

DÉBORA CRISTINA DOS SANTOS FIGUEIREDO

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES
GEOGRÁFICAS APLICADA AO ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT –
IAH, PARA INDICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS AO CULTIVO DE OSTRA**



Monografia apresentada como requisito à conclusão do Curso de Especialização em Geoprocessamento do Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento – CIEG, Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Orientador: Ms. Milton Luiz Brero de Campos

Co-Orientador: Dr. Ariel Schaefer da Silva

CURITIBA

2003

DEDICATÓRIA

Em memória de meus pais:
mesmo ausentes continuam a
contribuir para meu crescimento pessoal.

594.11
F 475d
2003
ex 21

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e mestre Milton Luiz Brero de Campos, pelos inestimáveis ensinamentos e dedicação, a minha gratidão e admiração.

Ao Dr. Ariel Schaeffer da Silva, meu co-orientador pelo apoio e disponibilidade, minha gratidão e apreço.

Minha gratidão ao CIEG, nas presenças de sua coordenadora, professora Lizana Kátia Schmitz dos Santos pelo apoio dispensado, e sua secretária Maria Inês de Oliveira por sua indispensável solicitude e gentileza;

Minha gratidão aos professores do Centro de Estudos do Mar – CEM - da Universidade Federal do Paraná, Dr. Frederico Brandini e Dr. Maurício Noernberg, pelo fornecimento dos dados usados neste trabalho.

Ao Dr. Jaime Fernando Ferreira do Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina; minha gratidão pela atenção dispensada tão prontamente e pelos dados cedidos;

À SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos minha gratidão pelos dados disponibilizados;

Sou grata ainda, a Rodrigo, meu companheiro dedicado e amoroso, por estar sempre presente, em todas as circunstâncias.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE MAPAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE SIGLAS	vii
RESUMO.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 A ESPÉCIE <i>Crassostrea gigas</i>	3
2.1.1 As variáveis físico-químicas do habitat para o cultivo de ostras	4
2.2 ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT.....	6
2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG.....	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1 MATERIAIS.....	10
3.1.1 Base Cartográfica	10
3.1.2 Base Digital.....	10
3.1.3 Softwares.....	11
3.1.4 Hardwares.....	11
3.1.5 Dados	11
3.1.6 Caracterização da Área.....	12
3.2 MÉTODOS.....	14
3.2.1 Preparação da Base de Dados Vetoriais.....	14
3.2.2 Preparação dos dados da variável Profundidade	15
3.2.3 Preparação dos dados da variável Salinidade.....	16
3.2.3.1 Aplicação do Método de Regressão Linear para a geração de um modelo de estimativa da Salinidade em função da Profundidade	17
3.2.3.2 Aplicação do Método de Interpolação "Inversa Distância Ponderada" para a interpolação e extrapolação dos valores de Salinidade	19
3.2.3.3 Aplicação da média aritmética para obtenção da distribuição final da Salinidade	20
3.2.4 Preparação dos dados da variável Temperatura.....	21
3.2.5 Preparação dos dados das variáveis "Transparência da água, Total de Sedimentos em Suspensão e Clorofila-A".....	23
3.3 APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT	25
3.3.1 Implementação da Metodologia utilizando recursos do SIG	26
3.3.2 Tratamento dos Layers contendo o IAH para cada variável e Layer final do IAH.....	28

3.3.3 Critérios para avaliação do resultado	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
APÊNDICES E ANEXOS.....	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL PROFUNDIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ,USANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO "TIN ".....	16
FIGURA 2 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL SALINIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO A ESTIMATIVA POR REGRESSÃO LINEAR	18
FIGURA 3 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL SALINIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW	19
FIGURA 4 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL SALINIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ A MÉDIA ARITMÉTICA DOS MÉTODOS IDW E REGRESSÃO LINEAR.....	20
FIGURA 5 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL TEMPERATURA AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW.....	22
FIGURA 6 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW.....	23
FIGURA 7 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL TOTAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW.....	24
FIGURA 8 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL CLOROFILA-A AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW.....	24
FIGURA 9 – DIAGRAMA DE ETAPAS DA INTEGRAÇÃO SIG – IAH.....	31
GRÁFICO 1 - REPRESENTAÇÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO LINEAR ENTRE AS VARIÁVEIS SALINIDADE E PROFUNDIDADE.....	17
GRÁFICO 2 – REPRESENTAÇÃO DO RESÍDUO DA REGRESSÃO LINEAR ENTRE AS VARIÁVEIS E PROFUNDIDADE	18
GRÁFICO 3 – ESQUEMATIZAÇÃO DO GRÁFICO DO ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT	26

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
MAPA 2 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL SALINIDADE, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH	32
MAPA 3 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL PROFUNDIDADE, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH	33
MAPA 4 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH	34
MAPA 5 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL CLOROFILA-A, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH	35
MAPA 6 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL TOTAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH	36
MAPA 7 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL TEMPERATURA, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH	37
MAPA 8 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS AO CULTIVO DA ESPÉCIE <i>Crassostera gigas</i> SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFSC/BMLP AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ – PR.....	38
MAPA 9 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS AO CULTIVO DA ESPÉCIE <i>Crassostera gigas</i> SEGUNDO OS PADRÕES DE SILVA (1995), AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ – PR.....	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS, COLETADA POR MARTINS (1994)	11
TABELA 2 - LISTA DAS ENTIDADES GEOGRÁFICAS VETORIAIS	14
TABELA 3 - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES DOS PONTOS DE TEMPERATURA E OS DNS MÉDIOS PARA ANÁLISE DE REGRESSÃO	21
TABELA 4 - PARÂMETROS CONSIDERADOS PARA CONSTRUÇÃO DOS HISTOGRAMAS DE ÍNDICES	25
TABELA 5 - COMPARAÇÃO DA PROBABILIDADE CONDICIONAL COM A MÉDIA GEOMÉTRICA NA AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO IAH	29
TABELA 6 – COMPARAÇÃO DA PROBABILIDADE CONDICIONAL COM A MÉDIA GEOMÉTRICA EXEMPLIFICADA PARA NÚMERO DE VARIÁVEIS DIFERENTES	30

LISTA DE SIGLAS

- BMLP - Brazilian Mariculture Linkage Program
- CIDA - Canadian International Development Agency
- CEM - Centro de Estudos do Mar da UFPR.
- DBMS - Database Management System
- DN - Digital Number ou valor numérico do pixel.
- DHN - Diretoria de Hidrologia e Navegação da Marinha do Brasil
- IAH - Índice de Adequabilidade do Habitat
- IDW - Inverse Distance Weighted
- LCMM - Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos da UFSC
- LN - Logaritmo Natural ou Neperiano
- LOG - Logaritmo
- MNT - Modelo Numérico de Terreno
- SAD 69 - South América Datum, 1969.
- SIG - Sistemas de Informações Geográficas
- TIN - Triangulated Irregular Network
- TSS - Total de Sólidos em Suspensão
- UFPR - Universidade Federal do Paraná
- UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
- USFWS - United States Fisheries and Wildlife Services
- UTM - Universal Transversa de Mercator

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de metodologia que integre o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com procedimentos de avaliação de habitats desenvolvidos pelo United States Fish and Wildlife Service (USFWS, 1981) – o Índice de Adequabilidade do Habitat – IAH, que permite a quantificação dos recursos ambientais nas várias sessões dos corpos d'água marinhos, com a finalidade de indicar áreas propícias ou não ao cultivo de ostras nas baías de Paranaguá e Antonina – litoral do estado do Paraná. Primeiramente, foram trabalhados dados físico-químicos da água do mar, representados pelas variáveis Salinidade, Temperatura, Clorofila-A, Transparência da água, Total de Sólidos em Suspensão e Profundidade; através de extrapolações e interpolações da tecnologia SIG. Para cada espécie de ostra há uma condição ambiental adequada para a sobrevivência da espécie e parâmetros que avaliam esta condição. A espécie de ostra escolhida para este estudo foi a espécie *Crassostrea gigas* (ostra do Pacífico), e os parâmetros utilizados foram fornecidos pelo Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos (LCMM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Este trabalho, comparou a metodologia desenvolvida para a utilização do Índice de Adequabilidade do Habitat com os parâmetros utilizados por SILVA (1995), para a mesma espécie. A metodologia desenvolvida para aplicação do Índice de Adequabilidade do Habitat através do SIG, espacializou o índice de cada variável utilizada ao longo das baías de Antonina e Paranaguá, além de indicar as melhores áreas para cultivo da espécie de ostra estudada. Esta metodologia poder ser aplicada a outras espécies, na indicação da adequabilidade destas às condições e restrições ambientais.

1 INTRODUÇÃO

As regiões costeiras despertam grande interesse por permitir intensas e variadas atividades humanas, como portuárias, pesca, agricultura, turismo e grandes assentamentos humanos.

Grandes investimentos são realizados nos setores da piscicultura (produção de peixes), carcinicultura (produção de camarões), ranicultura (produção de rãs) e aquicultura (cultivo de organismos animais e vegetais aquáticos); sendo esta uma importante alternativa para produção de proteína animal, complementando com produções crescentes, parte da parcela não suprida pela pesca extrativa.

Entretanto, a partir da década de 60, um outro setor da aquicultura começa a suscitar interesses – a Malacocultura (NETO, 2002), ou seja, o cultivo de moluscos. A criação de bivalves é uma atividade socialmente justa, pois apresenta baixo custo de implantação, passível de execução por grupos familiares e pequenos produtores. Por serem animais filtradores, retiram seu alimento da própria água, dispensando quaisquer investimentos com alimentação; seu manejo é permanentemente rentável.

As alterações ambientais para implantação são mínimas; o que lhe confere o caráter de ambientalmente sustentável. É ecologicamente viável porque requer ambiente livre de poluição; além de integrar-se ao ecoturismo nos municípios produtores. (NETO, 2002)

Em resposta à necessidade de um manejo eficaz no cultivo de ostras, partindo de estudos das espécies e seus habitats, foram criados modelos, ou seja, representações dos aspectos fundamentais de um cultivo de ostras, e sua interação com as demais atividades.

O Modelo do Índice de Adequabilidade do Habitat ou Habitat Suitability Index – HSI desenvolvido pelo United States Fish and Wildlife Service (USFWS, 1981) tem sido utilizado com sucesso na determinação de locais apropriados ao cultivo de ostras, pois é um modelo simples, com boa capacidade de síntese de dados e fácil interpretação de resultados. (SILVA, 1995)

Na utilização destes modelos e seus amplos critérios, o uso de instrumentos que permitam agilidade, precisão e rapidez nas análises, bem como, visualização das representações geradas, é muito importante.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vêm emergindo como uma poderosa tecnologia que permite a integração de dados e métodos. Com o SIG é possível elaborar mapas, modelar, fazer buscas e analisar uma grande quantidade de dados, apresentando-se como tecnologia para apoiar a automação de metodologias e análises ambientais. Este estudo apresenta a automação do Modelo de Índice de Adequabilidade do Habitat através da ferramenta SIG.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é explorar os recursos de análise da tecnologia SIG, desenvolvendo metodologias para tratamentos de dados geográficos com a finalidade de indicar áreas propícias ou não ao cultivo de ostras nas baías de Paranaguá e Antonina – litoral do estado do Paraná, baseado dos procedimentos de avaliação de habitats desenvolvidos por United States Fish and Wildlife Service (USFWS, 1981), que permite a quantificação dos recursos ambientais nas várias sessões dos corpos d'água marinhos.

A automação da metodologia representa um recurso para apoiar decisões em planejamentos de zoneamentos marinhos.

1.1.1 Objetivos Específicos:

- Avaliar as formas possíveis de tratamentos de dados através de extrapolações e interpolações usando o SIG.
- Automatizar o uso do Índice de Adequabilidade do Habitat – IAH, usando o recurso de SIG, apresentando as técnicas possíveis para a operação de estruturas de dados distribuídas espacialmente;
- Proporcionar a visualização de áreas através da construção de mapas indicativos de áreas propícias ao cultivo de ostras, utilizando para isso o IAH – Índice de Adequabilidade do Habitat.

Não é objetivo deste estudo a comprovação dos dados derivados de estimativas e extrapolações, bem como, se os locais de cultivo de ostras nas áreas indicadas pelo mapeamento como propícias correspondem à realidade, portanto, não fazem parte desta monografia aferições com coletas de campo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A ESPÉCIE *Crassostrea gigas*

As ostras são moluscos marinhos bivalves (do latim *bis* = duas vezes, e *valves* = concha), pertencentes à família *Ostreidae*. No gênero *Crassostrea*, a concha é muito variável, geralmente alongada; com a valva inferior em forma de colher, funda e encaixada sob a articulação; e a valva superior plana, opercular. O cultivo de moluscos bivalves é uma atividade recente no Brasil, sendo o gênero *Crassostrea* cultivado apenas a partir do final dos anos 70. (GEOBRASIL, 2002).

As ostras são animais filtradores, ou seja, filtram a água do mar ingerindo partículas em suspensão na coluna d'água, como materiais orgânicos e inorgânicos, e principalmente, o fitoplâncton. (LCMM/UFSC, 2002)

As ostras da espécie *Crassostrea gigas*, apresentam sexos separados, as fêmeas produzem ovócitos e os machos espermatozóides. A cada estação de desova, os organismos podem mudar de sexo. Nas espécies do gênero *Crassostrea*, os gametas são liberados diretamente para o meio externo, onde ocorre a fecundação. Após a fecundação, ocorre o desenvolvimento embrionário; as células se dividem após 12 a 18 horas, formando uma larva livre-nadante, denominada "trocófora". Passadas 24 horas, a larva assume o formato de um "D", denominando-se agora, larva D ou "véliger"; esta já possui a capacidade de se alimentar, com o auxílio de uma estrutura chamada "vélum", também utilizada para nadar. (LCMM/UFSC, 2002)

Quando completam 14 a 18 dias, as larvas deixam de ser planctônicas; ocorrem modificações morfológicas, como o aparecimento de uma mancha ocular e do pé. Agora denominadas "pedivéliger" procuraram um substrato ideal para se fixarem. Após a fixação, uma nova metamorfose ocorre, assumindo assim a forma definitiva de uma ostra, porém, de pequeno tamanho. Neste substrato elas crescem até atingirem o tamanho comercial. (LCMM/UFSC, 2002)

Algumas espécies de ostras vivem, segundo (SANTOS, 1955) "dentro de uma zona estreita onde a água do mar e a água doce entram em contato, uma zona sujeita a flutuações súbitas e muito amplas nos graus de salinidade, temperatura e outros fatores". Estas áreas são denominadas de "manguezais", ambientes com

abundância de alimento, substrato para fixação, menor índice de predadores e competidores, colonizado por espécies com tolerância à variabilidade dos fatores físico-químicos como salinidade, temperatura, turbidez da água e tempo de imersão. (SANTOS, 1955)

Para ABSHER (1987, p. 145-147):

"As características mais importantes dos manguezais para a ostreicultura são salinidade reduzida, região entre-marés com baixo relevo topográfico, hidrodinamismo atenuado, abundância de substratos duros e presença de fitoplâncton." [...] "Antes da definição dos métodos de cultivo e extensão da cultura torna-se necessário conhecer as características físicas, químicas e hidrográficas da área."

Outras espécies não se desenvolvem somente no mangue, o que faz o cultivo de ostras depender da espécie de molusco, da forma de cultivo, dos fatores físico-químicos da água e outros parâmetros oceanográficos como marés, correntes, etc. O mais importante é uma interação entre esses diferentes fatores. Cada espécie cresce e se desenvolve de acordo com suas características próprias, respondendo diferentemente a cada tipo de habitat. (LCMM/UFSC, 2003)

2.1.1 As Variáveis Físico-Químicas do Habitat para o cultivo de ostras

BROWN¹ apud SILVA (1995) considera como variáveis físico-químicas que influenciam o desenvolvimento e sobrevivência das ostras a salinidade, temperatura, clorofila-A (alimento disponível), sedimentos em suspensão, correntes marítimas, oxigênio dissolvido, pH.

PAULEY (1988) utiliza como condição ambiental as variáveis físico-químicas temperatura, salinidade, sedimentos em suspensão e circulação da água.

