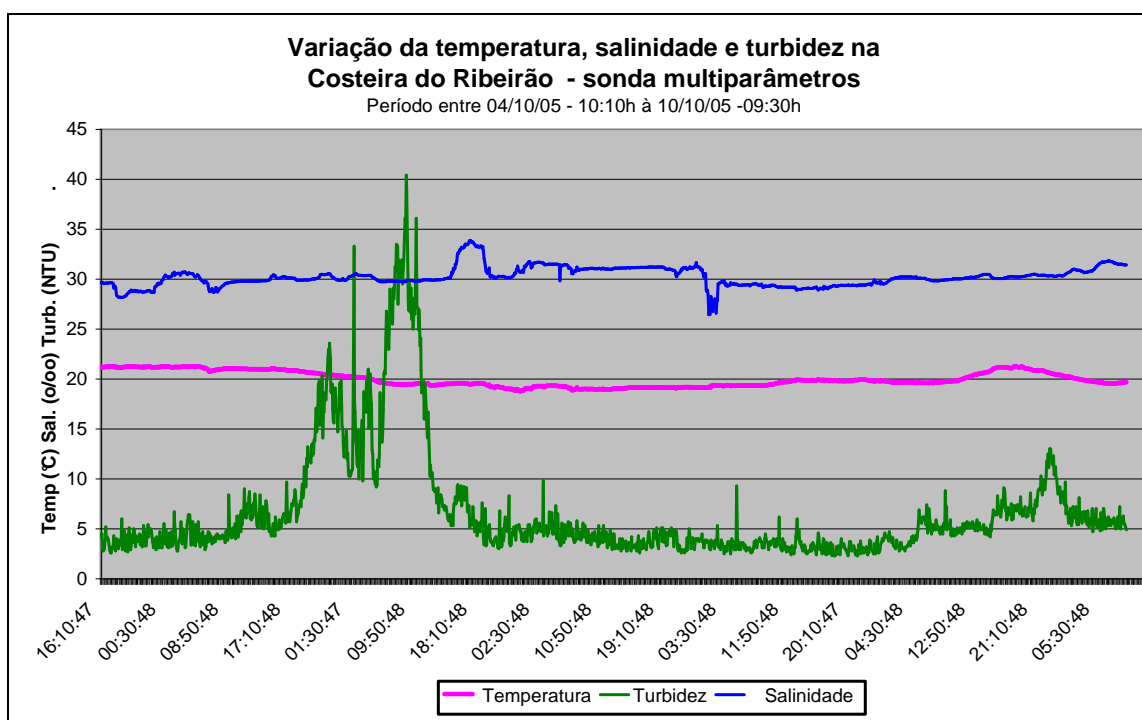


FIGURA 60 – Parâmetros oceanográficos obtidos a cada 5 minutos pela sonda multiparâmetros de aquisição contínua, na localidade de Barro Vermelho, Ribeirão da Ilha.

A Figura 61 apresenta a variação diária de salinidade e de turbidez na Costeira do Ribeirão. As amostras analisadas no laboratório foram coletadas pelos funcionários da Fazenda Marinha Atlântico Sul, nas primeiras horas da manhã, nos dias úteis da semana, com exceção de feriados e fins de semana. A variação da salinidade teve comportamento semelhante aos dados apresentados em outras amostragens, variando entre 30‰ e 35‰, com apenas uma ocorrência acima (36,6‰ em 05 de dezembro) e outra abaixo (26,7‰ em 25 de janeiro) deste intervalo.

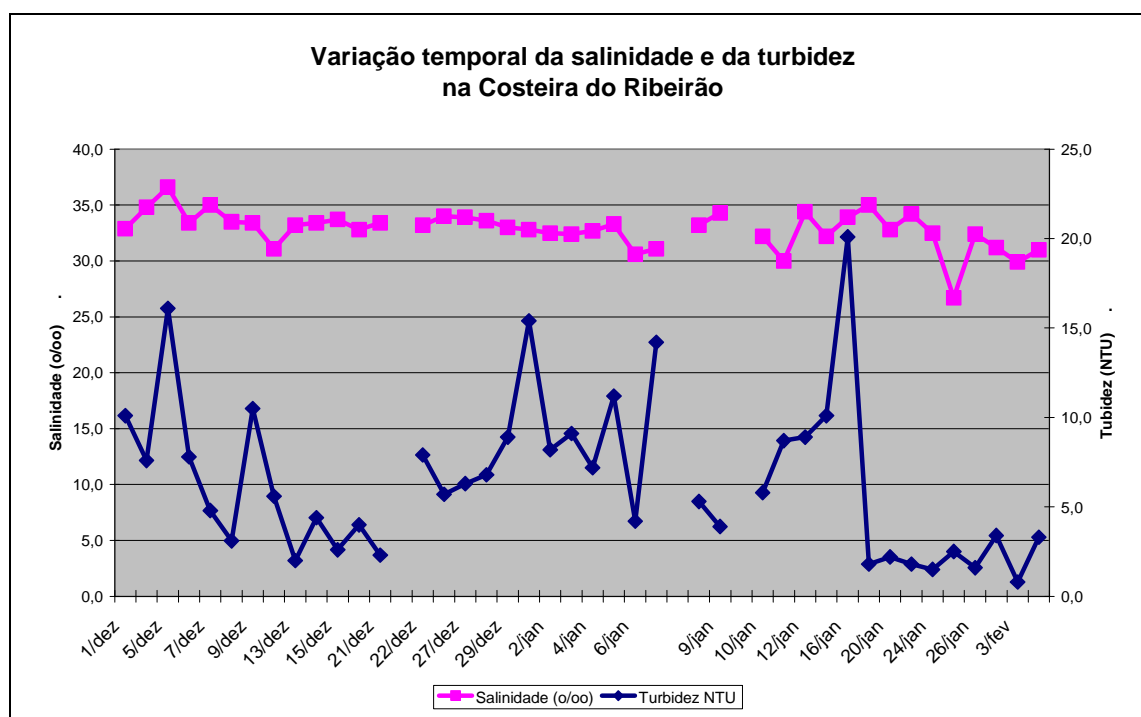
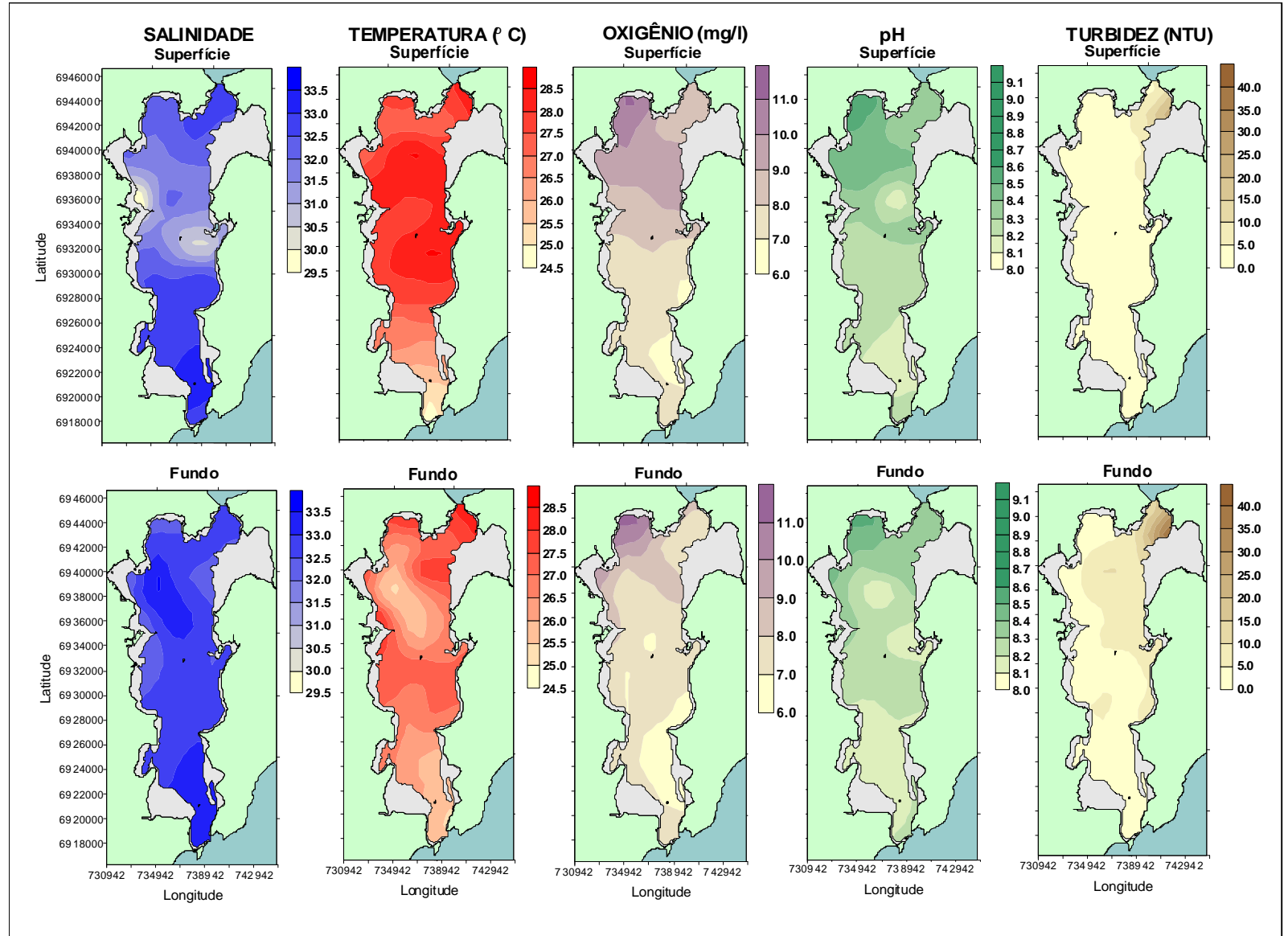


FIGURA 61 - Avaliação da salinidade e turbidez da água de cultivo na Costeira do Ribeirão da Ilha - frequência diária de aquisição.

Os resultados apresentados por Silva (2002) indicam grande homogeneidade das águas da baía Sul no inverno e no verão, bem com entre superfície e fundo (Figura 62).

**FIGURA 62 -
Distribuição
espacial de
parâmetros
oceanográficos na
baía Sul**

Fonte: SILVA (2002)



A variação máxima de turbidez observada na figura 62 foi de 4,5 NTU entre 29,0 NTU e 33,5 NTU, indicando a pequena variação espacial deste parâmetro nas condições do experimento. Para a turbidez, os valores foram considerados muito baixos ao longo de toda a baía. Por ter sido realizada em campanha de apenas um dia, a análise espacial como a apresentada por Silva (2002) permite a obtenção de um “retrato” instantâneo das condições ambientais do período de amostragem. As alterações da turbidez decorrentes de aporte continental promovido pela ocorrência das chuvas intensas não foram indentificados aqui. Este método não permitiu comparar as variações mais acentuadas dentro das baías, as que mais interessam ao estudo das implicações sobre as áreas de cultivo.

As figuras que seguem apresentam o resultado da interpolação dos dados de salinidade, temperatura e turbidez para as áreas de cultivo no Ribeirão da Ilha realizadas em 07 de outubro de 2005 (figuras 63, 64 e 65) e desembocadura do rio Cubatão, na porção oeste da baía Sul 05 de outubro de 2005 (figura 66, 67 e 68).

Os dados espacializados dos parâmetros oceanográficos foram obtidos de uma sonda multiparâmetros YSI acoplada a um GPS, instalada na borda de uma embarcação que percorreu a porção oeste e leste da baía Sul. A espacialização destes dados permitiu avaliar, na escala local do Ribeirão da Ilha e da foz do rio Cubatão, a distribuição da salinidade, turbidez e temperatura nestes dois espaços.

A Figura 63 apresenta os resultados da interpolação dos dados de salinidade no Ribeirão da Ilha. Pode-se observar um gradiente de salinidade entre o norte e o sul da área, com valores decrescentes do norte (29,1 ‰), próximos à desembocadura dos rios Ribeirão do Porto e Alto Ribeirão, para o sul (31,3 ‰). A água menos salina no norte deve estar influenciada pela presença dos rios locais. Os baixos valores de turbidez (4,10 NTU) encontrados indicam pouca presença de material em suspensão na água. Todavia, um pequeno gradiente detectado entre o norte e o sul pode estar relacionado à presença dos rios ao norte, que influenciam o comportamento deste ambiente em particular (Figura 64). Os dados espacializados de

temperatura apresentam-se bastante homogêneos, com variação inferior a um °C (Figura 65).

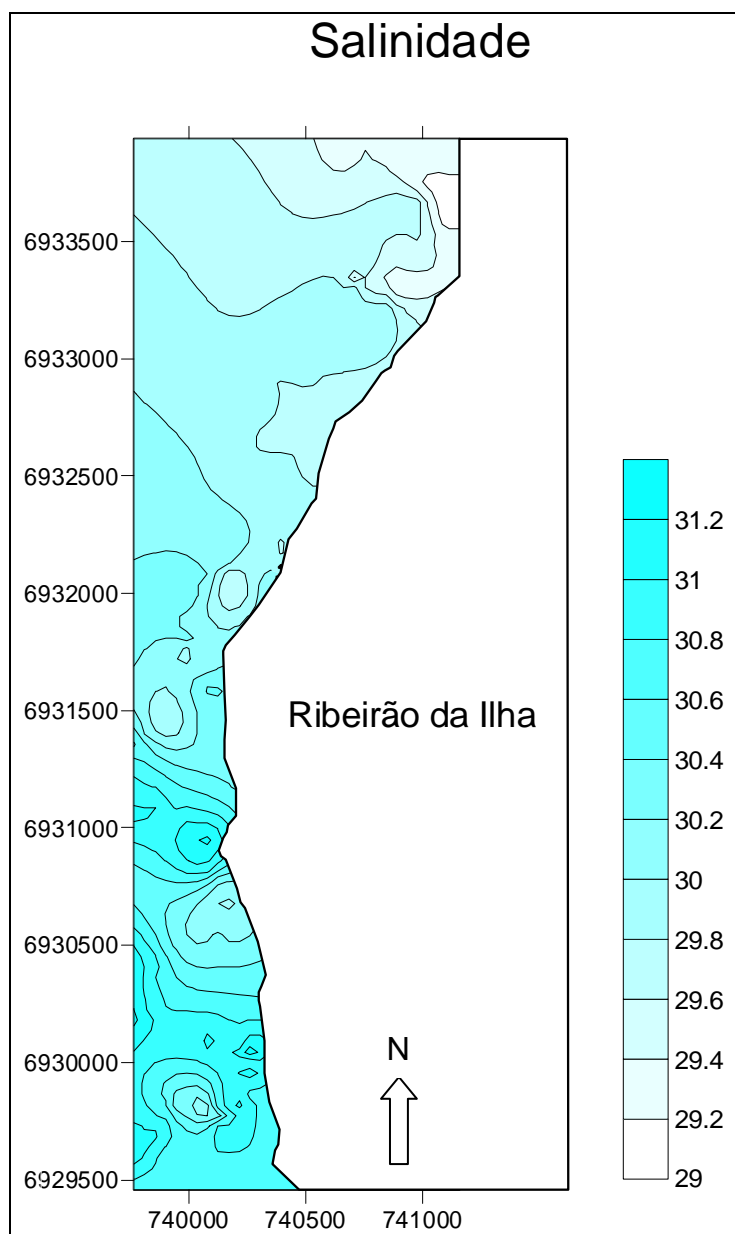


FIGURA 63 – Distribuição espacial da salinidade entre as localidades da Costeira e do Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha em 07 de outubro de 2005.

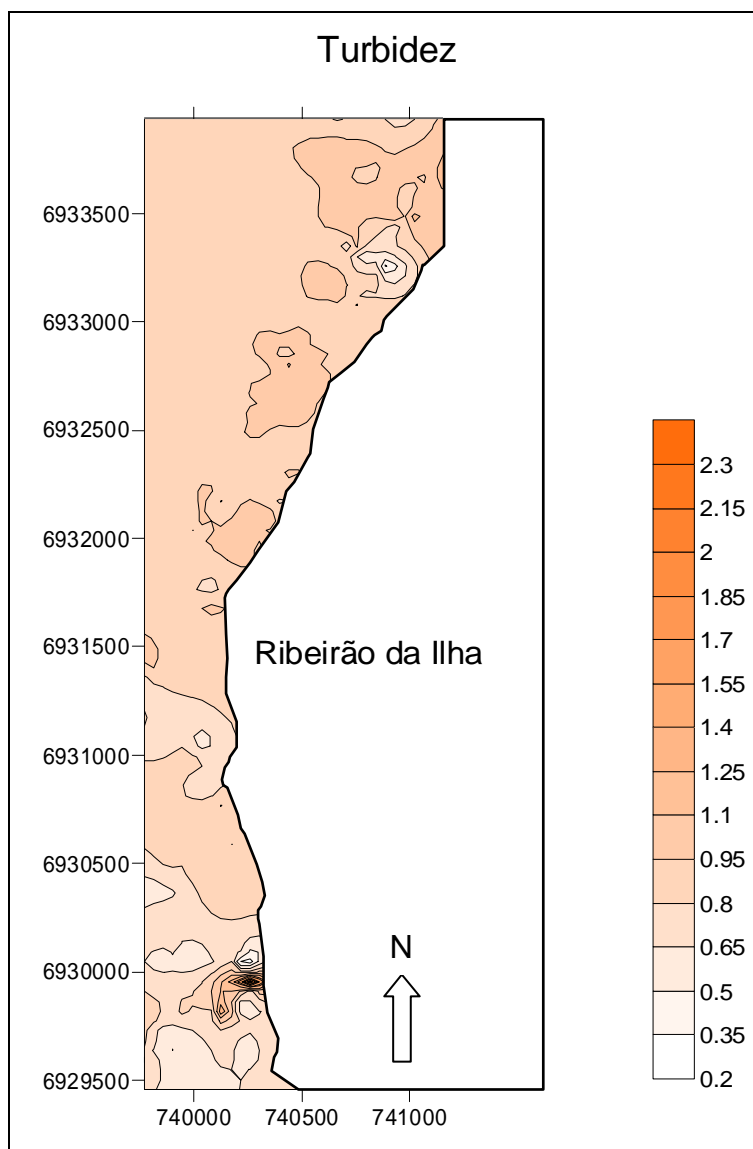


FIGURA 64 - Distribuição espacial da turbidez entre as localidades da Costeira e do Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha em 07 de outubro de 2005.

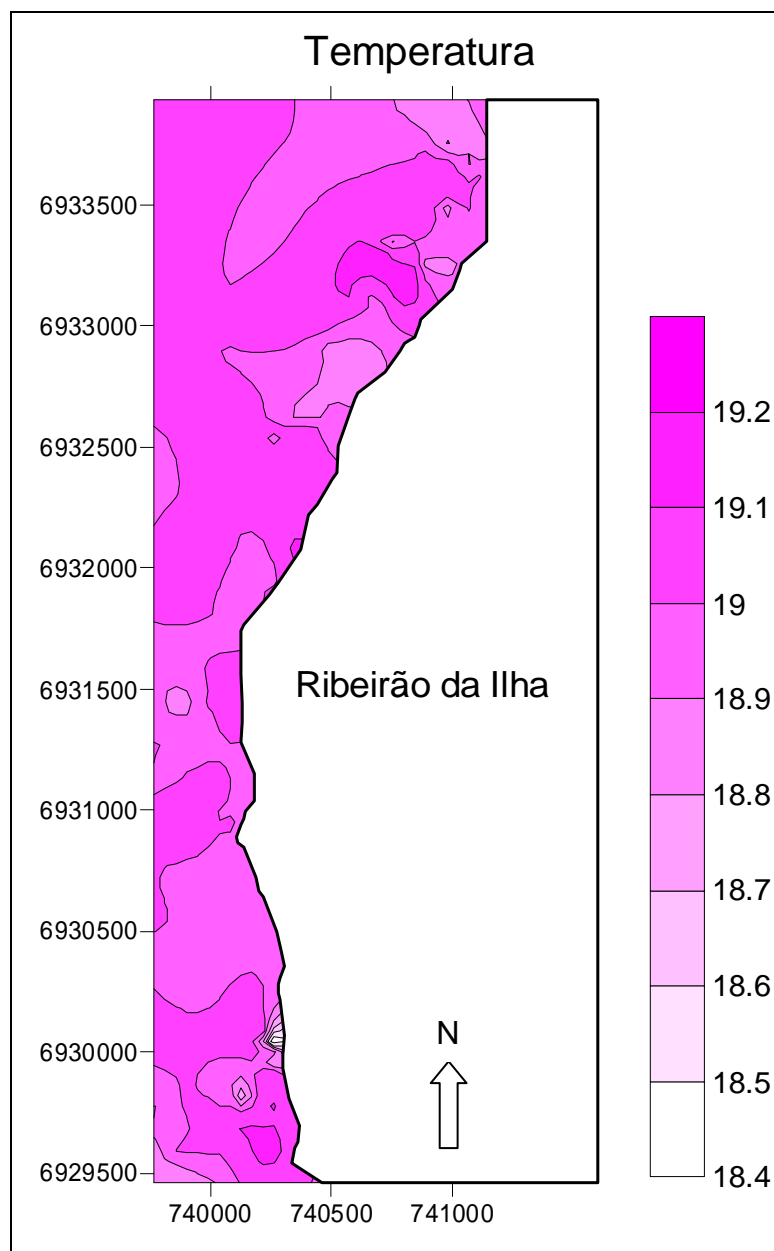


FIGURA 65 - Distribuição espacial da temperatura entre as localidades da Costeira e do Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha em 07 de outubro de 2005.

As Figuras 66, 67, e 68 apresentam os dados espacializados de salinidade, turbidez e temperatura na porção oeste da baía Sul, próximo à foz do rio Cubatão. A variação destes parâmetros indica a presença das águas do rio Cubatão e sua influência sobre o interior da baía Sul.

A Figura 66 apresenta o resultado da interpolação de dados de salinidade da sonda embarcada que circulou na porção oeste da baía Sul. A nítida variação de salinidade, de 29 ‰ no centro da baía para 16‰ na borda do continente, indica a presença de água doce oriunda do rio Cubatão.

A turbidez encontra variação muito mais expressiva, entre 0 e 360 NTU. Todavia, os valores mais elevados estão relacionados às baixas profundidades, onde a sonda se aproximou muito do fundo, registrando material em processo de ressuspensão pela ação dos ventos (Figura 67). Afastando-se da foz do rio e das baixas profundidades em direção ao centro da baía, os valores de turbidez se reduzem à níveis abaixo de 10 NTU e os valores de salinidade aumentam, indicando a influência do rio, no momento da amostragem, restrita à sua foz.

Podemos destacar ainda, no resultado da interpolação dos dados de temperatura da água na foz do rio Cubatão, a presença de um gradiente de temperatura entre as águas mais frias do rio e as águas mais quentes da baía (Figura 68).

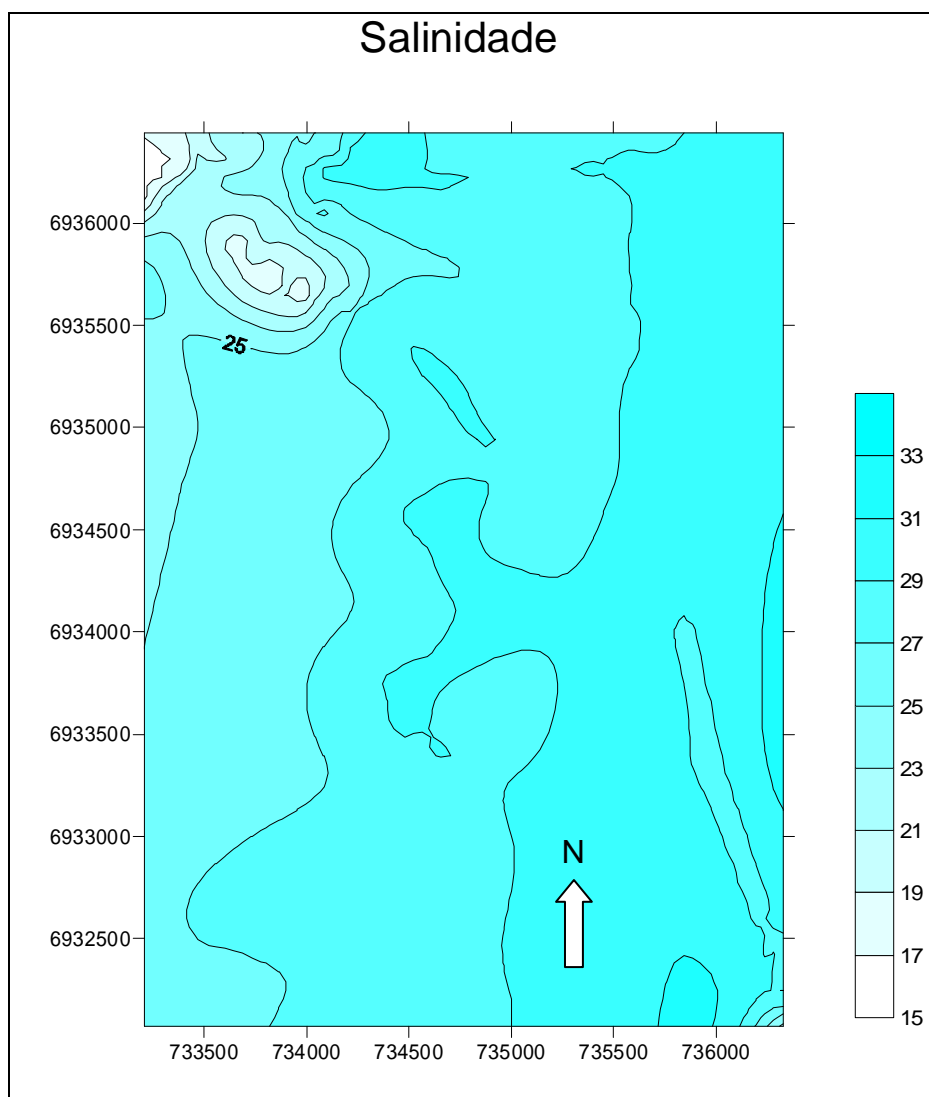


FIGURA 66 - Distribuição espacial da salinidade na foz do rio Cubatão em 05 de outubro de 2005.

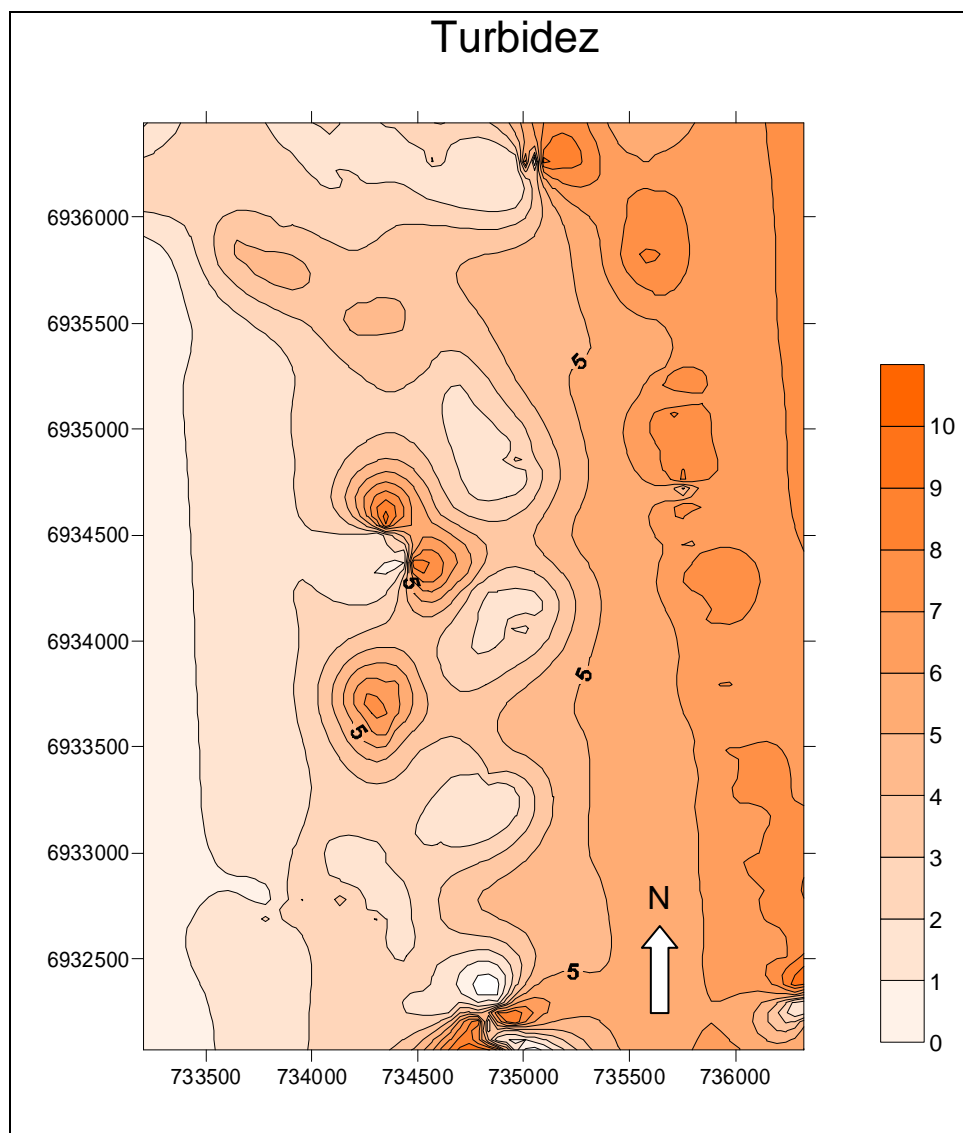


FIGURA 67 – Distribuição espacial da Turbidez na foz do rio Cubatão em 05 de outubro de 2005.