A variável "salinidade" é a quantidade total de substâncias, como íons cloro, sulfato, sódio, magnésio, potássio; entre outras, dissolvidas na água do mar; onde a relação entre elas se mantém constante mesmo se a concentração total destas constituintes varie de lugar para outro. (PICKARD, 1968)

As ostras são animais pecilotérmicos, ou seja, sua temperatura corporal varia com as oscilações da temperatura do ambiente; fazendo com que esta seja

¹ BROWN, J. R. ; HARTWICK, E. B. *A Habitat Suitability Index Model for suspended tray culture of the Pacific oyster, Crassostrea gigas Thunberg*. Aquaculture and Fisheries Management, 19: 109-126.

considerada umas das mais importantes variáveis físicas que afetam a sobrevivências das ostras. (SILVA, 1995)

A variável "Total de Sedimentos em Suspensão" (TSS) é resultante da presença de partículas orgânicas ou inorgânicas em suspensão na água, responsáveis por variações quantitativas e qualitativas das águas, como penetração da luz, fotossíntese e produtividade. Concentrações elevadas de sólidos em suspensão são danosas, pois impedem e reduzem excessivamente a passagem da luz. (POMPÊO, 1999)

A energia luminosa proveniente do sol, modifica substancialmente a estrutura térmica e interfere nos padrões de circulação e de estratificação da massa de água. A faixa da superfície até o ponto da máxima profundidade atingida pela luz, e onde ainda seja possível ocorrer a fotossíntese pode ser determinada com a utilização do "disco de Secchi". O disco de Secchi, é um prato chato, com determinado peso suficiente para afundar; pintado de branco ou em 4 partes intercaladas de branco e preto; preso ao centro por um cordão ou bastão com escala, e mede profundidades correspondentes a percentuais da luz incidente na coluna de água sub-superficial. (POMPÊO, 1999)

A variável "transparência da água" é medida pelo disco de Secchi e varia bastante entre os ecossistemas aquáticos, estando na dependência do regime de circulação da massa de água, da natureza geoquímica da bacia e do regime das chuvas. A redução da transmissão da luz está relacionada dispersão da luz devido a matéria particulada em suspensão. A transparência apresenta relação com a concentração de clorofila, pois a Clorofila-A absorve energia luminosa, convertendo-a em energia química. A Clorofila-A é considerada alimento para as ostras. (POMPÊO, 1999)

2.2 ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT

O Modelo do Índice de Adequação do Habitat (IAH) ou Habitat Suitability Index Model foi desenvolvido pelo U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) a partir de 1980, como parte de um programa de avaliação do ambiente. (FMRI, 2003)

O Índice de Aptidão de Habitat é um índice numérico resultante da razão entre a estimativa ou medida das condições do ambiente e um padrão de comparação considerado "ótimo" das condições deste ambiente para determinada espécie. (USFWS, 1981)

$$\text{Valor do Índice (IAH)} = \frac{\text{Condições do Habitat Estudado}}{\text{Condições Padrões Ótimas do Habitat}}$$

Este índice numérico resultante é ordenado de 0,0 a 1,0, com a extremidade superior da escala representando o "melhor" habitat e a medida que se aproxima de 0,0 as possibilidades diminuem até a total inadequação do habitat; numa relação linear entre o valor resultante e a capacidade do habitat para sustentar uma espécie em condições naturais. (USFWS, 1981)

O IAH tem sido utilizado na modelagem de espécies terrestres, de água doce e marinha, sendo que para o cultivo de moluscos bivalves faz-se referencia aos autores citados por SILVA (1995, p. 18)

A construção do Modelo IAH abrange determinadas etapas, conforme os requisitos do habitat para cada espécie estudada. Estes requisitos se traduzem em variáveis, cada qual com seus valores padrões (condição ótima). Baseados na literatura para indicar estes valores padrões, a adequabilidade de cada uma das variáveis usadas no modelo é descrita em um gráfico de adequabilidade que exhibe o relacionamento entre as variáveis e o índice. Após a definição do índice de cada variável, este modelo trabalha com interações múltiplas das variáveis, como relações cumulativas entre elas, relações compensatórias, relações espaciais e fatores limitantes. (USFWS, 1981)

O IAH resulta de uma caracterização geral e específica dos requisitos de um habitat para determinada espécie, usadas para apoiar tomadas de decisões em relação a ações que envolvem esta determinada espécie. (USFWS, 1981)

2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG

Há muitas definições de SIG, com ênfases diferentes em vários aspectos do SIG:

Para Burrough (1987) "SIG é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real".

Segundo FOOTE (2000) o "SIG é uma base de dados digital, de propósito especial, no qual um sistema de coordenadas espaciais comum é o meio primário de referência. Toda a informação em um SIG é vinculada a um sistema de referência espacial".

Para COWEN² (apud CÂMARA, 1997) SIG é "um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas".

ARONOFF (1989) considera que "um SIG fornece os meios através dos quais a informação num espaço geográfico pode ser usada para uma grande variedade de aplicações e por usuários com muita diversidade de habilidades".

Ainda segundo FOOTE (2000), o "SIG possui a habilidade em integrar grandes quantidades de informação sobre o ambiente, aliado às suas ferramentas analíticas para explorar estes dados; e para ser um SIG deve possuir recursos como":

- Entrada dos dados a partir de mapas, fotografias aéreas, imagens de satélites, levantamentos de campo, e outras fontes;
- Armazenamento, recuperação e busca de dados;
- Transformação de dados, análise e modelagem, incluindo estatística espacial;
- Comunicação dos dados, através de mapas, relatórios e planos.

Para representar a realidade geográfica utilizam-se modelos, que pode ser compreendido como sendo qualquer a representação simplificada do mundo real, que possibilite reconstruí-lo; prever seu comportamento, transformação ou evolução. (CHRISTOFOLETTI, 1999)

Os modelos geo-campo e geo-objeto representam a distribuição espacial de

² COWEN, D. J. *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences*. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 54:1551-4, 1988.

um fenômeno geográfico. No modelo geo-campo este fenômeno distribui-se continuamente ao longo do espaço geográfico, portanto, qualquer posição neste espaço corresponde a algum valor de uma variável do fenômeno representado. No modelo geo-objeto este fenômeno é representado no espaço geográfico como objetos distintos e identificáveis. (CÂMARA, 2002)

Um fenômeno geográfico tem seus elementos representados na forma de dados geográficos, esta representação traduz-se em: *Entidade* – uma representação abstrata de um objeto do mundo real; *Atributos* – uma propriedade que descreve uma entidade ou um relacionamento e *Relacionamento* – uma associação entre duas ou mais entidades distintas. (VASCONCELOS, 1999)

No SIG, os dados são armazenados em duas classes de representações geométricas: vetoriais e matriciais. A representação matricial consiste de uma matriz com colunas e linhas, onde cada célula possui um valor numérico, onde célula por célula se constrói um elemento a ser representado. Este valor numérico é um código referente a um atributo estudado, de tal forma que computador identifica a que elemento ou objeto pertence determinada célula. (CÂMARA, 2002)

Esta célula na representação matricial contém o menor elemento de uma imagem digital denominado pixels (uma contração do termo picture element) e esta forma de representação é conhecida como "raster" (células regulares). (JOHNSTON, 1998)

Na representação vetorial, cada objeto é representado por um elemento gráfico associado a um par ou mais de coordenadas. Estes elementos são: pontos, linhas, áreas ou polígonos. (RODRIGUES, 1990)

O SIG se distingue de outros programas pois, permite armazenar as relações entre representações vetoriais, denotadas como relações topológicas. (CÂMARA, 2002)

O SIG também trabalha com dados não-espaciais, ou ainda segundo CÂMARA (1997), com qualquer informação descritiva (nomes, tabelas, números e textos) relacionada com um único objeto, elemento, entidade gráfica ou um conjunto deles, que caracteriza um dado fenômeno gráfico.

Além de armazenar dados não-espaciais em seus próprios arquivos internos, o SIG se integra com outros tipos de software para gerenciamento de dados, os DBMS - Database Management System (p. e.x. dBase, Oracle),

permitindo ao usuário manipular dados fora do ambiente SIG. Softwares que permitem análises estatísticas mais avançadas são comumente integrados aos SIG. (JOHNSTON, 1998)

PIERCE et al (2001) exemplifica, de forma abrangente, a integração do SIG com gerenciadores de dados e pacotes estatísticos para melhorar o entendimento da dinâmica espaço-temporal da abundância de espécies de cefalópodes visando a melhora no gerenciamento da pesca destes moluscos.

Suas funções de análises espaciais distinguem o SIG de outros sistemas de informações; dados espaciais e não-espaciais são usados para fazer simulações (ou modelos) sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros. CÂMARA (1997)

EASTMAN (1998, p. 13) refere-se as características de análise espacial do SIG de duas formas: como ferramentas analíticas e operações analíticas. Como conjunto de ferramentas analíticas, este autor denomina **[de maneira simplificada]** as operações lógicas como união e intersecção (operações Booleanas), álgebras de mapas, operadores de distância e operadores de contexto (ou operadores de vizinhança). Em álgebra matemática utilizam-se operações matemáticas e combinações de fatores matemáticos para modificar os valores dos dados, a fim de produzir o resultado desejado. Ainda para EASTMAN:

"As ferramentas de álgebras de mapas, geralmente, possibilitam três diferentes tipos de operações:

1. modificar aritmeticamente valores de dados de atributos sobre o espaço por uma constante (como é aritmética escalar);
2. transformar matematicamente valores de dados de atributos por uma operação padrão (como funções trigonométricas, transformações logarítmicas e assim por diante);
3. combinar matematicamente (como adicionar, subtrair, multiplicar, dividir) diferentes planos de dados para produzir um resultado composto."

Em operações de distância, um conjunto de técnicas **[não citadas pelo autor]** a distância desempenha um papel fundamental na análise. (EASTMAN, 1998)

CÂMARA (2002, p. 8-18) denomina esta operação como "mapa de distância" onde uma operação puramente geométrica a partir de um objeto referência.

A ultima ferramenta analítica, os operadores de vizinhança processam-se com base na informação de uma vizinhança **[sua dimensão e forma]**. Nesta classificação incluem-se análises de superfícies como , modelo digital de elevação,

filtros digitais. (EASTMAN, 1998)

CÂMARA (2002, p. 8-18) inclui como operações de vizinhança "cálculos de valores *mínimo, máximo, médio, modal*; filtros, métodos de interpolação espacial para Modelo Numérico de Terreno – MNT (como médias por vizinho mais próximo), mapas de declividade e exposição para MNT, e índices de diversidade".

E finalmente, as operações analíticas procuram criar hipóteses sobre os relacionamentos entre as variáveis, através de derivações, simulações e modelagem de processos. Nesta classificação exemplificam-se modelos empíricos como o método de análise de regressão; modelos de estimativas como Interpolações; modelos de sistemas e modelos estatísticos que apóiam tomadas de decisão. (EASTMAN, 1998)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Base Cartográfica:

A base cartográfica selecionada para o trabalho foi a carta náutica da Diretoria de Hidrologia e Navegação (DHN) da MARINHA DO BRASIL – 1995 – nº 1824, em escala 1:50.000; no sistema de projeção Mercator, datum de Córrego Alegre e sistemas de coordenadas geográficas.

A base cartográfica foi digitalizada posteriormente e convertida para o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), datum SAD 69; com a finalidade de facilitar integração dos dados e a interpretação dos resultados.

3.1.2 Base Digital

Os pontos de batimetria foram espacializados a partir da base de dados alfanuméricas em meio digital, cedido pelo CEM – Centro de Estudos do Mar da UFPR. (NOEMBERG, 1997)

3.1.3 Softwares

O processamento dos dados foi realizado com os seguintes sistemas computacionais comerciais: ERDAS v. 8.3.1 (Imagine), ArcView v. 3.2 e ArcView GIS v.8.1 e suas extensões Spatial Analyst e 3D Analyst (ESRI); Access e Excel (Microsoft), CorelDraw 9 (Corel).

3.1.4 Hardwares

O equipamento utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi um PC com processador Pentium III 850 Mhz – 256 MB RAM e HD de 40 GB.

Os periféricos utilizados foram um Scanner HP 3400C; impressora HP DeskJet 930C; Zip Drive 100 MB.

3.1.5 Dados

Os dados de amostragem foram obtidos a partir das informações contidas na dissertação de mestrado de Mauro Ribeiro Martins. (MARTINS, 1994) O autor coletou dados em 63 pontos (Anexo 2), dos quais foram usados apenas 46 pontos pois possuíam georreferenciamento, ao longo das baías de Antonina e Paranaguá. As amostras foram obtidas somente na camada superficial da água (50 cm); de janeiro a julho de 1991.

Destes dados, as variáveis estudadas por esta monografia são: (Tabela 1)

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS, COLETADAS POR MARTINS (1994)

VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS
PTOS	Pontos de amostragem
batimetr.	Batimetria (m)
TRA	Transparência da Água – Disco de Secchi (m)
SAL	Salinidade – partes por mil (0/00)
CLO	Análise da Clorofila A ($\mu\text{g/l}$)
TSS	Total de sólidos em suspensão (mg/l)

MARTINS, Mauro R. Dissertação de Mestrado. "Estudos da massa d'água superficial das baías de Paranaguá e Antonina (PR), utilizando Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento". Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP Rio Claro, concluído em 1994. p. 42-43

As amostras foram coletadas nas seguintes datas ao longo do ano de 1991: 15/01, 31/01, 04/03, 20/03, 05/04, 07/05, 24/06 e 10/07; porém, as análises deste estudo foram feitas sobre os dados coletados no dia 15/01/1991. (Anexo 1)

Os valores escolhidos para a estimativa da variável Temperatura foram obtidos através da tese de doutorado de LOPES (1997, p.46) – Anexo 3 - e imagem termal da baía de Paranaguá – LANDSAT, de fevereiro de 2002, bandas 6L e 6H; obtida junto a SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná.

Os parâmetros das variáveis utilizados para o cultivo de ostras (Salinidade, Clorofila-A, Transparência da água, Sólidos em suspensão e Profundidade) foram fornecidos via e-mail pelo Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos (LCMM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e BMLP - Brazilian Mariculture Linkage Program (CIDA – Canadá), através de entrevista ao coordenador Dr. Jaime Fernando Ferreira (Tabela 4). Estes dados se referem à espécie *Crassostrea gigas* (ostra do Pacífico), uma espécie introduzida, cultivada na Praia de Pinheira, litoral do Estado de Santa Catarina, e são resultados de análises empíricas periódicas (médias gerais feitas a cada 15 dias) de 1998 a 2002. Os parâmetros podem conter discrepâncias nas tendências gerais, mas elas são ocasionais e pontuais. Não ocorreu grande diferença entre os dados de superfície (50 cm) e fundo (> 2 m).

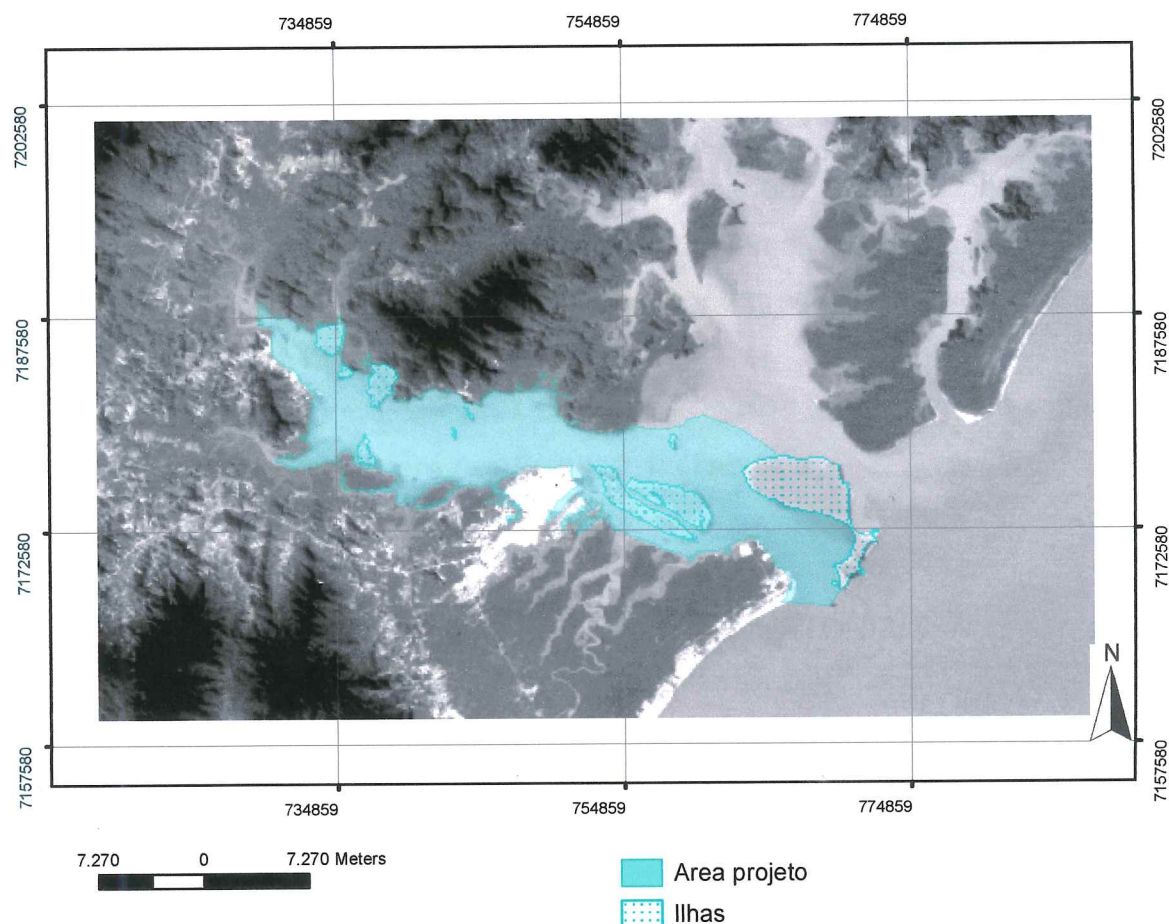
3.1.6 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O complexo estuarino da Baía de Paranaguá, situado na costa sul do Brasil, entre 25°16' - 25°34' S e 48°17' - 48°42' W. O complexo é formado pelas Baías de Paranaguá, propriamente dita, de Antonina no eixo leste-oeste e pelas Baías das Laranjeiras, Guaraqueçaba e Pinheiros, no eixo norte-sul (LOPES, 1997). Dentro do complexo estuarino da Baía de Paranaguá apenas as baías de Paranaguá (propriamente dita) e Antonina são objetos de estudos desta monografia. (Mapa 1)

A Baía de Antonina possui seu eixo principal com direção NW-SE, com margens recobertas por mangues, predominantemente, e recebe drenagem dos rios Cachoeira, Nhundiaquara, Nunes, entre outros. A Baía de Paranaguá, localizada entre a baía de Antonina e o Canal da Galheta (que liga a baía ao Oceano Atlântico),

seu eixo principal está na direção E-W e recebe drenagem dos rios Itiberê, Rio dos Correias, Rio dos Almeidas, Rio Guaraguaçu e Rio do Maciel. (MARTINS, 1994)

MAPA 1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



O aporte de água doce que as baías de Antonina e Paranaguá recebem, equivalem 54% da área de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá. (MANTOVANELLI, 1999)

Segundo NOERNBERG (2001, p. 14) "as bacias hidrográficas de Antonina e Paranaguá apresentam deficiência hídrica no inverno, visto que neste período a evaporação é, em média, sete vezes superior à precipitação. No verão ocorre excedente hídrico, intensificando o aporte de água doce no estuário. O potencial de erosividade pela chuva é oito vezes superior ao do inverno".

Dentre os principais aglomerados urbanos instalados às margens destas baías destacam-se as cidades de Antonina, Paranaguá, Pontal do Sul, situadas ao sul das baías.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Preparação da Base de Dados Vetoriais

Primeiramente, a carta náutica foi scannerizada e, posteriormente, georreferenciada no sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), datum SAD 69; para a compatibilizar e facilitar a integração dos dados, através do software ERDAS v 8.3.1 (Imagine).

As entidades geográficas, então, foram digitalizadas nos seguintes planos de informações, através do software ArcView v. 8.1: (Tabela 2)

TABELA 2 - LISTA DAS ENTIDADES GEOGRÁFICAS VETORIAIS

ENTIDADES GEOGRÁFICAS	FORMATO
Área do Projeto	vetorial
Pontos de batimetria ao longo da baía	vetorial
Pontos de amostragem ao longo da baía	vetorial
Ilhas ao longo da baía	vetorial
Pontos de batimetria arbitrado em 0,50 m	vetorial
Pontos de batimetria arbitrado em 0,10 m	vetorial

FONTE: O autor

Um estudo de extrapolação de dados foi feito sobre a amostragem de 63 pontos de coleta determinados por MARTINS (1994). Ao serem extrapolados os dados, muitos erros são induzidos; sendo necessário determinar formas de aumentar a precisão e calibragem dos dados.

A distribuição dos pontos de batimetria (profundidade) mostrou vazios em alguns pontos da baía, principalmente, nas áreas onde deságuam os rios da baía e em áreas de mangue e areia, sendo interpretadas pelo software como áreas de profundidade com valor zero (0). Este valor é utilizado para representar a parte terrestre (continente e ilhas) da baía. Arbitrou-se, então, que as áreas sem valor de batimetria identificadas deveriam ter profundidade diferente de zero. Assim sendo, as profundidades nas áreas da desembocadura dos rios assumiram valores de 0,5 m e nas áreas próximas à parte terrestre (mangue e areia) valores 0,1 m; através de pontos com os respectivos valores a partir de critérios visuais (iterativos).

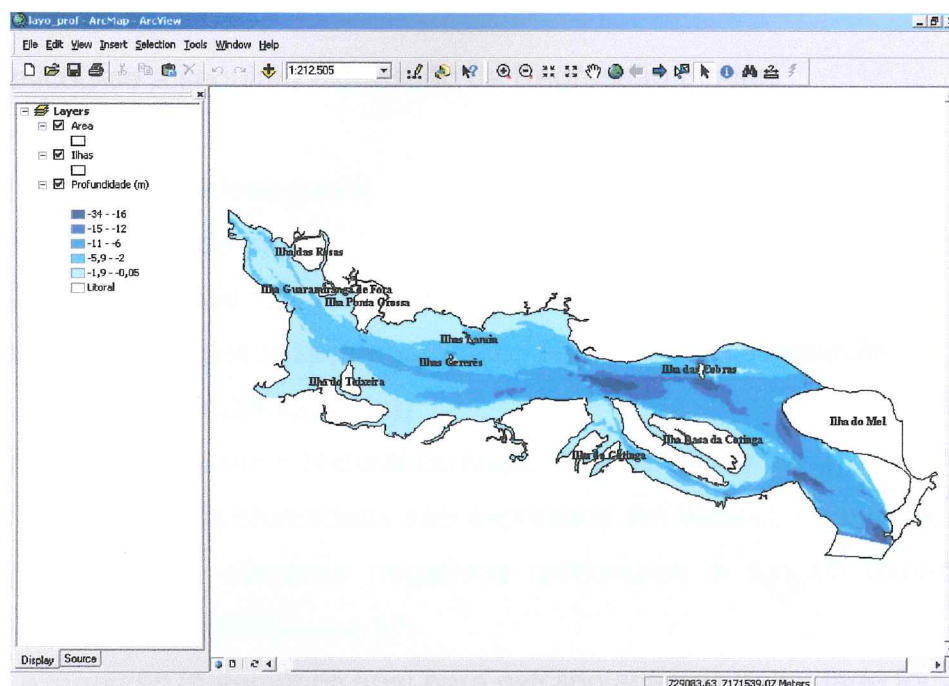
Uma vez preparada a base de dados descrita acima, foi possível realizar a análise espaciais das variáveis utilizadas neste estudo.

3.2.2 Preparação dos dados da variável Profundidade

A variável profundidade possuía a melhor densidade amostral e a melhor distribuição espacial. Os dados puderam ser interpolados, então, construindo um modelo numérico do terreno. A modelagem numérica do terreno é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. A representação matemática concernente a esta monografia foi TIN – Triangulated Irregular Network, cujos algoritmos para geração de uma grade triangular se baseia na Triangulação de Delaunay. O critério usado nessa triangulação é o de maximização dos ângulos mínimos de cada triângulo. O modelo TIN pode ser criado a partir de dados vetoriais ou dados raster.

O método TIN foi aplicado através do recurso "Create/Modify TIN" da extensão 3D Analyst do software ArcView v.8.1, e posteriormente, convertido em arquivo raster no mesmo módulo de extensão do software. (Figura 1)

FIGURA 1 - ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL PROFUNDIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ, USANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO "TIN"



FONTE: Dados trabalhados pelo autor

3.2.3 Preparação dos dados da variável Salinidade

A variável salinidade, bem como as variáveis Clorofila-A, TSS e Transparência possuíam uma baixa densidade amostral. A variável salinidade apresentou uma boa correlação com a variável Profundidade (melhor distribuída ao longo das baías) podendo ser aplicado, então, o método de regressão linear.

Este estudo comparou o método estatístico de regressão linear para estimar a distribuição da salinidade ao longo da Baía em função da profundidade com o método de interpolação por "Inversa Distância Ponderada" (IDW).

3.2.3.1 Aplicação do Método de Regressão Linear para a geração de um modelo de estimativa da Salinidade em Função da Profundidade:

Aplicou-se a seguinte expressão da Regressão Linear:

$$y = a_1 x^{a_2}$$

onde, y = salinidade (ppm)

x = profundidade (m)

a_1 e a_2 = coeficientes da equação

Com posterior linearização da função pela seguinte expressão:

$$\text{LN}(y) = \text{LN}(a_1) + a_2[\text{LN}(x)]$$

onde LN = Logaritmo Natural ou Neperiano (Gráficos 1 e 2)

Os valores de profundidade são expressos em valores negativos; como não existe logaritmo para números negativos retificou-se a função multiplicando a profundidade (x) por "menos um (-1)".

A expressão matemática final para extrapolação da salinidade foi:

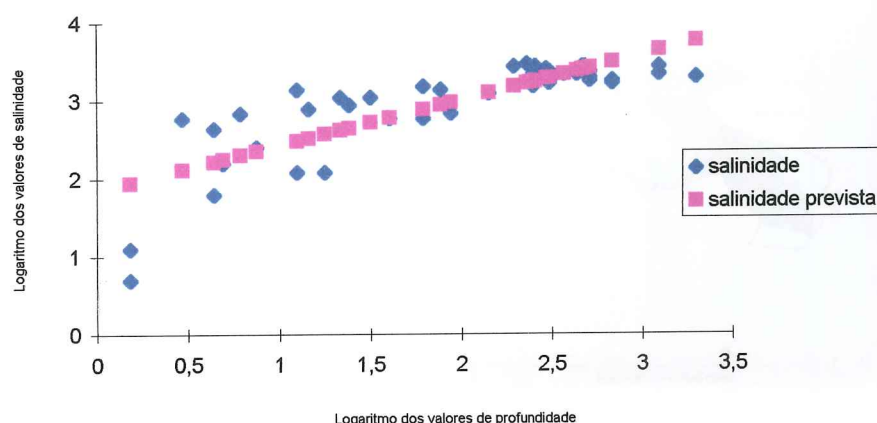
$$y = 6,292997 [(x (-1))]^{0,589996}$$

onde $\log a_1 = 1,839437$

$$a_2 = 0,583996$$

O método de regressão utilizado resultou em um coeficiente de determinação $R^2 = 0,656851$ e coeficiente de correlação R múltiplo = $0,814772$.

GRÁFICO 1 – REPRESENTAÇÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE REGRESSÃO LINEAR ENTRE AS VARIÁVEIS SALINIDADE E PROFUNDIDADE



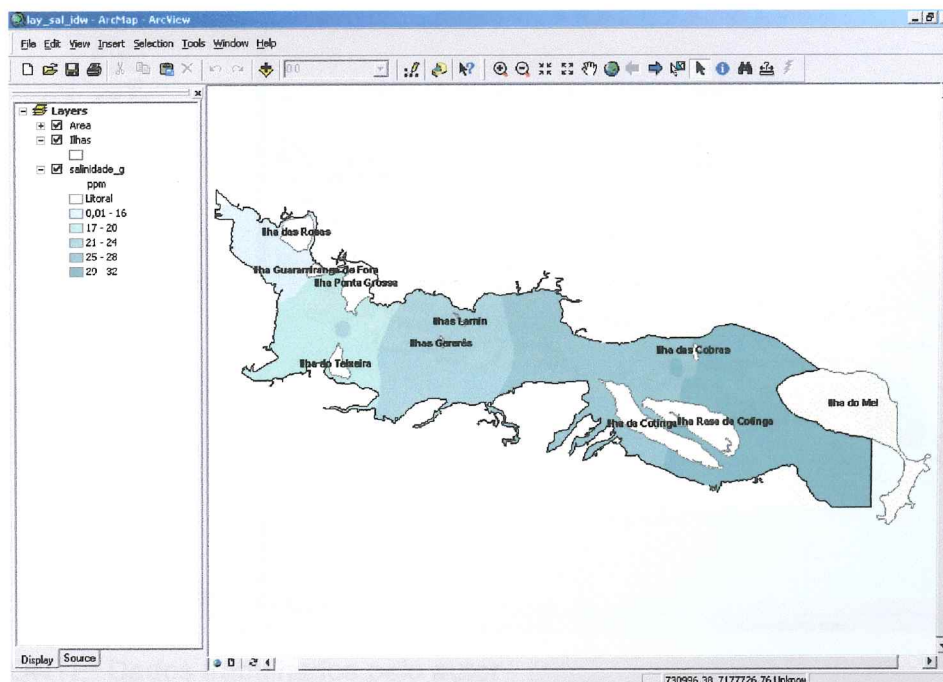
FONTE: Dados trabalhados pelo autor

3.2.3.2 Aplicação do Método de Interpolação "Inversa Distância Ponderada" para a interpolação e extrapolação dos valores de Salinidade

O método de interpolação "Inversa Distância Ponderada" (IDW) pode estimar valores desconhecidos, calculando os valores para as células (expressos em valores DN) pela média dos valores das amostras na vizinhança de cada células. Estes cálculos são gerados diretamente sobre a feição de pontos.

Neste caso, os parâmetros para esta operação foram os padrões de raio fixo e peso do recurso "Interpolate for Raster – Inverse Distance Weighted" da extensão Spatial Analyst do software ArcView v.8.1.; sendo gerado um arquivo raster da variável salinidade ao longo da baía. (Figura 3)

FIGURA 3 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL SALINIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW



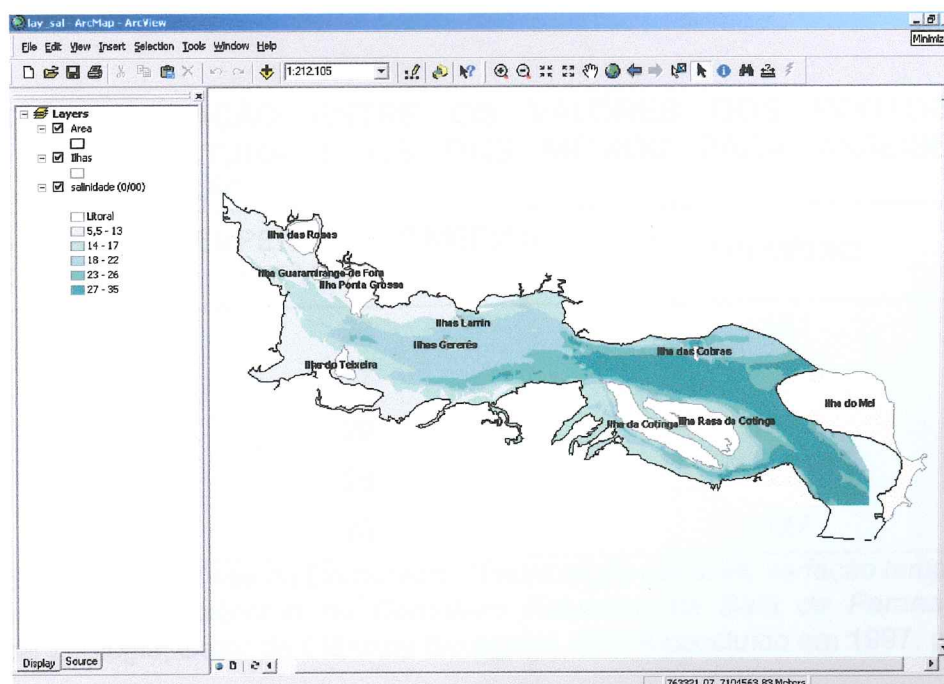
FONTE: Dados trabalhados pelo autor.

3.2.3.3 Aplicação da média aritmética para obtenção da distribuição final da Salinidade

Para obtenção do valor da Salinidade final optou-se pela aplicação da média aritmética entre os valores de cada pixel dos valores obtidos pelos dois métodos - Regressão Linear e IDW. (Figura 4)

Os resultados foram comparados com as pesquisa feitas por NOERNBERG (2001, p. 49) onde este autor mostra a variação espaço-temporal da salinidade no Eixo L-O do Complexo Estuarino de Paranaguá, nas áreas correspondentes às baías de Antonina e Paranaguá.

FIGURA 4 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL SALINIDADE AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO A MÉDIA ARITMÉTICA DOS MÉTODOS IDW E REGRESSÃO LINEAR



FONTE: Dados trabalhados pelo autor

3.2.4 Preparação dos dados da variável Temperatura

As imagens das bandas termais são contidas em uma estrutura de dados matriciais onde cada célula desta matriz representa a refletância ou luz emitida ou energia capturada por um scanner. Os valores destas células (pixels ou DN's) são expressas em uma escala da cor cinza, e em determinada resolução.