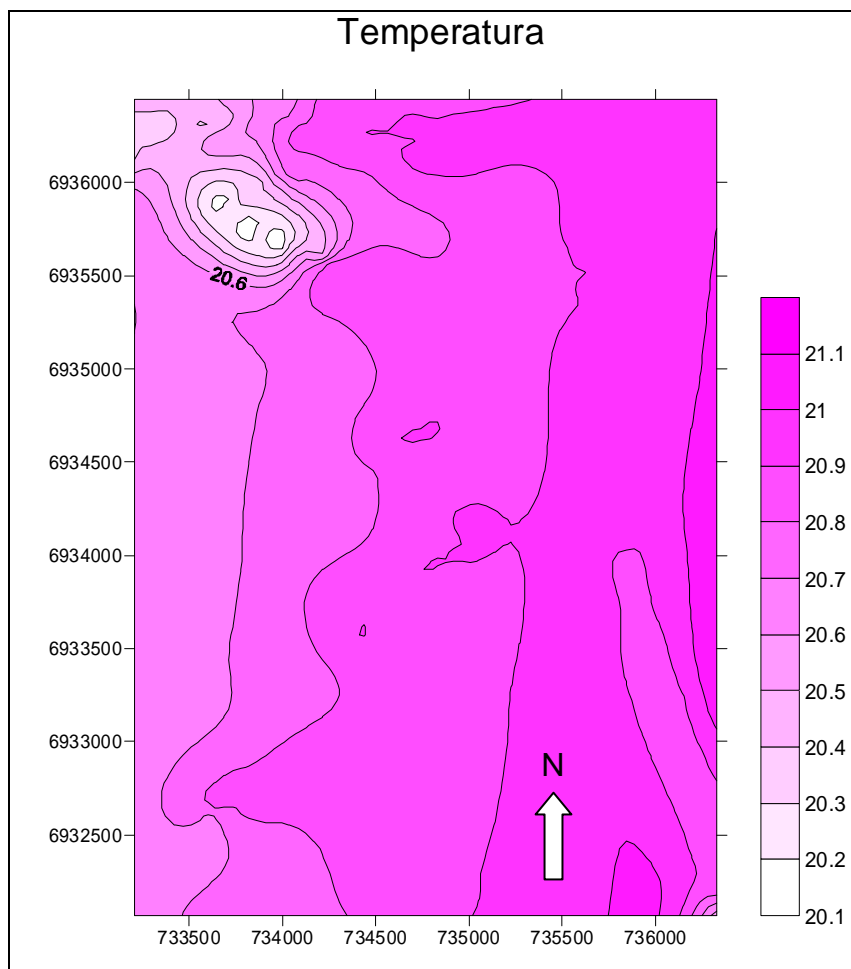


FIGURA 68 - Distribuição espacial da temperatura na foz do rio Cubatão em 05 de outubro de 2005.

5.5 CONCLUSÕES

As variações de salinidade e turbidez no interior da baía Sul são influenciadas pela rede de drenagem do seu entorno, pela agitação marinha provocada pelo sopro dos ventos de maior intensidade, e pela penetração de águas marinhas, especialmente pelo canal sul, no interior da baía. A variação destes parâmetros pôde ser observada na escala espacial e temporal, através do tratamento dos dados obtidos neste trabalho e comparada com os trabalhos anteriores. Foi possível verificar variação importante destes parâmetros a partir dos dados analisados.

Na avaliação semanal da salinidade da água na Costeira do Ribeirão, no período entre novembro de 2004 e maio de 2005 (Figura 59), pode-se observar que a variação da salinidade foi importante nos meses mais quentes, dezembro e fevereiro, sendo no mês de dezembro de maior amplitude, provavelmente influenciada pelas precipitações mais intensas do período de verão. O gráfico elaborado a partir dos dados de Besen et al 2005 (Figura 58), mostra variações pouco importantes da salinidade, turbidez e temperatura, bem como diferenças mínimas entre superfície e fundo, permitindo concluir sobre a homogeneidade da massa de água.

Na Figura 61, a variação da salinidade da água na Costeira do Ribeirão, no período entre dezembro de 2005 e março de 2006, com frequência diária de aquisição, observa-se que a maior parte das amostras encontra-se entre 30‰ e 35 ‰, extrapolando um dado para mais no início de dezembro e outro para menos em final de janeiro. Apesar de observadas, as variações deste período não foram muito significativas.

Através do uso das sondas de aquisição contínua foi possível conhecer e trabalhar com uma metodologia nova de espacialização de dados. Os dados obtidos a cada segundo, registrados em planilha, utilizados na elaboração de mapas de distribuição destes parâmetros, permitiram a visualização de sua distribuição dentro das áreas amostradas. Esta metodologia permitiu, em apenas uma campanha de um dia, a obtenção de dados que refletiram a condição da água e sua representação espacializada nas cartas. Este tipo de equipamento de aquisição contínua, instalado em uma área de cultivo no Barro

Vermelho, permitiu ainda avaliar a variação de diversos parâmetros ao longo de uma semana (Figura 60).

Apesar do curto período de aquisição de dados, a sonda instalada na comunidade do Barro Vermelho permitiu verificar algumas variações nas condições da água neste local. A salinidade esteve próxima de 30 ‰, com oscilações pouco significativas para mais e para menos. A temperatura se manteve constante na casa dos 20°C. Quanto à turbidez, foi registrada uma variação, provavelmente associada à ocorrência de vento sul homogenizando a coluna d'água, pois a oscilação da salinidade foi muito reduzida dando indícios de que a turbidez não deve estar associada ao aporte de água da bacia hidrográfica próxima, quais sejam do Ribeirão do Porto e do rio Alto Ribeirão.

O uso dos dados espacializados das sondas de aquisição contínua permitiram identificar a influência dos rios, numa escala local, sobre a salinidade, a turbidez e também a temperatura (Figuras 63 a 68).

No Ribeirão da Ilha, entre a Costeira e o Barro Vermelho, é possível observar um gradiente de salinidade e de turbidez., todavia, de pequena grandeza, indicando que apesar da ocorrência, sua influência é limitada para estas condições. Não foi observado nestes dados um gradiente claro de temperatura (Figuras 63, 64 e 65).

Na foz do rio Cubatão, (Figuras 66, 67 e 68) a variação destes parâmetros também foi pequena, porém com gradiente mais visível nas cartas. A salinidade e a temperatura apresentaram gradientes muito similares, indicando a mistura das águas do rio com a da baía. A turbidez apresentou um gradiente maior entre as águas oriundas de oeste, do rio e as da baía.

Se comparado aos dados de Silva (2002), os mapas de distribuição de salinidade apresentam boa coerência, apesar do comportamento da malha amostral.

Esperavam-se variações mais significativas de salinidade e turbidez influenciadas pelo aumento de pluviosidade e da intensidade do vento nordeste, durante a primavera e verão. O volume e a intensidade das chuvas aumentam sensivelmente durante estes meses, implicando em maior risco de mudanças bruscas de salinidade e de transporte de material particulado para o

interior da baía. O vento nordeste, predominantemente mais intenso na primavera e verão, poderia estar contribuindo para o aumento da turbidez através da ressuspensão de material de fundo para a coluna de água. Isto implicaria no aumento da carga das partículas em suspensão na coluna de água, dificultando a ingestão de alimentos pelas ostras. A ocorrência destas alterações, aliadas ao aumento da temperatura da água e aos processos metabólicos e reprodutivos das ostras, estaria contribuindo para a mortalidade de ostras, mais significativa neste período do ano.

A experiência dos produtores do Ribeirão da Ilha ao longo dos anos tem mostrado que esta “homogeneidade” ou baixa variação dos parâmetros na coluna d’água é quebrada em episódios específicos de pluviosidade mais intensa para a salinidade e turbidez, quando predomina o vento do quadrante nordeste por muitos dias. Todavia, a metodologia utilizada na pesquisa não permitiu tal detalhamento. Seriam necessários equipamentos de aquisição contínua, instalados durante um período mais longo, de no mínimo um ano, para captar as oscilações de maior amplitude.

Em 1997, pôde ser observada a presença de água do rio Cubatão atravessando a baía Sul de oeste para leste, dessalinizando as águas de toda a região central da baía Sul. Uma medição realizada por produtores da comunidade demonstrou que a salinidade em período de grande pluviosidade reduziu-se a 17 ‰. Suspeita-se que episódios como estes tenham sido responsáveis por mortalidade de ostras neste ano. A utilização das sondas de aquisição contínua, mais adequadas à avaliação da amplitude destes parâmetros, só foi possível pelo período de alguns poucos dias. A utilização de equipamentos como estes, de aquisição continuada em momentos de grande pluviosidade, instalados em pontos estratégicos dentro da baía e no âmbito de programas de monitoramento, poderiam auxiliar na compreensão da influência destes parâmetros sobre as áreas de cultivos de moluscos, especialmente de ostras. Informações obtidas de sondas de aquisição contínua poderiam contribuir para melhor definição da escolha das áreas de cultivo no contexto do litoral catarinense.

6 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ENTORNO DAS BAÍAS NORTE E SUL SOBRE AS ÁREAS DE CULTIVO DE MOLUSCOS

6.1 INTRODUÇÃO

Os rios têm grande importância no enriquecimento das águas costeiras, onde a presença das águas ricas em nutrientes cria um ambiente propício ao desenvolvimento da vida marinha. Em áreas onde a ocupação humana é mais intensa, a degradação dos solos agrícolas, o uso de agrotóxicos e a produção de resíduos urbanos podem ser responsáveis pela redução da qualidade da água nestes ambientes.

Os moluscos bivalves são animais filtradores, portanto, acumulam substâncias particuladas e dissolvidas na água. A qualidade da carne para consumo dependerá da concentração, nas áreas de cultivo, de compostos presentes na água, como material particulado em suspensão, metais pesados, agrotóxicos hidrocarbonetos, toxinas biológicas, entre outros.

Neste trabalho será dado enfoque à vazão dos rios que transportam matéria de origem continental e insular para as baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina, sendo atualmente o risco de poluição biológica o que inspira maior atenção.

A contaminação microbiológica de moluscos é de origem antrópica, exceto as ligadas aos vírios e bactérias marinhas introduzidas no meio pela transferência de moluscos cultivados em áreas epidêmicas. As fontes de contaminação são normalmente efluentes domésticos lançados sem tratamento nas águas costeiras, ou dejetos agrícolas (como os associados à criação de animais em cativeiro) (IFREMER, 2006b).

Os rios são os principais responsáveis pelo transporte de substâncias de origem continental para o mar. Desta maneira, a qualidade da água nos ambientes abrigados que se encontram sob influência fluvial, se altera em função do volume de vazão destes rios e do nível de resíduos que são por eles transportados. Dentro do ambiente de transição, a hidrodinâmica local também deve ser considerada para avaliação da direção da dispersão das águas de origem fluvial.

Em várias áreas há dificuldade para o desenvolvimento de pesquisas, planejamento e tomadas de decisão em virtude da carência ou inexistência de dados ligados à vazão e influência dos rios sobre as águas costeiras. Estas limitações costumam ser superadas pela aplicação de modelos de síntese e de simulação como instrumentos para gerar seqüências “artificiais” a fim de serem aplicados na racionalização das análises necessárias (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A maioria dos rios da região estudada não possui dados de vazão. Tais monitoramentos são realizados apenas para as bacias hidrográficas maiores ou que apresentem interesse para a captação de água de abastecimento. A regionalização de vazões é um método estatístico da Hidrologia que tem sido usado para estimar o escoamento superficial médio de longo prazo na rede de drenagem de uma bacia hidrográfica em locais com ausência ou insuficiência de dados. É obtida a partir da análise de freqüência de séries históricas de vazão em postos fluviométricos de uma bacia de referência e estabelece, a partir de uma função de regressão, a relação entre a vazão e uma ou mais variáveis independentes, tais como a área de contribuição ou precipitação, para outras bacias próximas. (ZEILHOFER & LIMA, 2006).

O uso do modelo hidrológico neste trabalho tem objetivo semelhante: calcular a vazão em rios onde inexistem dados. As bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina apresentam diversos rios, com vazões variadas e com distintos níveis de comprometimento em relação ao potencial poluidor. Destes, poucos dados de vazão encontram-se disponíveis. Deste modo, os dados de vazão necessários para a compreensão da influência destes corpos d'água sobre as áreas onde desenvolve-se a maricultura foram obtidos com base na aplicação de um modelo executado através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

De modo genérico, um modelo pode ser compreendido como uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes. São aproximações, por não incluírem todas as observações medidas ou associadas, mas são valiosas por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento de aspectos fundamentais da realidade (CHRISTOFOLETTI, 1999). Não se trata

de produzir dados reais, mas sim uma representação da realidade, criada a partir da visão e da maneira como percebemos e compreendemos a realidade.

6.2 OBJETIVO GERAL

Executar um modelo para simular o escoamento superficial das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina visando discutir os impactos destas águas sobre as áreas de cultivo de moluscos.

6.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um Modelo Digital de Terreno (MDT) das áreas de entorno das baías Norte e Sul da ilha de Santa Catarina;
- calcular e traçar a rede de drenagem das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul;
- calcular a vazão da rede de drenagem que deságua nas baías Norte e Sul através de um modelo hidrológico desenvolvido para o sistema ArcView 3.2;
- representar cartograficamente as áreas de cultivo de ostras entre a Costeira do Ribeirão e a Comunidade do Barro Vermelho;
- avaliar, através da geração de um mapa de distância a partir das desembocaduras, a influência da rede hidrográfica sobre as áreas de cultivo.

6.4 ANÁLISE ESPACIAL E SIG EM ÁREAS COSTEIRAS

Diversos trabalhos científicos têm demonstrado a possibilidade de utilização de Sistemas de Informação Geográfica - SIG como instrumento de apoio à decisão no gerenciamento de áreas costeiras (LOUBERSAC *et al.*, 1997; LOUBERSAC, 1994; SAVIOLI *et al.*, 1999; PETIT, 1999 e BACHER *et al.*, 2000).

A espacialização de informações sobre cartas base não é uma atividade nova. Todavia, o advento do computador tem possibilitado a manipulação de um volume muito grande de dados, o que tem permitido a elaboração de mapas digitais e, mais recentemente, georeferenciados (associados a um endereço espacial). Os SIG permitem a integração e representação de dados espaciais e também o seu processamento digital visando a criação de novos dados.

Segundo Burrough (1986), um SIG pode ser definido como um conjunto de ferramentas potentes de aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e visualização de dados espaciais referenciados no mundo real para atender a um conjunto particular de objetivos. Um SIG pode ser pensado não apenas como um meio de codificação, armazenagem e recuperação de dados sobre aspectos da superfície da terra, mas pode representar um modelo do mundo real. Desta forma, estes dados podem ser acessados, transformados e manipulados interativamente num sistema de informações geográficas, podem ser base de testes de estudo de processos ambientais ou ajudar na tomada de decisões.

SILVA, A. de B. (2003) enumera uma série de razões para mostrar a dificuldade de uma definição precisa de SIG, apresenta conceitos clássicos e mais recentes e, por fim, esboça uma definição na tentativa de ser mais completa. Segundo o autor, os SIGs necessitam usar um meio digital (uso intensivo da informática), usar uma base de dados integrada com dados georeferenciados e com controle de erro e devem conter funções de análise estatísticas de dados, como álgebra cumulativa (operações de soma, subtração, multiplicação e divisão) e não cumulativa (operações lógicas).

BONHAM-CARTER (1994) define SIG como sendo um sistema computacional para controlar dados, onde a palavra *geográfica* implica no conhecimento da localização dos dados em termos de coordenadas geográficas (latitude e longitude), sendo a maioria destes dados restritos a duas dimensões. A palavra *sistema* indica que um SIG é formado pela inter-relação e ligação de vários componentes com diferentes funções. O autor define como funções de um SIG: a organização de dados, a sua visualização, a consulta espacial, a combinação, a análise e a predição.

Os SIGs têm evoluído de um objetivo inicialmente voltado à produção e aperfeiçoamento de cartas digitais, para ser usado como instrumento de análise e apoio à decisão (DENÈGRE,1996). Laaribi (2000) comenta, no entanto, que os SIGs atuais surgiram para responder às necessidades dos gestores de dados e não foram desenvolvidos para fornecer informações estratégicas que ajudem os tomadores de decisão. Os SIGs fornecem mais informações a nível operacional que a nível tático e estratégico. A gestão do território implica na compreensão da complexidade dos problemas a serem resolvidos. A autora propõe o uso de Análise Multicritério integrada ao SIG como instrumento de análise de problemas complexos (sistêmicos) para tratamento global e não mais linear (LAARIBI, 2000).

O SIG pode ser um valioso instrumento de auxílio à tomada de decisão por parte do poder público, responsável pelo gerenciamento do território. A eficiência da aplicação de SIGs em áreas costeiras tem sido demonstrada em vários países, pois a representação cartográfica dos resultados dos tratamentos de dados permite uma visualização mais nítida e maior rapidez na obtenção de resultados. Os SIGs podem atender a diferentes objetivos, podendo ser acoplados a modelos matemáticos para cálculos.

MELESSE et. al. (2003) aplicaram SIG, com base em sensoriamento remoto, para estimar as respostas de escoamento em consequência de tempestades e chuvas fortes em três bacias hidrográficas na Flórida, Estados Unidos. Os resultados mostraram que o modelo prediz o volume de escoamento (*runoff*) com uma eficiência média de 98%, sendo muito útil para bacias hidrográficas sobre as quais não se tenha dados para predizer as respostas de escoamento causadas por modificações na cobertura de terra.

Davis (2000) demonstra a possibilidade de utilização do modelo ArcGIS Hydro para integrar a hidrografia e a hidrologia unificando em um mesmo modelo o mapeamento de rios e sua análise, descrevendo em sua tese o processo de design do modelo de dados ArcGis Hydro e discutindo conceitos de programas orientados por objetos. No caso dos Estados Unidos, a utilização do modelo é facilitada pela disponibilidade do National Hydrography Dataset, cujos dados o autor mostra como aplicar ao modelo.

Marcelinni (2002) estudou a utilização de SIG para a exploração de informações hidrológicas. A autora chama a atenção para a importância da

disponibilidade e do tratamento dos dados digitais para a possibilidade de utilização do SIG para o gerenciamento de redes hidrometeorológicas e de Recursos Hídricos propriamente ditos. Segundo a autora, tal metodologia pode ser riquíssima como suporte a decisões e políticas no uso destes recursos. A autora investiga, aplica e avalia a utilização de software de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como ferramenta de apoio na obtenção de informações fundamentais em análises de Recursos Hídricos. Analisa a metodologia de delimitação de bacias hidrográficas por meio de modelos digitais de terreno, mostrando a sensibilidade de cada parâmetro envolvido no processo, através de aplicações práticas.

Powell et al 2003 desenvolveram um modelo hidrodinâmico para entender os efeitos das mudanças no fluxo de água doce na população de ostras de Galveston Bay, Texas, Estados Unidos. O modelo populacional inclui os efeitos das condições ambientais, predadores e o parasita das ostras *Perkinsus marinus*, nas populações de ostras. O modelo hidrodinâmico inclui os efeitos do vento, a vazão dos rios, marés e as trocas oceânicas na circulação da baía. Os modelos e as simulações realizadas para condições futuras da baía mostraram que não somente o montante do influxo de água doce que atinge a baía poderia trazer importantes impactos para as populações de ostras, como também a localização dos fluxos de água doce poderia impactar negativamente estas populações. (POWELL et al 2003)

Neste trabalho, a utilização do SIG atende à necessidade de localizar espacialmente as estruturas de cultivo de ostras e mexilhões e calcular a vazão dos rios que deságuam nas baías para avaliação da influência da água doce sobre os cultivos. Também será empregado para a integração e espacialização dos descritores físico-químicos e geração de mapas de distância e localização de eventuais fontes poluidoras na localidade de Ribeirão da Ilha.

6.5 MATERIAIS E MÉTODOS

6.5.1 BASE DE DADOS

Foi utilizado na elaboração do SIG o seguinte material:

6.5.1.1 BASE CARTOGRÁFICA DO CONTINENTE

Foram utilizadas como base cartográfica para o desenvolvimento dos trabalhos, as cartas topográficas do Estado de Santa Catarina na escala 1:50.000, editadas nas décadas de 70 e 80, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, posteriormente transcritas para o meio digital pela EPAGRI no formato *shapefile* (.shp). A cobertura da área do entorno das baías Norte e Sul sobre o continente corresponde às seguintes Folhas: Anitápolis, Biguaçu, Florianópolis, Canasvieiras, Lagoa, Paulo Lopes, Rancho Queimado, São Bonifácio, Santo Amaro da Imperatriz e São João Batista, sendo representadas na Figura 69. As cartas foram originalmente produzidas no Datum Horizontal Córrego Alegre e posteriormente convertidas para SAD69. As curvas de nível encontram-se equidistantes de 20m. O conjunto formado por estas camadas de curvas de nível foi usado para a elaboração do MDT representativo da área continental (Figura 69).

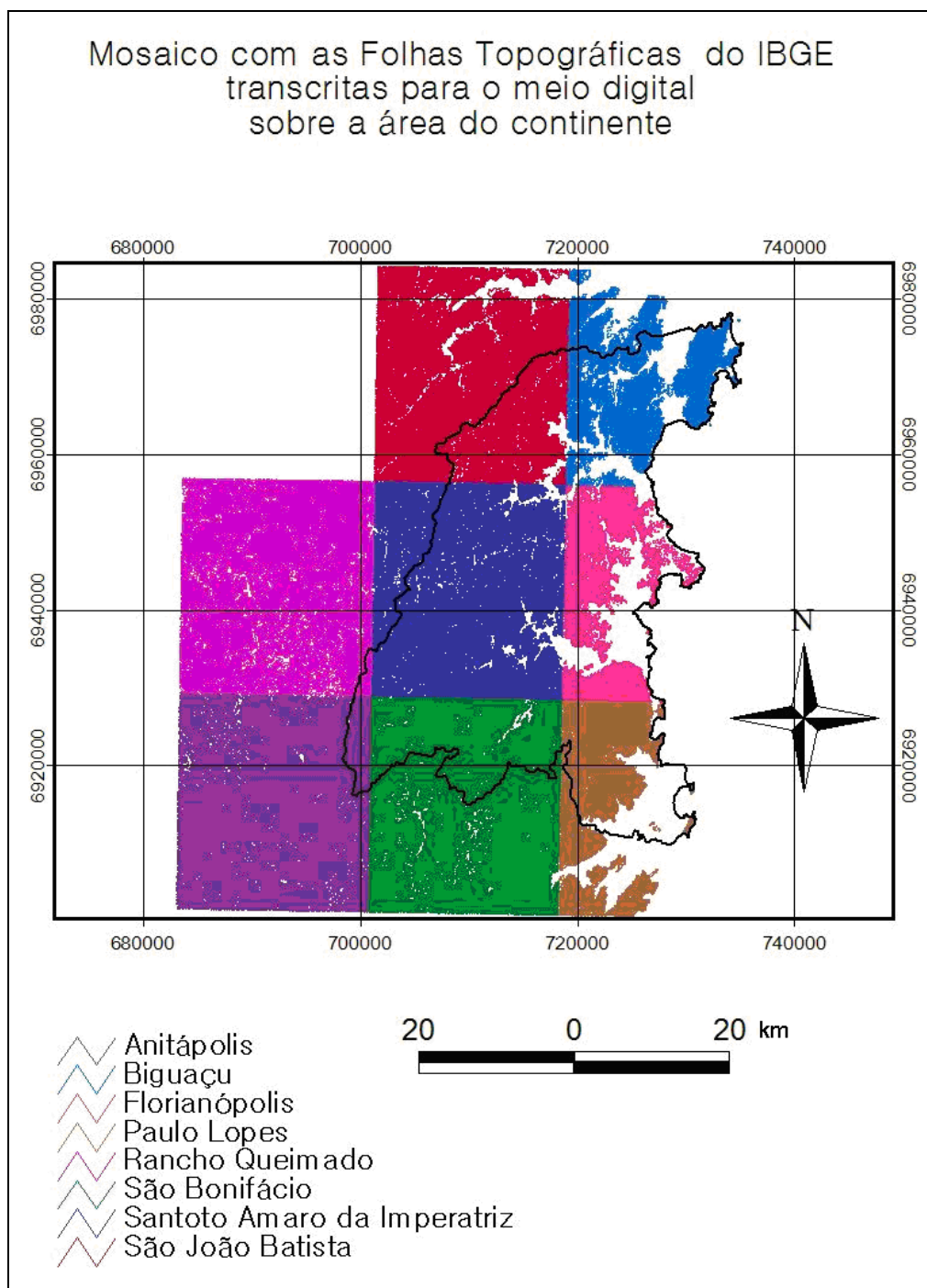


FIGURA 69 – Cobertura da área em estudo com as folhas das cartas topográficas do IBGE.

6.5.1.2 IMAGEM DE SATÉLITE

Foi utilizada para ajuste da linha de costa da área de estudo uma imagem gerada pelo satélite LANDSAT 7 ETM+, obtida em 2000. Para tal empregou-se a banda 4 georeferenciada em formato TIFF (.tif), (Figura 70).

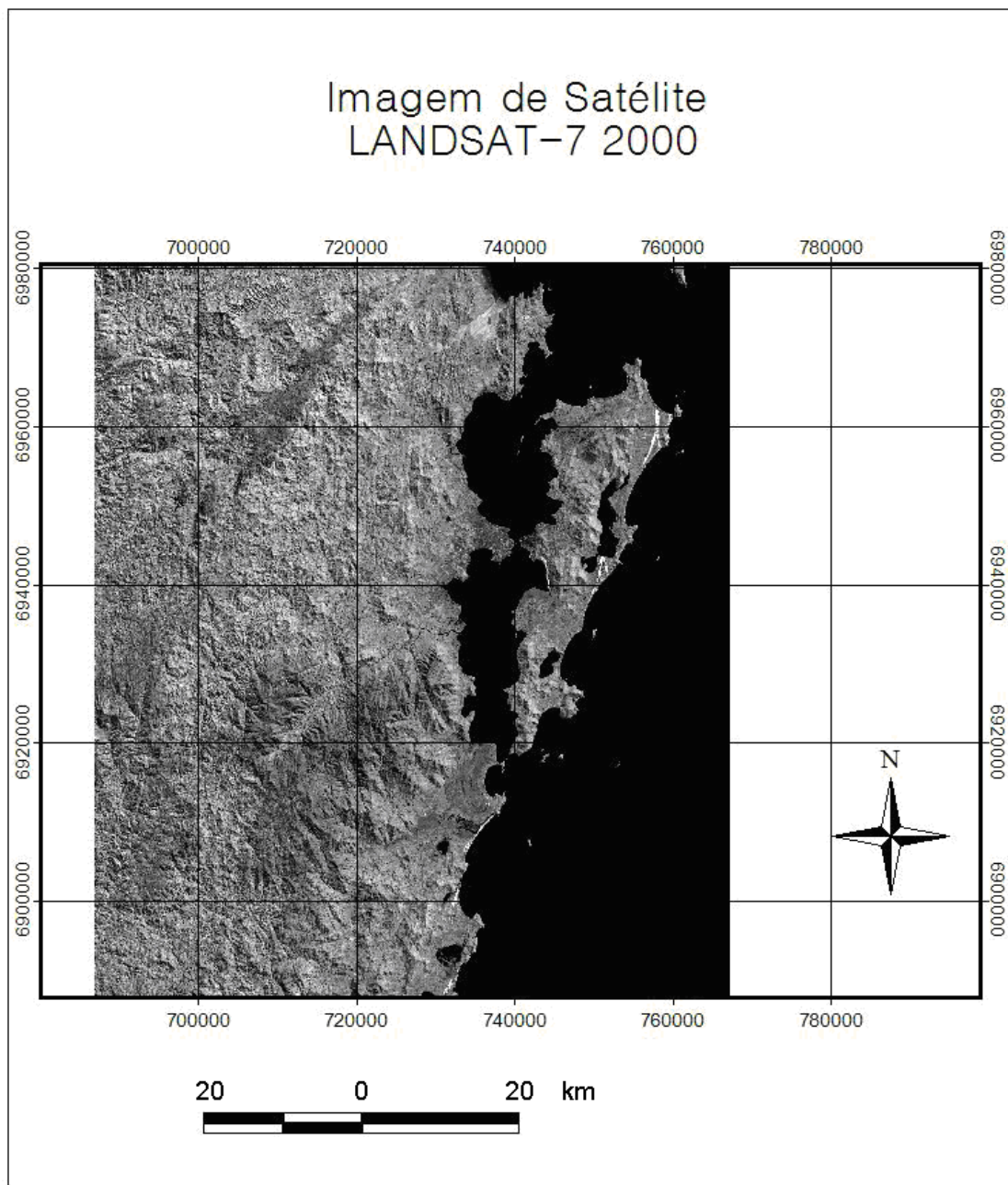


FIGURA 70 – Imagem de satélite LANDSAT-7 gerada em 2000.

6.5.1.3 BASE CARTOGRÁFICA DA ILHA DE SANTA CATARINA

Empregou-se um arquivo digital gerado pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF na escala 1:5.000 de 1995, contendo curvas de nível com eqüidistância de 10m para a Ilha de Santa Catarina. Estes dados foram retrabalhados no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da UFSC para inclusão dos valores de cota das curvas de nível (Figura 71).

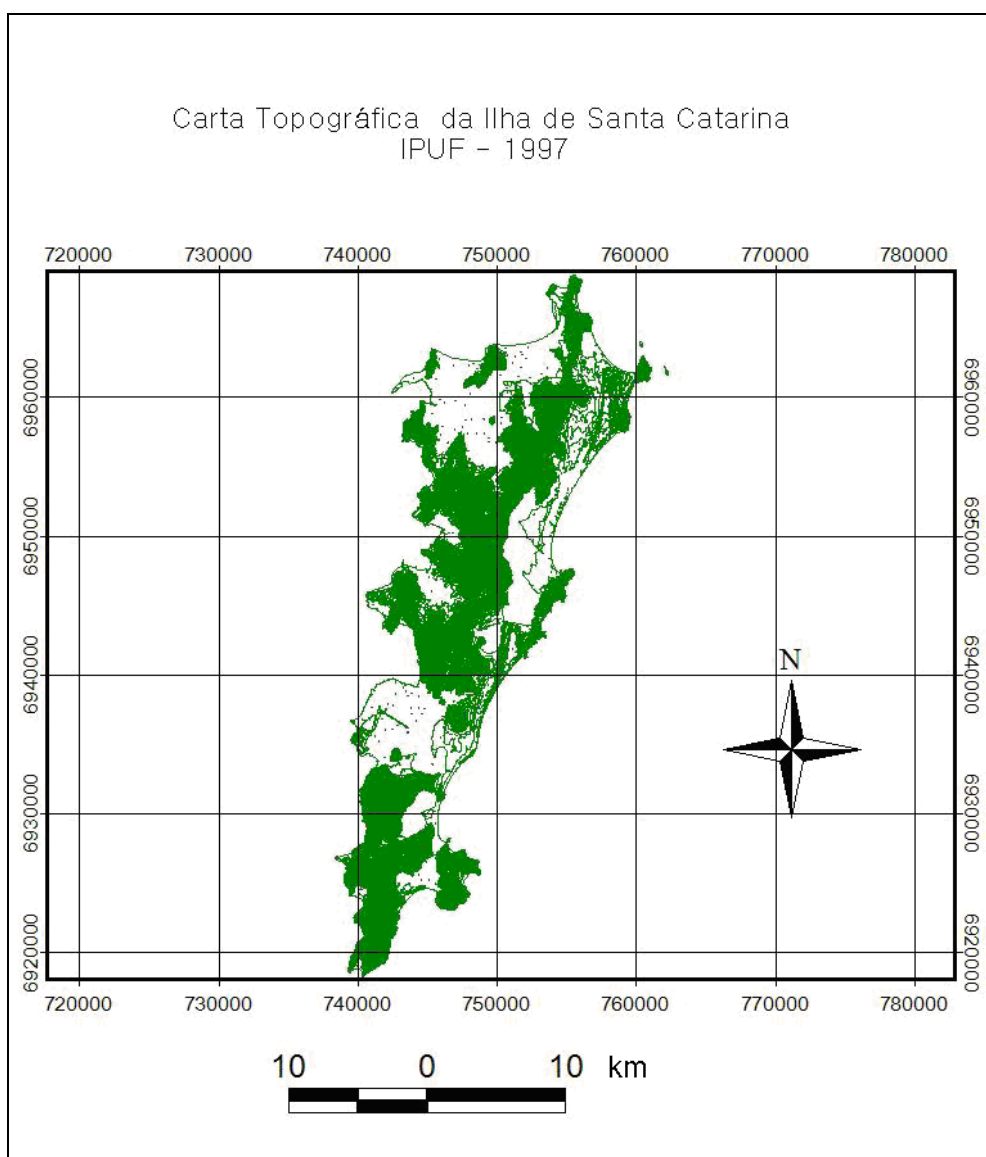


FIGURA 71 – Representação da base vetorial do IPUF utilizada para a Ilha de Santa Catarina.