Os valores da escala de cinza se distribuem num intervalo de "0 – 255" e para que cada DN adquira um valor estimado de Temperatura foram adotados, então, os seguintes procedimentos:

- Calculou-se a média aritmética dos DN's (digital numbers) entre as duas bandas e obteve-se o valor médio de cada DN ou Pixel, gerando um novo arquivo raster.;
- Associando-se os dados de Temperatura (LOPES, 1997) com os valores de DN's do arquivo raster da média aritmética das bandas; dois pontos foram selecionados: o de menor temperatura com o menor DN médio e o de maior temperatura com o maior DN médio. (Tabela 3)

TABELA 3 - COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES DOS PONTOS DE TEMPERATURA E OS DNS MÉDIOS PARA ANÁLISE DE REGRESSÃO

NÚMERO DOS PONTOS	TEMPERATURAS MÉDIAS DE VERÃO – °C	DN MÉDIO
1	26	131
2	27	130,5
3	29	129,5
4	28	127,5
5	26	127

FONTE: LOPES, Rubens M. Tese de Doutorado. *"Distribuição espacial, variação temporal e atividade alimentar do Zooplâncton no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá"*. Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas. UFPR concluído em 1997. p. 46.

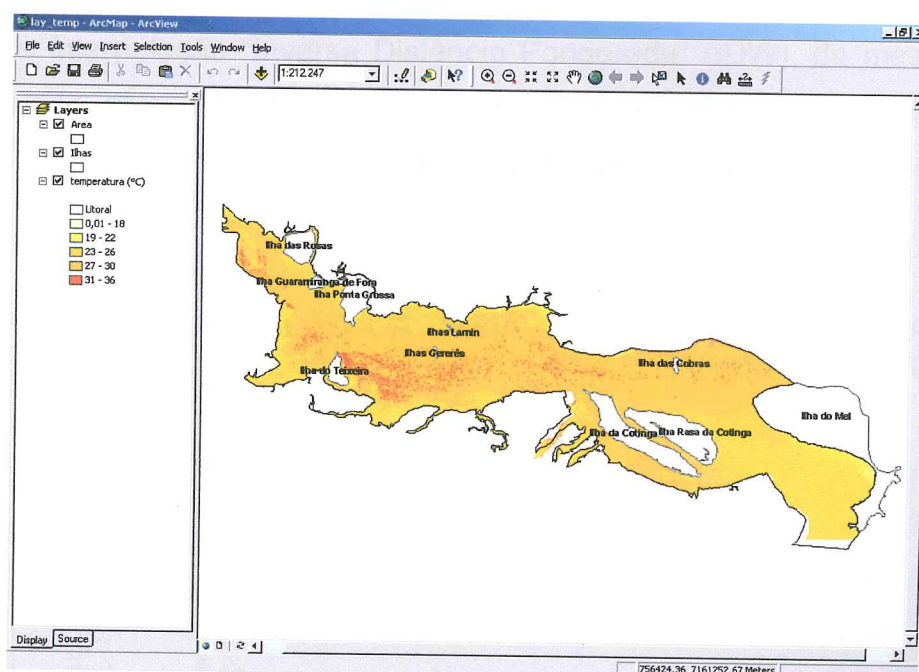
Com estes dados fez-se uma análise de regressão, onde a seguinte expressão matemática para a estimativa de temperatura foi encontrada:

$$(DN - 127) 0,2 + (DN - 101)$$

onde DN = é o valor médio de cada pixel

Aplicou-se a expressão matemática obtida no recurso Raster Calculator da extensão Spatial Analyst do Software ArcView v.8.1, sendo gerado uma imagem raster resultante contendo a distribuição espacial estimada da Temperatura ao longo da área da baía. (Figura 5) Os resultados foram comparados com as pesquisa feitas por NOERNBERG (2001, p. 50), onde ele mostra a variação espaço-temporal da temperatura no Eixo L-O do Complexo Estuarino de Paranaguá, nas áreas correspondentes às baías de Antonina e Paranaguá.

FIGURA 5 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL TEMPERATURA AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW



FONTE: Dados trabalhados pelo autor.

3.2.5 Preparação dos dados das variáveis "Transparência da Água, Total de Sedimentos em Suspensão, Clorofila-A"

As variáveis "Total de Sedimentos em Suspensão (TSS), Clorofila-A e Transparência da Água" não apresentaram correlações lineares significativas com a variável Profundidade. NOERNBERG (2001) descreve que as variáveis sofrem maiores influências de:

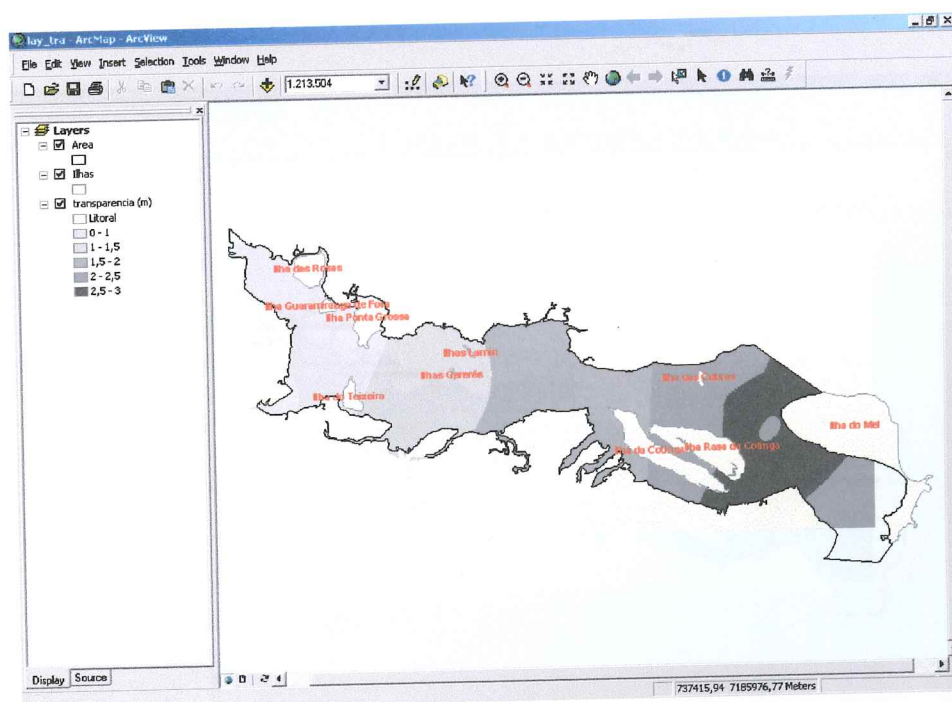
TSS – bacias de drenagem, turbidez e atividades biológicas;

Clorofila-A – temperatura e matéria orgânica;

Transparência – densidade e marés.

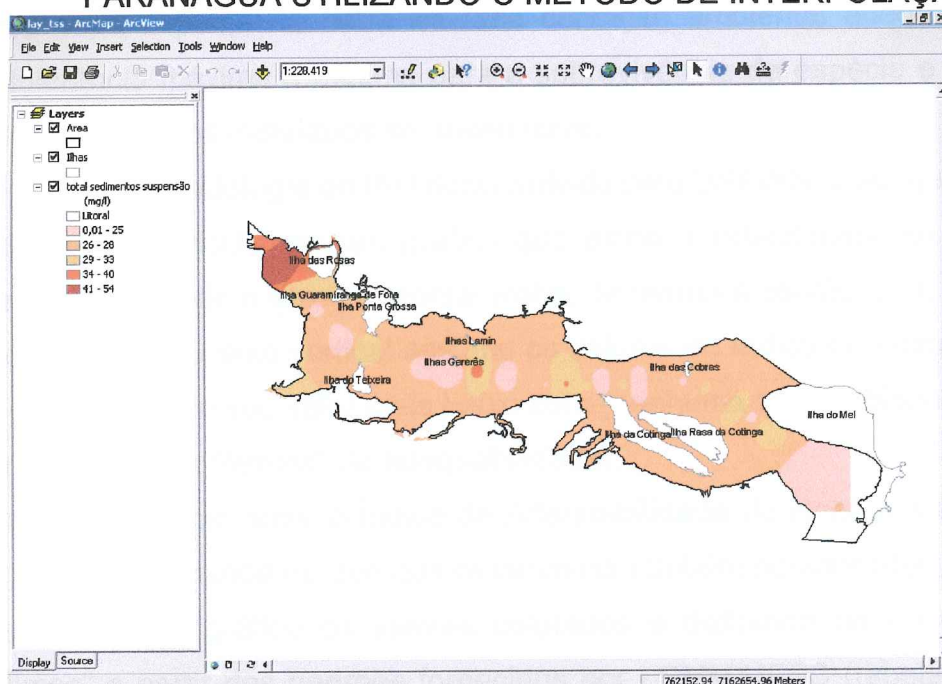
A estas variáveis foi aplicado, diretamente sobre as feições de pontos, o método de interpolação "Inversa Distância Ponderada" (IDW), da mesma maneira como descrito para a interpolação IDW da variável Salinidade (ver item 3.2.3.2). Foram gerados arquivos raster das variáveis ao longo da baía. (Figuras 6, 7 e 8)

FIGURA 6 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW



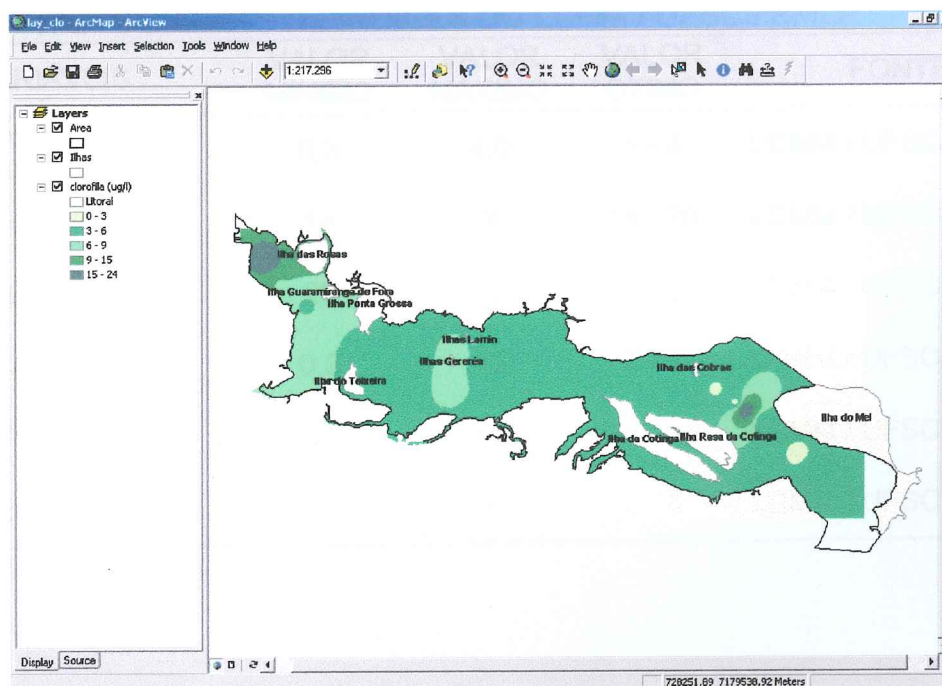
FONTE: Dados trabalhados pelo autor.

FIGURA 7 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL TOTAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW



FONTE: Dados trabalhados pelo autor.

FIGURA 8 – ESPACIALIZAÇÃO DA VARIÁVEL CLOROFILA-A AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ UTILIZANDO O MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW



FONTE: Dados trabalhados pelo autor.

3.3 APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT - IAH

Para cada espécie de ostra há uma condição ambiental adequada, com limites de tolerância máxima e mínima para a sobrevivência da espécie e um valor ótimo onde a maioria dos indivíduos se desenvolve.

Segundo a metodologia do IAH desenvolvida pelo USFWS, a adequabilidade de uma variável é descrita em um gráfico que exhibe o relacionamento entre as variáveis e o índice, onde o eixo horizontal exhibe, de maneira escalonada, as várias medições da variável. O eixo vertical assume os valores do índice que expressam a qualidade do habitat, de seu valor mais baixo zero (nenhuma adequabilidade) e seu valor máximo 1 (valores "ótimos" de adequabilidade).

O relacionamento entre o Índice de Adequabilidade do Habitat e a variável exibida no gráfico independe de que outras variáveis também possam afetar o Índice final. Aplicando-se ao gráfico os valores coletados e definindo os intervalos de valores "ótimos" a partir dos padrões fornecidos por LCMM/UFSC (tabela 4) foram construídos os gráficos do Índice de Adequabilidade do Habitat para cada variável utilizada. (Apêndice 1)

TABELA 4 - PARÂMETROS CONSIDERADOS PARA CONSTRUÇÃO DOS HISTOGRAMAS DE ÍNDICES DO LCMM / UFSC / BMLP

VARIÁVEIS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR ÓTIMO	FONTE
Transparência da água (disco de Secchi) - m	0,3	4,0	1 - 4	LCMM / UFSC / BMLP
Temperatura (°C)	14	26	14 - 20	LCMM / UFSC / BMLP
Salinidade (ppm)	28	36	32 - 34	LCMM / UFSC / BMLP
Clorofila-A (ug/l)	0,2	12	2 - 4	LCMM / UFSC / BMLP
Sólidos em suspensão (mg/l)	10	40	10 - 15	LCMM / UFSC / BMLP
Profundidade (m)	1,2	5	4 - 5	LCMM / UFSC / BMLP

FONTE: LCMM/UFSC

3.3.1 Implementação da Metodologia utilizando recursos do SIG

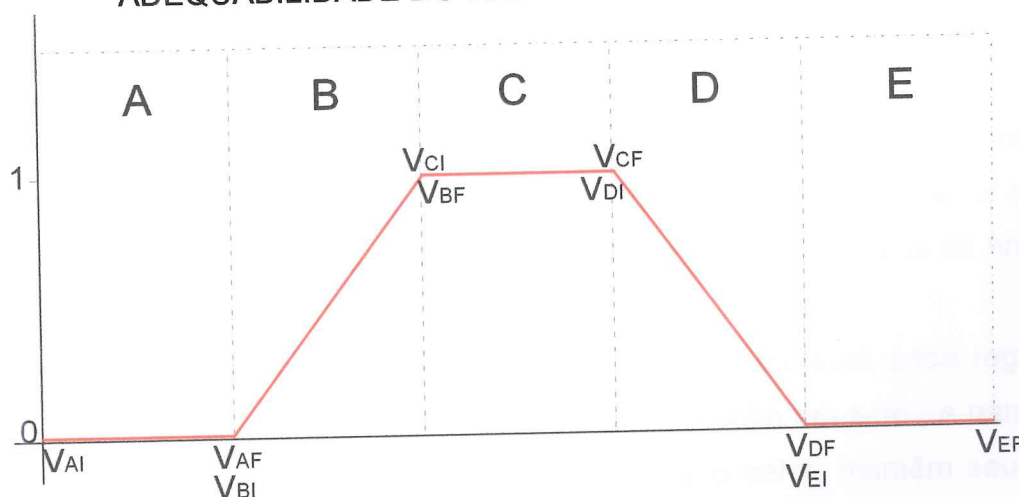
Utilizando-se álgebra de mapas, uma função que expressasse o comportamento dos gráficos, a fim de tornar possível a espacialização dos índices demonstrados nos gráfico foi criada, considerando-se as propriedades do elemento neutro em cada tipo de operação.

Na soma, o elemento com valor zero (0) é neutro, pois qualquer número somado a zero é igual a ele mesmo. Na multiplicação, o valor 1 é neutro, pois qualquer número multiplicado por 1 é igual a ele mesmo; e o fator zero (0) é um fator anulador pois qualquer número multiplicado por zero (0) é igual a zero (0).

No modelo do IAH o valor 1 corresponde ao valor ótimo de desenvolvimento da espécie, é o valor zero a situação oposta. Os valores entre zero (0) e 1 representam, ou aumento da probabilidade de sobrevivência da espécie (quando os valores vão de zero (0) até o valor ótimo 1) ou a diminuição da probabilidade de sobrevivência da espécie (quando os valores vão do valor ótimo 1 até zero).

Assim sendo, foi possível dividir cada gráfico do índice de cada variável em 5 segmentos, conforme demonstra o gráfico a seguir: (Gráfico 3)

GRÁFICO 3 – ESQUEMATIZAÇÃO DO GRÁFICO DO ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT



FONTE: Dados trabalhados pelo autor

Cada segmento do gráfico é representado por uma expressão matemática:

$$A = \text{raster} \leq V_{FA}$$

$$B = \text{raster} > V_{IB} \ \& \ \text{raster} \leq V_{FB}$$

$$C = \text{raster} > V_{IC} \ \& \ \text{raster} \leq V_{FC}$$

$$D = \text{raster} > V_{ID} \ \& \ \text{raster} \leq V_{FD}$$

$$E = \text{raster} > V_{IE}$$

Cada expressão foi aplicada ao recurso Raster Calculator da extensão Spatial Analyst do Software ArcView v.8.1, produzindo (cada uma delas) um arquivo raster temporário, com regiões geográficas distintas de valor zero e valor 1. Conforme o atributo de cada variável, um máximo de 5 arquivos raster poderia ser gerado, ou 5 classes de layers matriciais correspondente a cada segmento do gráfico.

Realizando-se a soma algébrica de cada classe definiu-se a expressão genérica para a geração de um único layer com toda a variação probabilística entre zero e 1 para cada variável, sendo aplicada através do recurso Raster Calculator da extensão Spatial Analyst do Software ArcView v.8.1:

$$\begin{aligned} &(\text{layer segA} * 0) + (\text{layer segB} * ((\text{raster da variável} - V_{IB}) / (V_{FB} - V_{IB}))) + \\ &\text{layer segC} + (\text{layer segD} * ((V_{FD} - \text{raster da variável}) / (V_{FD} - V_{ID}))) + \\ &(\text{layer segE} * 0) \end{aligned}$$

Com a soma algébrica, onde existia o valor zero, por ser neutro, não interferiu com os valores dos outros segmentos. Esta expressão varia para cada variável estudada, em função do seu gráfico do IAH. Para cada variável foi gerado um arquivo raster com a distribuição espacial do IAH ao longo das baías de Antonina e Paranaguá (ver item 4).

Realizando o produto dos layers do IAH de cada variável, cada região de valor zero multiplicado por uma região de outro valor, resulta em zero ; e para cada região de valor 1 multiplicado por uma região de outro valor, mantém seu valor; gerando, por fim, um layer com o Índice de Adequabilidade do Habitat para a espécie *Crassostera gigas* (segundo parâmetros do LMMC – UFSC), também

através do recurso Raster Calculator da extensão Spatial Analyst do Software ArcView v.8.1. (Mapa 6)

3.3.2 Tratamento dos Layers contendo o IAH para cada variável e Layer final do IAH

Para a apresentação dos mapas finais indicativos da distribuição espacial de cada variável e do mapa final a distribuição espacial das melhores áreas para cultivo de ostra segundo os dois parâmetros segundo parâmetros do LMMC – UFSC, foi necessário diferenciar a parte terrestre do corpo aquoso. Utilizou-se para isso, novamente, álgebra de mapas, considerando as propriedades do elemento neutro em cada tipo de operação (ver item 3.3.1). A parte não significativa era a parte terrestre da área de estudo - as ilhas e o litoral, adquirindo assim, o valor zero (0), de forma que os valores obtidos com o produto nestas áreas seriam zero (0). O corpo aquoso foi definido como sendo o valor 1, de forma que os valores obtidos com o produto nestas áreas seriam os mesmos. Assim sendo, somente no corpo aquoso se veriam os resultados processados.

3.3.3 Critérios para avaliação do resultado

Para efeito de comparação da metodologia de espacialização dos IAHs utilizaram-se os parâmetros adotados por SILVA (1999, p. 20) para a mesma espécie – *Crassostrea gigas*, cultivadas na região oeste da Ilha de Vancouver, Columbia Britânica, Canadá. Não foi feita a comparação com a variável Transparência, pois esta não foi utilizada por SILVA. (Anexos 4 e 5)

Dois tipos de interpretações (critérios) foram considerados - a probabilidade condicional e a média geométrica – referenciadas com um determinado número de variáveis (neste caso, 6 variáveis). O processo simulado de cálculo dos valores do índice aplicado a cada variável ($V_1, V_2, \dots, V_n$) pode ser apresentado pela tabela 5.

Na probabilidade condicional as variáveis são multiplicadas entre si:

$$Pr = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n.$$

onde, Pr = Probabilidade Condicional

V = Variável

A média geométrica das variáveis utiliza a expressão:

$$G = \sqrt[n]{V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n} = (V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n)^{1/n}$$

onde, G = média geométrica;

n = número de variáveis.

No caso de seis variáveis, se cada variável obtivesse um valor de 0,75 pela probabilidade condicional, o índice seria de apenas 17,8 % (0,178) de adequabilidade o que corresponderia a uma média geométrica de 75% (0,749) de adequabilidade. Isto significa que para seis variáveis com índices de 75%, um determinado habitat teria 17,8% de condições favoráveis para suportar de determinada espécie, e pela média geométrica 75%.

Se neste mesmo caso de seis variáveis, considerando-se um valor de 0,25 pela probabilidade condicional, o índice diminuiria para 0,02 % (0,0002) de adequabilidade; o que corresponderia a uma média geométrica de 24% (0,24) de adequabilidade. Isto significa que para seis variáveis com índices de 25%, um determinado habitat teria 0,02% de condições favoráveis para suportar de determinada espécie, e pela média geométrica 24%. A probabilidade condicional se mostra mais próximo à realidade.

TABELA 5 – COMPARAÇÃO DA PROBABILIDADE CONDICIONAL COM A MÉDIA GEOMÉTRICA NA AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO IAH

		Variáveis						Probabilidade condicional	Cálculo da média geométrica	Média Geométrica
		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6			
Proporcionalidade da variável	100%	1	1	1	1	1	1	1	$1^{1/6} = 1$	100%
	75%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,178	$(0,178)^{1/6} = 0,75$	75%
	50%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,015	$(0,015)^{1/6} = 0,49$	49%
	25%	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,0002	$(0,0002)^{1/6} = 0,24$	24%
	0%	0	0	0	0	0	0	0	$0^{1/6} = 0$	0%

FONTE: O autor

Em uma situação real, os valores do índice não seriam iguais para todas as variáveis. O valor da do índice da variável é determinante seja pela probabilidade condicional ou média geométrica, onde um valor menor do índice de apenas uma

variável tem influencia mais limitante do que um valor maior; como demonstrado na tabela 6. Se uma das variáveis obtiver índice 0, este valor anulará o valor das outras variáveis, em razão da propriedade multiplicativa, onde um valor multiplicado por 0 é igual a 0.

TABELA 6 – COMPARAÇÃO DA PROBABILIDADE CONDICIONAL COM A MÉDIA GEOMÉTRICA EXEMPLIFICADA PARA NÚMERO DE VARIÁVEIS DIFERENTES

	Variáveis							Probab. condicional	Cálculo da média geométrica	Média Geométrica
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇			
Exemplo 1	0,75	0,25	0,50	0,50	0,75			0,0033	$(0,0033)^{1/5} = 0,32$	32%
Exemplo 2	0,75	0,25	0,50	0,50	0,75	0,50		0,0175	$(0,0175)^{1/6} = 0,51$	51%
Exemplo 3	0,75	0,25	0,50	0,50	0,75	0,50	0,25	0,0043	$(0,0043)^{1/7} = 0,46$	46%

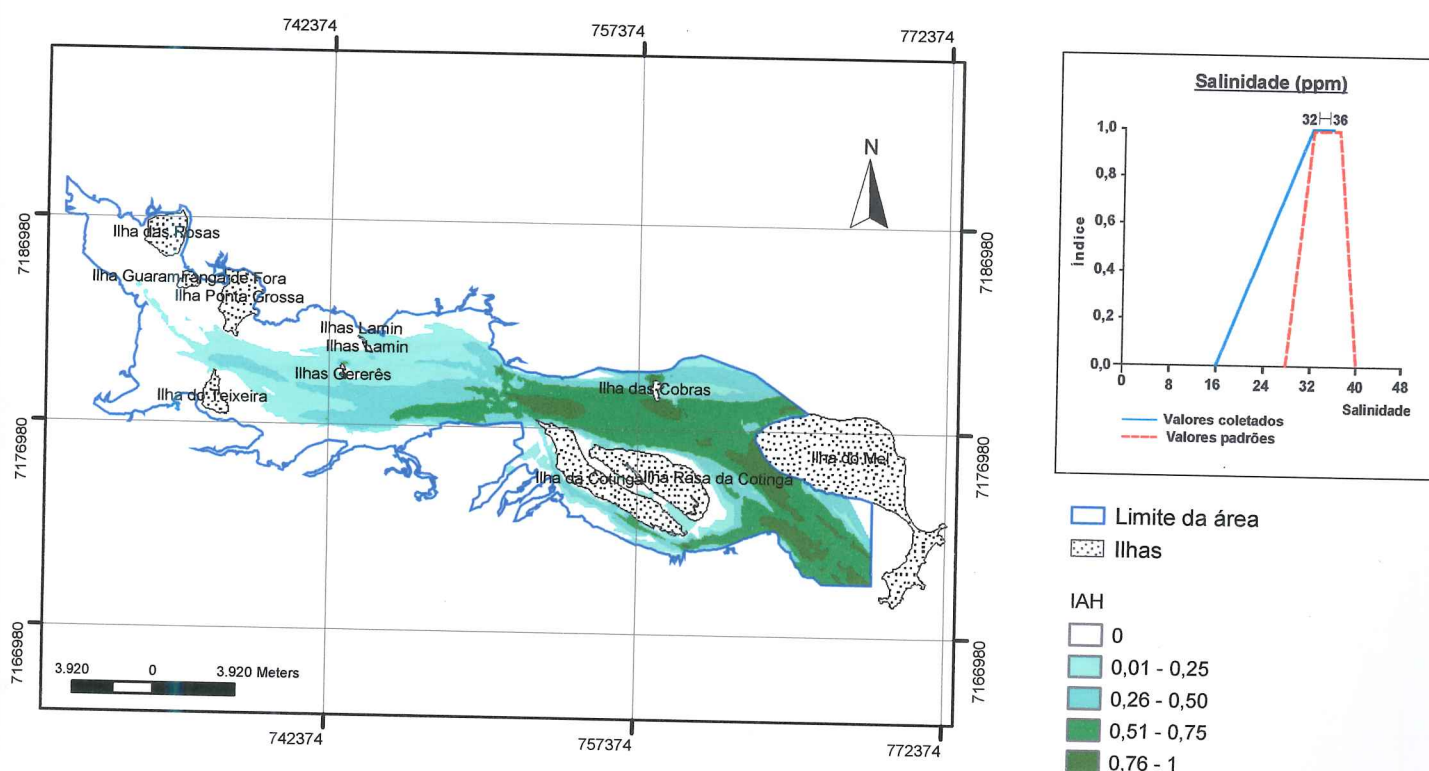
FONTE: O autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estruturação do trabalho seguiu o diagrama de etapas (Figura 9), apresentando as precedências e dependências de cada etapa; este diagrama é orientativo para a implementação do trabalho.

O resultado da espacialização da aplicação do IAH para cada variável está visualizado em mapas contendo a distribuição espacial de cada variável e seu respectivo gráfico do Índice de Adequabilidade do Habitat.

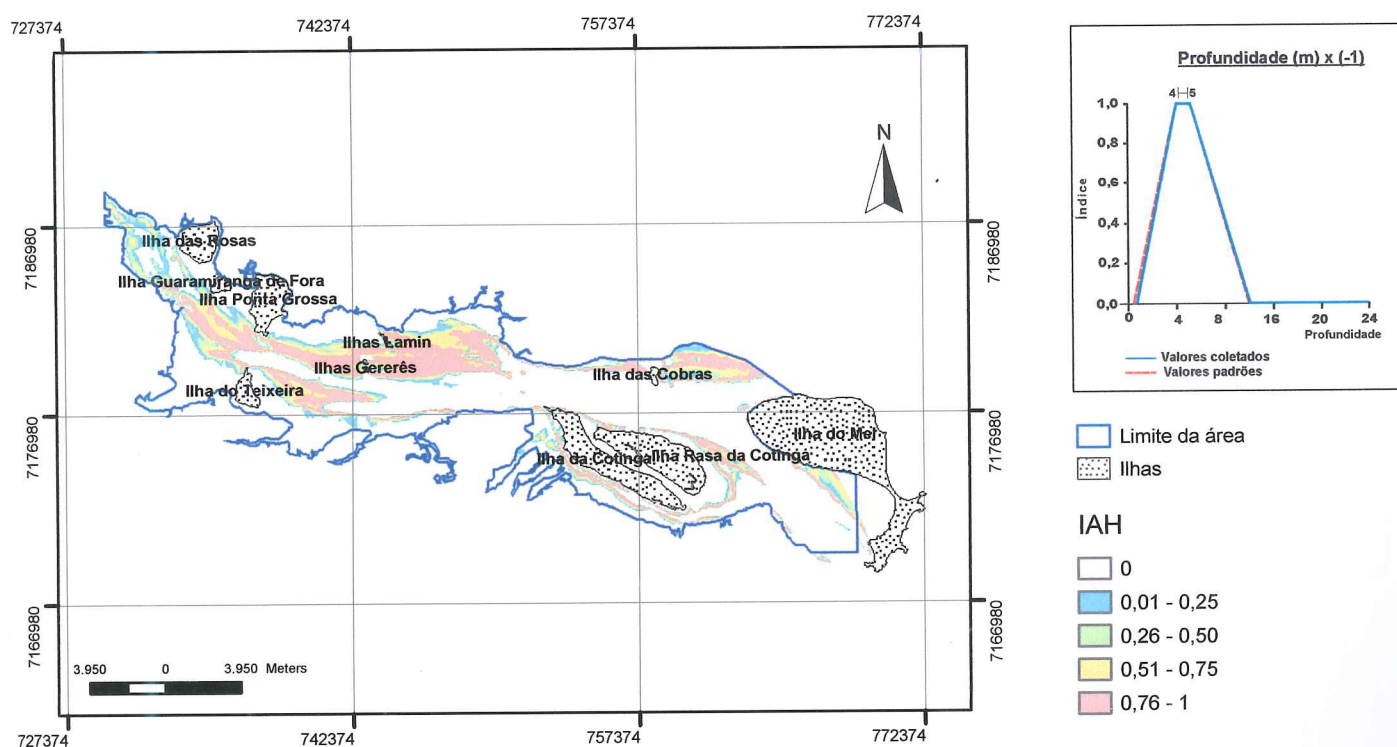
MAPA 2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL SALINIDADE, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH



FONTE: O autor.

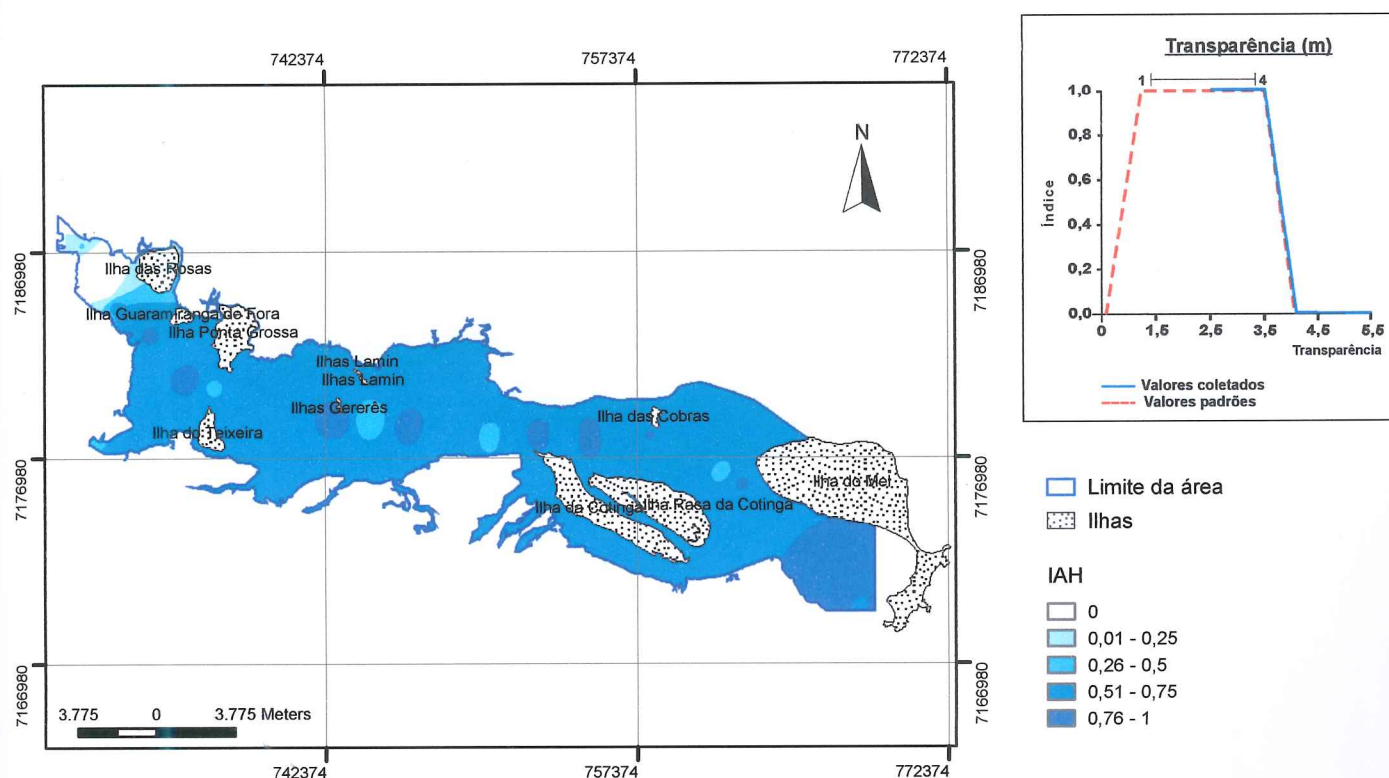
Segundo o Mapa 2, as áreas com melhores índices para a variável salinidade estão localizadas na baía de Paranaguá, onde os valores de salinidade são maiores por esta recebe um aporte maior de águas oceânicas.