6.5.1.4 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos utilizados no modelo correspondem às médias mensais de precipitação e evapotranspiração, disponíveis no Atlas Climatológico de Santa Catarina (EPAGRI, 2002). O balanço hídrico médio mensal, igualmente introduzido no modelo, foi obtido a partir da aplicação de técnica de álgebra de mapas (precipitação – evapotranspiração) efetuada sobre as bases digitais geradas em escala 1:500.000.

6.5.1.5 MODELO HIDROLÓGICO

No processamento de dados para elaboração do MDT, da rede hidrográfica e do cálculo do escoamento superficial das bacias hidrográficas foi utilizado o Modelo Hidrológico do pacote Arcview e sua extensão *Spatial Analyst*, que integra outras ferramentas de trabalho além do modelo hidrológico.

6.5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o processamento do modelo hidrológico referente à área continental foi necessário montar um conjunto de folhas topográficas digitalizadas que cobriam a área de estudos. O recorte da área de estudos foi definido, no continente, pela abrangência das bacias hidrográficas que drenam para as baías Norte e Sul (Figura 69).

As cartas topográficas foram inseridas no SIG lado a lado, quando verificou-se deslocamentos latitudinais e longitudinais entre si e a imagem. Para correção das distorções da base utilizada, as curvas de nível foram ajustadas manualmente (Figura 72). Estas curvas foram recortadas no limite da área das bacias hidrográficas e unidas em um arquivo único no formato *shapefile* (.shp).

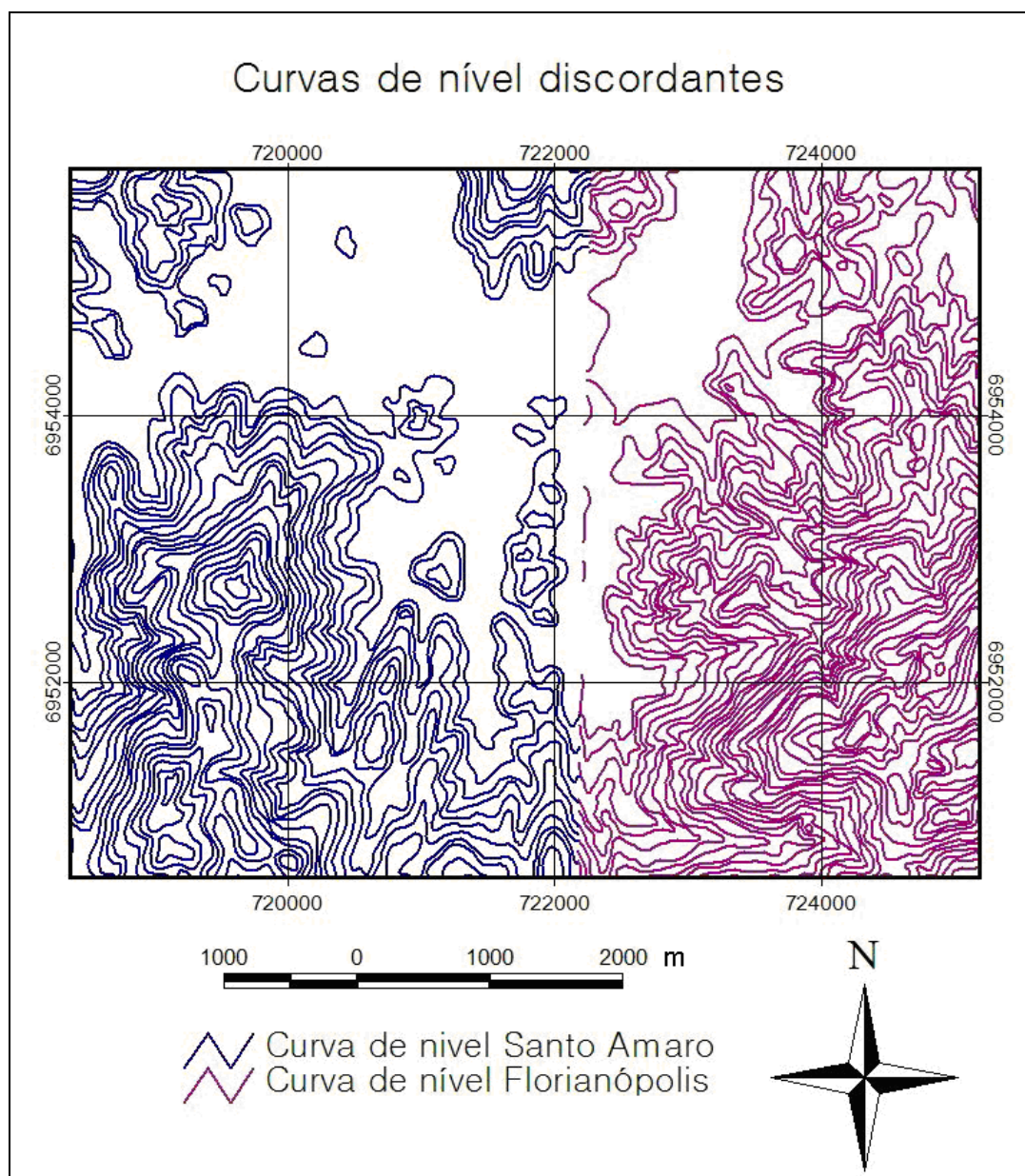


FIGURA 72 – Exemplo de discordância entre curvas de nível no limite entre as folhas do IBGE Florianópolis e Santo Amaro da Imperatriz.

Para a Ilha de Santa Catarina, um único arquivo abrangeu toda a sua extensão.

A imagem de satélite LANDSAT foi usada como base na definição da linha de costa para os modelos tanto da Ilha quanto do continente.

As curvas de nível foram convertidas em pontos contendo coordenadas x, y e z através da ferramenta convert to point de ArcView, posteriormente salvas em um arquivo de pontos também no formato *shapefile*. Este arquivo de

pontos foi utilizado para obtenção do MDT através da ferramenta de interpolação disponível na extensão *Spatial Analyst* do software ArcView 3.2.

O MDT resultante foi introduzido no modelo hidrológico para obtenção das redes de drenagem e finalmente o fluxo acumulado do escoamento superficial, concentrado na última célula da rede de drenagem através da ferramenta *pour point*. Estes valores calculados representam o acúmulo do escoamento superficial de toda a drenagem à montante do ponto determinado.

O mesmo procedimento foi utilizado para a Ilha de Santa Catarina, tendo por base a carta topográfica gerada pelo IPUF.

Os modelos foram unidos em um arquivo único por meio da ferramenta *Merge Theme*, da extensão *Xtools*, que permitiu uma avaliação comparativa da influência dos diferentes cursos d'água da área através da estimativa de escoamento superficial médio anual.

Com a utilização da ferramenta “buffer”, os volumes de escoamento superficiais foram representados cartograficamente para as baías norte e Sul da Ilha de Santa Catarina.

6.5.3 CARTOGRAFIA DAS ÁREAS DE CULTIVO

As áreas de cultivo em atividade (com estruturas em uso) localizadas entre a Costeira do Ribeirão e Barro Vermelho no Ribeirão da Ilha foram georreferenciadas a partir de trabalhos de campo para registro dos pontos representativos dos vértices de cada área de cultivo. Para obtenção dos dados de localização de cada ponto, foi utilizado um GPS Garmin Etrex 12 canais. Em gabinete, os dados foram descarregados com auxílio do programa GPS TrackMaker em uma planilha de dados e convertidos para coordenadas UTM SAD69. No ambiente ArcView os dados foram convertidos em arquivo de pontos no formato *shapfile* (.shp) que serviram de base para a criação dos polígonos das áreas de cultivo, também no formato *shapfile*. Posteriormente foram inseridos no mapeamento os parques aquícolas definidos pela EPAGRI (áreas maiores).

6.5.4 MODELO DIGITAL DE TERRENO – MDT

A partir dos dados altimétricos das Cartas Topográficas do IBGE para Santa Catarina, transcritas para o meio digital pela EPAGRI (curvas de nível de 20m em 20m) e a para a Ilha de Santa Catarina, elaboradas pelo IPUF (curvas de nível de 10m em 10 m), foram elaborados dois MDT, um para o continente (Figura 73) e outro para a Ilha de Santa Catarina (Figura 74). Seu processo de elaboração obedeceu as seguintes etapas:

- a) Junção das folhas topográficas para cobertura da área das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul, sobre o continente;
- b) ajuste das curvas de nível, que se encontravam com data diferentes e que, mesmo depois de corrigidas para o mesmo data, apresentavam discordância (figura 72);
- c) ajuste da linha de costa à imagem de satélite LANDSAT-7;
- d) conversão das curvas de nível (isolinhas) em pontos;
- e) elaboração do modelo digital de terreno do continente E DA Ilha com uso da ferramenta “*Surface*” a partir da interpolação dos pontos obtidos em d).

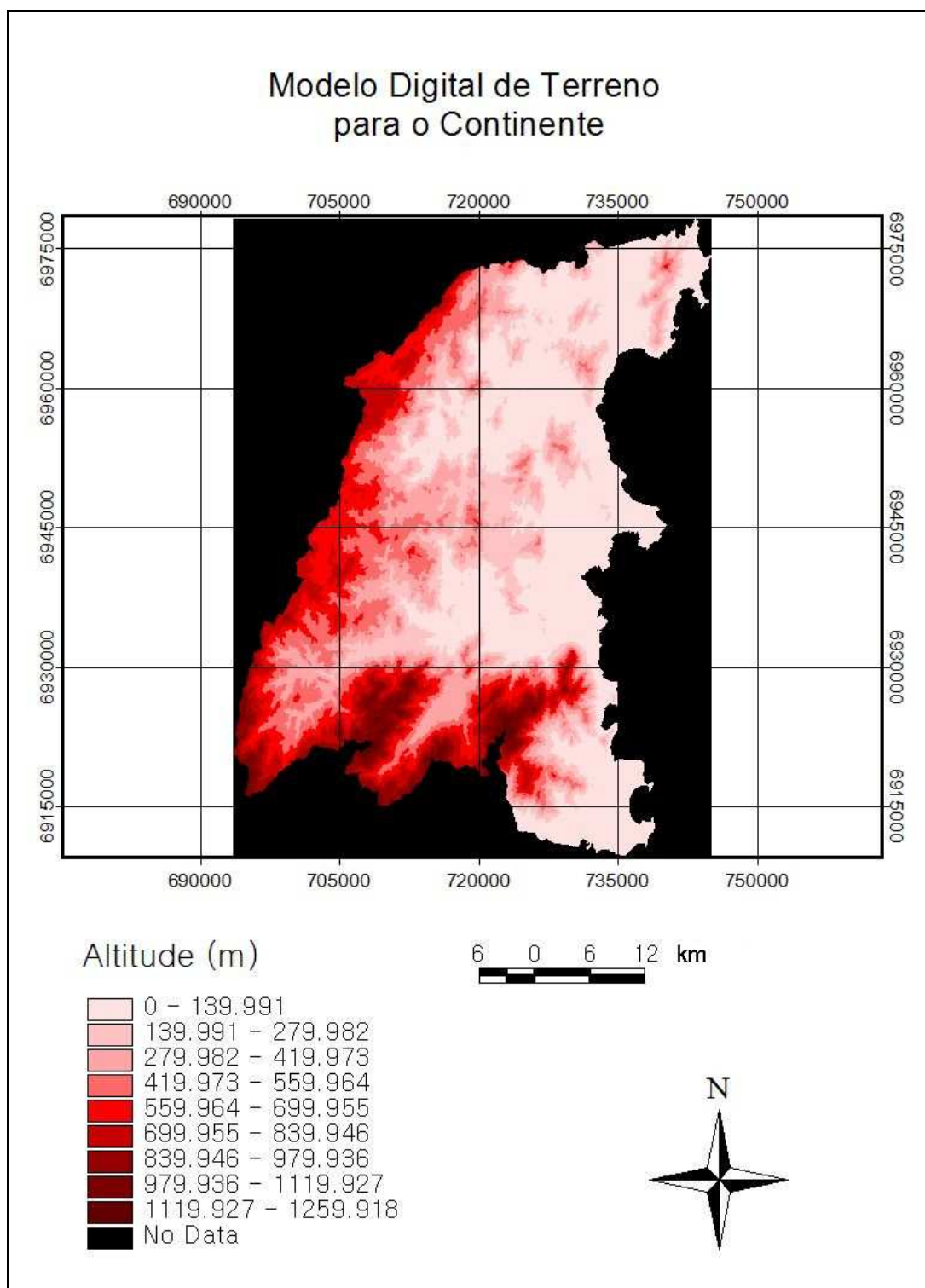


FIGURA 73 Modelo Digital de Terreno da área continental adjacente às baías Norte e Sul.

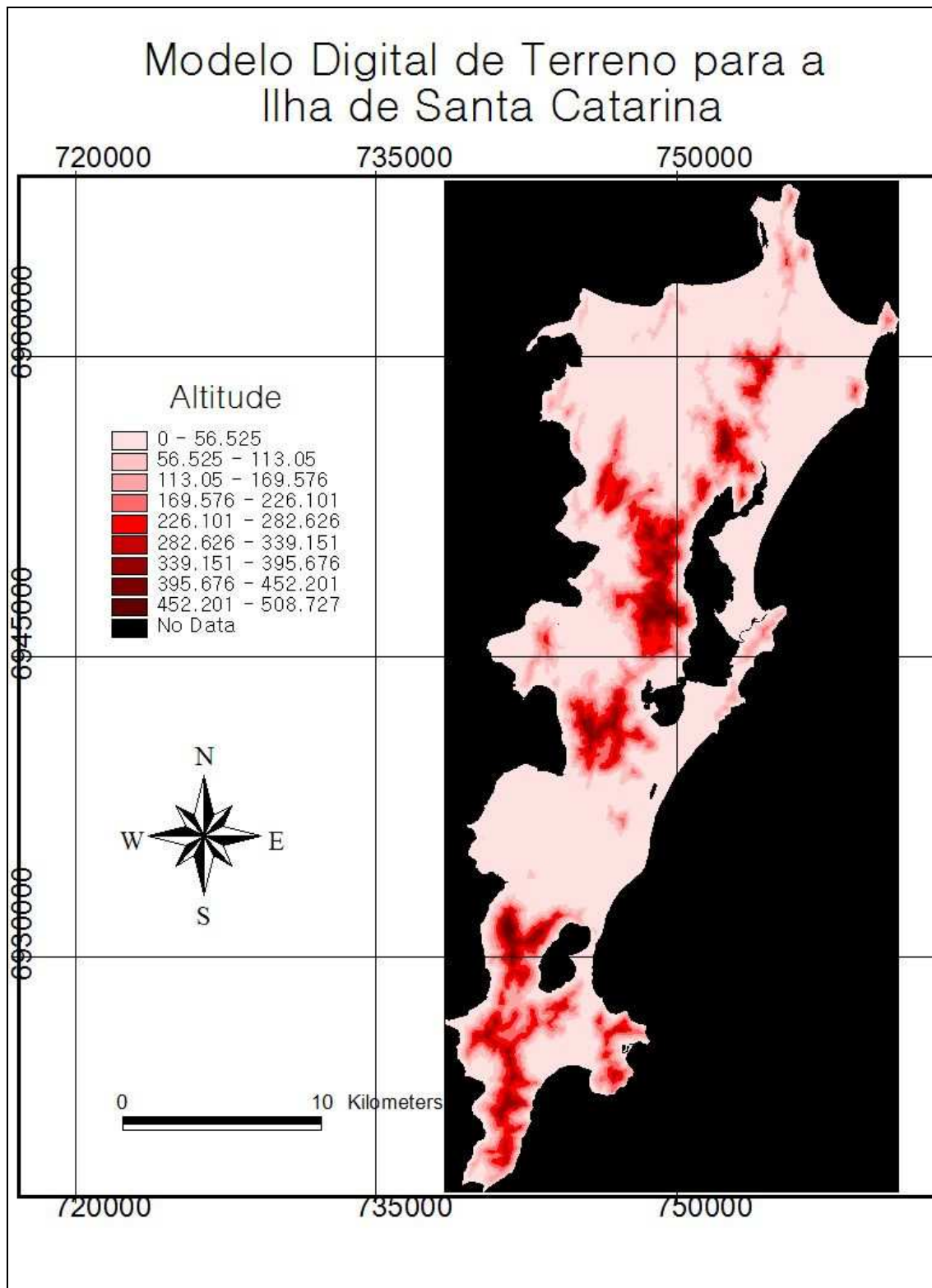


FIGURA 74 – Modelo Digital de Terreno da Ilha de Santa Catarina.

6.5.5 MODELO HIDROLÓGICO

O Modelo Hidrológico utilizado consiste numa ampliação da extensão *Spatial Analyst* do pacote ArcView que identifica, a partir de um MDT, as depressões de um terreno e permite o seu preenchimento, corrigindo falhas no MDT. Calcula a direção de fluxo, a rede de drenagem e hierarquiza a rede de drenagem, além da acumulação de fluxo e a bacia de drenagem. A determinação da rede de drenagem no modelo hidrológico é realizada com a definição da direção de fluxo em cada célula, assumindo-se que o escoamento da água segue da célula considerada para uma das suas oito vizinhas (Figura 75) (PAZ, 2005).

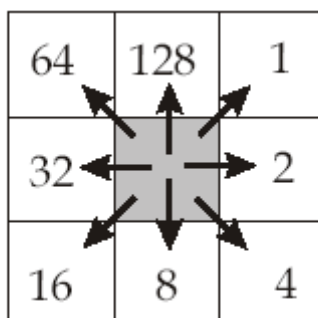


FIGURA 75 – Diferentes possibilidades de direção de fluxo dentro de uma célula (ou *pixel*) e seus respectivos valores

Conforme assinalado anteriormente, a linha de costa dos arquivos digitais (tipo polígono) referentes à Ilha e a parte do continente em frente, foram ajustados à linha de costa da imagem de satélite LANDSAT-7 2000.

Posteriormente, para o arquivo da Ilha, foram excluídas as lagoas da Conceição e a Lagoa do Peri, criando-se um arquivo no formato de grade (10m

X 10m), usado como máscara no modelo. Para a área continental, não foi necessário excluir elementos para elaboração do arquivo grade, que no caso foi de 20m X 20m,

As curvas de nível da carta topográfica da Ilha foram então transformadas em pontos. Estes foram interpolados pela ferramenta de interpolação do *Spatial Analyst* do Arcview para criação do MDT. A partir do MDT, teve início o processamento no modelo hidrológico. Inicialmente utilizou-se a ferramenta *identify sinks* para obtenção dos defeitos ou depressões no MDT. Sinks são áreas rodeadas por elevações com valores de cotas superiores, que podem ser associados a uma depressão. Utilizou-se a ferramenta *fill sinks* para o preenchimento destas depressões, considerando-se as altitudes dos pixels vizinhos. Calculou-se a direção de fluxo com a ferramenta *flow direction*. A direção de fluxo determina a direção de maior declividade de um pixel em relação a seus 8 pixels vizinhos. Tem a finalidade de montar uma grade digital onde o valor de cada pixel representa a direção do escoamento da água. Cada pixel recebe um valor que representa a direção para onde a água segue. Esta direção será aquela que levará a água para o pixel vizinho de menor valor de altitude (MENDES & CIRILO, 2001). O uso da ferramenta *Stream network* permitiu traçar a rede de drenagem, separando as células que tem mais de 100 células de acúmulo de fluxo a montante das demais células, formando o traçado da rede de drenagem. Sobrepondo o resultado do *stream network* sobre a rede de drenagem da carta topográfica foi possível verificar a coerência da rede de drenagem produzida pelo modelo com a drenagem real. O uso de *stream link* permite a ligação e hierarquiza os diversos trechos da rede de drenagem, importante para o passo seguinte, o delineamento das bacias hidrográficas (*watershed*). O fluxo acumulado (*flow accumulation*) é calculado em função da direção de fluxo. Esta ferramenta calcula o valor de acúmulo do escoamento superficial para um valor de entrada de precipitação ou o somatório do número de células à montante. Neste caso, foram utilizados os dados de precipitação do Atlas Climatológico de Santa Catarina. Dos valores de precipitação, foram subtraídos os valores de evapotranspiração, por álgebra de mapas, obtendo-se assim o valor estimado de balanço hídrico médio mensal. Os valores de média mensal de precipitação e evapotranspiração foram obtidos pela soma dos valores dos doze meses,

divididos pelo número de meses através da álgebra de mapas. Os valores resultantes deste balanço hídrico foram introduzidos no cálculo de acumulação de fluxo conforme a expressão a seguir:

$$\text{Flow Accumulation} = (\text{Flow Direction}) \cdot \text{Flow Accumulation}(\text{flowacmedannual})$$

onde o acúmulo de fluxo depende da direção de fluxo e do valor de entrada de precipitação na equação, no caso o balanço hídrico médio anual (**flowacmedannual**).

Com o resultado da acumulação de fluxo foi possível delinear a bacia hidrográfica (*watershed*), o que permitiu o cálculo do escoamento superficial com o uso da ferramenta *pour point*, que calcula o acúmulo do fluxo num ponto dado.

O fluxograma das etapas elaboradas é apresentado na figura 76 a seguir:

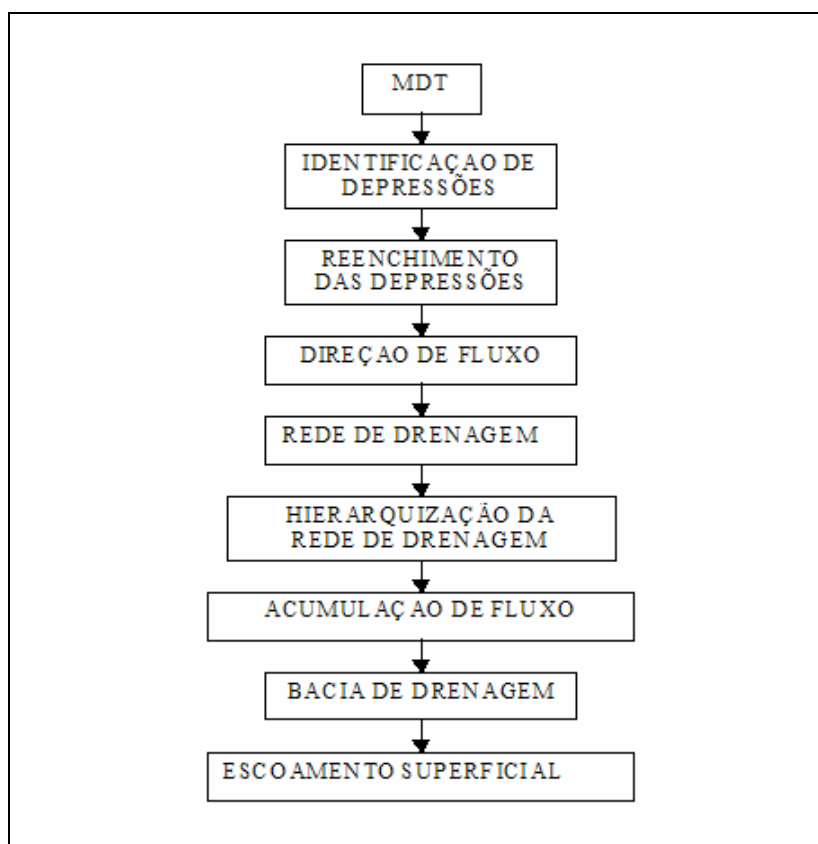


FIGURA 76 – Fluxograma dos procedimentos para elaboração da bacia de drenagem e obtenção dos dados de escoamento superficial.

6.6 RESULTADOS

Para melhor compreensão da influência dos aportes fluviais terrestres sobre as áreas de cultivo foram plotadas em uma imagem de satélite Landsat 2000 georreferenciada as áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha e da Costeira do Ribeirão (Figura 77). Nestas áreas estão localizados os pontos de coleta das amostras realizadas na pesquisa: na Costeira do Ribeirão e na Área do Barro Vermelho, aonde foi instalada a sonda multiparâmetros.

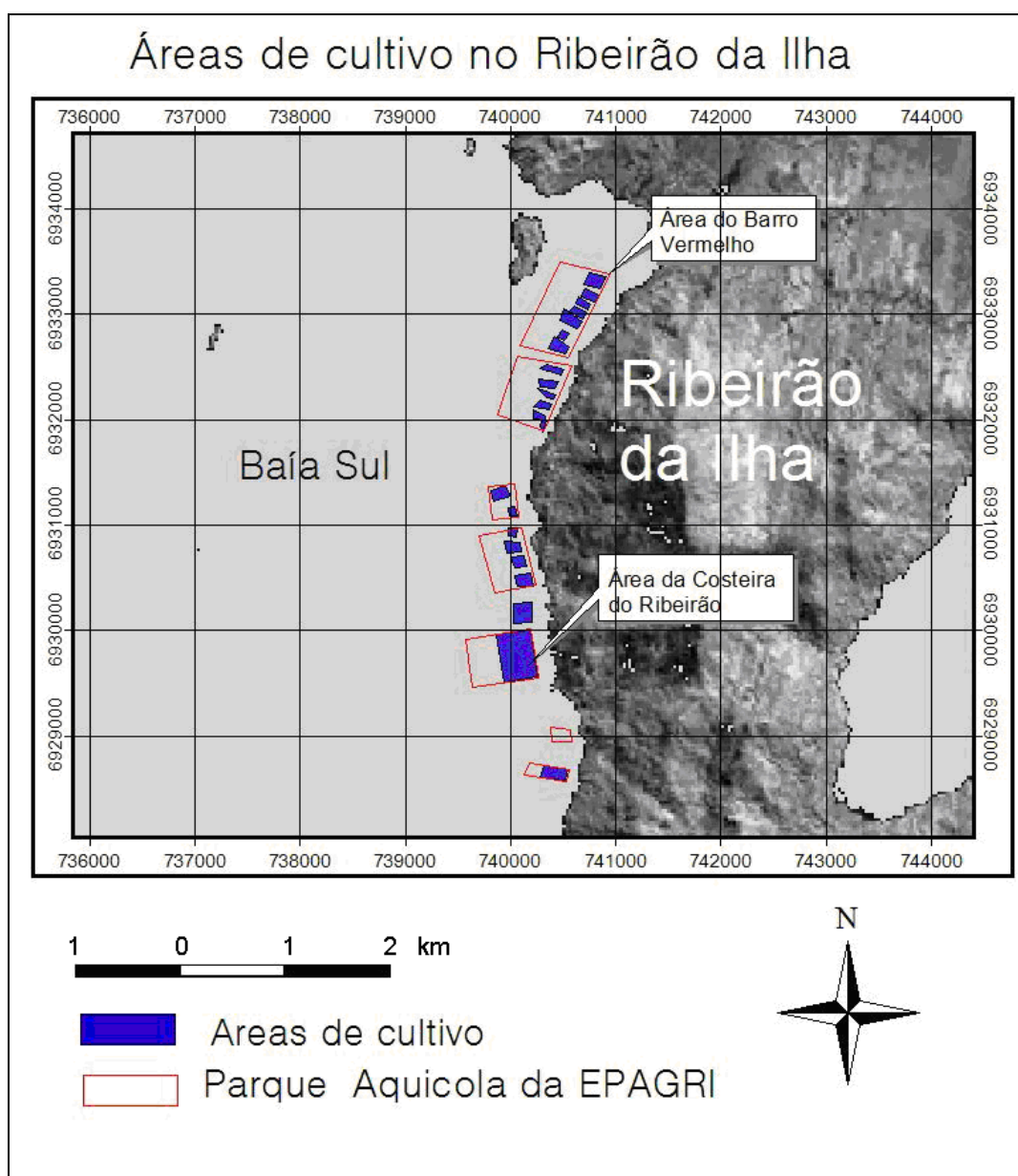


FIGURA 77 – Áreas de Cultivo no Ribeirão da Ilha entre a Costeira do Ribeirão e o Barro Vermelho.

Através do processamento do modelo hidrológico foi possível a obtenção de dados de escoamento superficial das bacias hidrográficas dos rios do continente e dos rios da Ilha de Santa Catarina que deságuam nas baías Norte e Sul da Ilha. Os valores do escoamento superficial dos principais rios, calculados pelo modelo hidrológico estão descritos a seguir no Quadro 12.

QUADRO 12 – Escoamento superficial (m³/s) para os rios do continente e os rios da Ilha de Santa Catarina, escalonados por ordem de importância

	Ordem	Nome do Rio	Vazão média anual m ³ /s
Rios do continente	1	Cubatão	17,39
	2	Biguaçu	8,32
	3	Imaruí / Maruim	3,93
	4	Massiambu	1,72
Rios da Ilha	1	Ratones	1,64
	2	Itacorubi	0,34
	3	Tavares	0,45
	4	Cidade das Abelhas	0,24
	5	Alto Ribeirão	0,19
	6	Ribeirão do Porto	0,08
	7	Base Aérea	0,08

Como resultados do processamento do modelo hidrológico, foi obtida a representação cartográfica contendo a rede de drenagem das bacias hidrográficas do continente e da Ilha de Santa Catarina; as áreas destas bacias; a rede de drenagem e os valores de escoamento superficial de todos os canais de drenagem que chegam à costa. Destas representações, algumas que exprimem resumidamente os diversos procedimentos adotados, foram selecionadas para apresentação neste trabalho.

A Figura 78 apresenta os valores do escoamento superficial, calculado pelos dois modelos: um para o continente e outro para a Ilha. Destaca ainda a representação cartográfica dos valores do escoamento superficial calculado pelo modelo hidrológico com base nos valores médios anuais de precipitação, para os rios das bacias hidrográficas do continente e da Ilha de Santa Catarina que deságuam nas baías Norte e Sul. Os valores de escoamento superficial foram representados graficamente a partir de uma escala arbitrária, coincidentes com a pluma de água dos rios Cubatão e Biguaçu, observadas em fotografias aéreas e imagens de satélite. Para efeito de visualização, a representação gráfica dos modelos do continente e da Ilha foram inseridos na mesma figura.

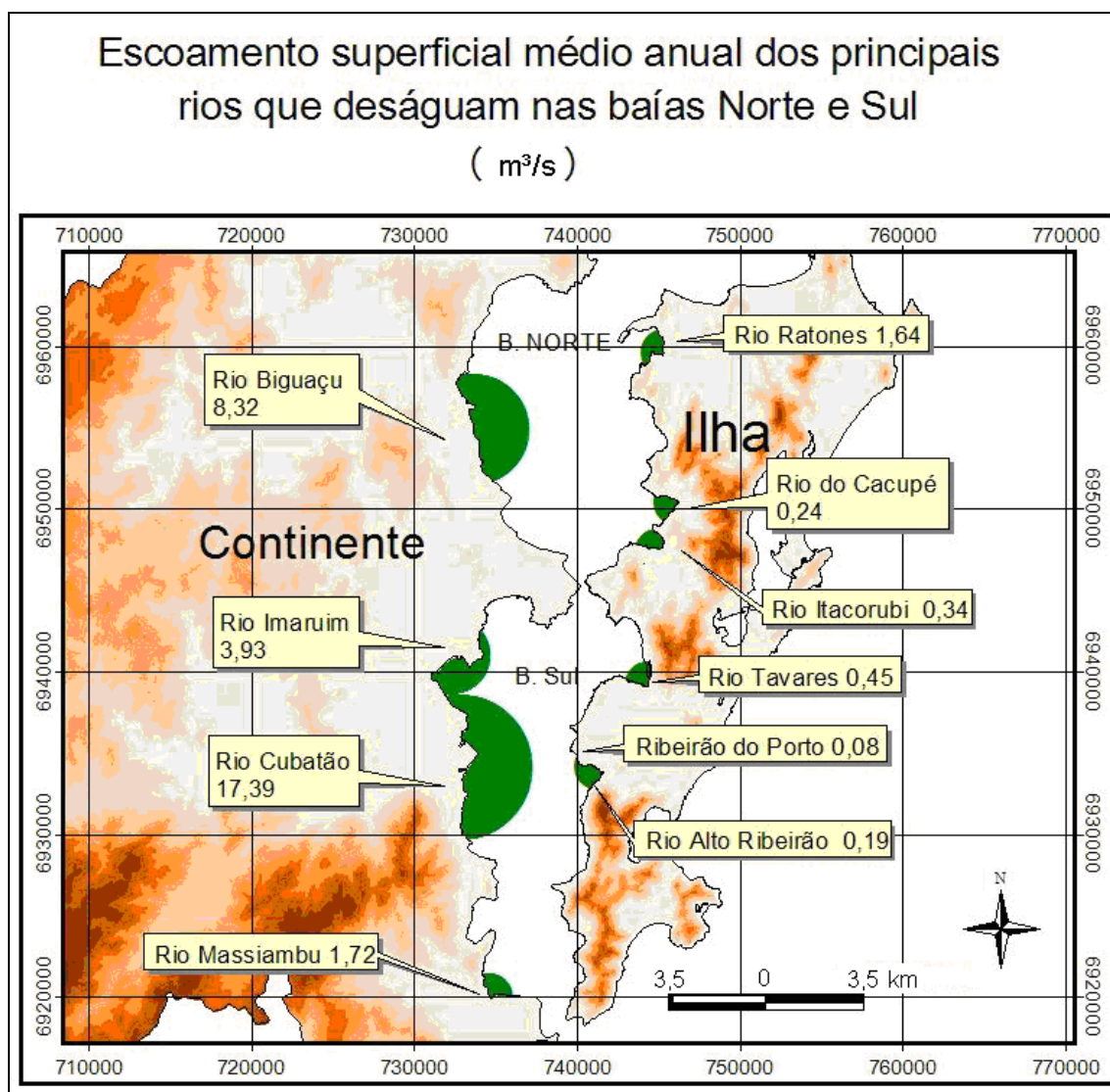


FIGURA 78 – Representação cartográfica dos valores de escoamento superficial médio mensal para as baías Norte e Sul.

A Figura 79 destaca, na escala da baía Sul, os valores de escoamento superficial dos principais rios e a representação gráfica dos valores de escoamento superficial dos rios que drenam para o seu interior. Foi também utilizada uma escala arbitrária, com dimensão que se aproxima àquelas das plumas de água doce do rio Cubatão observadas em fotografias aéreas.

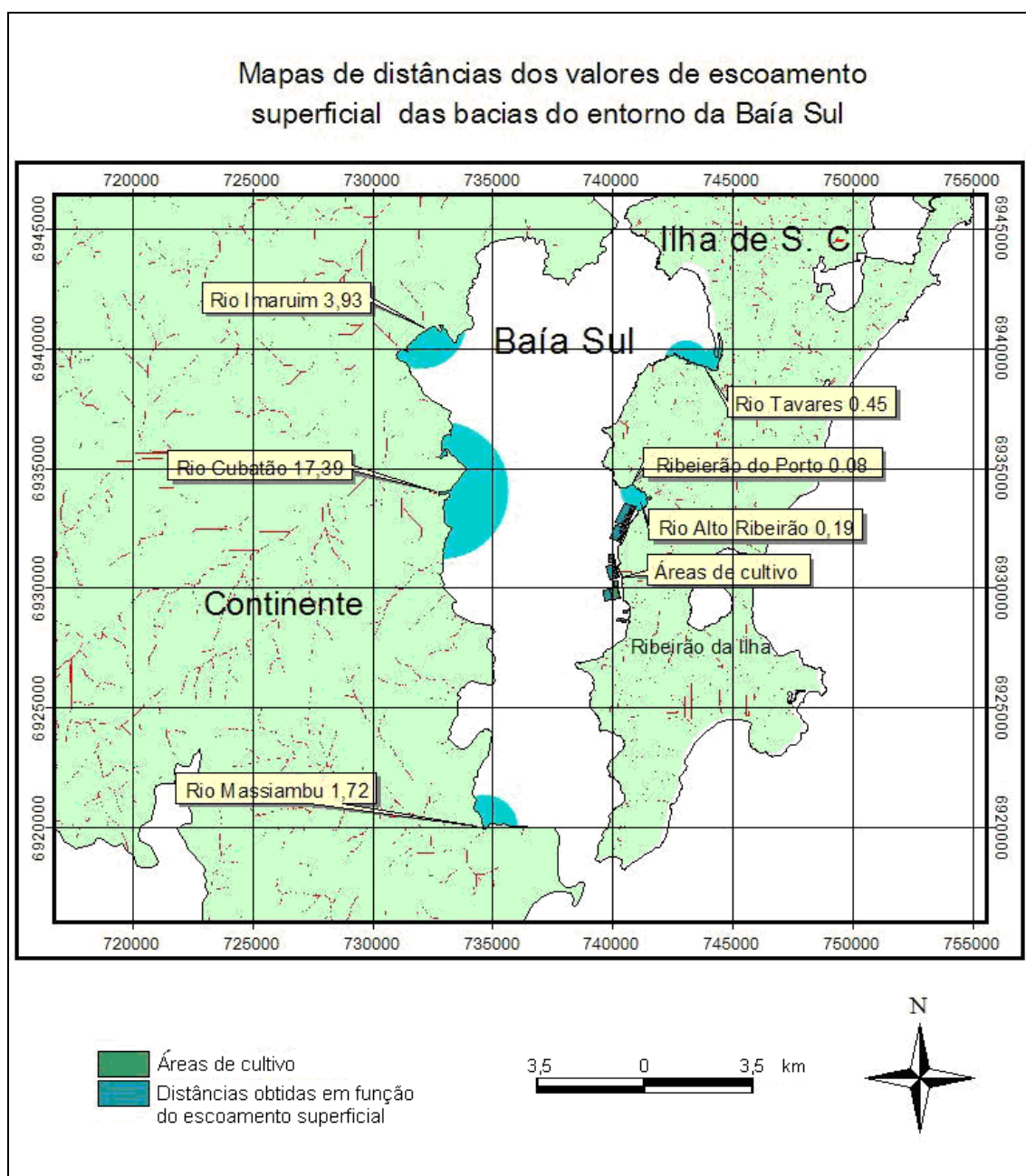


FIGURA 79 – Representação cartográfica dos valores de escoamento superficial médio mensal detalhado para a baía

6.7 DISCUSSÃO

Para avaliação da acuidade dos resultados obtidos na modelagem das bacias hidrográficas do entorno das baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina, para a Ilha e para o continente, foram comparados os dados de escoamento superficial obtidos no modelo com os dados de vazão da agência Nacional de Águas (ANA). O traçado da rede de drenagem produzido no modelo foi comparado à rede de drenagem do IBGE, extraído do Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina.

A rede de drenagem calculada mostrou boa coerência quando comparada à rede hidrográfica das cartas do IBGE para os terrenos de maior declividade. O modelo identifica mais facilmente o caminho a ser percorrido das águas pelo indicador de direção de fluxo (Figura 80). Neste caso, as curvas produzidas no modelo se sobrepõem às linhas do traçado da rede hidrográfica produzidas pelo IBGE. Já nas planícies litorâneas, nas cotas inferiores a 20m, no continente, e nas cotas inferiores a 10m, na Ilha, a rede hidrográfica calculada se mostrou menos coerente devido à baixa densidade de pontos utilizados na interpolação para elaboração do MDT. A escassez e a dispersão das cotas altimétricas nas áreas de menor declividade induziu o modelo a calcular o traçado da drenagem numa topografia quase plana, produzindo em alguns trechos, traçado diferente do observado na carta hidrográfica do IBGE. Todavia, apesar de algumas diferenças no traçado de algumas calhas dos rios, o resultado para o volume do escoamento não foi alterado, pois este dado depende no número de células à montante (Figura 80).

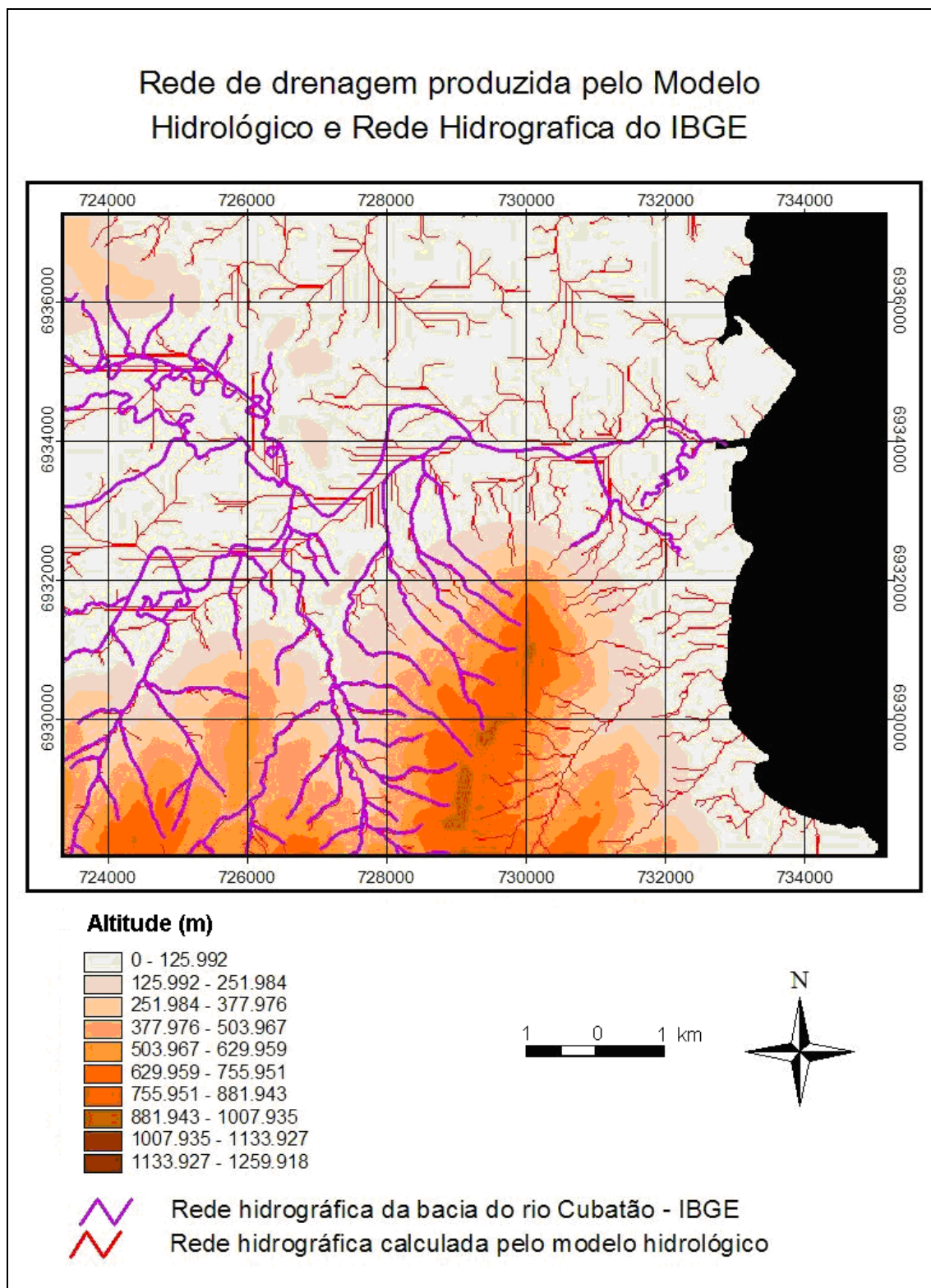


FIGURA 80 – Comparação entre a rede de drenagem produzida pelo modelo hidrológico do Arcview e a rede hidrográfica do IBGE .

Os valores de escoamento superficial obtidos levaram em consideração apenas o balanço hídrico (precipitação - evapotranspiração), não sendo considerada a infiltração no solo. Desta maneira, os valores médios anuais de escoamento superficial calculados para o modelo gerado para o continente foram compatíveis com os dados medidos disponíveis na literatura, como mostra a o quadro 12. Os únicos valores disponíveis de vazão para rios da região são para o rio Biguaçu e rio Cubatão.

QUADRO 13 - Comparação entre resultados pretéritos e os obtidos nesta pesquisa.

Bacia Hidrográfica	Vazão média medida (m ³ /s)	Vazão mínima medida (m ³ /s)	Escoamento Superficial médio anual calculado no modelo (m ³ /s)
Biguaçu		3,44 ^a	8,32
Cubatão	18,2 ^a		17,39

(^a) Monitoramento CIRAM/EPAGRI/ANA

As informações sobre os valores medidos disponíveis são bastante limitadas, estando disponíveis apenas dados para bacia de maior importância. Para o propósito deste trabalho, a obtenção de dados de vazão para toda a área de estudo, com uso de uma mesma metodologia, permitiu comparar os diferentes resultados, atribuindo maior importância aos de maior valor.

Para avaliação da influência do aporte de água dos rios sobre as áreas de cultivo foram considerados os valores de escoamento superficial produzidos no modelo hidrológico obtidos pela ferramenta *Pour point*, que calcula o valor acumulado em pontos determinados.

Os volumes de escoamento superficial calculados no modelo do continente foram representados graficamente através da ferramenta “*buffer*” do Arcview para a área das baías em questão. Uma escala de grandeza arbitrária foi usada na elaboração dos mapas de distância para representação em carta (Figura 78 e 79).

6.8 CONCLUSÕES

Os dados de escoamento superficial calculados nos modelos para o continente e para a Ilha permitiram a hierarquização das bacias de drenagem mais importantes em função do volume de escoamento para cada modelo. Os rios de impacto mais efetivo sobre as baías estão localizados no continente: o rio Biguaçu na baía Norte e o rio Cubatão na bBaía Sul.

As bacias de drenagem geradas pelo modelo para a Ilha apresentam rios de pequeno porte, onde a bacia de drenagem mais importante é a do rio Tavares. Estas bacias de drenagem de pequeno porte que apresentam pouco volume de escoamento superficial podem exercer relativamente maior importância sobre as áreas de cultivo pois, ao atravessarem áreas urbanizadas, podem carrear resíduos urbanos para o interior das baías. Como exemplo, podemos citar o Ribeirão do Porto e rio Alto Ribeirão na Ilha. O rio Imaruí, de volume de vazão considerável, próximo ao litoral central, na área continental da baía Sul, também merece maior atenção.

A utilização de dados simulados de vazão acoplados à modelagem hidrodinâmica das baías permitiria melhor definição da importância destes rios na avaliação de riscos para a produção de moluscos. Em uma etapa posterior, os dados obtidos por este modelo poderão ser integrados a modelos hidrodinâmicos visando a avaliação da extensão e área de influência da pluma de água doce destes rios e sua atuação sobre as áreas de cultivo de moluscos nas duas baías. Apesar da pequena disponibilidade de dados de vazão medidos, a comparação dos resultados obtidos pelo modelo do continente (Cubatão $18,2\text{m}^3$ e $17,39\text{m}^3$) demonstra que a ordem de grandeza calculada é coerente com a medida em campo. Portanto, as áreas mais próximas das descargas fluviais devem ser as mais susceptíveis aos impactos dos rios sobre as áreas de cultivo.

7 AVALIAÇÃO DA MORTALIDADE DE OSTRAS E SUAS POSSÍVEIS RELAÇÕES COM A TEMPERATURA, SALINIDADE E TURBIDEZ

7.1 INTRODUÇÃO

Temperatura, salinidade e turbidez são parâmetros oceanográficos, já discutidos nos capítulos 4 e 5, que interferem no desenvolvimento dos organismos aquáticos. A partir do conhecimento destes parâmetros, sua distribuição espacial e temporal, é possível melhor definir áreas para o cultivo de moluscos, especialmente as ostras, que são mais sensíveis às suas variações.

A *Crassostrea gigas* é atualmente a espécie de ostra mais cultivada entre os principais países produtores de moluscos. Desde o início dos anos 1960, episódios de mortalidade de ostras foram observados no Japão e em particular na costa oeste dos Estados Unidos, aonde mortalidades de verão chegaram a destruir até 60% dos estoques de *C. gigas*, que perduram até nossos dias (SOLETCHNIK, 2000).

Na baía de Marennes-Oléron, França, episódios de mortalidade de ostras são registrados desde 1983 pelo monitoramento do crescimento de ostras *C. gigas* e mais tarde com a criação da rede nacional REMORA (Rede de acompanhamento do crescimento de ostras *C. gigas*) (SOLETCHNIK, 2000). Segundo Soletchnik (*op. cit.*), as mortalidades crônicas afetam de maneira heterogênea os estoques de ostras cultivadas sobre o substrato. Mortalidades por mancha e de intensidade variável (15 a 50%) atingem os estoques de ostras adultas a cada ano durante os períodos de junho e julho (correspondendo aos meses de verão na França), todavia, nenhuma mortalidade anormal parece afetar os cultivos de ostras sobre mesa em Marennes-Oléron (SOLETCHNIK, 2000),

Como as ostras cultivadas próximo ao nível do substrato são as mais afetadas por mortalidades, as hipóteses levantadas para sua ocorrência são ligadas ao enriquecimento em matéria orgânica da interface água/sedimento, falta de circulação da água, presença de rejeitos fluviais, mas em nenhum

momento foi identificada a presença de poluentes ou a infestação de patógenos como causa de mortalidade,

Robert *et al.* (2004), procurando caracterizar a mortalidade de ostras em três ecossistemas na baía de Marennes Oléron, concluíram que a temperatura sozinha não explica a ocorrência de mortalidade de verão, porém é um fator que desencadeia o processo de mortalidade nestes períodos quentes. Estudos sobre o tema desenvolvidos na França apontam a temperatura de 19 °C como limite para desencadear os processos de mortalidade de verão em ostras, como mostra a Figura 81 (LE MOINE, 2004). Nesta figura são apresentados dois gráficos de relacionando mortalidade de verão e temperatura da água para as localidades de Marennes e de Baía dos Veys (BDV). A mortalidade de ostras tem início quando a temperatura atinge 19°C.

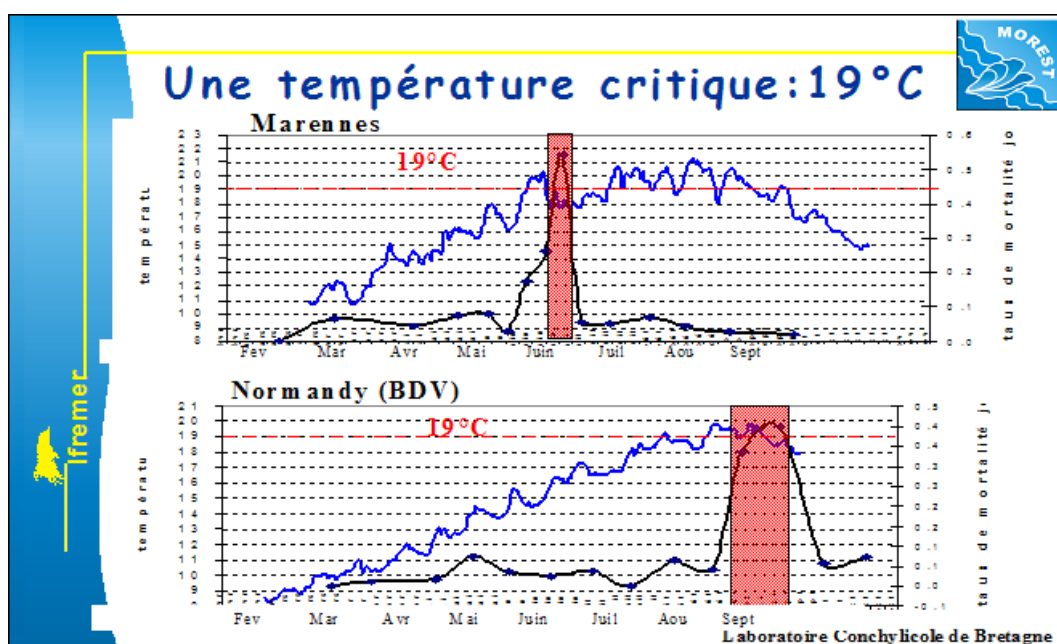


FIGURA 81 – Temperatura crítica de 19°C para ostras em Marennes-Oléron, França.

Fonte: Apresentação em *Power Point* do Programa Morest, 2003.

Ainda não existem estudos específicos que avaliem a mortalidade de ostras nas áreas produtoras em torno da Ilha de Santa Catarina. Alguns dados produzidos pelo Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC no início da atividade e poucos dados de produtores dão uma idéia vaga do comportamento da mortalidade de ostras durante o verão na região. Muitos relatos de

produtores fazem referência à mortalidade excessiva de sementes e de ostras adultas. Entretanto, nenhum estudo sistemático foi conduzido para investigar este tema. As primeiras observações na Ilha de Santa Catarina datam de 1987, mas os primeiros registros são dos verões de 89/90, 90/91, 91/92 com os respectivos percentuais de mortalidade: 89,5%, 33,3% e 52,9% (UFSC, 1995). Dados da Fazenda Marinha Atlântico Sul levantaram para alguns anos o percentual de mortalidade de ostras de cultivo na Costeira do Ribeirão. Todavia, investigar as causas é muito mais complexo, pois, como aponta a bibliografia, não existe uma causa única, mas uma conjunção de fatores para sua ocorrência.

Nas áreas produtoras de ostras da Ilha de Santa Catarina, a temperatura parece representar um papel muito importante no desencadeamento do processo, visto que houve anos em que a temperatura máxima atingiu 29 °C, valor muito acima do descrito na França para o desencadeamento das mortalidades. Todavia, as condições de sobrevivência das ostras diminuí no verão por outros possíveis fatores.

O aumento da temperatura induz ao processo de reprodução das ostras, mas também de uma infinidade de outros animais aquáticos. A fixação de *fouling*²⁹ nas lanternas e estruturas de cultivo é mais intensa no período mais quente, dificultando a circulação de água e aumentando a competição por alimentos entre os animais ali estabelecidos, inclusive a ostra.

O processo reprodutivo das ostras, e as suas sucessivas desovas, fragilizam os mecanismos de autodefesa, tornando-as mais susceptíveis aos agentes patológicos.

O mercado de frutos do mar no Brasil, incluindo aqui os moluscos, é aquecido no verão pelas férias escolares e festas de fim de ano. Este período é sem dúvida o período de maior susceptibilidade das ostras ao manejo para a comercialização³⁰. Entretanto, é neste período que são mais submetidas à seleção para venda.

²⁹ É o conjunto de organismos marinhos que na fase juvenil se fixa em substratos rígidos para o seu desenvolvimento.

³⁰ O manejo das ostras para a venda consiste em retirar as lanternas com ostras adultas da água, lavar com jato forte de água para eliminação de parte do *fouling* (organismos sem concha), separação das ostras vivas das ostras mortas, eliminação dos animais incrustante sobre a concha da ostra (animais com concha como a craca e sementes de ostras nativas) e.

Os meses de verão são os mais chuvosos do ano. Neste período o aporte fluvial no interior da baía aumenta significativamente, provocando grande variação de salinidade e de turbidez. São também os meses em que a ocorrência do fenômeno da ressurgência marinha pode causar as maiores oscilações de temperatura das águas no interior das baías.

Embora existam tantos agravantes ao seu desenvolvimento, a ostra *Crassostrea gigas*, apesar de espécie exótica no Brasil, aparentemente tem se adaptado bem às condições ambientais locais. Esta espécie, originária do oceano Pacífico, está adaptada a latitudes mais altas e a limites de temperatura sazonal menores dos que ocorrem no sul do Brasil. Na França, onde ela também é uma espécie exótica, com condições ambientais mais próximas às da sua região de origem, sofre variações de temperatura entre 8 °C e 21 °C. Nas condições locais da Baía Sul, as temperaturas variam entre inverno e verão, de 15 °C à 29 °C.

Apesar de afetar os cultivos durante o verão, o fenômeno de mortalidade de ostras ainda não foi bem estudado e caracterizado na região. Neste capítulo será discutida a influência da salinidade, temperatura e turbidez como elementos agravantes do fenômeno de mortalidade de ostras no verão.

7.2 OBJETIVOS

7.2.1 OBJETIVO GERAL

Discutir a influência dos parâmetros ambientais: temperatura, salinidade e turbidez como elementos agravantes da mortalidade de verão em ostras na baía Sul da Ilha de Santa Catarina.

7.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a mortalidade de ostras na costeira do Ribeirão em dois verões;

finalmente a seleção das ostras por tamanho. Ostras maiores são selecionadas para a venda e ostras menores voltam para a água, para dar continuidade ao processo de engorda.

- apresentar os resultados de experimentos realizados, avaliando sua metodologia e mostrando os problemas encontrados;
- discutir a possível influência da temperatura, salinidade e turbidez na ocorrência do fenômeno da mortalidade de ostras no verão;
- sugerir novos experimentos seguindo metodologia mais adequada para a investigação.

7.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a mortalidade de ostras foram utilizados os dados de registro de mortalidade da Fazenda Marinha Atlântico Sul para os verões de 2001/2002 e 2003/2004, assim como os dados dos experimentos conduzidos na Costeira do Ribeirão nos verões de 2004/2005 e 2005/2006.

Para a o experimento de 2004/2005 foram selecionadas 1.800 ostras de tamanho entre 50 mm e 60 mm, de aproximadamente 6 meses de idade, distribuídas em 6 lanternas de 5 andares com 60 ostras por andar, perfazendo um total de 300 ostras por lanterna. Estas lanternas foram marcadas com lacres numerados e instaladas na área de cultivo, muito próximas, no mesmo *long line*. A cada duas semanas, uma lanterna era retirada da água para contagem da mortalidade. Após a contagem eram subtraídas 30 ostras vivas para biometria. Na biometria foram registrados o número de ostras vivas e mortas, o peso total da ostra, peso da concha, peso da carne fresca e sexo (macho, fêmea e indeterminado) e a avaliação da condição interna nos quatro diferentes estágios (A, B, C e D), segundo Akaboshi (1979)³¹. A primeira lanterna foi avaliada duas semanas após o início do experimento, a segunda quatro semanas após, e assim sucessivamente até a sexta lanterna, quando se retornou à avaliação da primeira lanterna. Após a avaliação da sexta lanterna,

³¹ O índice de condição interna (ICI) (Akaboshi, 1979) permite avaliação do conteúdo interno das ostras baseado em quatro fases propostas por Akaboshi: A – a ostra apresenta maior volume, com estrutura interna totalmente branca, coberta de glicogênio e gônadas maduras; B – fase em que a estrutura interna apresenta-se parcialmente esbranquiçada, menor volume, com 70 a 80% de glicogênio acumulado e gônadas parcialmente maduras; C – fase em que o estômago é visível, com redução de reserva de glicogênio e da parte esbranquiçada em 50% e estrutura interna pouco desenvolvida; D – fase em que a parte esbranquiçada é inferior à 50%, pouquíssimo teor de glicogênio e estômago completamente visível a fácil de ser identificado. .

retornou-se à primeira, mantendo-se o intervalo de duas semanas entre avaliações. Todas as lanternas foram avaliadas três vezes durante o experimento, com exceção da lanterna 4, que foi perdida, sendo inspecionada apenas duas vezes. Na primeira avaliação de cada lanterna, a primeira lanterna foi avaliada após duas semanas do início do experimento, a segunda lanterna, quatro semanas após o início e assim por diante até a sexta lanterna que foi avaliada após doze semanas do início. Na segunda avaliação de cada lanterna, os intervalos se mantiveram regulares de duas semanas entre avaliações.

O Índice de Conteúdo Interno (ICI) de Akaboshi (1979) baseia-se no percentual de ostras nas fases A, B, C e D, refletindo a condição do conteúdo interno de uma amostra de ostras, conforme equação a seguir:

$$\text{ICI} = (A \times 1) + (A \times 2) + (A \times 3) + (A \times 4) / (\text{numero de ostras da amostragem})$$

As ostras selecionadas aleatoriamente para biometria foram limpas das incrustações e pesadas em balança de uso doméstico com uma casa decimal. Após a pesagem da ostra viva, a carne foi separada da concha e depositada em papel absorvente para retirada do excesso de água. A concha e a carne foram pesadas separadamente.