MAPA 3 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL PROFUNDIDADE,
SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH



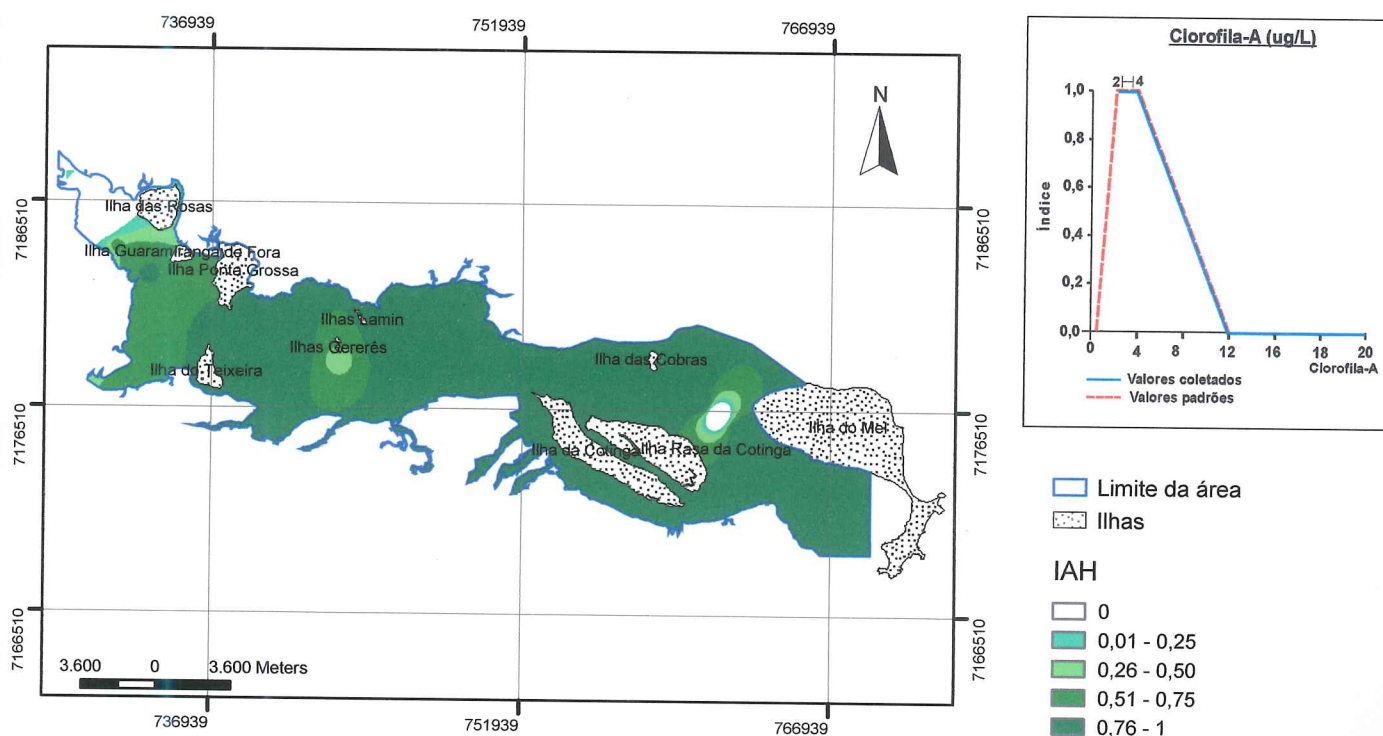
Segundo Mapa 3, a variável Profundidade apresentou áreas com melhores índices mais próximos do litoral, onde as profundidades são menores.

MAPA 4 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BMLP APLICADO AO GRÁFICO DO IAH



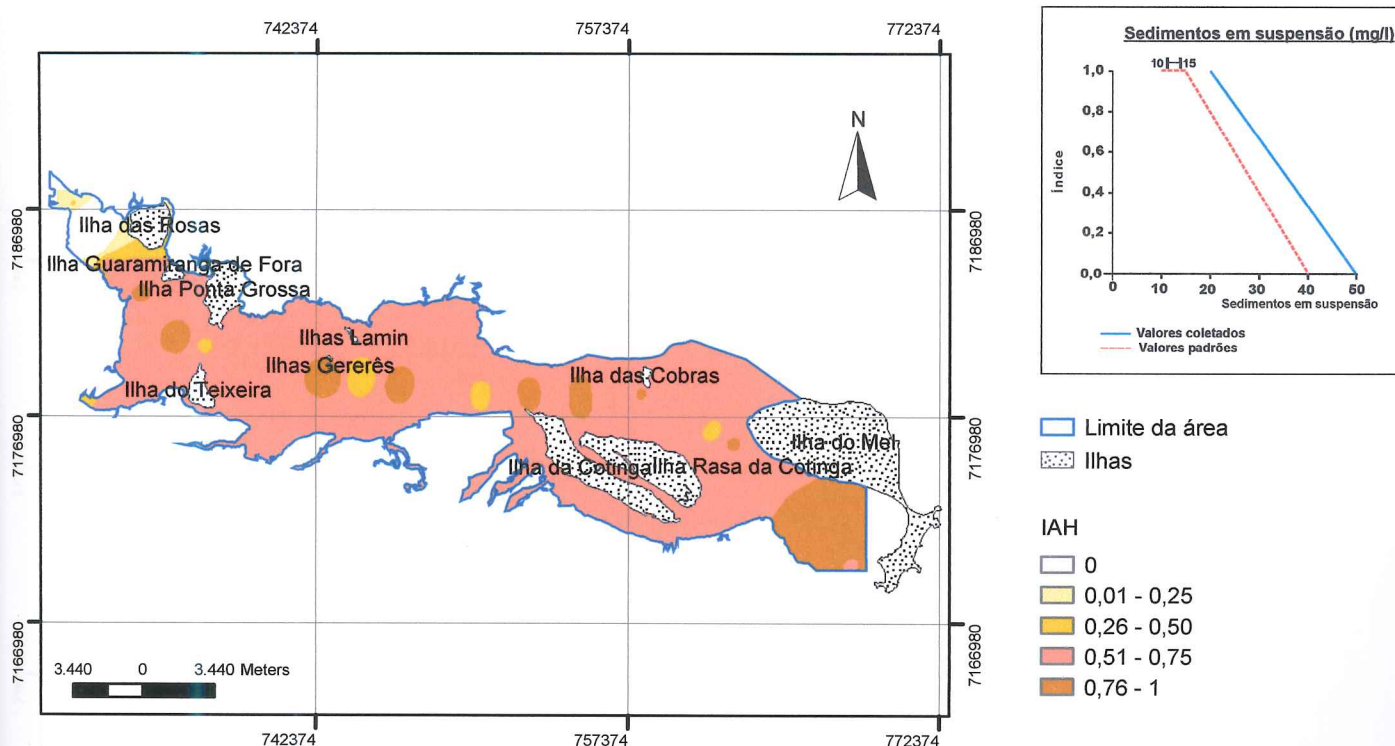
Segundo Mapa 4, a variável Transparência da água demonstrou ter as áreas com melhores valores do índice distribuídas pontualmente pelas baías de Antonina e Paranaguá, e uma área mais abrangente no Canal da galheta, ao final da área de estudo.

MAPA 5 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL CLOROFILA-A, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BLMP APLICADO AO GRAFICO DO IAH



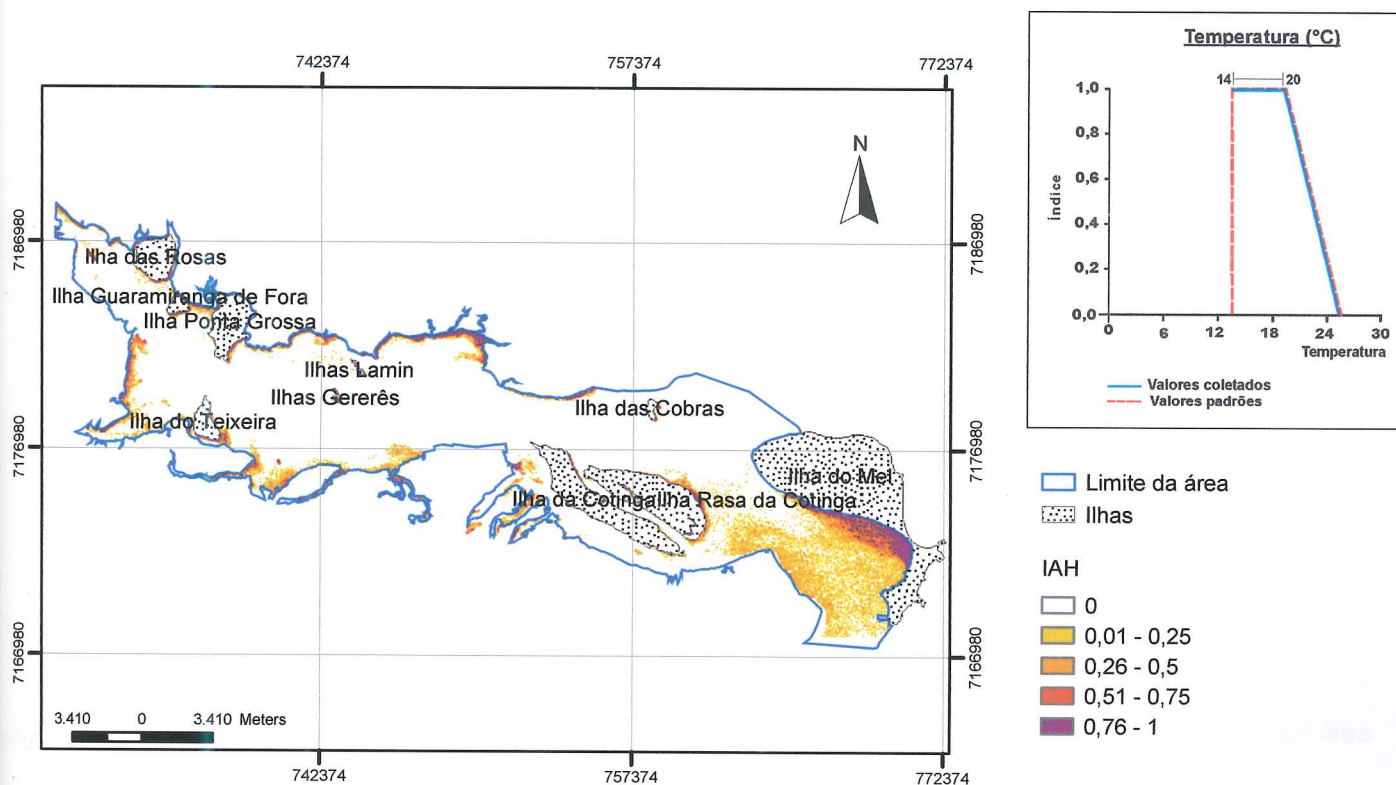
Segundo Mapa 5, a variável Clorofila-A apresentou uma área abrangente para os melhores valores do índice.

MAPA 6 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL TOTAL DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BMLP APLICADO AO GRÁFICO IAH



Segundo Mapa 6, a variável Total de Sedimentos em Suspensão mostrou uma distribuição espacial dos melhores valores do índice muito semelhante à variável Transparência da água.

MAPA 7 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO IAH PARA A VARIÁVEL TEMPERATURA, SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BMLP APLICADO AO GRÁFICO IAH



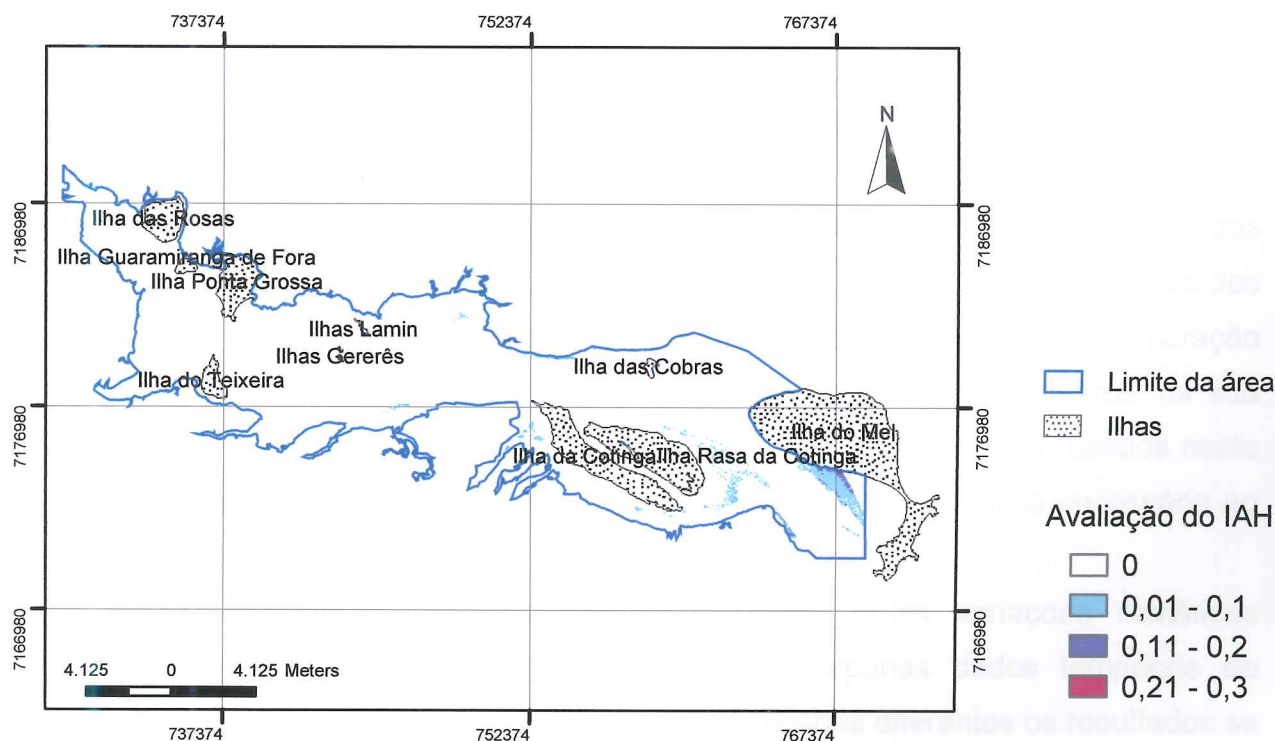
Com a variável Temperatura, segundo Mapa 7, as áreas com melhores valores do índice estão distribuídas bem próximas ao litoral e ilhas, com maior concentração próximo a Ilha do Mel.