Para o experimento de 2005/2006 usou-se a mesma metodologia do experimento de 2004/2005. Foram selecionadas 2.100 ostras de tamanho entre 50 mm e 80 mm, de sete meses de idade. Estas ostras foram alojadas em sete lanternas de cinco andares, com 60 ostras por andar, perfazendo um total de 300 ostras por lanterna.

Foi utilizado um microscópio óptico e uma balança eletrônica de uma casa decimal para pesagem da carne e da concha, identificação de sexo e da condição interna das ostras.

Procurando amenizar o efeito do manejo das lanternas de ostras durante os experimentos, a mortalidade de ostras foi avaliada em apenas uma lanterna a cada contagem. As primeiras seis avaliações tiveram um intervalo temporal de duas semanas entre as lanternas desde o início do experimento. A partir da sexta amostragem, voltando a avaliar a primeira lanterna. Assim, a primeira lanterna foi avaliada duas semanas após o início do experimento e a sétima,

após 14 semanas. Depois de avaliar as primeiras sete lanternas, o espaçamento entre as observações passou a ser de sete semanas para cada lanterna.

7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.4.1 MORTALIDADE DE OSTRAS X TEMPERATURA, SALINIDADE E TURBIDEZ.

Serão novamente apresentados a seguir dados do comportamento da temperatura da água na localidade da Costeira do Ribeirão para os anos de 2001 a 2006, associados aos resultados dos experimentos de avaliação da mortalidade de ostras em áreas de cultivo realizados nos verões de 2004/2005 e 2005/2006, bem como dados das avaliações de mortalidade de ostras realizados pela Fazenda Marinha Atlântico Sul nos anos de 2001/2002 e 2003/2004. Os dados de mortalidade de ostras serão relacionados à temperatura da água, o descritor oceanográfico que apresenta o maior conjunto de dados, com uma série temporal de dados mais longa (dados da Fazenda Marinha Atlântico Sul), e outra série temporal de dados mais densa, com maior frequência de aquisição (dados do *data logger Tidbit*). Os dados de mortalidade de ostras serão também relacionados à salinidade e turbidez da água, parâmetros anteriormente descritos no capítulo 5.

7.4.1.1 VERÃO DE 2004/2005

A Figura 82 apresenta a curva da temperatura da água coletada manualmente com uso de termômetro de mercúrio nos dias úteis da semana³², no horário entre 8 e 9 horas da manhã e da temperatura média do ar (Base Aérea de Florianópolis) para a localidade da Costeira do Ribeirão entre 2001 e 2006. Corpos de água rasas como a baía Sul apresentam no período da manhã os menores valores do dia pois, à noite, sem a presença do sol, a água

³² Os dados de temperatura da água coletados pela Fazenda Marinha Atlântico Sul não apresentam uma frequência constante de aquisição, entretanto permitem boa visualização das oscilações de temperatura da água neste período.

perde energia para o ar, resfriando-se. Durante o dia, com a incidência dos raios solares, as águas são aquecidas, tendo seu valor mais elevado no final da tarde ou início da noite, enquanto ainda recebem a irradiação. O gráfico de temperatura da água (Figura 82) foi elaborado com dados coletados no período da manhã, sendo desta maneira os menores, não expressando os valores mais elevados de temperatura do dia. Esta série de dados, apesar de obtida com uso de um termômetro manual, uma amostra por dia, apenas nos dias úteis, é a serie temporal de temperatura da água mais longa para o local, iniciada em 2001. Para ilustrar, foram inseridos no gráfico os valores de temperatura média do ar, permitindo visualizar as variações interanuais da temperatura da água e do ar.

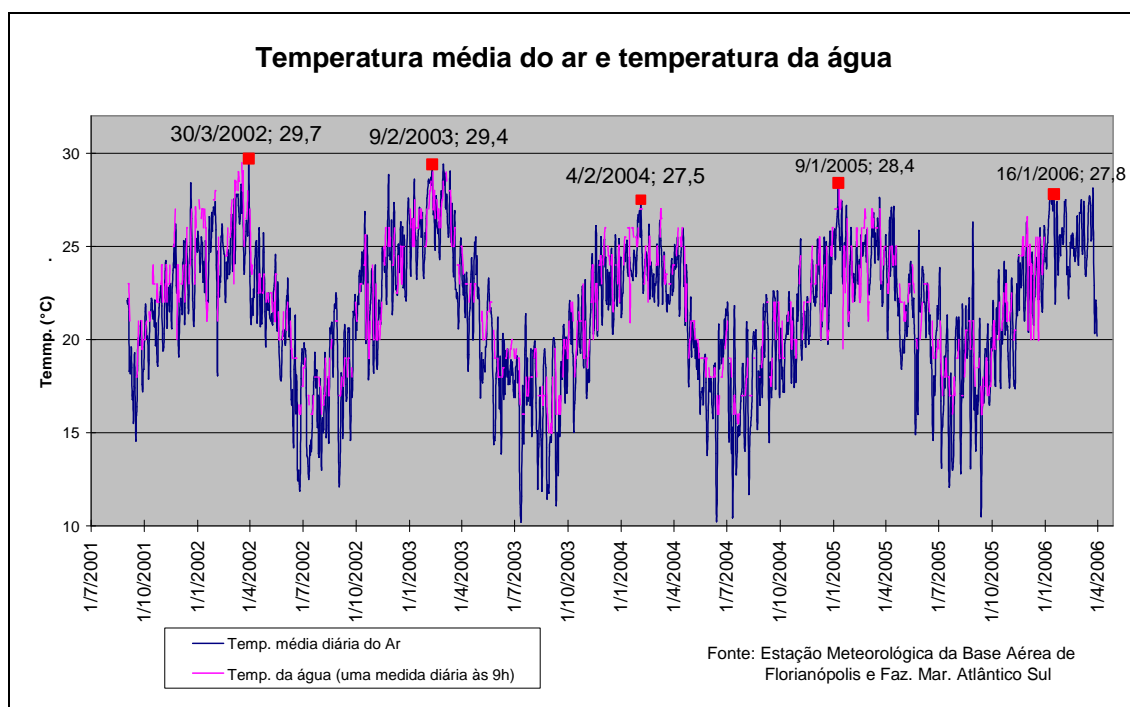


FIGURA 82 Variação interanual da temperatura média diária do ar (em azul) e temperatura da água (em vermelho) de aquisição diária na Costeira do Ribeirão.

Comparando-se os valores mais elevados de temperatura da água durante os verões destes anos, observa-se visualmente na Figura 82 que no verão de 2003/2004 e 2004/2005 as temperaturas máximas atingiram valores menores do que nos anos anteriores.

Concordando com as observações visuais obtidas a partir do gráfico da Figura 82, o Quadro 14 apresenta o número de ocorrência (em dias) de valores de temperatura da água e média do ar acima de 26 °C³³ para os meses entre novembro e abril dos anos entre 2001 a 2006, nos quais a temperatura da água está mais elevada. Observa-se que os números destas ocorrências para os verões de 2001/2002, 2002/2003 e 2005/2006 foram muito superiores aos valores dos anos de 2003/2004 2004/2005, indicando que nestes anos a temperatura da água foi mais elevada, atingindo extremos maiores e se mantendo alta por um período de tempo maior, pois ocorreram durante um maior numero de dias mais quentes (Quadro 14),

QUADRO 14 – Temperaturas médias diárias acima de 26°C

PERÍODOS	Número de registro da temperatura em dias			
	ÁGUA		AR	
	temp >26°C	n°total	temp >26°C	n°total
nov. de 2001 a abril de 2002	35	112	33	181
nov. de 2002 a abril de 2003	34	119	56	181
nov. de 2003 a abril de 2004	8	123	9	182
nov. de 2004 a abril de 2005	18	123	18	181
nov. de 2005 a março de 2006	x	x	33	151

Desta forma, pode-se afirmar que os anos de 2001/2002 e 2002/2003 tiveram verões com maior número de dias com temperaturas acima de 26°C, portanto, mais quentes do que nos dois anos seguintes. Estes dados concordam com o resultado da análise estatística comparando temperatura dos diferentes anos. Para os verões entre 2002 a 2006, a temperatura da água esteve mais alta em 2002/2003 e 2005/2006, como pode ser visualizado nas Figuras 46 e 82.

A Figura 83 mostra a variação da temperatura da água na Costeira do Ribeirão entre setembro de 2004 e maio de 2005. Estes dados foram obtidos pela Fazenda Marinha Atlântico Sul diariamente com uso de um termômetro de mercúrio, pois não existem dados registrados pelos *data loggers*. Este gráfico permite avaliar as intensas variações de temperatura para este período. O movimento oscilatório da temperatura da água do mar, especialmente no

³³ 26°C é um limite arbitrário de temperatura da água no qual as ostras estariam reduzindo sua capacidade metabólica.

verão, induz ao esforço repetido de desova, implicando em gasto energético excessivo, fragilizando a ostra, podendo a agravar o quadro de fragilidade levando as ostras à mortalidade massiva. Uma temperatura próxima à 28°C é bastante impactante sobre o metabolismo das ostras. A variação da temperatura da água neste período é muito intensa, em curto espaço de tempo, como exposto na figura a seguir. Em dois dias, a queda de temperatura observada foi de 9°C.

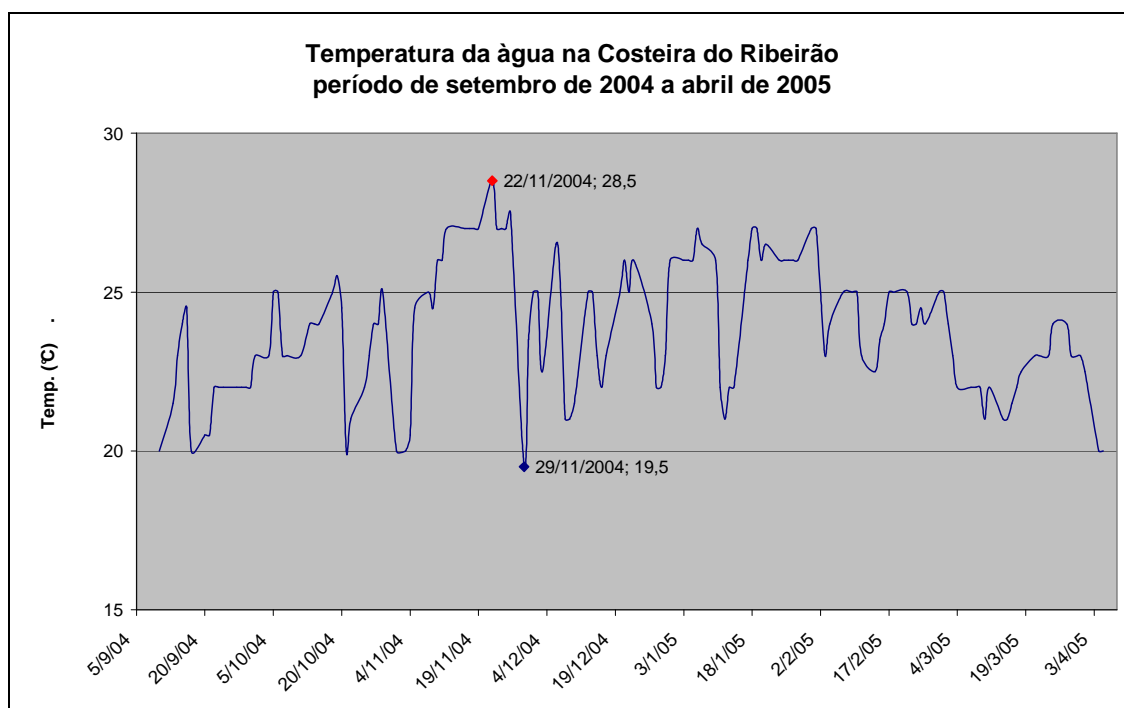


FIGURA 83 – Temperatura diária da água colhida com termômetro de mercúrio na Fazenda Marinha Atlântico Sul

A Figura 84 apresenta a mortalidade de ostras no verão de 2004/2005, em seis lanternas diferentes, instaladas simultaneamente na água. Pode-se observar que as lanternas inspecionadas até o dia 10 de janeiro (lanterna 3 em azul) apresentaram mortalidades pouco significativas, abaixo de 2%. Esta mortalidade poderia ser atribuída ao manejo inicial de instalação do experimento. A segunda inspeção da lanterna 4, que correspondendo ao período entre 22/11/04 a 20/01/05, mostra um aumento da mortalidade de

ostras (5,66%). A partir deste período a mortalidade de ostras observada nas lanternas seguintes foi mais expressiva, porém não chegando a patamares considerados excessivamente elevados.

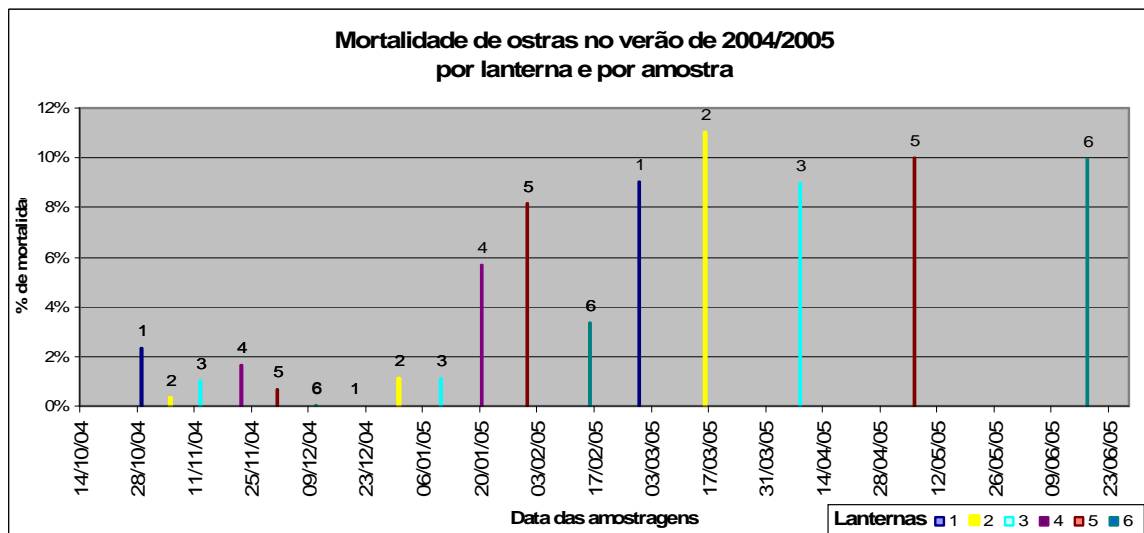


FIGURA 84 – Mortalidade de ostras por lanterna e por data de amostragem

As Figuras 85 e 86 apresentam respectivamente o índice de conteúdo interno das ostras e o percentual de ostras nas fases A, B, C e D das 30 ostras extraídas a cada amostragem para avaliações biométricas, segundo a classificação de Akaboshi (1979). No dia 12 de novembro, 100% das ostras estavam ovadas. No dia 22, a maioria das ostras encontrava-se no estado A e B, com maior valor de ICI e um percentual menor de ostras ovadas, indicando que já havia começado o processo de desova. Na avaliação seguinte, no dia 10 de janeiro, as ostras voltam a recompor o percentual de ostras ovadas (classes A e B), assim como o ICI e o percentual de ostras ovadas, mostrando o esforço de recomposição da condição para uma segunda desova. Neste processo de desova e de recomposição da condição para a desova, o balanço energético pode tornar-se negativo, fragilizando e deixando suscetíveis a agentes patogênicos. É este momento que a literatura aponta como o momento de maiores mortalidades de verão em ostras.

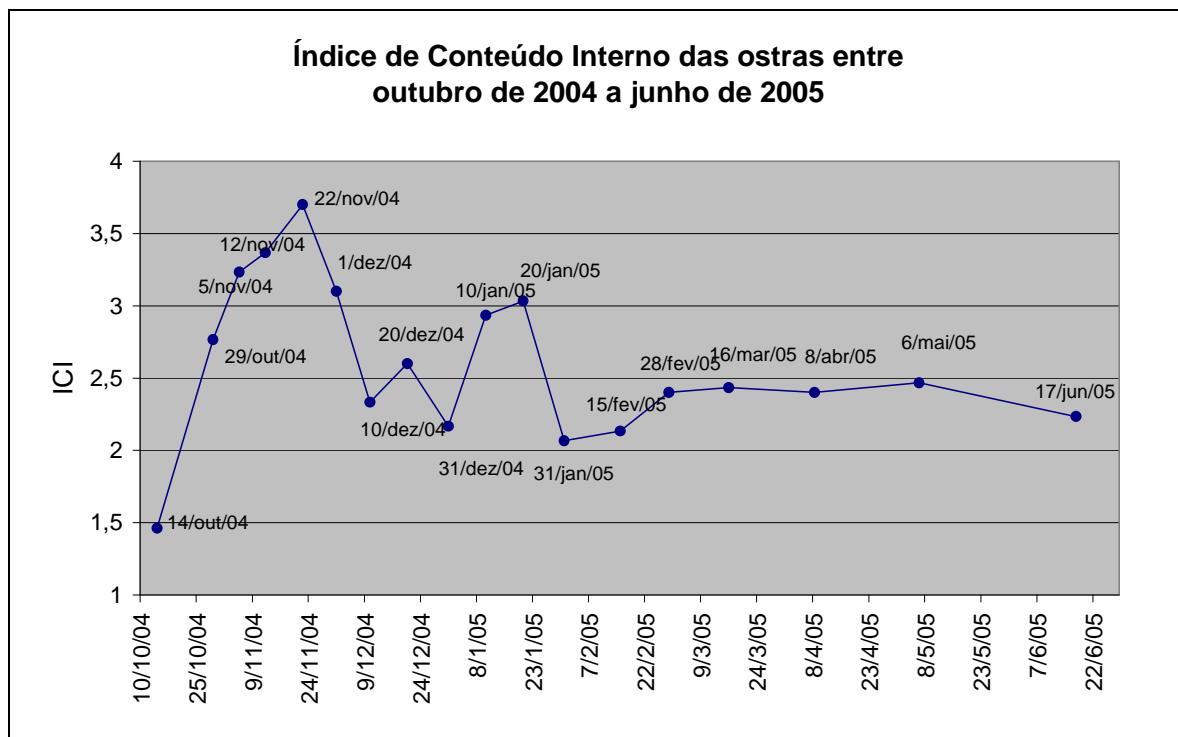


FIGURA 85 – Índice de conteúdo interno das ostras

A Figura 86 mostra a evolução do ICI ao longo do experimento. No dia 22/11 o percentual de ostras nas fases A e B juntos foi de quase 100%, indicando que as ostras nesta avaliação apresentavam maior volume, com estrutura interna totalmente branca, coberta de glicogênio e gônadas maduras. Uma pequena parte das ostras avaliadas apresentaram estrutura interna parcialmente esbranquiçada, menor volume, com 70 a 80% de glicogênio acumulado e gônadas parcialmente maduras, ou seja uma parte pronta para a desova e outra em fase de preparação para a desova. Quando o volume interno é máximo e o percentual de ostras nas fases A e B é elevado, isto é indício que elas estão prestes a desovar.

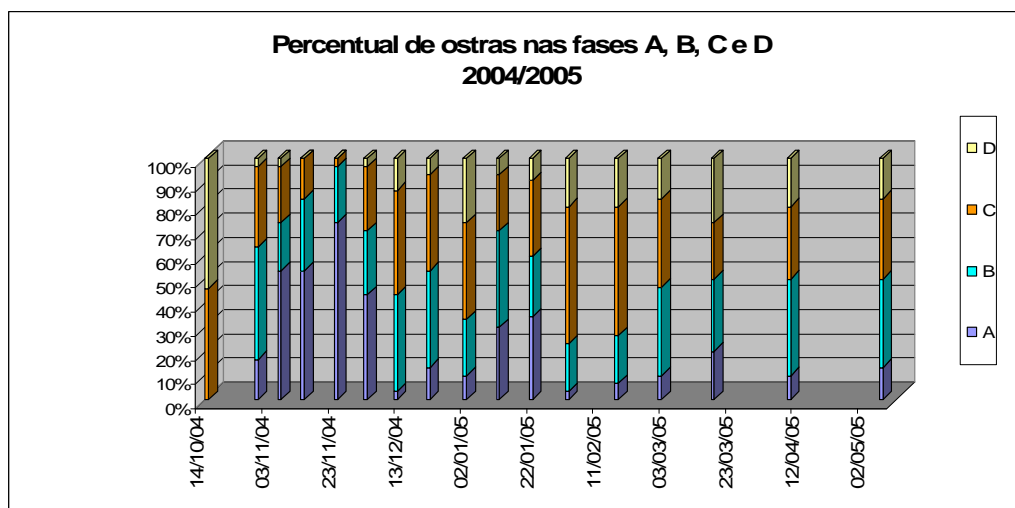


FIGURA 86 – Percentual de ostras nas fases A, B, C e D, segundo Akaboshi (1979)

A avaliação das ostras maduras, repletas de gametas, se deu pela identificação de material gamético masculino ou feminino presente nas gônadas. A Figura 87 apresenta a evolução desta condição durante o experimento. No início do experimento (14/10/04) apenas 40% das ostras encontravam-se repletas de material gamético. Em 12 de janeiro, 100% se encontravam neste estado, ocorrendo a partir deste momento varias desovas, até 12 de agosto, quando todas as ostras não possuíam mais nenhum material gamético.

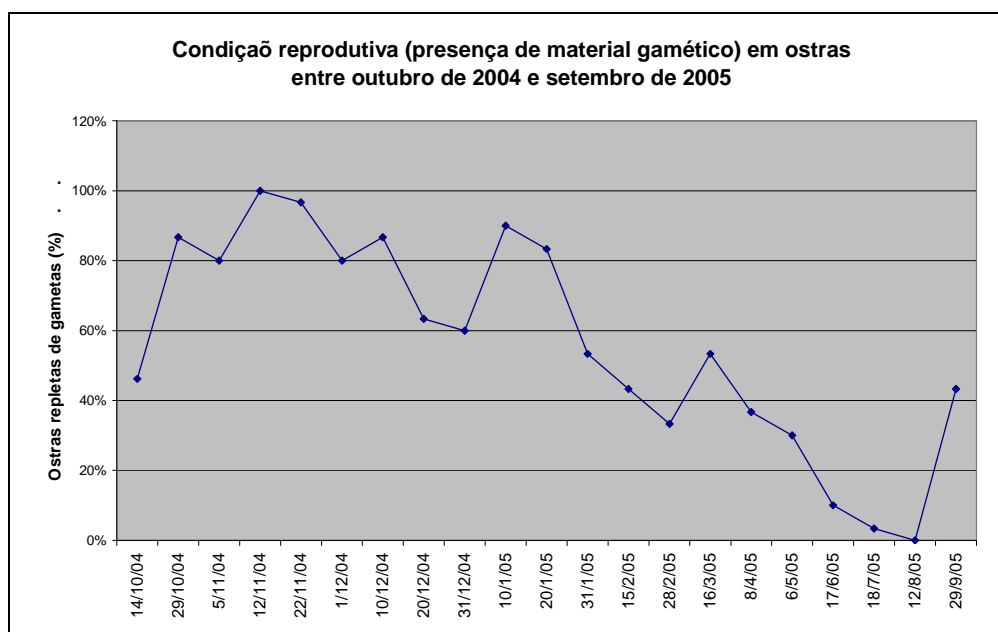


FIGURA 87 – Evolução da condição reprodutiva das ostras observadas durante o experimento.

A Figura 88 e o quadro 15 mostram a mortalidade acumulada de ostras por lanterna durante o período analisado (em dias), desde o início do experimento até sua última avaliação. No quadro 14 a mortalidade acumulada da lanterna 5, a mais expressiva do experimento, foi avaliada 264 dias após o seu início. A lanterna 6 avaliada 306 dias após o início mostrou mortalidade inferior para um período maior de tempo. A lanterna 5 com a maior mortalidade, com 18,85% e a lanterna 6, com 13,29%, mostram que apesar das condições ambientais idênticas, existem fatores que afetam diferentemente as ostras, provocando níveis diferentes de mortalidade. Neste ano, os percentuais de ostras mortas não passaram de 19%, considerados aceitáveis para os padrões mundiais.

QUADRO 15 – Mortalidade acumulada de ostras e período (em dias) de análise, por lanterna.

Lanterna	Período (em dias)	Nº de ostras mortas	Mortalidade %
L1	137	38	12,7
L2	153	41	13,7
L3	176	39	13,0
L4	108	20	6,7
L5	264	55	18,3
L6	306	38	12,7

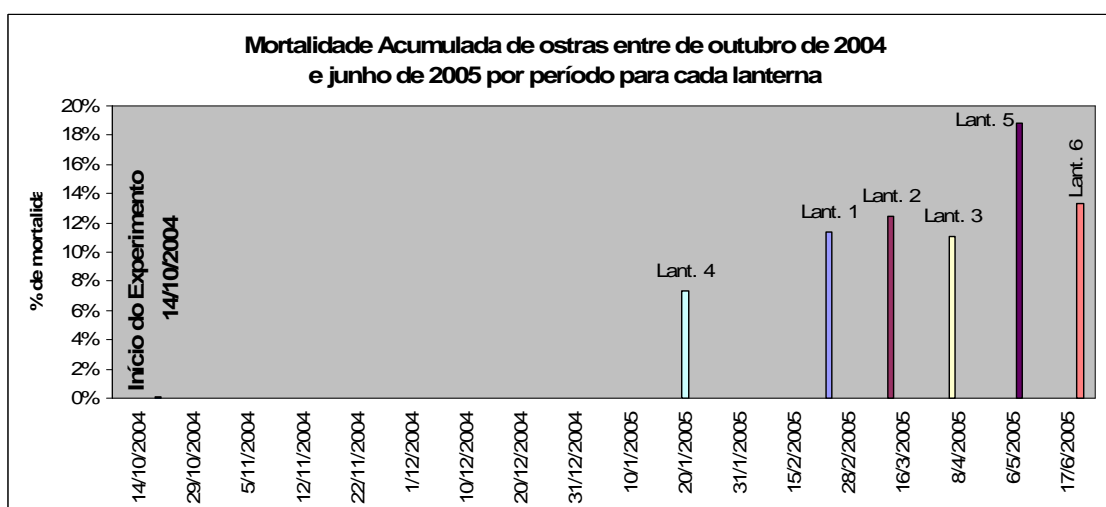


FIGURA 88 – Variação do Índice de condição interna das ostras ao longo do período estudado, Cada lanterna teve um período de observação diferente.

As mortalidades passaram a ser mais importantes a partir do dia 10 de janeiro, após a temperatura da água atingir o maior valor (27,2°C) em 09 de janeiro 2004 (Figura 83).

7.4.1.2 VERÃO DE 2005/2006

A Figura 89 apresenta um gráfico da temperatura da água na Costeira do Ribeirão, obtido através dos dados de um *data logger*, com frequência de aquisição de uma em uma hora, no verão de 2005/2006. A variação entre os extremos de temperatura da água neste verão se deu de maneira abrupta em curtos intervalos de tempo. Pelo menos sete ocorrências de quedas abruptas da temperatura foram observadas, sendo três no início de dezembro, uma em janeiro (a mais importante), uma em fevereiro e duas em março. No dia 16 de janeiro, a temperatura atingiu seu valor máximo (30,06 °C) às 17:00h e o seu valor mínimo (18,54 °C) às 05:00h da manhã do dia 18 de janeiro, uma variação de 11,52 °C em menos de 36 horas.

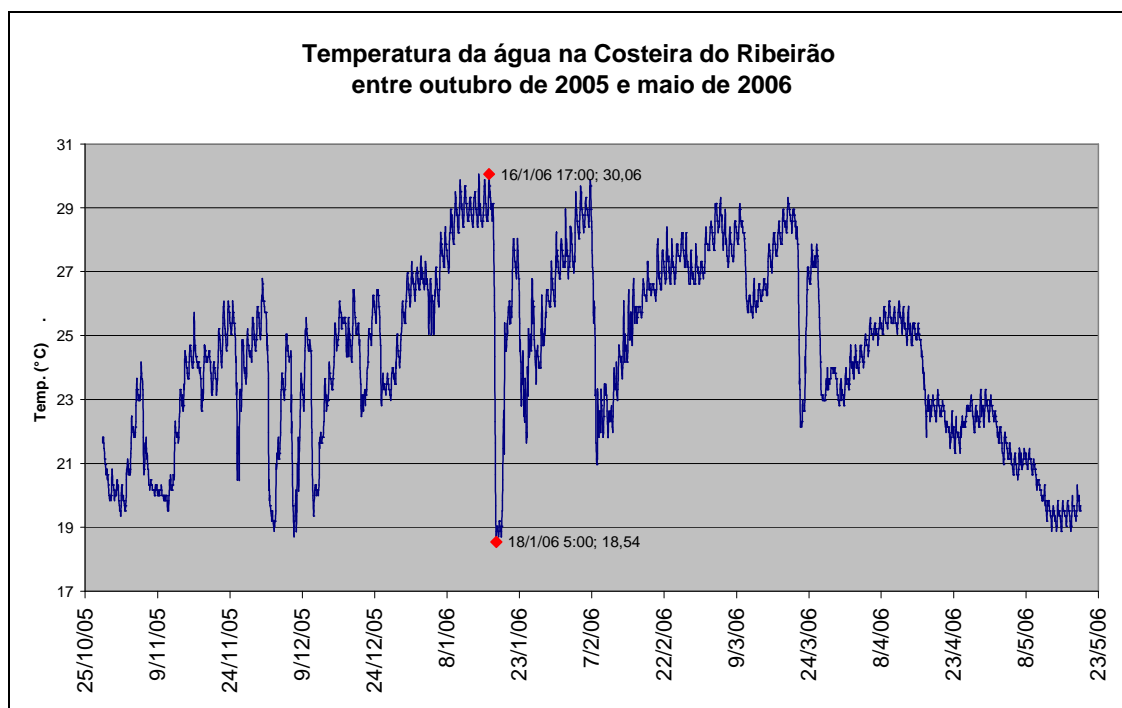


FIGURA 89 – Temperatura da água entre outubro de 2005 e maio de 2006

Visualmente pode-se observar na Figura 89 que a temperatura esteve acima dos 29°C em quatro momentos: um em janeiro, um em fevereiro e dois em março. Contando-se o número de ocorrências de temperatura média da água e da temperatura do ar acima dos 26°C, verifica-se que em 65 dias as temperaturas médias diárias da água ultrapassaram este valor entre novembro de 2005 e abril de 2006 assim como as temperaturas médias do ar (Quadro 16).

QUADRO 16 – Temperaturas médias diárias acima de 26°C

PERÍODO	ÁGUA		AR	
	T >26°C	nº total valores	T >26°C	nº total valores
Out de 2005 a abril de 2006	65	181	33	212

Comparando-se os valores de temperatura média diária da água e do ar de 2005/2006 (Quadro 15) aos dos anos entre 2001 e 2005 (Quadro 13), verifica-se que a ocorrência de temperaturas médias acima de 26°C foi mais freqüente no último verão, indicando um verão mais quente que os anteriores. Estes dados parecem indicar que os verões de 2003/2004 e 2004/2005 foram mais amenos que 2001/2002, 2002/2003 e 2005/2006. Estes dados estão de acordo com os resultados da análise estatística comparando temperatura da água entre estes anos (Figura 46). Este comportamento térmico da água do mar neste período pode estar relacionado ao fenômeno El Niño, que ocorreu com fraca intensidade nos anos de 2002 e 2003, podendo ter produzido alteração no comportamento térmico da água do mar durante estes anos (EPAGRI, 2006; LENTINI, 2000).

A Figura 90 apresenta a mortalidade de ostras apurada por lanterna e por período entre novembro de 2005 e maio de 2006. Cada lanterna foi avaliada duas vezes, sendo que nas sete primeiras avaliações o intervalo entre lanternas foi de aproximadamente duas semanas. A segunda avaliação de cada lanterna ocorreu 14 semanas após a primeira, mantendo-se o intervalo de duas semanas entre lanternas.

As lanternas 1 e 2 não apresentaram mortalidade na primeira observação. A partir da terceira lanterna, em 19 de dezembro (em amarelo no gráfico), houve uma mortalidade de aproximadamente 10%, sendo crescente

nas lanternas seguintes, chegando a 47% das ostras da lanterna 5, ainda na primeira observação. Nas lanternas 6 e 7 os valores de mortalidade se mantiveram altos (34% e 44%). Na segunda avaliação, a partir de 24 de fevereiro, as lanternas apresentaram mortalidade decrescente, com exceção da lanterna 3 que mostrou a maior mortalidade do experimento. De maneira geral, a mortalidade acumulada por lanternas do verão de 2005/2006, na ordem de 67% na lanterna 3 (Quadro 15), foi muito maior do que a de 2004/2005 com 18% na lanterna 5 (Quadro 13).

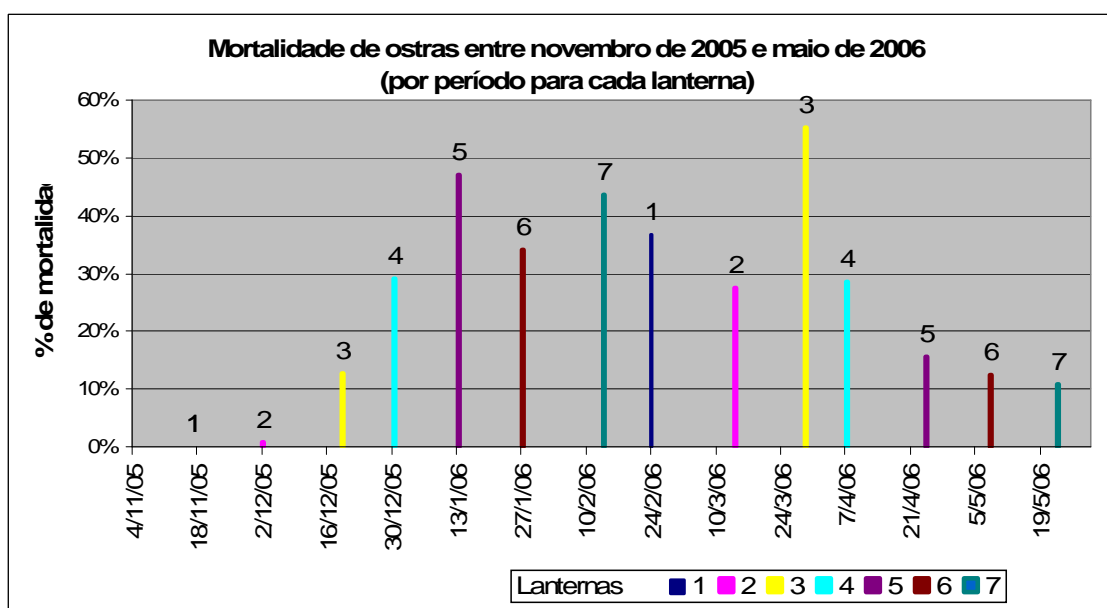


FIGURA 90 – Mortalidade de ostras por lanterna entre novembro de 2005 e maio de 2006, nas duas avaliações.

O Quadro 17 apresenta mortalidade acumulada de ostras, por lanterna para o período em dias. A lanterna 3 teve a maior mortalidade acumulada (67,84%) excedendo em muito a maior mortalidade do verão anterior. Mesmo a menor taxa de mortalidade registrada em 2005/2006 (28,28% na lanterna 2) foi superior a maior em 2004/2005.

A mortalidade de ostras começa a ser observada na lanterna 3, em 16 de dezembro de 2005, somente após dia 2 de dezembro, quando é observada a redução no ICI e no percentual de ostras ovadas, ou seja, após o início do processo de desova.

QUADRO 17 – Mortalidade Acumulada de ostras para o período em dias

LANTERNAS	MORTALIDADE ACUMULADA	PERÍODO	DIAS
L1	36,67%	04/11- 24/02	112
L2	28,28%	04/11- 14/03	130
L3	67,84%	04/11- 29/03	145
L4	57,42%	04/11- 07/04	154
L5	62,50%	04/11- 24/02	171
L6	46,50%	04/11- 08/05	185
L7	58,06%	04/11- 22/05	199

A Figura 91 contabiliza a mortalidade acumulada de ostras por lanterna entre novembro de 2005 e junho de 2006. A mortalidade acumulada por lanterna neste verão obteve valores muito mais elevados que no verão anterior. Enquanto em 2004/2005 o maior valor de mortalidade acumulada por lanterna foi de 18,85%, em 2005/2006, o maior valor de mortalidade acumulada por lanterna foi de 67,85%, superando em muito os dados do ano anterior. O início das desovas, no ultimo verão, teve atraso de aproximadamente duas semanas.

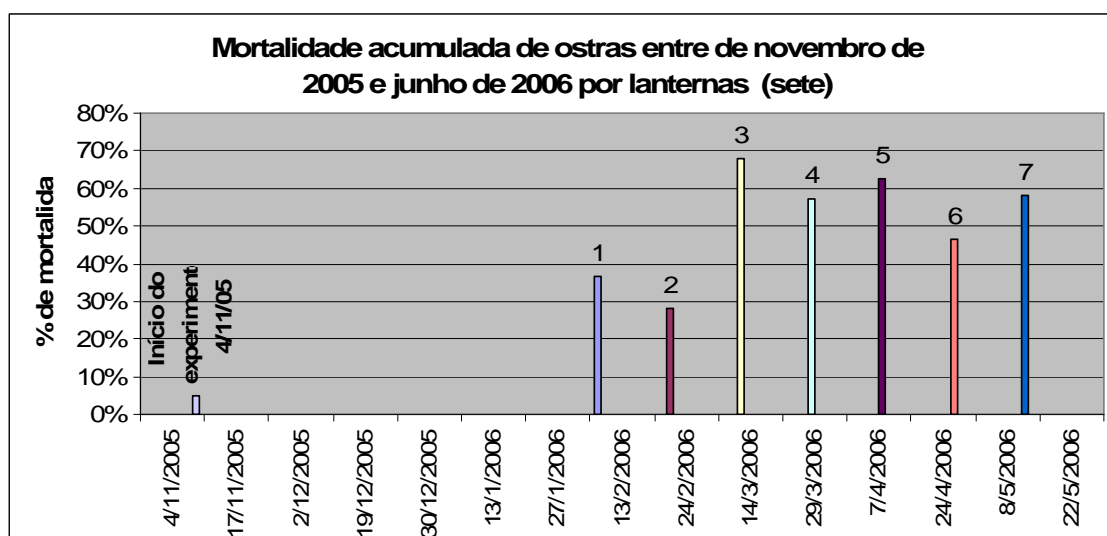


FIGURA 91 - Mortalidade acumulada de ostras por lanterna entre novembro de 2005 e junho de 2006

Este experimento foi iniciado com ostras apresentando elevado índice de conteúdo interno próximo a 4, entre 17/11/05 e 1/12/2005 (Figura 92) e

100% das ostras ovadas (Figura 93). Até 02 de dezembro, 100% das ostras encontravam-se na fase A e B, segundo Akaboshi (1979) (Figura 94).

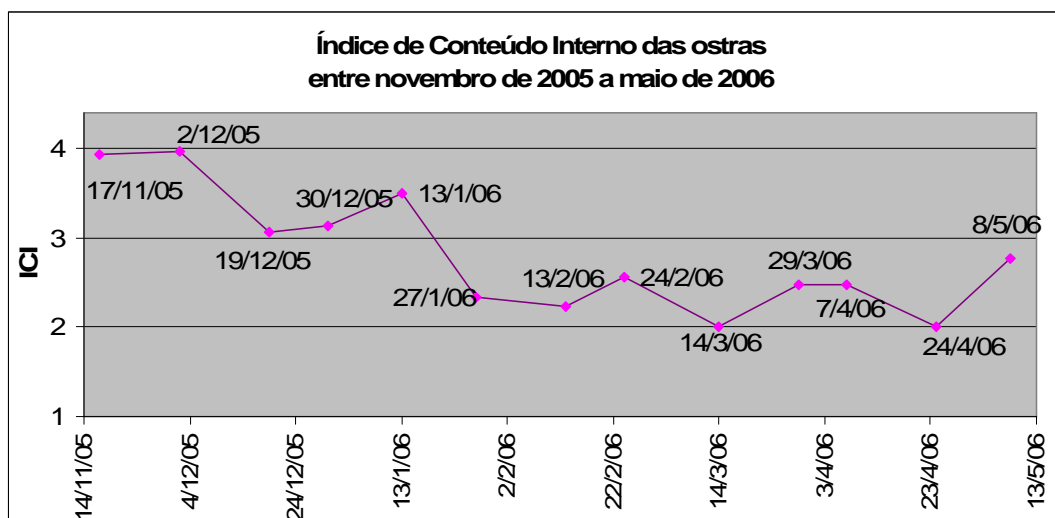


FIGURA 92 – ICI entre novembro de 2005 a maio de 2006

A partir do dia 02 de dezembro teve início um processo de desova com perda de volume interno e redução do ICI, diminuição do percentual de ostras nas fases A e B e diminuição do percentual de ostras repletas de gametas, caracterizando a primeira desova. A recuperação do ICI em 13 de janeiro e em 24 de fevereiro mostra o esforço de recuperação da condição de desova. Em 14 de março não havia mais nenhuma ostra com material gamético, indicando a ausência de esforço reprodutivo.

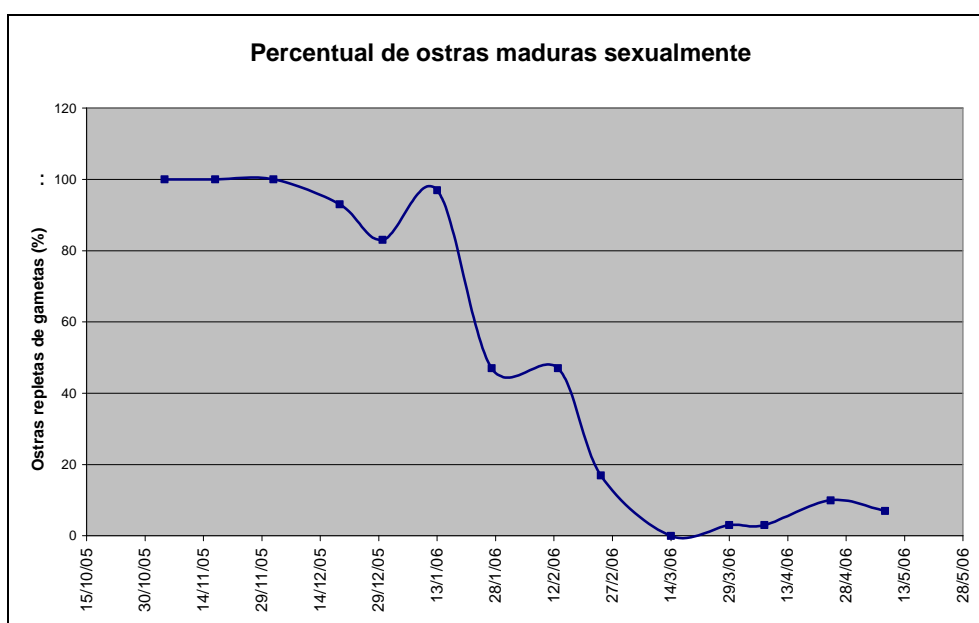


FIGURA 93 – Percentual de ostras repletas de material gamético entre novembro de 2005 e maio de 2006

O processo reprodutivo com desovas sucessivas teve início no final de dezembro, terminando somente em março, quando o percentual de ostras ovadas reduziu-se praticamente a zero, com ICI variando entre 2 e 2,5, indicando ostras magras, com baixos teores de material gamético e glicogênio. A maior mortalidade de ostras esteve associada também a este período.

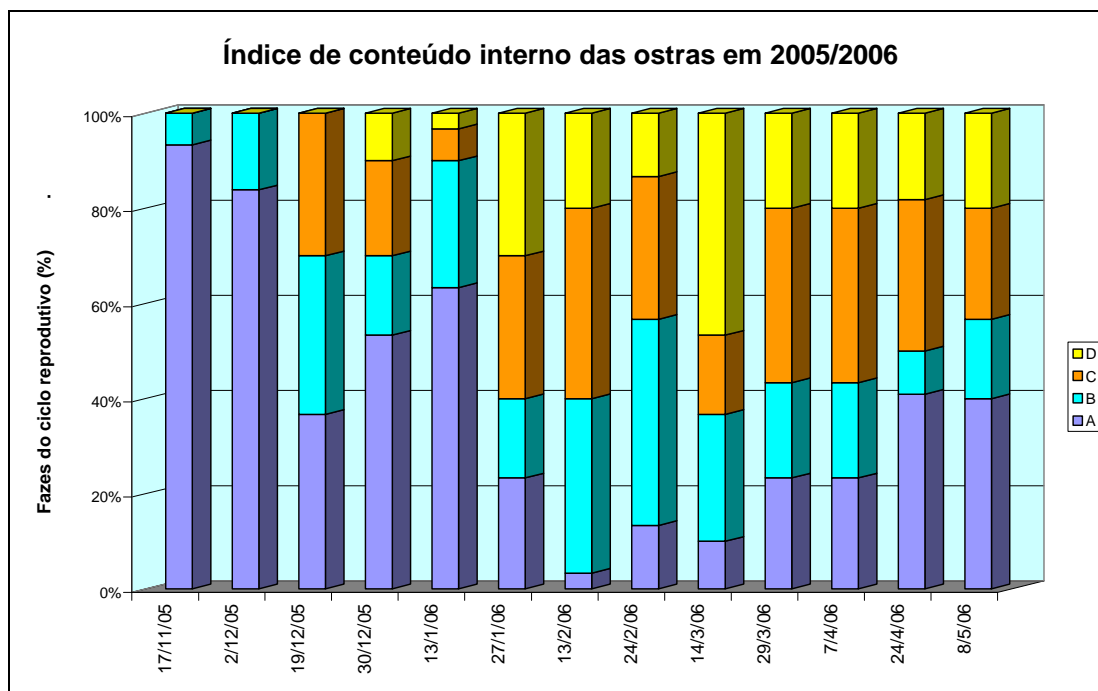


FIGURA 94 – Percentual de ostras nas fases A, B, C e D, segundo Akaboshi (1979)

7.4.1.3 COMPARAÇÃO COM DADOS PRETÉRITOS

A Fazenda Marinha Atlântico Sul avaliou a mortalidade de ostras nos verões de 2001/ 2002 e 2002/2003. Os dados produzidos em 2001/2002 foram publicados do como resumo nos anais do WORLD AQUACULTURE-2003, realizado em Salvador e também na página da empresa na Internet (<http://www.fazendamarinha.com.br/oystergrowth.htm>). Os dados de 2002/2003 foram cedidos para estas análises. Os experimentos foram realizados na área de cultivo da referida empresa, a 300m da costa. Em 2001/2002 foram selecionadas 1500 ostras com 25 mm de altura, importadas do Chile, inseridas

em 3 lanternas de 5 andares cada, sendo que cada andar comportou 60 ostras. O período de avaliação foi de setembro de 2001 a outubro de 2002. Em 2002/2003 foram utilizadas 1500 ostras com 25vmm de altura, oriundas de sementes do Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos da UFSC, repartidas em três lanternas de 5 andares.

Para avaliação do comprimento, altura e largura foram selecionadas aleatoriamente 100 ostras por mês. Outras trinta ostras foram sacrificadas a cada mês para avaliação da condição interna nos 4 diferentes estágios (A, B, C e D) e estimado o Índice de Condição Interno (ICI).

A Figura 95 apresenta o gráfico da mortalidade de ostras para o verão de 2001/2002. Pode-se observar que a mortalidade acumulada ao final de 12 meses foi alta (73,35%), provavelmente por serem ostras importadas do Chile, menos adaptadas ao ambiente da baía Sul. A mortalidade ocorreu em três momentos distintos: em outubro, fevereiro e abril. A pequena mortalidade (10%) ocorrida em outubro de 2001 pode ser atribuída ao manejo de instalação do experimento. A mortalidade de fevereiro, por seu turno, pode ser atribuída à mortalidade massiva de verão propriamente dita, pois as ostras neste período estavam com as gônadas maduras, ou seja, em período reprodutivo, como mostra a Figura 96, na qual o percentual de ostras na fase A e B eram maiores. Já a mortalidade de abril se deve a outros fatores, provavelmente à presença de *fouling*, ao manejo, ou ainda à associação desses fatores.

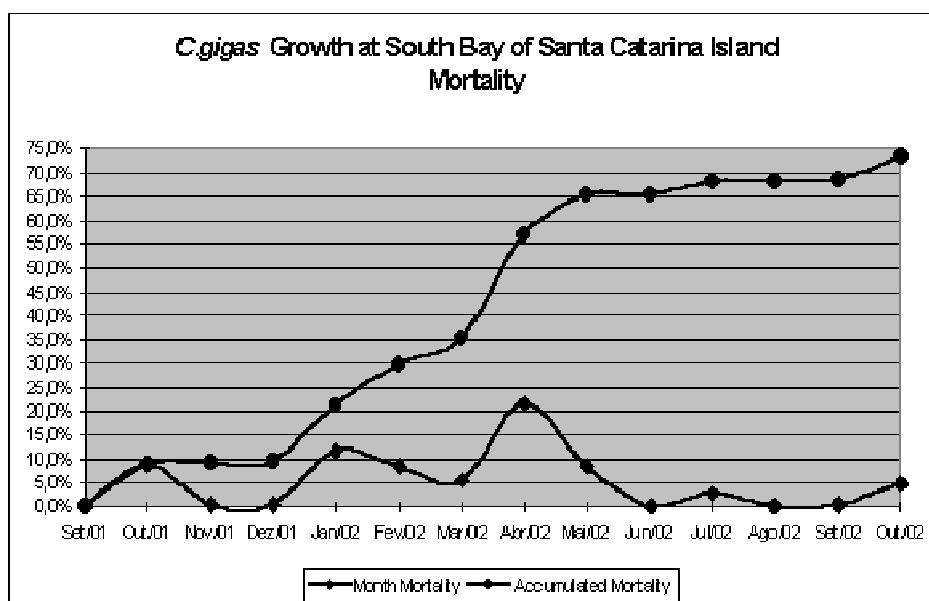


FIGURA 95 Mortalidade de ostras no período entre setembro de 2001 e outubro de 2002. Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul

Pode-se observar ainda na Figura 96 que, em janeiro e fevereiro de 2001, o percentual de ostras nas fases A e B, maduras e prontas para a desova era elevado, porém não tanto quanto em outubro seguinte. Isto pode ser atribuído ao fato do experimento ter sido instalado tarde, com ostras em período reprodutivo, não sendo possível registrar a real condição de maturação das ostras. Após o início do período reprodutivo, em especial depois de desovas consecutivas, as ostras ficam mais susceptíveis à mortalidade de verão (MMV).

No mês de janeiro e com menor intensidade em fevereiro é possível observar uma mortalidade no momento em que as ostras estão ovadas, indicando relação com os processos reprodutivos (Figura 95). Todavia, a mortalidade encontrada em abril, não deve estar relacionada à condição de reprodução das ostras, pois o ICI (ostras ovadas – condição A e B) em abril era muito baixo, indicando baixa atividade reprodutiva. Esta mortalidade estaria relacionada principalmente à presença de grande quantidade de *fouling* sobre as lanternas e ostras no momento posterior ao período de verão e possivelmente ao manejo.

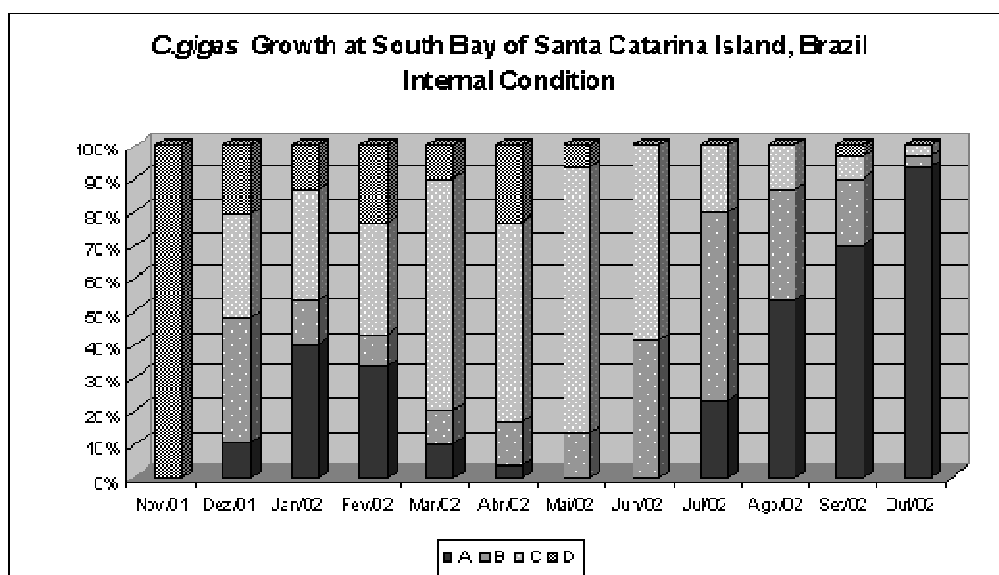


FIGURA 96: Percentual de ostras nas fases A, B, C e D, segundo Akaboshi (1979).

Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul

A Figura 97 apresenta o gráfico de mortalidade de ostras para o ano de 2003/2004. No início do experimento, em setembro, ocorre uma pequena mortalidade, provavelmente devido ao manejo de instalação. Posteriormente, em dezembro, ocorre uma mortalidade mais importante, considerada mortalidade massiva de verão. Em abril volta a ocorrer pequena mortalidade, provavelmente relacionada à presença de *fouling*.

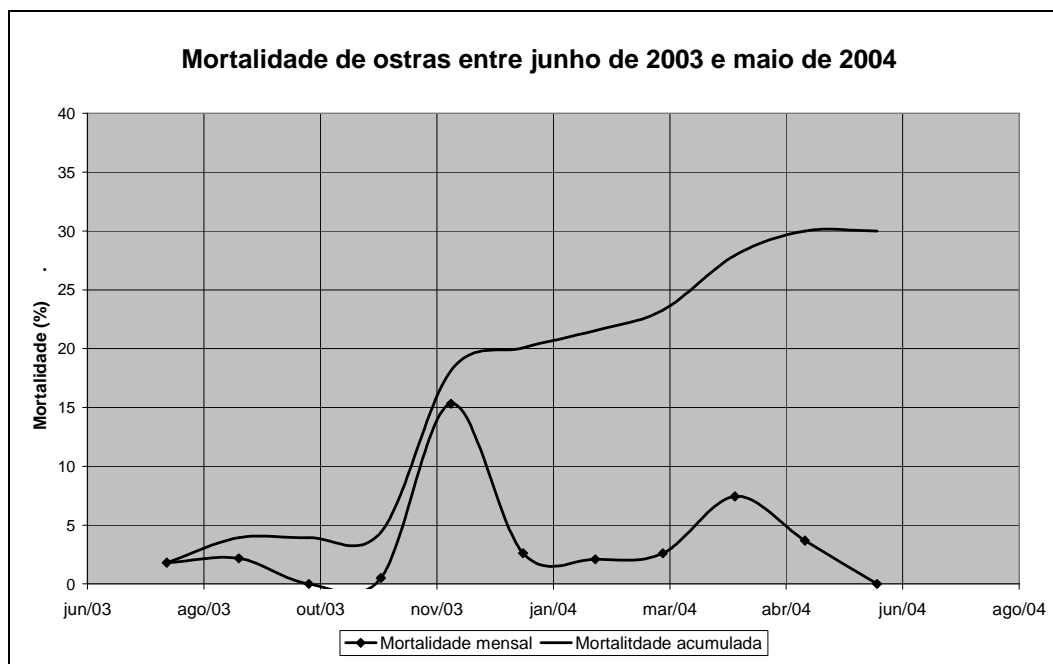


FIGURA 97: Mortalidade de ostras *Crassostrea gigas* na baía Sul da Ilha de Santa Catarina no período entre julho de 2003 á maio de 2004

Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul, 2004 (dados não publicados)

O índice de conteúdo interno das ostras (Figura 98) em novembro de 2003 foi máximo, indicando gônadas maduras nas fases A e B, prontas para a desova (Figura 96). Em dezembro, este índice caiu significativamente, indicando a ocorrência de um primeiro período de desova. De janeiro a fevereiro, após uma leve recuperação do ICI, houve uma segunda desova. A mortalidade de ostras é observada somente após a primeira desova, mostrando a relação com estado de maturação das gônadas e o esforço reprodutivo.

Os índices de mortalidade acumulada são menores do que em 2001/2002 e ocorreram em períodos diferentes, mostrando uma variação

interanual da mortalidade de ostras. Em 2001 a mortalidade mais importante ocorreu no mês de janeiro, enquanto que em 2002, no mês de dezembro.

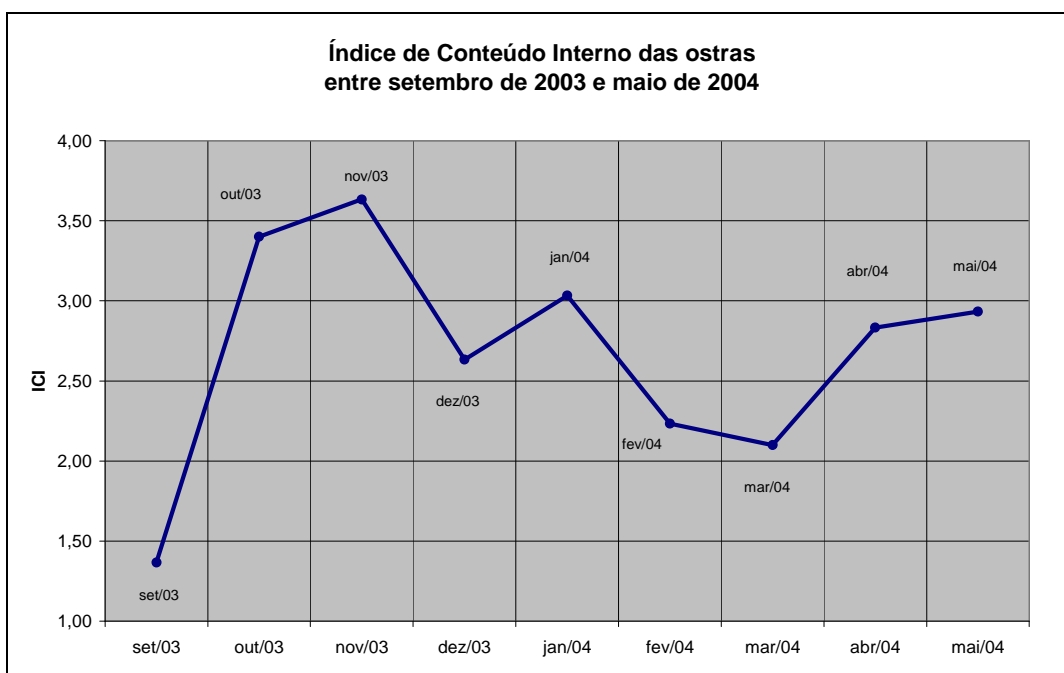


FIGURA 98 – Índice de conteúdo interno das ostras entre setembro de 2003 e maio de 2004.

Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul, 2004 (dados não publicados)

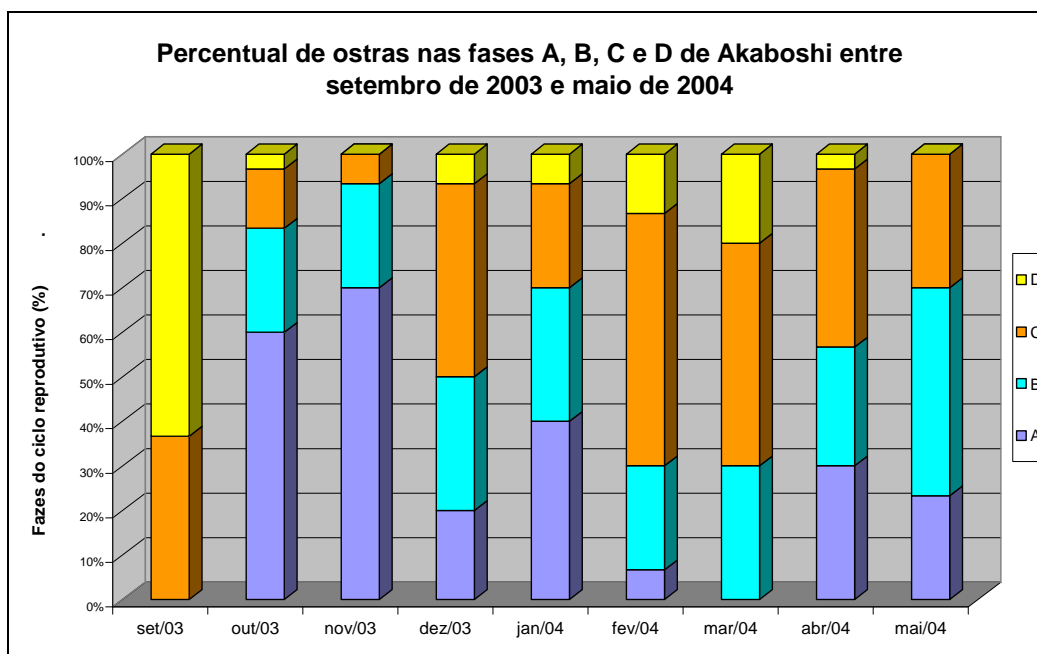


FIGURA 99 – Percentual de ostras nas fases A, B, C, e D (Akaboshi, 1979) entre setembro de 2003 e maio de 2004.