O mapa final com as melhores áreas indicativas para o cultivo da espécie *Crassostrea gigas* nas Baías de Antonina e Paranaguá, segundo os parâmetros do LMCC/UFSC demonstrou ter valores máximos do índice de 0,30, ou seja, áreas com

30% pela probabilidade condicional ou 84,7% pela média geométrica de chance de êxito para um cultivo de ostras. (Mapa 8)

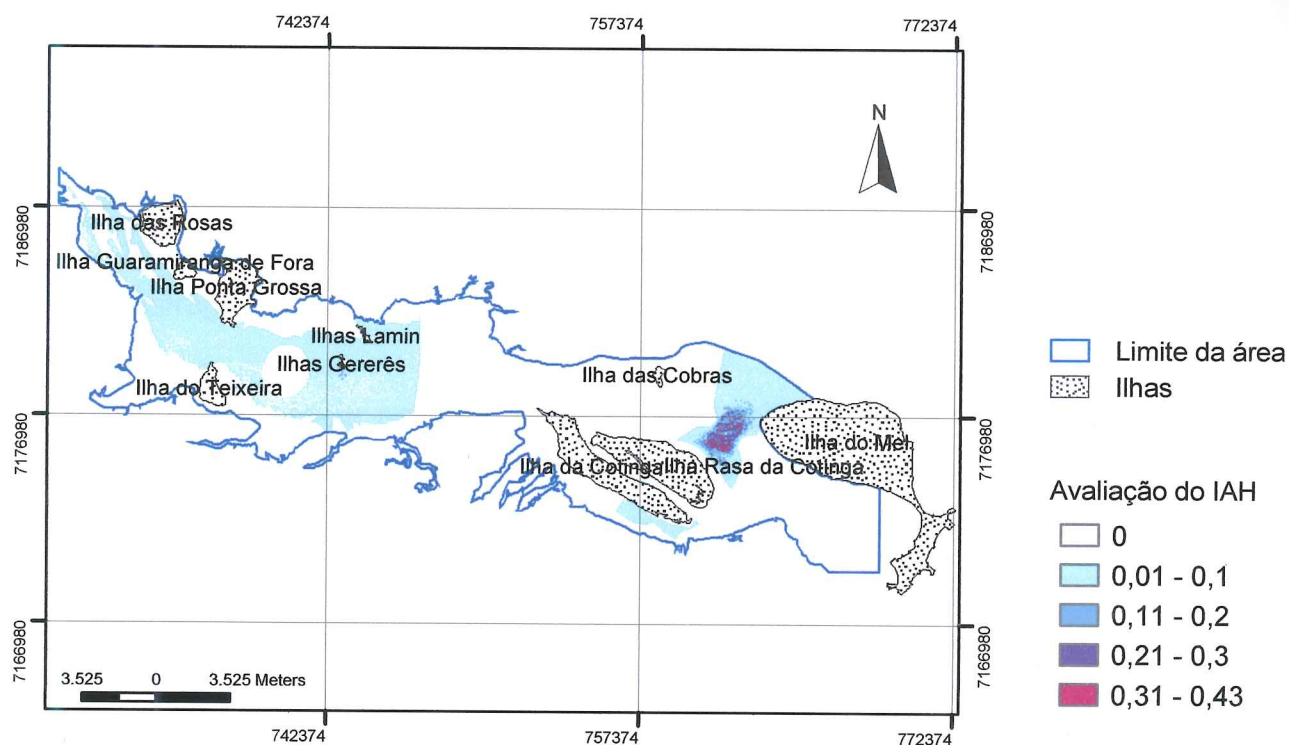
O mapa final com as melhores áreas indicativas para o cultivo da espécie *Crassostrea gigas* nas Baías de Antonina e Paranaguá, segundo os parâmetros usados por SILVA (1995), demonstrou ter valores máximos do índice de 0,43 ou seja, áreas com apenas 43% pela probabilidade condicional ou 85,8% pela média geométrica de chance de êxito para um cultivo de ostras. O índice, neste caso, foi calculado com somente 5 variáveis (Mapa 9)

MAPA 8 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS AO CULTIVO DA ESPÉCIE *Crassostrea gigas* SEGUNDO OS PADRÕES DO LCMM/UFCS/BMLP, AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ - PR



FONTE: O autor.

MAPA 9 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS PROPÍCIAS AO CULTIVO DA ESPÉCIE *Crassostrea gigas* SEGUNDO OS PADRÕES DE SILVA (1995), AO LONGO DAS BAÍAS DE ANTONINA E PARANAGUÁ - PR



Comparando-se os mapas 8 e 9, visualizam-se diferentes localizações das melhores áreas indicativas para o cultivo da espécie *Crassostrea gigas*, devido aos padrões "ótimo e tolerância" de comparação do IAH. Estes padrões de comparação do IAH têm importante peso na variação do Índice e conseqüentemente, na sua distribuição espacial. Os cálculos do IAH, para determinada espécie, usados neste trabalho representam apenas uma pequena parcela da abrangência necessária ao uso do IAH.

Os ambientes costeiros são influenciados pelas variações climáticas sazonais (verão – inverno); este estudo utilizou apenas dados temporais de 15/01/1991 (ver Anexo 1). Utilizando-se dados temporais diferentes os resultados se modificariam, o que possibilitaria a geração de uma distribuição espaço-temporal do IAH, segundo a metodologia desenvolvida.

5 CONCLUSÃO

As amostras coletadas por MARTINS (1994) apresentaram baixa densidade amostral, limitadas apenas ao eixo principal das baías de Antonina e Paranaguá. (ver Anexo 2)

A metodologia desenvolvida foi importante na comprovação da possibilidade do SIG de realizar funções complexas para relacionar as variáveis, quer sejam físicas, químicas ou de relevo. Sua possibilidade de extrapolação diante de uma baixa amostragem, assegura sua importância como ferramenta de apoio às tomadas de decisões.

Houve coerência nos resultados da extrapolação dos dados das variáveis salinidade e temperatura quando comparados com as pesquisas feitas por NOERNBERG (2001), onde ele mostra a variação espaço-temporal da salinidade e temperatura no Eixo L-O do Complexo Estuarino de Paranaguá, nas áreas correspondentes às baías de Antonina e Paranaguá.

No processo de extrapolação de dados, o presente trabalho não considerou a aferição de campo para a comprovação das estimativas das variáveis usadas com a situação real, limitando-se a operar com os valores obtidos.

A metodologia desenvolvida atingiu seu objetivo na determinação das áreas propícias para cultivo de ostras, nas baías de Antonina e Paranaguá, indicando áreas mais próximas ao oceano; comprovando que as águas da baía de Antonina, não são indicadas para a espécie *Crassostrea gigas*.

Pôde-se concluir, também, que a espécie *Crassostrea gigas* necessita de valores de salinidade mais altos, observados nos parâmetros fornecidos pelo LCMM/UFSC/BMLP e reafirmados pelos locais indicados como propícios pela tecnologia desenvolvida, encontrados na baía de Paranaguá, nas áreas aonde o aporte de água vinda do oceano é maior.

Embora as variáveis usadas sejam insuficientes para afirmar sítios para a implantação de um cultivo de ostra, reconhecendo-se a necessidade de complementaridade de outros dados importantes na dinâmica dos ambientes costeiros; esta metodologia permite a incorporação de novos índices com a conseqüente ampliação e refinamento dos resultados.

A metodologia SIG desenvolvida nesta monografia permite a utilização desta para qualquer outra espécie, desde que conhecidos os parâmetros de adequabilidade, para construção de seu gráfico e aplicação da expressão matemática genérica, a partir dos dados da área.

Recomenda-se que este trabalho seja continuado em direção a automação total do IAH, onde o usuário possa, interativamente, desenhar os gráficos e o sistema converter os valores para a expressão matemática genérica aqui desenvolvida, e associa-los automaticamente à área estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, Stan. *Geographic Information Systems: A management perspective*. Ottawa: WDI Publications, 1989. p. 45-59.

ABSHER, Therezinha M. *A Ostra-do-Mangue*. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileiro. São Paulo: ACIESP, 1987. N° 54-I. Vol. 1. p. 142-147.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. *Principles of geographic information*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José S. de. *GIS para meio ambiente*. Apostila do Curso GIS para Meio Ambiente ministrado no evento GIS Brasil 97. Sagres Editora Ltda., 1997. Cap. 1, p. 7.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antonio M. V. *Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação*. In: CÂMARA, Gilberto et al. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. INPE: 2002. Livro disponível para download na Internet pelo site <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Cap 2. p. 12-19.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. Editora Edgard Blücher Ltda.: São Paulo. 1999. p. 8.

EASTMAN, J. R. *Idrisi fir Windows v. 2: Manual do Usuário*. Porto Alegre: UFRGS – Centro de Recursos Idrisi. 1998. p 10

FOOTE, Kenneth E. e LYNCH, Margaret. *The Geographer's Craft Project*. Departamento de Geografia da Universidade do Texas, Austin. Tradução: Profª. Dra. Arlete Meneguette - Unesp - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, SP. 2000.

FMRI - Florida Marine Research Institute. *Habitat Suitability Modeling In Florida Estuaries*. Acessado em jan. 2003. Disponível na Internet pelo site: http://www.floridamarine.org/features/view_article.asp?id=17320

GEOBRASIL 2002 – *Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Organizado por Thereza Christina C. Santos e João Batista Drummond Câmara. Brasília:Edições Ibama, 2002. p. 134.

JOHNSTON, Carol A. *Geographic Information System in Ecology*. Oxford: Blackwell Science Ltda. 1998. p.3

LCMM/UFSC - Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos, Setor de Ciências Agrárias; Departamento de Aquicultura; Universidade Federal de Santa Catarina. *O cultivo de ostras em Santa Catarina*. Orientação do Dr. Jaime Fernando Ferreira, acessado em nov. 2002. Disponível na Internet pelo site <http://www.lcmm.ufsc.br/COstrasSC/COstrasSC.htm>

LCMM/UFSC - Laboratório de Cultivo de Moluscos Marinhos, Setor de Ciências Agrárias; Departamento de Aquicultura; Universidade Federal de Santa Catarina. Tabela fornecida sob a orientação do Dr. Jaime Fernando Ferreira, fev. 2003.

LOPES, Rubens M. Tese de Doutorado . *"Distribuição espacial, variação temporal e atividade alimentar do Zooplâncton no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá"*. Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Biológicas. UFPR concluído em 1997. p. 46.

MANTOVANELLI, Alessandra. Dissertação de Mestrado. *"Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem"*. Departamento de Geologia - Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná. Concluído em 1999. p. 15.

MARINHA DO BRASIL. Departamento de Hidrografia e Navegação. Brasil – Costa Sul. Da Barra de Paranaguá a Antonina. Niterói, 1995. 1 carta náutica: color. 1108,7 x 757,0 mm. Escala 1:50.000. Material Cartográfico.

MARTINS, Mauro R. Dissertação de Mestrado. *"Estudos da massa d'água superficial das baías de Paranaguá e Antonina (PR), utilizando Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento"*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP Rio Claro, concluído em 1994. p. 42-43

NETO, Constantino P. de A. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Escola Agrotécnica Federal de Castanhal. Acessado em out. 2002. Disponível na Internet pelo site www.med.gov.br ou via e-mail: constantino.alcantara@bol.com.

NOERNBERG, M. A . Tese de Doutorado. *"Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: Um estudo a partir de dados in situs e Landsat-TM"*. Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná. Concluído em 2001. p. 14, 39-50.

NOERNBERG, M. A.; LAUTERT, L. F. C.; ARAÚJO, A. D.; ODRISKY, L. L. Base de dados digital do litoral paranaense em sistema de informações geográficas. *Nerítica*: Curitiba, 1997. v.11, 191-195

PAULEY, Gilbert B.; VAN DER RAAY, Birgitta; TROUTT, David. *Pacific Oyster*. Washington Cooperative Fishery Research Unit. College of Ocean and Fishery Science. University of Washington. Seattle, 1988. p. 17-19.

PICKARD, George L. *Oceanografia física aplicada: uma introdução*. Instituto de Estudos do Mar: Rio de Janeiro. 1968.

PIERCE, Grahon J.; WANG, Jianjun; ZHENG, Xiaohong et al. *A cephalopod fishery GIS for northeast Atlantic: development and application*. In: *International journal of Geographic Information Science*. London: Taylor & Francis. 2001. V. 15, N.8, p. 763-784.

POMPÊO, Marcelo L. M. *O disco de Secchi*. Bioikos: São Paulo, 1999. p. 40-45

PEDROSA, Bianca M. CÂMARA, Gilberto. *Modelagem Dinâmica e Geoprocessamento*. In: FUKS, Suzana D. et al. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. INPE: 2002. Livro disponível para download na Internet pelo site <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>. Cap 6. p. 14

RODRIGUES, Marcos. *Introdução ao Geoprocessamento*. In: *Simpósio brasileiro de Geoprocessamento*. Escola Politécnica de São Paulo. 1990

SANTOS, Eurico. *Os Moluscos (Vida e costumes)*. Rio de Janeiro: F. Briguiet & Cia Editores, 1955. pg. 27

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos do Estado do Paraná. Imagem orbital do satélite LANDSAT 7, de 09/02/2002.

SILVA, Ariel S. Dissertação de Mestrado. *"The development of a GIS based Site Suitability Index Model for suspended oyster culture in Meares Island – Clayoquot Sound, BC."* Department of Biological Sciences to Simon Fraser University. British Columbia, Canadá. 1995, p. 5, 21-33.

USFWS, United States Fish and Wildlife Services. *Standards for the development of Habitat Suitability Index Models*. Division of Ecological Services. Department of the Interior. Washington, D.C. 1981.

USGS, United States Geological Survey. A bureau of U.S. Department of the Interior. Projeto "Northern Prairie Wildlife Research Center". Artigo disponível na Internet no site <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/2001/whabmgt/info.htm>

VASCONCELOS, Karla A. Curso Modelagem de Dados Geográficos. Curso ministrado na ExpoGeo Brasil, 1999. p. 6-29.

APÊNDICE E ANEXOS

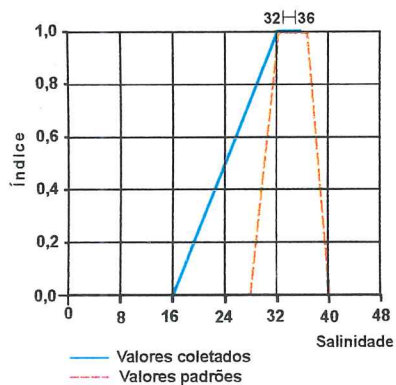
SUMÁRIO

APÊNDICE 1 – GRÁFICO DOS ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS SEGUNDO PADRÕES DO LCMM / UFSC / BMPL.....	
ANEXO 1 - DADOS COLETADOS POR MARTINS (1994, Anexos) EM 15/04/1991.....	
ANEXO 2 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS OBTIDAS POR MARTINS (1994, p. 64)	
ANEXO 3 - DADOS HIDROGRÁFICOS COLETADOS POR LOPES (1997, p. 46)	
ANEXO 4- PARÂMETROS DO IAH ADOTADOS POR SILVA (1995, P.21).....	
ANEXO 5 – GRÁFICOS DO IAH DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS POR SILVA (1995, p. 22-23)	

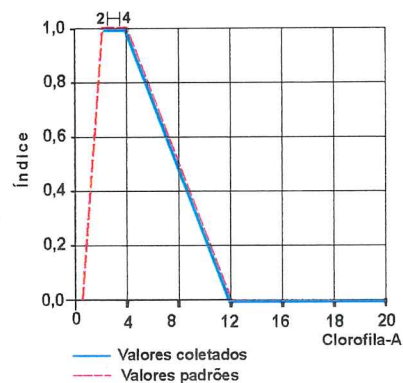
**APÊNDICE 1 – GRÁFICO DOS ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT
PARA AS VARIÁVEIS ESTUDADAS SEGUNDO PADRÕES DO
LCMM / UFSC / BMPL**

APÊNDICE 1 - GRÁFICOS DOS ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS SEGUNDO PADRÕES DO LCMM / UFSC / BMLP

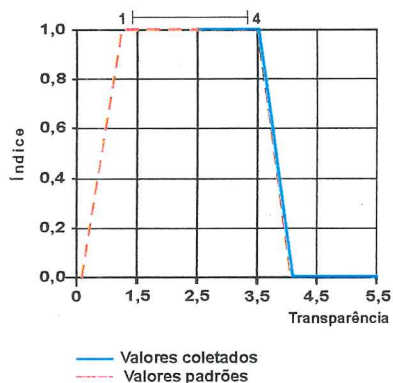
Salinidade (ppm)



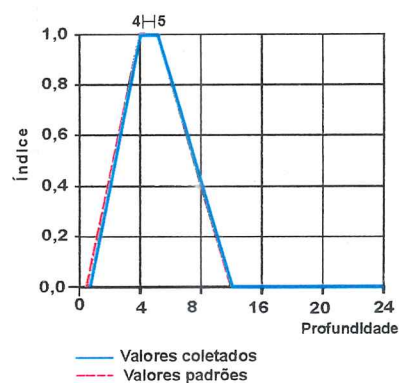
Clorofila-A (ug/L)



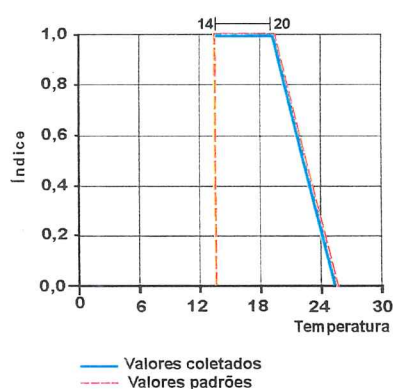
Transparência (m)



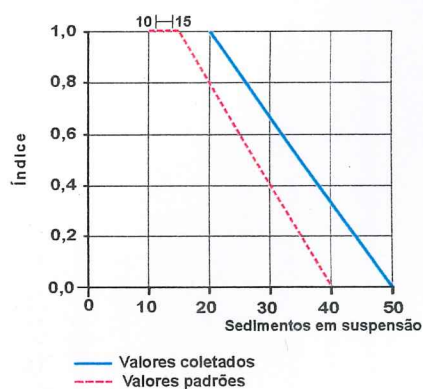
Profundidade (m) x (-1)



Temperatura (°C)



Sedimentos em suspensão (mg/l)



ANEXO 1 - DADOS COLETADOS POR MARTINS (1994, Anexos) EM 15/04/1991

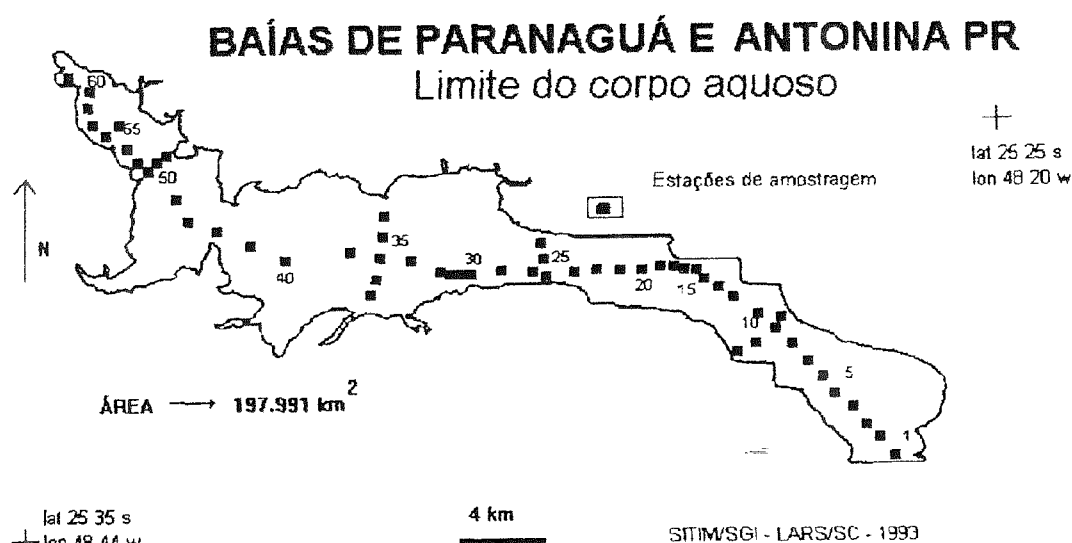
Tabela com os dados coletados por MARTINS (1994, Anexos) em 15/01/1991.