Fonte: Fazenda Marinha Atlântico Sul, 2004 (dados não publicados)

Apesar de não ter sido possível associar o momento de desova aos aumentos de temperatura, é possível afirmar que a desova e a mortalidade de ostras ocorrem entre início de janeiro e final de fevereiro, período em que a temperatura da água é elevada, oscilando com quedas bruscas. Oscilações repetidas da temperatura da água são apontadas muitas vezes como responsáveis pela indução à desova.

Comparando os dados de percentuais de mortalidade acumulada de ostras da Figura 100, com os dados de temperatura média dos meses estudados (nov., dez., jan., fev., mar. e abr.) representada para os verões de 02/03, 03/04; 04/05 e 05/06 (Figura 101), pode-se verificar que nos anos em que a temperatura média da água do mar esteve mais alta, a mortalidade de ostras também foi mais elevada. Apesar de terem sido usadas metodologias diferentes nos experimentos dos anos de 2004/2005 e 2005/2006, utilizou-se a mesma metodologia de contagem para avaliação da mortalidade acumulada total em todos os anos estudados, permitindo esta comparação.

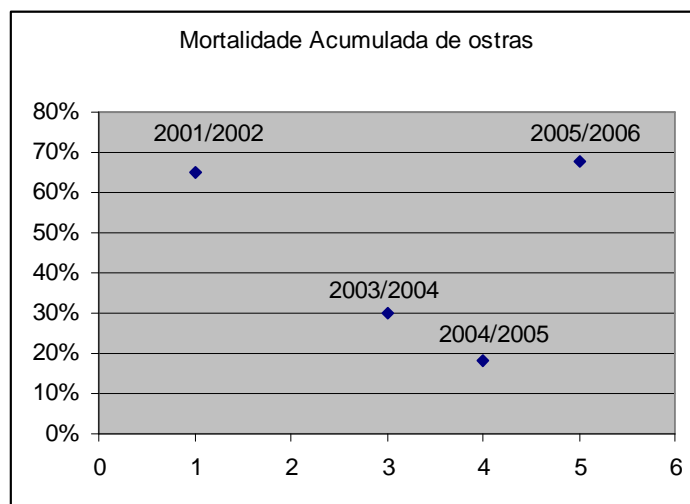


FIGURA 100 – Mortalidade acumulada de ostras para os verões de 2001/2002, 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006.

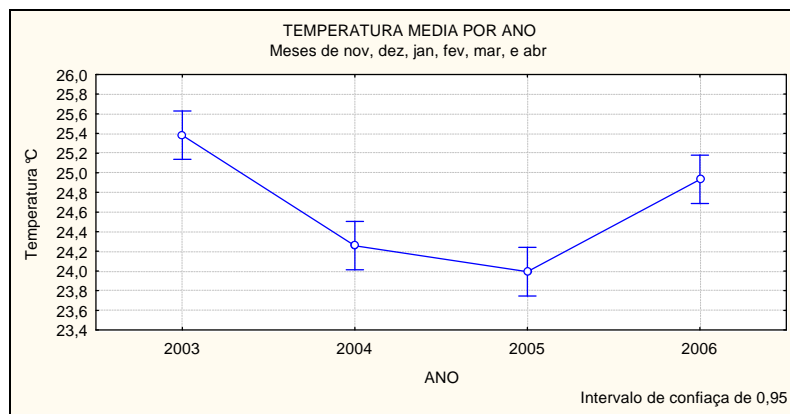


FIGURA 101 - Temperatura média dos meses estudados (nov., dez., jan., fev., mar. e abr.) representada para os verões de 2002/2003, 2003/2004; 2004/2005 e 2005/2006.

7.4.1.4 COMPARAÇÃO COM DADOS DE SALINIDADE E TURBIDEZ

Os dados de salinidade e turbidez disponíveis para avaliação foram adquiridos em campanhas com amostragens em escalas temporais e espaciais variadas.

Os dados foram obtidos em experimentos com as seguintes freqüências de aquisição de dados:

- Experimento de alta freqüência de aquisição (Figura 61) com o uso de uma sonda multiparâmetros instalada na localidade do Barro Vermelho (5 e 7 de outubro de 2005); de freqüência diária na Costeira do Ribeirão (22/05/2006) (Figura 61);
- experimento com freqüência quinzenal com dados adquiridos entre agosto de 1998 e novembro de 1999 (BESEN 2005) (Figura 58);
- experimento com freqüência de aquisição semanal realizada na Costeira do Ribeirão entre novembro de 2004 e dezembro de 2005 (Figura 59);
- experimento com amostragem diária efetuado na Costeira do Ribeirão, no período entre 10 de dezembro de 2005 e 29 de março de 2005 (Figura 61);
- experimento de Silva (2000) com amostragem sazonal (Figura 62) e
- experimento com a sonda multiparâmetros com freqüência de aquisição de 5 minutos, sobre as áreas de cultivo do Ribeirão da Ilha e na foz do rio Cubatão, entre 7 e 10 de outubro de 2005.

Através destes dados foi possível observar que, de maneira geral, a salinidade oscilou com valores entre 30‰ a 36‰. Variações significativas de salinidade (Figura 59) e menos significativas de turbidez (Figura 60 e 61) foram identificadas nas águas da baía Sul.

Nas coletas com frequência de aquisição semanal realizada na Costeira do Ribeirão entre novembro de 2004 e dezembro de 2005, foi registrada uma queda considerável de salinidade no dia 26 de novembro, de 33,5‰ para 14,8‰ no dia 3 de dezembro (Figura 59). Apesar de identificada esta grande variação, a frequência de amostragem semanal não permite identificar o período de duração desta variação, nem tampouco a intensidade nos momentos anteriores e posteriores à amostragem.

O crescimento das ostras é influenciado também pela variação de salinidade. Salinidade entre 18‰ e 32 ‰ estariam dentro do limite de tolerância para a *Crassostrea gigas*, ou seja, permitiria seu melhor desenvolvimento. As variações de salinidade são constantes em ambientes como o da baía Sul, pois a presença de rios pode provocar diminuição da salinidade das águas da baía, como podem atuar no de transporte de poluentes orgânicos e inorgânicos. A presença destes poluentes poderá ser um fator a mais de estresse no período de verão, quando as ostras já sofrem com aumento do metabolismo, reprodução, desgaste de energia com as diversas desovas consecutivas e o esforço para selecionar material orgânico quando o material em suspensão é mais elevado.

No período entre 10 de dezembro de 2005 e 29 de março de 2006 (Figura 61), no qual foram conduzidas amostragens diárias efetuadas na Costeira do Ribeirão, foi verificada uma variação na turbidez, porém com valores ainda muito baixos para interferir nos processo alimentar de seleção de partículas pelos palpos lábias das ostras. Os dados da sonda de aquisição contínua na localidade do Barro Vermelho permitem visualizar variações um pouco mais significativas nos valores de turbidez da água, porém, para um período muito curto de tempo e com valores pouco expressivos, apesar de mais elevados. É possível que valores mais elevados de turbidez tenham ocorrido sem terem sido registrados. Os dados se referem a ambientes diferentes, apesar de próximos. Será necessário, em avaliações futuras,

avaliar o material orgânico e inorgânico em suspensão na coluna d'água, pois como foi verificado na bibliografia, em presença PIM elevado, diminui a taxa de crescimento de ostras.

Apesar de não ter sido comprovado relação entre variação de salinidade e de turbidez com mortalidade de ostras neste trabalho, estas são recorrentes durante o ano, especialmente durante o verão, quando as ostras encontram-se fragilizadas pelos processos fisiológicos já mencionados. As oscilações de salinidade são decorrentes das precipitações mais intensas no verão (período de maiores índices pluviométricos do ano) e o aumento da turbidez pode estar relacionado também às chuvas e aos ventos mais fortes que predominam na primavera e verão.

7.5 CONCLUSÕES

O levantamento realizado com uma sonda de aquisição contínua e frequência de aquisição horária (StowAway Tidbit Temp Logger) permitiu avaliar as variações de temperatura da água em intensidade e no tempo. Variações abruptas de temperatura no período de primavera e verão foram verificadas. A variação mais expressiva ocorreu em 16 de janeiro de 2006, quando a temperatura decaiu 11°C em menos de dois dias (Figura 38), coincidindo com o verão com temperaturas médias da água mais elevadas, bem como o ano de maior mortalidade de ostras (Figuras 100 e 101). O aumento da temperatura da água induz o processo reprodutivo nas ostras. O prolongamento do período de temperatura elevadas durante o verão (Figura 44) provoca nas ostras um esforço repetitivo de desova, induzindo a um enorme gasto energético, levando a ostra à exaustão. O processo repetitivo de desova, induzido pelo prolongamento no tempo das altas temperaturas da água, pode estar relacionado ao aumento de mortalidade de ostras no verão. Avaliação dos processos fisiológicos reprodutivos de ostras relacionados às variações de temperatura da água é necessário para melhor compreensão das causas da mortalidade de ostras no verão.

Foi também observada variação da temperatura da água entre os anos, provocada por alterações globais no clima. Esta variação pode ter sido a causa de diferenças nos resultados da avaliação de mortalidade de ostras para o

período. Nos anos menos quentes (2003/2004 e 2004/2005) as mortalidades de ostras foram inferiores às dos anos que apresentaram temperaturas mais elevadas (Figuras 100 e 101).

Avaliando os dados dos experimentos de mortalidade de ostras pode-se observar que não existe uma regularidade entre o início do período de desova e a mortalidade de ostras na Costeira do Ribeirão. As variações interanuais de temperatura também estariam influenciando o período de maturação, desova e mortalidade, já que estas estão associadas ao aumento da temperatura da água.

Pode-se afirmar ainda que no interior da baía Sul foram encontradas variações de salinidade e turbidez, entretanto, não significativas para serem relacionadas às mortalidades de ostras. Avalia-se que a determinação da influência destes parâmetros só poderá ser significativa se os mesmos forem medidos em séries temporais mais longas e com frequência de aquisição maiores, permitindo o registro de oscilações destes, não obtidas nas séries temporais de baixa frequência. Não obstante, pode-se supor que durante eventos de forte precipitação ou ventos fortes, tanto a dessalinização da água nas áreas de cultivo quanto o aumento da turbidez possam ter reflexos importantes na fisiologia destes organismos. Todavia, não foi possível detectar estas variações de maior grandeza e estabelecer relação entre com as mortalidades de ostra observadas, sendo necessários para isto experimentos específicos. As sondas de aquisição contínua parecem bastante adequadas à aquisição de dados desta natureza, pois permitem o registro contínuo dos dados, em intervalos programáveis, objetivando o registro das variações destes parâmetros no tempo.

Apesar de ficar evidenciada a correlação entre a elevação da temperatura da água e a mortalidade das ostras, a temperatura da água não pode ser identificada como causa única da mortalidade de ostras no verão, mas apenas como um fator a mais que pode agravar o quadro de fragilidade em que se encontram as ostras neste período de reprodução e abundância de alimento.

No Brasil, especialmente em Santa Catarina, o desenvolvimento da produção de moluscos e em especial a ostra que é consumida *in natura* exige maior controle da atividade, tanto no aspecto zootécnico quanto sanitário. A

implantação de um sistema que permita tais controles é essencial para o crescimento da atividade e para a segurança alimentar. A delimitação de novos parques aquícolas e das áreas de cultivo, em ambientes livres de riscos de poluição e de riscos zootécnicos, ajudará na construção de uma atividade sustentável, tanto no aspecto ambiental quanto sanitário e econômico.

A metodologia utilizada para avaliação de mortalidade de ostras nos verões de 2004/2005 e 2005/2006 buscava reduzir a interferência do manejo das lanternas e o efeito ambiente. Para isso foi selecionado um número maior de lanternas com ostras (6 lanternas em 2004/2005 e 7 lanternas em 2005/2006). A avaliação da mortalidade foi realizada em apenas uma lanterna a intervalos de 15 dias, diferentemente da metodologia apresentada pela Fazenda Marinha Atlântico Sul, que avaliava a mortalidade em todas as ostras de todas as lanternas. Este procedimento não permitiu a avaliação da mortalidade mensal do estoque de ostras. Mesmo assim foi possível contar o número de ostras mortas ao final do experimento para cada lanterna, permitindo a avaliação da mortalidade acumulada por lanterna. Com o uso desta metodologia foi possível observar que existem outros fatores que afetam as mortalidades de ostras, pois lanternas que permaneceram por períodos mais longos na água como as lanternas 6 e 7 da Figura 90, apresentaram mortalidades inferiores a lanterna 5, submetidas às mesmas condições ambientais. De qualquer maneira, para trabalhos futuros sobre mortalidade de ostras, é necessária a contagem de todas as ostras do experimento a cada avaliação para permitir a contagem da mortalidade do período e a mortalidade acumulada.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A maricultura comercial no Estado de Santa Catarina surgiu no início da década de 90, como atividade complementar de renda aos pescadores tradicionais (MANZONI,2004). Como reflexo de sua rápida expansão houve, no início dos anos 2000, uma estagnação e mesmo redução da produção de ostras e mexilhões. Concomitante com o crescimento da produção, aspectos da qualidade dos produtos e, por conseguinte, do ambiente de produção, têm chamado a atenção dos produtores e técnicos. O aumento do tempo de produção de mexilhões na Enseada de Brito e a mortalidade das ostras durante os meses mais quentes de verão são exemplos que levam a estas preocupações, ensejando estudos e pesquisas que visem compreender o meio marinho e as interações dos parâmetros oceanográficos com a atividade da maricultura.

Este trabalho procurou avaliar e discutir alguns parâmetros oceanográficos das águas próximas à Ilha de Santa Catarina e buscar soluções metodológicas para a falta de dados de monitoramento contínuo deste ambiente, com o objetivo de contribuir para o conhecimento local e para a elaboração de futuras ações de monitoramento e pesquisa.

A baía Sul caracterizada como ambiente semi-confinado de baixa profundidade média e com limitações à renovação de água, recebe água doce de diversos rios e córregos, enriquecendo de matéria orgânica e alterando a salinidade interna da baía. Estas alterações estão relacionadas ao período de verão, quando os índices pluviométricos são mais elevados e as ostras encontram-se fragilizadas pelos processos fisiológicos (reprodução). Neste período do ano ocorrem as mortalidades de verão.

A França, com grande experiência na produção de ostras, construiu um aparato institucional e científico capaz de dar respostas às demandas do setor produtivo. Com dois episódios de mortalidade massiva de ostras que levaram a introdução da *Crassostrea gigas* neste país, esta espécie representa quase a totalidade das 120 mil toneladas de ostras produzidas anualmente, sendo o país de maior consumo de ostras na Europa. Para administrar várias redes de monitoramento, vinculadas a programas de pesquisa que permitem um

conhecimento das condições gerais de produção e condições do produto, foi constituído o Instituto Francês de Pesquisa e Exploração do Mar – IFREMER. As diversas redes (REMORA, REPER, REPHY, MOREST, REMI, entre outras) permitem a avaliação da condição dos estoques de ostras na água no tocante a quantidade e sanidade; a condição sanitária das áreas de produção, riscos microbiológicos e por substâncias nocivas à saúde humana³⁴; vigilância da presença de algas produtoras de toxinas; controle microbiológico das áreas de cultivo; além de desenvolver pesquisas relacionadas ao tema ostreicultura. A experiência francesa mostra a grande preocupação com o controle da atividade tanto no aspecto zootécnico dos estoques, quanto no aspecto sanitário, para o consumo.

A avaliação de temperatura da água permitiu observar que durante a primavera e o verão, período em que as ostras encontram-se fragilizadas pelo estresse reprodutivo, as variações bruscas de temperatura são freqüentes e de maior amplitude. Estas variações podem estar relacionadas aos movimentos de marés e de correntes marinhas que adentram na baía Sul com diferentes valores de temperatura. A ressurgência marinha que ocorre na costa catarinense, trazendo água fria e rica em nutrientes influencia o interior da baía Sul, promovendo mudanças de temperatura de até 11°C em poucas horas, como ocorreu em 16 de janeiro de 2006. Os resultados das análises estatísticas, comparando temperatura nos períodos de verão, indicaram que os verões de 2003/2004 e 2004/2005 tiveram temperaturas médias mais amenas e os verões de 2002/2003 e 2005/2006 temperaturas médias mais elevadas. Comparados aos dados de mortalidade de ostras, verificou-se que as maiores mortalidades ocorreram nestes anos de verão mais quente.

Com o objetivo de identificar as áreas de maior influência da rede de drenagem dentro das baías, tendo em vista o risco sanitário e de dessalinização brusca associados, foi utilizado o Modelo Hidrológico do Arcview. Através do modelo foi possível obter dados de escoamento superficial das bacias hidrográficas do entorno das duas baías e também avaliar, através de mapas de distância, as áreas de maior risco de influência de água doce. A dessalinização abrupta e continuada pode afetar o desenvolvimento das ostras

³⁴ Além das análises microbiológicas e de ficotoxinas, são realizadas avaliação bianuais de presença de outros 59 outros contaminantes da água e do sedimento das áreas de cultivo.

e no verão agravar seu quadro de fragilidade, podendo levar à mortalidade. Foi observada a ocorrência, em 03 de dezembro de 2004, de uma queda significativa da salinidade no interior da baía Sul. Este experimento, de freqüência de amostragem semanal, pode não ter captado variações maiores, mas indica que estas variações existem e devem ser mais investigadas, especialmente durante o período de verão.

Quanto à turbidez, em nenhum momento foram verificados valores acima de 40 UNT. As bases de dados com escalas temporais distintas não captaram grandes variações. Todavia, acredita-se que durante a ocorrência dos ventos de maior intensidade, capazes de promover a ressuspensão dos sedimentos de fundo, os valores de turbidez possam ultrapassar estes valores, interferindo no processo de seleção dos palpos labiais das ostras, aumentando o estresse e contribuindo para agravamento do quadro de fragilidade das ostras no verão.

O trabalho realizado mostrou ainda as potencialidades da utilização de diversos instrumentos tecnológicos e metodologias para a realização do monitoramento da área.

As sondas multiparâmetros e *data loggers* permitiram a obtenção de dados a intervalos programáveis e de forma contínua. Os *data loggers* para obtenção de temperatura da água são equipamentos simples, de fácil instalação, e de fácil transferência de dados para um computador. As sondas multiparâmetros permitem a obtenção de diversos parâmetros como salinidade, temperatura, turbidez, clorofila, entre outros. A instalação destas sondas continuamente e em locais estratégicos permitiria a avaliação das condições ambientais e contribuíram na definição do zoneamento e instalação dos parques aquícolas e áreas de cultivo.

O Modelo Hidrológico utilizado para estimação do escoamento superficial das bacias hidrográficas do entorno das baías pode ser um instrumento importante na definição de um zoneamento, especialmente se acoplado a um modelo hidrodinâmico como o Modelo MARS, utilizado no IFREMER, que permite a avaliação da dispersão da pluma de água doce na costa, e sua influência sobre as áreas de cultivo.

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica na França tem permitido a avaliação dos estoques de ostras na água, avaliação da

capacidade de suporte de ambientes mais fechados como as *claires*³⁵, simulação do impacto sanitário de uma estação de depuração sobre as praias e as áreas de cultivo de moluscos. Este tipo de investigação pode contribuir na avaliação da instalação de novos parques aquícolas e dos atuais, que carecem de informações mais precisas sobre suas condições ao longo do tempo.

A metodologia utilizada para investigação de mortalidade de ostras não permitiu uma comparação com os dados de mortalidade mensal dos trabalhos preexistentes. Desta maneira não foi possível avaliar o momento em que a mortalidade foi mais importante. Todavia, os dados permitiram avaliar a mortalidade total por lanterna ao fim do experimento para os anos de 2004/2005 e 2005/2006. Estes dados foram comparados com a mortalidade acumulada dos anos anteriores. A contagem das ostras deve incluir todas as ostras do experimento a cada amostragem. O que permitirá a avaliação mensal da mortalidade.

Os resultados desta pesquisa, que procurou relacionar os parâmetros da água marinha à mortalidade de ostras, demonstram mais uma vez a importância de novas e intensas pesquisas no tema. Também apontam para a necessidade de um programa de monitoramento regular e de longo prazo das condições físico-químicas das águas das baías da Ilha de Santa Catarina, bem como de outras áreas nas quais a maricultura tem se desenvolvido nos últimos anos, ou nas quais existam projetos de implantação da maricultura. Além da importância deste monitoramento para a segurança alimentar, como já se evidenciou no capítulo 6, esta prática de vigilância pode auxiliar na definição de áreas mais propícias à atividade, no planejamento de estratégias de comercialização e na diminuição dos riscos zootécnicos, econômicos e ambientais.

A organização de uma base de dados para utilização em ambiente SIG, como dados oceanográficos passa a ser uma necessidade para o avanço da pesquisa e o desenvolvimento da atividade no meio marinho.

O monitoramento dos parâmetros oceanográficos, além de permitir uma avaliação das condições ambientais e oceanográficas para o cultivo de moluscos, é também a base para outras pesquisas que relacionadas

³⁵ São tanques de água salgada (como os utilizados no cultivo de camarões no Brasil) usados para terminação das ostras que recebem a denominação de Fines de Claire e Spécial de claire.

crescimento e mortalidade de moluscos. O desenvolvimento da maricultura depende do desenvolvimento da pesquisa nesta área.

9 REFERÊNCIAS

AGROPOLIS MUSEUM. **Technologies au sein des industries alimentaires: impact sur la qualité des produits alimentaires d'origine aquatique**. Rapport d'experts préalable au rapport de l'Académie des Technologies, 2006. Consultado em: 25/01/2007. Disponível em : http://www.museum.agropolis.fr/pages/savoirs/produits_aquatiques/PROGRES.

AKABOSHI, S, Notas sobre o comportamento da ostra Japonesa, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795), no litoral do estado de São Paulo, Brasil, **Boletim do Instituto de Pesca**, 6 (único):93-104, 1979.

Ambiente Brasil, Clima, Consultado em 05 de maio de 2006 no Site: <http://www.ambientebrasil.com.br/>

AMINOT, A. ; CHAUSSEPIED, D. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**, Centre National pour l'Exploitation des Océans - CNEXO, Brest, França, 1983.

ANSEL, J. C. ; AYPHASSORHO, H. ; HUET, F. ; COLOMBERA, P. Un exemple d'approche des risques de pollutions diffuses d'origine agricole à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) sur le bassin Adour-Garonne. Mimeo. (disponível na biblioteca do IFREMER).

ARAUJO, N. B. de. **Contribuição ao estudo da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Tavares : poluição orgânica**, Florianópolis, 1993, Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas.

BACHER, C.; SOCHARD, S.; FREISSINET, C.; SAUVAGET, P. Vers une modélisation opérationnelle sur l'aménagement des zones côtières : l'exemple du bassin de Marennes-Oléron (France), **La Houille Blanche** 7/8 , , pp. 66-73, 2000.

BARROSO, G. F., **Assessing the Potential for Mangrove Oyster Aquaculture in an Estuary System of the Southeastern Coast of Brazil: A Geographic Information System Approach**, 2004, Tese (Doutorado), University of Victoria, Canadá.

BATISTA NETO, J. A, et al., **Introdução à Geologia Marinha**, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2004.

BASTOS, Décio Staque. Novo sistema de berçário para aumentar a eficiência e rendimento no cultivo de sementes de *Crassostrea gigas*, 2003. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina – Aqüicultura.

BEATTIE, J, H, et al, Summer Mortality of Pacific Oysters, In: FISCHER, William, **Disease Processes in Marine Bivalve Mollusks**, American Fisheries Society, Special Publication 18, Maryland, 1988.

BENATO, V. S., **Produtos químicos descartados no mar de Florianópolis e pesquisa de metais pesados em tecido muscular de tainhota e parati (Gênero Mugil)** Florianópolis, 1999 Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina.

BESEN, K. **Avaliação comparada de variações temporais de características físico-químicas da água do mar em áreas de produção de moluscos de Santa Catarina – Brasil.** Florianópolis, 2005. Dissertação, Aqüicultura UFSC.

BONETTI, J.; NUNES, M. G.; OLIVEIRA, M. S. C. de; GRÉ, J. C. R. Caracterização do relevo submerso da Baía Norte - SC com base na aplicação de um Modelo Digital de Terreno. **Geosul**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 211-217, 1998.

BONHAM-CARTER, G. F., **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**, Ottawa, Pergamon, 1994.

BOUGRIER, S.; GEAIRON, P.; DESLOUS-PAULI, J.M.; BACHER, C.; JONQUIÈRES, G. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Aquaculture**, v. 134, pp. 143-154, 1995.

BRASIL, São Paulo, **Relatório das águas interiores do Estado de São Paulo 1994.** CETESB - Série Relatórios /Secretaria do Meio Ambiente,1995.

BROWN James R. and HARTWICK, E. Brian. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. II. Condition index and survival. **Aquaculture**, v. 70, n. 3 , pp. 253-267,1988.

BURROUGH, P. A., **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**, Oxford: Clarendon Press, 1986.

BÚSSOLO JÚNIOR, G., **Contribuição ao estudo morfo-sedimentar de fundo da enseada de Ratonés, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**, Florianópolis, 2002, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

CABRAL, O. R., **Nossa Senhora do Desterro**, Florianópolis: UFSC, 1972.

CALVO, G. W.; LUCKENBACH, M. W.; ALLEN, S. K.; BURRESON, E. M. Comparative field study of *Crassostrea ariakensis* and *Crassostrea virginica* in relation to salinity in Virginia. **Special Report in Applied Marine Science and Ocean Engineering** No. 360, 2000.

CAMPOS, E. J. D. **Estudos da circulação oceânica no Atlântico tropical e na região oeste do Atlântico subtropical sul**, 1995, Tese (Livre-Docência), Universidade de São Paulo.

_____, E. J. D.; LENTINI, C. A. D.; MILLER, J. L. e PIOLA, A. R. Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight, **Geophysical Research Letters**, 26, pp, 2061–2064, 1999.

CASTRO FILHO, B. M. de, A Oceanografia no Brasil: Diagnóstico e Perspectivas, **3ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**, novembro de 2005, Brasília, Apresentação Power Point, <http://www,cgee.org,br/cncti3/> consultado em 9 de julho de 2006.

CECCA - CENTRO DE ESTUDOS CULTURA E CIDADANIA (SC), **Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas sócio ambientais da Ilha de Santa Catarina**, Florianópolis: Insular: CECCA, 1997.

CEZA, M. de V., **Influência da ocupação humana na qualidade da água dos rios Alto Ribeirão e Ribeirão do Porto, Sul da Ilha de Santa Catarina**, Florianópolis, 2003, Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina.

CHRISTOFOLETI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CIMAS. **Surface Currents in the Atlantic Ocean**. Acessado em: 9 de julho de 2006 em: http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic/img_topo1/brazil2.jpg.

CLAUDINO, A. **Determinação de íons de metais traço (Cu²⁺, Pb²⁺ e Zn²⁺) por voltametria de redissolução em água do mar da baía norte da Grande Florianópolis**, Florianópolis, 2003. Dissertação, (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

COSTIL, K.; ROYER, J.; ROPERT, M.; SOLECHNIK, P.; MATHIEU, M. Spatio-temporal variations in biological performances and summer mortality of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Normandy (France). **Helgol Marine Resources**. V. 59: 286-300, 2005.

CREA , Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Santa Catarina, **Saneamento em SC: Protocolo de intenções entre MP, CREA e ABES-SC tem seus primeiros resultados**, Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/noticias/2006/fevereiro/15.01.mp.php>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2006.

CURTIUS, A.; SEIBERT, E.; FERREIRA, J. F. et al. Avaliando a contaminação por elementos traço em atividades de maricultura. Resultados Parciais de estudos de caso realizados na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 44-52, 2003.

CUSTÓDIO, J. S. **Caminhos da produção familiar artesanal em governador Celso Ramos/SC: da pesca à maricultura** Florianópolis, 2005, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

DA SILVA, M. R.; LAMOTTE, M.; DONARD, O. F. X.; SORIANO-SIERRA, E. J.; ROBERT, M. Metal Contamination in Surface Sediments of Mangroves, Lagoons and Southern Bay in Florianópolis Island. **Environmental Technology**, Volume 17, Number 10, 1, pp, 1035-1046(12), October 1996.

DAVIS, K. M. **Object-oriented modeling of rivers and watersheds in Geographic Information Systems**. Austin, 2000. Thesis. (Master of Science in Engineering), The University of Texas at Austin.

DELTREIL, Jean-Pierre. **Historique de l'ostréiculture dans le Bassin d'Arcachon**. Arcachon, IFREMER, 2006.

DENEGRE, J. S., F. **Les systèmes d'informations géographiques**. Paris, PUF, 1996.

DESLOUS-PAOLI, J.M.; LANNOU, A.M.; GEAIRON, P.; BOUGRIER, S.; RAILLARD, O. e HÉRAL, M. Effects of the feeding behaviour of *Crassostrea gigas* (bivalve molluscs) on biosedimentation of natural particulate matter. **Hydrobiology**, Kluwer Academic Publishers, Belgium, n. 231, 1992: 85–91.

ELLIOTT, M. & MCLUSKY, D. S. The Need for Definitions in Understanding Estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Vol. 55, n. 6, p. 815-827, December 2002.

EPAGRI, “**Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina**”, Empresa de Pesquisa, Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina S,A, Florianópolis-SC, 2002, (cd rom).

EPAGRI, **Caracterização do Fenômeno ENSO**, Acessado em: 10/04/2006, Disponível em: http://ciram,epagri,rct-sc,br:8080/cms/meteoro/el_nino,jsp.

EXTERCKOTER, R. K. **Diagnóstico da qualidade das relações ambientais estabelecidas no uso da água na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul (SC)**. Florianópolis, 2006, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

FAZENDA MARINHA ATLÂNTICO SUL, **Dados de pesquisa não publicados**, Mortalidade de ostras no período entre julho de 2003 a maio de 2004.

FAZENDA MARINHA ATLÂNTICO SUL, **Qualidade da água: análise bacteriológica da água da baía Sul**, Acessado em: 22 de fevereiro de 2006, Disponível em: <http://ostras-gigas.com,br/portaldamaricultura,htm>.

FERREIRA, J. F. ; MAGALHAES, A. R. M. Cultivo de mexilhões em Santa Catarina. **Panorama da Aqüicultura**, v. 2, p. 10-11, 1992.