Dados referentes à coleta do dia 15/01 1991

PTOS	HOR	TRA	SAL	TSS	TSI	TSO	CLO-A	MIG	MOG	MIM	MOM	MIF	MOF	AB750
15/01	(hor: min)	(m)	(ppm)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(ug/m3)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	8,39	2,50	31,00	23,04	17,56	5,48	5,14	5,96	8,15	18,81	5,02	50,78	11,29	2,60
2	8,45	2,50	31,00	26,84	18,12	8,72	4,65	3,41	3,41	8,78	2,93	64,39	17,07	2,80
3	8,50	2,50	31,50	23,08	16,08	7,00	5,21	4,18	5,54	17,55	8,78	45,56	18,39	2,30
4	8,58	2,30	31,00	23,04	19,12	3,92	3,52	15,22	9,78	10,87	6,52	40,22	17,39	2,70
5	9,03	2,30	31,00	21,68	17,40	4,28	3,03	11,96	11,38	10,38	5,59	39,12	21,56	1,80
6	9,07	3,00	32,00	23,36	17,48	5,88	4,06	10,53	6,54	12,76	5,10	44,66	20,41	2,10
7	9,13	3,00	30,00	28,68	22,60	6,08	2,52	9,17	7,30	13,58	9,51	48,22	12,22	1,50
8	9,17	3,00	31,00	30,60	23,96	6,64	3,01	7,16	8,95	6,14	8,18	38,87	30,69	1,50
9														
10	9,21	3,00	31,00	29,00	23,32	5,68	3,07	8,65	7,38	15,89	5,67	42,55	19,86	1,70
11														
12														
13	9,28	2,80	31,00	24,00	17,08	6,32	3,47	9,31	10,99	8,94	7,45	47,67	12,64	2,60
14	9,34	3,00	29,00	33,92	27,72	6,20	24,00	6,40	5,76	8,53	4,26	56,39	18,76	1,40
15	9,37	3,00	29,00	25,16	21,36	3,80	2,51	6,71	4,70	9,84	6,26	53,69	18,79	1,60
16	9,40	3,00	28,00	26,00	21,04	4,96	3,29	6,58	7,95	5,48	8,77	51,51	19,73	1,80
17	9,45	2,80	26,00	30,60	25,80	4,60	2,77	7,30	5,61	5,22	6,34	49,54	23,99	1,90
18	9,48	2,80	28,50	27,02	21,18	5,84	3,05	5,64	6,17	4,72	5,77	48,82	28,87	1,80
19	9,52	2,30	28,00	28,64	22,80	5,84	4,69	8,55	11,64	14,25	6,65	44,66	14,25	2,50
20	9,56	2,30	27,00	24,44	19,16	5,28	5,24	11,59	13,86	9,09	9,09	41,82	14,55	2,60
21	10,00	2,00	28,00	28,24	22,98	6,16	5,12	7,12	10,03	9,06	3,88	58,25	11,05	3,30
22	10,04	2,00	27,00	28,36	22,28	6,08	4,74	7,14	8,29	12,57	9,14	45,96	16,00	2,60
23	10,08	2,20	26,50	20,40	16,20	4,20	3,65	9,59	10,57	4,70	5,48	60,27	9,39	2,20
24	10,13	2,10	26,00	29,44	23,12	6,32	4,03	6,51	17,35	5,78	6,75	40,48	23,13	2,30
25														
26														
27	10,17	2,50	26,00	20,96	16,48	4,48	3,95	4,90	8,71	7,26	7,26	57,35	14,52	2,30
28	10,21	2,50	25,00	29,28	22,92	6,36	4,15	6,21	6,21	6,54	6,54	58,17	16,34	2,00
29	10,25	2,50	25,00	28,52	23,44	5,08	4,20	3,50	6,39	11,19	9,79	57,34	9,79	2,20
30	10,29	2,50	25,50	34,64	27,16	7,48	5,00	20,09	5,87	4,51	9,13	38,83	22,57	2,00
31	10,32	2,25	25,00	30,60	24,20	6,40	4,93	5,24	9,44	5,59	2,80	47,55	29,37	2,70
32	10,38	2,25	25,00	25,36	19,72	5,64	5,20	12,10	8,36	14,99	0,00	51,87	12,68	2,40
33	10,44	2,00	24,00	27,48	21,32	6,16	5,60	3,14	6,57	2,29	16,00	43,43	28,57	2,60
34	10,48	2,00	23,50	22,76	17,76	5,00	5,30	10,49	9,72	10,23	4,09	47,06	18,41	3,30
35														
36	10,55	1,75	23,00	35,24	27,68	7,56	5,28	3,11	3,11	4,40	5,13	60,07	24,18	3,60
37														
38														
39														
40	11,00	1,50	22,50	22,92	18,64	4,28	9,55	7,25	4,66	2,07	2,07	61,14	22,80	3,90
41	11,10	1,50	21,00	25,28	16,00	9,28	4,65	4,62	6,93	2,04	5,28	55,45	25,08	4,90
42	11,17	1,20	20,50	38,24	21,60	6,64	5,99	7,50	4,32	10,90	4,55	47,27	26,36	8,70
43	11,22	1,50	21,50	31,04	22,24	8,80	5,45	2,71	7,80	1,36	13,56	61,02	13,56	4,10
44	11,29	1,00	18,50	22,88	16,44	6,44	6,88	3,53	5,82	4,16	7,48	54,89	24,12	6,00
45	11,34	1,00	18,00	25,56	18,40	7,16	7,26	6,61	3,53	4,95	4,95	66,43	14,13	6,20
46														
47														
48	11,44	1,00	16,00	23,16	16,04	7,12	5,51	5,74	5,88	8,03	5,74	49,93	24,68	6,30
49														
50	11,49	1,00	16,50	27,32	20,44	6,88	6,82	8,52	5,77	7,06	9,47	43,72	25,47	6,20
51	11,52	1,00	16,00	27,40	20,36	7,04	7,52	7,13	7,30	9,51	11,54	44,14	20,37	7,00
52	11,55	1,00	15,50	27,36	20,20	7,16	7,42	8,82	5,96	8,25	9,16	43,99	23,83	6,60
53														
54	11,58	0,80	16,50	42,06	31,33	10,73	13,17	6,78	19,40	11,99	26,50	22,97	11,36	6,70
55	12,02	0,80	16,00	54,66	40,06	14,60	21,20	5,88	7,06	4,71	12,94	48,24	21,18	7,70
56	12,05	1,75	14,00	45,73	35,00	10,73	16,81	5,84	5,22	7,95	30,81	37,76	12,42	2,00
57	12,09	0,80	11,00	44,46	30,73	13,73	16,06	4,95	10,95	12,72	16,25	40,28	14,84	9,20
58	12,12	0,75	8,00	34,20	22,80	11,40	15,82	11,22	7,51	14,34	11,13	39,33	15,96	9,30
59	12,15	0,65	8,50	40,00	29,20	10,80	13,91	5,46	5,89	6,00	4,71	54,39	23,55	9,90
60	12,19	0,65	8,00	40,46	31,73	8,73	10,41	7,51	5,97	8,07	6,13	56,82	15,50	13,30
61	12,23	0,75	6,00	44,33	34,67	9,66	3,28	5,43	6,04	9,66	11,27	51,51	16,10	9,20
62	12,28	0,65	3,00	34,00	26,40	7,60	6,04	8,29	13,87	12,97	10,09	33,87	20,90	15,60
63	12,31	0,60	1,50	36,00	27,34	8,66	10,11	1,56	2,48	7,82	13,56	49,54	25,03	10,10

**ANEXO 2 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS
OBTIDAS POR MARTINS (1994, p. 64)**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS 63 PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS
OBTIDAS POR MARTINS (1994, p. 64)**



**ANEXO 3 - DADOS HIDROGRÁFICOS COLETADOS POR LOPES
(1997, p. 46)**

Tabelas de dados hidrográficos coletados por LOPES (1997, p.46) ao longo das baías de Paranaguá e Antonina.

Setor/ Estação	Período do ano	Temperatura (C°)	Salinidade ppm	Transparência (metros)	Clorofila-A (ug/l)
BPA - 1	Inverno	20	31	1,4	2,67
BPA - 2		20	28	1,7	0,21
BPA - 3		20	27	1,3	2,14
BPA - 4		21,5	21	1,2	1,98
BPA - 5		19	12	0,9	2,77
BPA - 1	Verão	26	22	1,2	1,6
BPA - 2		27	18	1,2	0,43
BPA - 3		29	11,5	1,1	0,32
BPA - 4		28	10,5	0,9	4,15
BPA - 5		26	0	0,8	4,37

NOTA: Modificado pelo autor

ANEXO 4 - PARÂMETROS DO IAH ADOTADOS POR SILVA (1995, P.21)

Parâmetros adotados por SILVA (1995, p.21) para a construção do Índice de Adequabilidade do Habitat – IAH..

Table 2. Variables and assumptions used to construct Suitability Index (SI) graphs in Figure 3. (Modified from Brown and Hartwick, 1988).

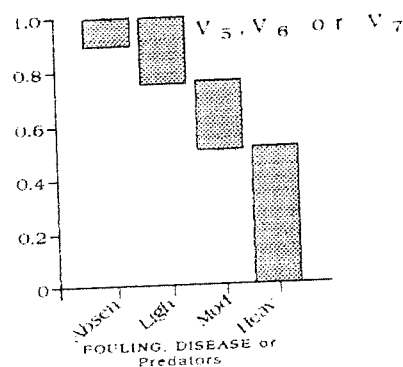
Variables	Assumptions	Source (as in Brown and Hartwick, 1988)
V ₁ Temperature	Range: 8.0 - 34.0 °C Optimum: 15.0 - 18.0 °C	Quayle, 1969; Malouf & Breese, 1977; Bernard, 1983.
V ₂ Available food	Range: 1.0-55.0 µg/l chlorophyll a Optimum: > 12 µg/l chlorophyll a*	Tenore & Dunstan, 1973; Malouf & Breese, 1977; Bernard, 1983.
V ₃ Suspended sediments	Range: 0.0-100.0 mg/l PIM** Optimum: 0.0-8.0 mg/l PIM	Loosanoff & Tommers, 1948; Bernard, 1983.
V ₄ Currents/Water movement	Optimum: Strong tidal flow avoiding heavy wave action or stagnant water	Westley, 1965; Walne, 1972; Frechette & Bourget, 1985.
V ₅ Disease	Optimum: not present	Quayle, 1961, 1969; Sindermann, 1984.
V ₆ Fouling organisms	Optimum: not present	Quayle, 1969, 1971; Humphries, 1976; Michael & Chew, 1976.
V ₇ Predators	Optimum: not present	Woelke, 1959; Quayle, 1969.
V ₈ Salinity	Range: 10.0->35.0 ppt Optimum: >24.0 ppt	Hopkins, 1936; Quayle, 1969; King, 1977; Bernard, 1983.
V ₉ Dissolved oxygen	Range: not limiting at saturation levels above 70%	Westley, 1965; Davis, 1975.
V ₁₀ pH	Range: >7.5 Optimum: >7.8	Epifano, Srna & Pruder, 1975; Kuwatani & Nishii, 1969

* The same values can be used as Particulate Organic Matter - POM; ** PIM - Particulate Inorganic Matter

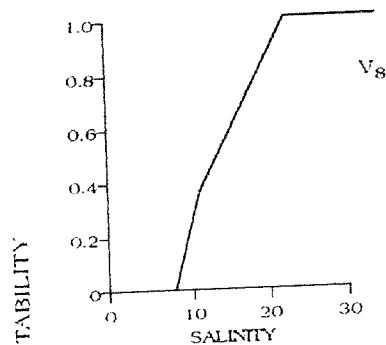
**ANEXO 5 – GRÁFICOS DO IAH DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS POR SILVA (1995,
p. 22-23)**

Gráficos das variáveis utilizadas por SILVA (1995, p. 22-23) para cálculo do Índice de Adequabilidade do Habitat.

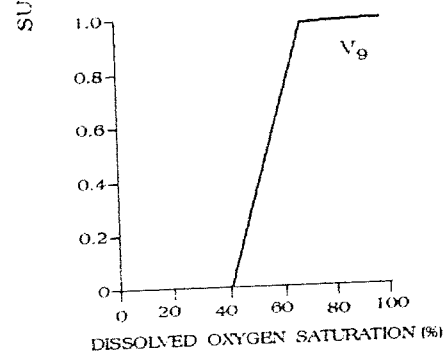
V5 = Fouling Organisms
V6 = Diseases
V7 = Predators



V8 = Salinity (ppt)



V9 = Dissolved Oxygen



V10 = pH

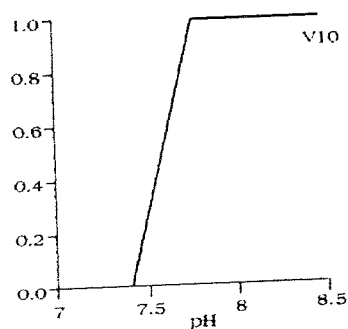
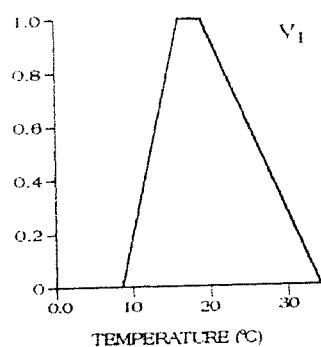
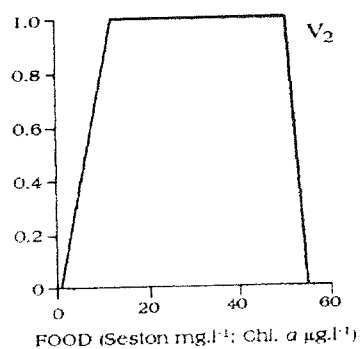


Figure 3b. Suitability Index (SI) graphs for habitat variables - V5 to V10 (modified from Brown and Hartwick, 1988).

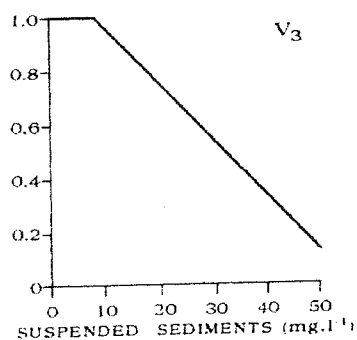
V1 = Temperature



V2 = Food Availability



V3 = Suspended Sediments



V4 = Currents

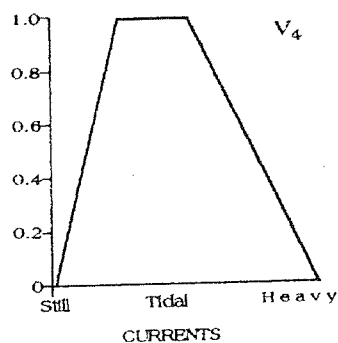


Figure 3a. Suitability Index (SI) graphs for habitat variables - V1 to V4 (modified from Brown and Hartwick, 1988).