_____, J. F. ; MAGALHAES, A. R. M. , **Cultivo de mexilhões em Santa Catarina**, 1985.

_____, J. F. **Relatório sobre as condições das sementes (jovens mexilhões) nos costões rochosos dos municípios de Bombinhas, Palhoça e Garopaba**, 1992.

_____, J. F. **Relatório técnico para o CNPq do projeto de incrustações biológicas no mexilhão perna perna (mollusca bivalvia), cultivo na Ilha de Anhatomirim e na ilha de Ratonas - SC, efeito da exposição ao ar**, 1993.

_____, J. F., **Relatório técnico sobre coletores artificiais de sementes de mexilhão do convênio EPAGRI/IBAMA N. 40/92**, EPAGRI/UFSC, 1993.

FERREIRA, S. L. **O banho de mar na Ilha de Santa Catarina**, Florianópolis: Ed, das Águas, 1998.

FLORAM. **Agenda 21** - 1ª Edição. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/floram/>. Consultado em 15 de março de 2006.

GAGNAIRE, B.; FROUIN, H.; MOREAU, K.; THOMAS-GUYON, H. & RENAULT, T. Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 20, n. 4, pp. 536-547 April 2006.

GARDINI, A. **Legislação para maricultura é débil**. ComCiência Litoral. Reportagem. Consultado em: 08/01/2005. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/litoral/lit10.shtml>.

GOULLETQUER, P. & LE MOINE, O. Estimation des stocks conchylicoles – campagne ostréicole estivale 2001, **L’ECHO des Cabanes** n° 35, Juillet-Août 2001 : 3-4.

_____, P. & LE MOINE, O. Shellfish farming and coastal zone management (CZM) development in the Marennes-Oléron Bay and Charentais sounds (Charente-Maritime, France) : a review of recent developments, **Aquaculture International** ,10 (2003) : 507-525.

_____, P. & SAMAIN, J.-F. Mortalités estivales de l’huître creuse, Le programme Fédérateur MOREST, **Le Marin, Les Nouvelles del’IFREMER**, juillet 2001, n°27 : 1-2.

GRELON, M. **Saintonge, Pays des Huîtres Vertes**, Editions Rupella, La Rochelle, France, 1978.

GUMBRICHT, T. & MCCARTHY, J. Transparent land surface modelling in GIS. In: GUAN, W., LI, B. , LO, T., SHAW, S.-L. & ZHOU, Q, (Eds), **Proceedings of Geoinformatics ‘96 GIS and Remote Sensing: Research, Development and Applications**, 1996, 268-274.

GÜTTLER, A. C. **A ocupação humana na Ilha de Santa Catarina**. Disponível em <http://www.agrorede.org.br/cecca/ILHASC.html>. Consultado em: 11/05/2005.

HAYMUSSI, H.; GAN, M. A. **Estudo das interações climáticas entre a região Antártica e o sul do Brasil**, Florianópolis, 1999, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

HÉRAL, M., L'ostréiculture française traditionnelle. In: Barnabé, G. (Ed.), **Aquaculture**, vol 1. Tech. and Doc. Lavoisier, Paris, 1986, pp. 345–390.

HERNÁNDEZ D., O. ; TROCCOLI G., L.; MILLÁN Q., J. Crecimiento, engorde y sobrevivencia de la Ostra de Mangle *Crassostrea rhizophorae* Guildig, 1828 en la Isla de Cubagüa, Venezuela. **Caribbean Journal of Science**, v. 34, n. 3-4, pp. 243-249, 1998.

HORN FILHO, N. O. Estudos morfossedimentares (1970-2004) nas praias da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil, uma síntese. **Gravel**, Porto Alegre: COMAR/CECO-UFRGS, v. 2, p. 57-70, 2004.

HUBENER, L. M. **O movimento comercial do Porto de Nossa Senhora do Desterro do século XIX**, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1979.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros – **Estatística de 2005**. In:http://200.198.202.145/seap/Dados_estatisticos/boletim2005a%28tabela%29.pdf

IBBOTSON, Dominique Pires. **Poliquetas espionídeos em ostras *Crassostrea gigas* e no plâncton da Praia da Ponta do Sambaqui**, Florianópolis/SC – Brasil. Dissertação (Aqüicultura UFSC). Florianópolis, 2002.

IBGE - **Estimativas da população para os municípios brasileiros**. Data de referência em 1º de julho de 2004. ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_Projecoes_Populacao/Estimativas_2005/ Consultado em 04/01/2005.

IEAPM - Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, **Histórico**, Disponível em: <http://www.ieapm.mar.mil.br/historico.htm>, Consultado: 10/09/2006.

IFREMER - **Programme Surveillance et Evaluation de l'Etat des Eaux Littorales Département Environnement, Microbiologie et Phycotoxines**. REPHY, Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines. Inventaire cartographique des points de prélèvement. Nantes, 2006b.

_____ **Conchyliculture française. Production aquacole française – 2000**. Disponível em: <http://www.ifremer.fr/aquaculture/conchyliculture/france.htm>. Consultado em: 14/09/2006.

_____ **Défi "Morest", Etude des mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas***, Synthèse des résultats présentés au cours du séminaire du 26-28 novembre 2003 à La Rochelle, Acessado em 21 de fevereiro de 2006, Disponível em : <http://www.ifremer.fr/com/dossier-presse/05-12-03-morest.htm>.

_____ **Historique**, Acessado em 15 de novembro de 2005, Disponível em: <http://www.ifremer.fr/francais/institut/historique.htm>.

_____ **Progrès technologiques au sein des industries alimentaires: impact sur la qualité des produits.** Groupe: "Produits alimentaires d'origine aquatique, Rapport d'experts préalable au rapport de l'académie des technologies, Nantes, 2006a, Consultado em: 08/12/2006, Disponível em: http://www.museum.agropolis.fr/pages/savoirs/produits_aquatiques/.

_____ **Bilan LERPC des actions MOREST en 2004.** Disponível em: http://www.ifremer.fr/lerpc/etudes_recherche/morest/morest.htm, Consultado em: 05/12/2006)

KAMPEL, M. **Estimativa da produção primária e biomassa fitoplanctônica através de sensoriamento remoto da cor do oceano e dados *in situ* na costa brasileira.** São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Oceanografia), Universidade de São Paulo.

LAARIBI, A. **SIG et de l'analyse multicritère,** Paris, Ed, Hermès Science Publication, 2000.

LACERDA, E. P. **O Atlântico Açoriano: uma antropologia dos contextos globais e locais da Açorianidade,** Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Antropologia Social), Universidade Federal de Santa Catarina.

LAMBERTS, Roberto. **Relatório técnico do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.** Florianópolis, 2005. Consultado em: 10/01/2007. Disponível em: 150.162.76.35/aets/documentos/RT200502.pdf

LE GALL e RAILLARD. J.L. Influence de la température sur la physiologie de l'huître *Crassostrea gigas*. **Océanis** 14 (1988), pp. 603–608. Institut Océanographique, Paris, FR.

LE MOINE, O. **Exemple d'un programme scientifique en soutien à la profession : programme National MOREST, en France,** Apresentado na Fenaostra, 24-26 novembre 2004, Florianópolis, 2004.

_____ O. GEAIRON, P., SOLETCHNIK, P., FAURY, N., GOULLETQUER, P., ROBERT, S., RAZET, D., HEURTEBISE, S., TAILLADE, S. **Réseau de surveillance de la croissance et production de l'huître creuse *C. gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron : bilan de 12 années de suivi (1986-1998),** La Tremblade : IFREMER, DRV/RA/RST 00-02, mars 2000, 46 p, + annexes.

_____ O. **Système d'information géographique (SIG) au Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes (LCPC): exemples d'utilisation et travaux en cours pour l'aide à la gestion spatiale des élevages conchylicoles.** La Tremblade : IFREMER, DRV/RA/RST, 2000.

_____ LE MOINE, O., RAZET, D., DUFOURG, C., SOLETCHNIK, P., GOULLETQUER, P. Développement d'une méthodologie de cartographie spatiale des paramètres hydrologiques des élevages côtiers d'huîtres, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), **2 CoastGIS'99**, Brest : IFREMER, 1999.

____ O.; GEAIRON, P.; PATICAT; F. **Rapport de mission à Florianópolis** 07-09/10/2005 Décembre 2005, DOP/LER/Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais, Programme durabilité des systèmes de production, Ifremer, 2005.

LENTINI, C. A. D., PODESTÁ, G. G., CAMPOS, E. J. D. e OLSON, D. B., Sea surface temperature anomalies on the Western South Atlantic from 1982 to 1994, **Continental Shelf Research**, Volume 21, Issue 1, January 2001.

LIMA, I. D., GARCIA, C. A. E., & MÖLLER, O., Ocean surface processes on the southern Brazilian shelf: characterization and seasonal variability, **Continental Shelf Research**, n. 16, 1996, pp. 1307–1317.

LINS, H. N., Território, cultura e inovação: a ótica dos sistemas agroalimentares localizados. In: IX Encontro Nacional de Economia Política, **Anais do IX Encontro Nacional de Economia Política**, Uberlândia, 2004.

LOGULLO, R. T., **A influência das condições sanitárias sobre a qualidade das águas utilizadas para maricultura no Ribeirão da Ilha, Florianópolis, SC**, Florianópolis, 2005, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.

LOMAKINE, C. **Contribution des bassins versants aux pollutions des écosystèmes conchylicoles du Croisic et de Pen-Bé: approche couplage SIG-Modèle**. Rapport ou étude. Année d'édition: 2005. Disponível em: http://lomakine.cedric.free.fr/pdf/Presentation_these.pdf. Consultado em: 17/03/2006.

LOUBERSAC, L. **Les outils en environnement littoral - Les systèmes d'information géographique**. Paris : Equinoxe, 1994.

____ L., POPULUS, J.; DURAND, C.; PROU, J.; Kerdreux, M.; LE MOINE, O. **Système d'information à référence spatiale et gestion d'un espace de production ostréicole: le cas du bassin de Marennes Oléron**. La Tremblade (France), Ifremer, 1997.

____ L.; SALOMON, J. C.; DURAND, C.; GAUDINEAU, C. Perspectives offertes par la communication entre un modèle hydrodynamique et un SIG pour l'aide au diagnostic environnemental, Caractérisation de la dynamique et la qualité des masses d'eaux côtières, **CoastGIS'99**, Brest : IFREMER, 1999.

MACHADO, M. **Maricultura como base produtiva geradora de emprego e renda: estudo de caso para o distrito de Ribeirão da Ilha no município de Florianópolis - SC - Brasil**, Florianópolis, 2002, Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina.

MAO, Y.; ZHOU, Y.; YANG, H. & WANG, R., Seasonal variation in metabolism of cultured Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Sanggou Bay, China, **Aquaculture**, volume 253, Issues 1 – 4, 31 March, 2006, Pages 322-333, Available online 27 June 2005.

MARCELINNI, S. S. **Diretrizes para utilização de tecnologia de sistemas de informação geográfica (SIG) na exploração de informações hidrológicas – exemplos de aplicação.** São Paulo, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo.

MARENZI, A. W. C., **Impactos do cultivo de moluscos marinhos sobre a comunidade bentica,** São Carlos, 2002. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos, 2002.

MARTEIL, L. La conchyliculture française. L'ostreiculture et la mytiliculture. Parte 3. **Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes**, Volume 43 (1), Mars, 1979.p. 10-130.

MATSUURA, Y. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC). Rio de Janeiro, **Ciência e Cultura**, 38, 1986, (8):1439-1450.

MELESSE, A. M. et al. Spatially distributed mapping and modeling: GIS watershed: GIS-BASED storm runoff response and hydrograph analysis: part 2. **Journal of Spatial Hydrology**, Vol.3, No.2, Fall 2003.

_____ A. M.; GRAHAM, W. D.; JORDAN, J. D. Spatially distributed watershed mapping and modeling: GIS-based storm runoff response and hydrograph analysis: part 2. **Journal of Spatial Hydrology**, Vol.3, No.2, Fall 2003.

MELLO, L. C. **Otimização de técnicas voltamétricas de redissolução para determinação de metais traço em amostras de águas de ambientes costeiros de Santa Catarina,** Florianópolis, 2003, Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

_____ L. C.; CLAUDINO, A.; RIZZATTI, I.; BORTOLUZZI, R. L.; e ZANETTE, D. R. Analysis of Trace Metals Cu²⁺, Pb²⁺ and Zn²⁺ in Coastal Marine Water Samples from Florianópolis, Santa Catarina State, Brazil, **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Vol. 16, No. 3A, 2005:308-315.

MELLO, L. G. M. **Taxas de biodeposição e clareamento do mexilhão Perna perna em ambiente de cultivo,** Florianópolis, 1999, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

MELO, E.; MARTINS, R. P.; FRANCO, D. Standing wave tide at Florianopolis Bay (Brazil) and its influence on Bay pollution, **Proceedings of BORDOMER 97 - Coastal Environment Management and Conservation**, IFREMER, Tomo 2, Bordeaux, França, 1997, pp 143-151.

MENDES, C. A. B., CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 2001

MENDONÇA, M. **A dinâmica tempo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis / SC.** São Paulo, 2002, Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo.

_____. M. Aspectos do Clima Regional e Urbano da Ilha de Santa Catarina. In: CECCA/FNMA, **Uma Cidade numa Ilha**, Segunda Edição, Florianópolis: Ed, Insular, 1997.

Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, **Présentation de la directive cadre sur l'eau**. 2004. Disponível em : http://www.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=79, Consultado em 2007.

Ministère de l'agriculture et de la pêche. **Textes généraux**. Arrêté du 21 mai 1999 relatif au classement de salubrité et à la surveillance des zones de production et des zones de reparcage des coquillages vivants. J.O. n° 132 du 10 juin 1999 page 8508. Disponível em: http://www.ifremer.fr/lerpc/pdf/Arrete_class.pdf

Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Histórico do cultivo de moluscos bivalves no Brasil**. Disponível em: http://www.mercadodapesca.com.br/cadeias_moluscos.php?pag=historico

MONTEIRO, C. A. **A frente polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil**. São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1969.

_____. C. A. **Geografia Regional do Brasil – Região Sul**, Série Biblioteca Brasileira, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, tomo 1, cap. 3, p. 117-169, 1963.

_____. C. A.; MARKUS, E.; GOMES, K. M. F. Comparação da pluviosidade nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul nos invernos de 1957 e 1963. **Climatologia** (3) 1971, São Paulo: IG-USP.

MONTEIRO, M. A. **Avaliação das condições atmosféricas no entorno do complexo termelétrico Jorge Lacerda para controle da qualidade do ar**. Florianópolis, 1997, Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina.

_____. M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL**. Florianópolis, v, 16, n, 31, p, 69-78, 2001.

_____. M. A.; FURTADO, S. M. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica, **GEOSUL**, Florianópolis, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

MOURA, R.; KLEINKE, M. de L. U. Espacialidades de Concentração na Rede Urbana da Região Sul, **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n,95, jan,/abr, 1999, p, 3-25.

MUELLER, S. Le P. **Modelação da circulação induzida por ondas na zona de arrebenção**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

NEPTUNE, Y.M.B.; POLI, C.R.; FERREIRA, J.F. **Dados ecológicos sobre poliqueta *Polydora websteri* (Hartman) (Fam. Spionidae) em cultivo da ostra do Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) em Florianópolis.** In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PATOLOGISTAS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, 6.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PATOLOGISTAS DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, 2., 2000, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis:UFSC, 2000. p.31.

OLIVEIRA NETO, F. M. de. **Produção da Maricultura (camarão, mexilhões e ostras) em 2005 no Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri/Cedap, 2006, Acessado em: 20/09/2006, Disponível em: <http://www.epagri.rct-sc.br/epagri/index.jsp>.

PAGE, H. M. & LASTRA, M. Diet of intertidal bivalves in the Ria de Arosa Spain: evidence from stable C and N – isotope analysis. **Marine Biology** , 2003, n. 143: 519-532.

PAPY, L. **La côte atlantique de la Loire à la Gironde**, Tome I : Les aspects naturels, Introduction a un étude de géographie humaine, Tome II : l'home et la mer, Étude de géographie humaine, Bordeaux, Ed. Delmas, 1941.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Geração de direções de fluxo para modelagem hidrológica de grande escala, In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa: **Anais do XVI SBRH**, 2005.

PEREIRA, M. L. M. **Caracterização ambiental de áreas sob influência de cultivos de moluscos nas baías Norte e Sul, Ilha de Santa Catarina – SC**, Florianópolis, 2000. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina.

PEREIRA, R. C., e SOARES-GOMES, A. (org.). **Biologia Marinha**, Rio de Janeiro, Interciência, 2002.

PETERSON, R.G. & STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress In Oceanography**, Vol. 26, n. 1 , 1991, pp.1-73.

PETIT, C. Gestion intégrée de la zone côtière d'Opale : la démarche SIG de l'observatoire de l'environnement littoral et marin, **CoastGIS'99**, Brest : IFREMER, 1999.

PIMENTA, F. M.; CAMPOS, E. J. D.; MILLER, J. L. & PIOLA, A. R. A numerical study of the river plume along the southeastern South America continental shelf. **Brazilian Journal of Oceanography**, 53(3/4):129-146, São Paulo : IOUSP, 2005.

PIOLA , A. R.; MÖLLER JR, O. O. & PALMA , E. D. O impacto do Rio da Prata, **Revista Ciência Hoje** n. 216, vol. 36, Junho de 2005.

_____, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER JR, O. O. ; CHARO, M.; MARTINEZ, C. Subtropical Shelf Front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 105, no. C3, pp. 6565-6578, 15 Mar. 2000.

POLI, C. R. **Brazilian Mariculture Linkage Project** - University of Victoria-BC, Memorial University, New Foudland, Malaspina College, Nanaimo-Canada-CIDA, UFES, UFMA, UFRGN e UFSC, 1997 a 2001.

_____. C. R. **Biologia e Gerenciamento de algumas de algumas espécies de moluscos comerciais de Santa Catarina** – Relatório. CNPq, 1997 a 1999.

_____. R. **Biologia e Gerenciamento de Algumas Espécies Comerciais de Moluscos no Estado de Santa Catarina** - Relatório. CNPq, 1995.

_____. C. R. Cultivo de ostras do pacífico (*Crassostrea gigas*, 1853), In: POLI, C. R.; POLI, A. T. B.; ANDREATTA, E. R.; BELTRAME, E. (Org.). **Aqüicultura Experiências Brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa, 2004, pp. 251- 266.

_____. C. R. et al. **Viabilidade do cultivo de ostras consorciado com o cultivo de camarões** – Relatório Final, UFSC – FAPEU, Florianópolis, 1985.

_____. C. R. Projeto a FEPA: **Desenvolvimento da Ostreicultura em Santa Catarina**, 1992.

_____. C. R. Projeto a Fundação Banco do Brasil: **Implantação do Cultivo de ostras em comunidades Litorâneas de Santa Catarina**, 1992.

_____. C. R. Projeto a Red Latino-americana de Aqüicultura: **Desenvolvimento da Osteicultura em Comunidades Litorâneas de Santa Catarina I: Implantação de Módulos de Observação**, 1992.

_____. C. R. Projeto a SUDEPE: **Laboratório de Produção de Sementes de Ostras**, 1987.

_____. C. R. Projeto Integrado para o CNPq: **Estudo de Moluscos Marinhos de Potencial Marinhos de Potencial Econômico no Estado de Santa Catarina-Brasil**, 1991.

POLITO, P. S. e SATO, O. T. **Tópicos Especiais em Oceanografia Física: Oceanografia por Sensores Radiométricos**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000, Fonte: http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&andlr=lang_pt&andq=cache:IWLWx78RgdkJ:www.dsr.inpe.br/dsr/polito/home_html/apostila_IO1.pdf+transporte+de+Ekman+ , Acessado em: 15/07/2006.

POPULUS J.; LOUBERSAC, L.; PROU, J. ; Kerdreux, M. & LE MOINE, O. Geomatics for the management of oyster culture leases and production, **Coastal and Marine Geo-Information Systems**: (21) (2003) : 261-274.

_____. J.; LOUBERSAC, L.; PROU, J.; Kerdreux, M.; LE MOINE, O. **Les outils géomatiques pour des applications de gestion du secteur ostréicole**, IFREMER, 1996.

POWELL, E. N.; KLINCK, J. M.; HOFFMANN, E. E.; McMANUS, M. A. Influence of water allocation and Freshwater inflow on oyster production: a

hydrodynamic-oyster population model for Galveston Bay, Texas, USA. **Environmental Management**, v. 31, n. 1, 100-121, 2003.

POZEBON, D. **Uso da valorização eletrotérmica para a introdução de amostras no ICP-MS**, Florianópolis, 1998. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS (PMF) – Instituto de Geração de Oportunidade de Florianópolis. **Informações básicas da maricultura em Santa Catarina e no município de Florianópolis**. Consultado em: 05/04/2005. Disponível em: www.pmf.sc.gov.br/igeof/arquivos/maricultura_informacoes.doc

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, **Decreto nº 4.895 de 25 de novembro de 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.

PRITCHARD, D. W. Observations of circulation in coastal plain estuaries. In: LAUFF, G. H. (ed.) **Estuaries**. American Association for the Advancement of Science, 1967, pp. 37–44.

PROU, J. **La place de la recherche dans les procédures de gestion intégrée des pertuis charentais**, IFREMER, 1998.

PRUDÊNCIO, R. de S., **Estudo numérico da circulação induzida pela maré na baía de Florianópolis**, Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina.

RNO 2006.- **Surveillance du Milieu Marin**. Travaux du RNO. Edition 2006. Ifremer et Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.

ROBERT, S. ; GEAIRON, P. ; GUILPAIN, P. ; RAZET, D. ; FAURY, N. ; SEUGNET, J. L. ; GRIZON, J. ; SOLECHNIK, P. ; LE MOINE, O. ; GOULLETQUER, P. ; TAILLADE, S. **REMOULA 2000 : réseau de Croissance moules des Pertuis Charentais, mars 2000-février 2001**, DRV/RST/RA/2001-03, 2001.

_____. S. ; LE MOINE, O. Elevage d'huîtres en eau profonde année 2001, Bilan de 6 Mois d'élevage d'avril à octobre 2001, **L'Echo des Cabanes**. 2002.

ROPERT et al. Le risque thermique : Caractérisation des environnements Thermiques des 3 sites ateliers de MOREST en lien avec les mortalités observés sur le terrain, **Programme des Journées MOREST**, Caen, France, Novembre 2004.

ROSA, R. de C. C. **Impacto do cultivo de mexilhões nas comunidades pesqueiras de Santa Catarina**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina.

SABRY, R. C. **Parasitas em ostras de cultivo (*Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gigas*) da Ponta de Sambaqui, SC**. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SÁENZ ISLA, L. A.; **Análises de biomarcadores bioquímicos e concentração de metais em mexilhões *Perna perna* (Linné, 1758) cultivados no litoral central de Santa Catarina**, Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado e Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral**, Florianópolis, 1997.

SANTOS, A. A. dos **Levantamento expedito da qualidade bacteriológica das águas da baía Sul da Ilha de Santa Catarina, Distrito de Ribeirão da Ilha**, I Seminário sobre qualidade da água da baía Sul e saneamento básico em seu entorno, Apresentação oral, Florianópolis, dezembro de 2005.

SAVIOLI, J. ; LARSEN, L. C. ; LABROSSE, A. Outils SIG et modèles numériques pour la gestion des zones côtières, **CoastGIS'99**, Brest : IFREMER, 1999.

SCHLEMPER, S. R. de M. **As cores das marés: a construção cultural do conhecimento sobre as marés vermelhas**, Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **Planeta Azul: uma Introdução às Ciências Marinhas**, Rio de Janeiro: Interciências, 2004.

SEIBERT, E. L. **Determinação de elementos traço em amostras de águas do mar, sedimento, mexilhões e ostras, da região costeira da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil, por espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado**, Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

SELLERS, M. A. & STANLEY, J. G. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (North Atlantic) American oyster. **U.S. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/11.23**. U.S. Army Corps of Engineers, 1984.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, C. M. e **Ganchos/SC : ascensão e decadência da pequena produção mercantil pesqueira**, Florianópolis: FCC: Ed, da UFSC, 1992.

SILVA, D. **Esgoto sanitário em Florianópolis**, Florianópolis, 1989. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, I. R. da. **Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico**. São José dos Campos, 2004. Dissertação de mestrado, INPE.

SILVA, L. F. da. **Identificação de sub-ambientes na baía Sul (SC) com base na análise de variáveis oceanográfico-sedimentares**, Florianópolis, 2002, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, L.C.F.; ALBUQUERQUE, C. A. M.; CAVALHEIRO, W.W. & HANSEN, C. M. P. Gabarito tentativo para as massas de água da costa sudeste brasileira, **Anais Hidrográficos**, 1984, 51:261-299.

SILVEIRA JR, N, **Introdução da ostra Japonesa no litoral de Santa Catarina**, Florianópolis: UFSC/CNPq, 1989, (Relatório final de pesquisa).

____ N.; SARDENBERG, B.; BROGNOLI, F.; FISHER, C. The Pacific Oyster Growth at South Bay of Santa Catarina Island, Brazil, **Resumos: WORLD AQUACULTURE**, Salvador, Maio de 2003.

____ N et al. Influência da passagem de frentes frias na diminuição de temperatura das águas da baía Sul da Ilha de Santa Catarina durante a primavera e verão 2001 a 2005, **Resumo: SBPC**, Oceanografia, Florianópolis, 2006.

SOLETCHNIK, P. Impact du changement climatique sur un écosystème estuarien : le bassin de Marennes-Oléron, **La lettre du PIGB-PMRC-France**, juillet 2001, 37-41.

____ P.; LE MOINE, O.; FAURY, N.; RAZET, D.; GEAIRON, P.; ROBERT, S.; GOULLETQUER, P.; TAILLADE, S. **Mortalité et croissance de l'huître creuse C, gigas dans le bassin de Marennes-Oléron : résultats obtenus sur le site atelier de Ronce Pertuis de 1997 à 1999**, DRV/RA/RST 00-04, mars 2000.

____ P.; LE MOINE, O.; FAURY, N.; RAZET, D.; GEAIRON, P.; GOULLETQUER, P. Mortalité de l'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron: étude de la variabilité spatiale de son environnement et de sa biologie par un d'informations géographiques (SIG), **Aquatic Living Resources**, 12(2) : 131-143, 1999.

____ P.; LE MOINE, O.; FAURY, N.; RAZET, D.; GEAIRON, P.; ROBERT, S.; GOULLETQUER, P et TAILLADE, S. **Mortalité et croissance de l'huître creuse dans le Bassin de Marennes Oléron**, Résultats obtenus sur le site atelier de Ronce-Perquis em 1997-1999, Ifremer, La Tremblade , 2000.

____ P., FAURY, N. & GOULLETQUER, P. Seasonal changes in carbohydrate metabolism and its relationship with summer mortality of Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Marennes–Oleron bay (France). **Aquaculture**, 252 (2006) 328– 338. www.elsevier.com/locate/aqua-online

____ P., LE MOINE, O.; FAURY, N.; GUILPAIN, P.; GEAIRON, P.; RAZET, D.; MADEC, P.; SEUGNET, J. L.; ROBERT, S.; TAILLADE, S. & DONER, A. **Contributions du Laboratoire Conchylicole de Poitou-Charentes au défi MOREST en 2002**, R,INT/RA/LCPC/2003-06, 2003.

____ P.; LE MOINE, O.; GOULLETQUER, P.; GEAIRON, P.; RAZET, D.; FAURY, N., FOUCHÉB D. & ROBERT, S. Optimization of the traditional Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) culture on the French Atlantic coastline: autumnal fattening in semi-closed ponds. **Aquaculture**: July 2000;

199 (73-91). Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00554-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00554-3), Consultado em: 10 de setembro de 2006.

_____. P.; LAMBERT, C. & COSTIL, K. Summer mortality of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in relation to rearing environmental conditions. **Journal of Shellfish Research**, 24 (1), 197-207, 2005.

SOUZA, M. C. de A. **A Corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas**, São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Oceanografia), Universidade de São Paulo.

STANISIÈRE, J. Y. ; FILLON, A. ; THOMAS, G. **Modélisation de l'impact sanitaire de la station d'épuration de Fouras avant et après déplacement du point de rejet**. La Rochelle: IFREMER, 2004,-2 vol, (32 p, + annexes).

STEWART, R. H. **Introduction to Physical Oceanography**. Texas A and M University, September 2004 Edition, disponível em <http://kingfish.coastal.edu/physics/msci301/stewart/TOC.pdf>

SUPLICY, Felipe Matarazzo. **Population and ecophysiological modelling of the cultured mussel *Perna perna*: towards the development of a carrying capacity model**, TASMANIA, 2004. University of Tasmania, Austrália.

TASCETTO, A. S. **O impacto do Oceano Atlântico Sul no clima regional**. São Paulo, 2006. Tese (Doutorado em Oceanografia), Universidade de São Paulo.

TORO J. E.; PAREDES, P. I., VILLAGRA, D. J.; SENN, C. M. Seasonal Variation in the Phytoplanktonic Community, Seston and Environmental Variables During a 2-Year Period and Oyster Growth at Two Mariculture Sites, Southern Chile. **Marine Ecology**. v. 20, n. 1, 1999.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC, **Curso sobre cultivo de ostras**, Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos, Florianópolis, 1995.

VIECILI, F. L., POMPÊO, C. A. Levantamentos Topográficos no Estado de Santa Catarina: A Disponibilidade de Bases Cartográficas, **COBRAC 2004, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC**, Florianópolis, 10 a 14 de Outubro 2004.

VINATEA A., L. **Aqüicultura e desenvolvimento sustentável. Subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira**. Florianópolis: EDUFSC, 1999.

_____. A., L. **Princípios químicos da qualidade da água: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1997.

_____. A., L.; **Modos de apropriação e gestão patrimonial de recursos costeiros : estudo de caso sobre o potencial e os riscos do cultivo de moluscos marinhos na baía de Florianópolis, Santa Catarina**. Florianópolis,

2000, Tese (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Santa Catarina.

WINCKLER, S. **Cadeias Produtivas do Estado de Santa Catarina: Aqüicultura e Pesca**, Florianópolis: Epagri, 1998.

ZAVIALOVA, P.; MÖLLER JRR, O. O.; CAMPOS, E. First direct measurements of currents on the continental shelf of Southern Brazil. **Continental Shelf Research** 22 (2002) 1975–1986.

ZEILHOFER, P. & LIMA, R. M. N. de. Região: uma aplicação SIG para subsidiar a regionalização de vazões, In: **Caminhos de Geografia** - revista on line do Instituto de Geografia da UFMT, Volume 17, Ano 7, Junho – 2006, Consultada em: 14/08/2006, Disponibilizada em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>.